



工程咨询单位甲级资信证书
证书编号: 914401017459683310-18ZYJ18

廉江市生活垃圾焚烧发电二期项目

可行性研究报告

中国轻工业广州工程有限公司
二〇二〇年二月



中国轻工业广州工程有限公司
China GDE Engineering CO.,LTD.

地址: 广州市番禺区63号清华科技园9号楼
电话:86-20-81326513
E-mail:gzgs@gdecn.com

邮编: 511447
传真:86-20-81325759
网址:www.gdecn.com

可行性研究报告

项目名称：廉江市生活垃圾焚烧发电
二期项目

法定代表人：张青

技术总负责人：李芳

项目负责人：黄宇翔



中国轻工业广州工程有限公司
China GDE Engineering CO.,LTD.

二〇二〇年二月

主要编制人员

姓名	专业	章节
王泉河	工艺/热力	第1~14章
孙森林	总图/建筑	第1、6、7章
叶巍	结构	第1、6章
孔繁斌	给排水	第1、6、7、8、13章
周波	电气	第1、6、7章
马东东	自控	第1、6、7章
刘志恒	空调	第1、6、7章
张婷	技经	第1、11、12章

汇 编：王泉河

审 稿：黄宇翔



中国轻工业广州工程有限公司
China GDE Engineering CO.,LTD.

二〇二〇年二月

工程咨询单位甲级资信证书

资信类别： 专业资信

单位名称： 中国轻工业广州工程有限公司
住 所： 广州市越秀区盘福路医国后街1号
统一社会信用代码： 914401017459683310
法定代表人： 张青 **技术负责人：** 赵晓芳
证书编号： 914401017459683310-18ZYJ18 **有效期至：** 2021年09月29日
业 务： 轻工、纺织， 市政公用工程， 生态建设和环境工程



发证单位：

中国工程咨询协会

2018年09月30日



中华人民共和国国家发展和改革委员会监制

目 录

第 1 章	概 述	1
1.1	项目基本情况	1
1.2	编制依据	3
1.3	采用的规范和标准	4
1.4	编制原则	6
1.5	编制范围及内容	6
1.6	主要研究结论	7
第 2 章	项目概况及建设必要性	2
2.1	服务区域概况	2
2.2	垃圾的产生及处理现状	11
2.3	规划符合性分析	18
2.4	项目建设必要性	27
第 3 章	厂址选择	33
3.1	厂址选择原则	33
3.2	厂址合理性分析	34
3.3	建厂条件	35
第 4 章	工艺方案论证	37
4.1	垃圾处理方法的选择	37
4.2	建设规模论证	40
4.3	焚烧炉炉型比选	40
4.4	焚烧生产线的配置	46
4.5	垃圾设计参数的确定	47
4.6	主蒸汽参数的确定	49
4.7	汽轮发电机组的配置	49
4.8	烟气净化工艺方案	49
4.9	飞灰处置工艺方案	62
4.10	垃圾渗沥液处理方案	70

第 5 章	工程技术方案	77
5.1	全厂工艺流程.....	77
5.2	垃圾接收、储存及输送系统.....	81
5.3	焚烧系统.....	81
5.4	热力系统.....	85
5.5	烟气净化系统.....	92
5.6	灰渣处理系统.....	102
5.7	化学水处理系统.....	106
第 6 章	公用工程	108
6.1	总图与运输.....	108
6.2	建筑.....	112
6.3	结构.....	114
6.4	给排水.....	116
6.5	电气.....	121
6.6	自动控制.....	128
6.7	压缩空气.....	132
6.8	通风空调.....	132
第 7 章	防火与消防	133
第 8 章	环境保护	134
8.1	采用环境保护标准.....	134
8.2	建设地点环境现状.....	138
8.3	主要污染物与污染源.....	138
8.4	污染物控制措施.....	141
8.5	污染物排放量.....	150
8.6	环境管理与监测.....	150
8.7	环境保护投资估算.....	151
第 9 章	劳动保护、职业安全与卫生	153
9.1	执行依据和准则.....	153
9.2	主要危害因素识别.....	155
9.3	主要防范措施.....	155

9.4	劳动卫生措施	159
9.5	管理机构	160
9.6	应急预案	161
9.7	预期效果	163
第 10 章	管理体制、劳动定员与建设进度	164
10.1	管理体制	164
10.2	劳动定员	164
10.3	工程实施条件	166
10.4	建设进度	166
第 11 章	投资估算	168
11.1	编制说明	168
11.2	总投资估算	170
第 12 章	财务评价	179
12.1	编制说明	179
12.2	资金筹措	179
12.3	财务分析	179
12.4	财务评价	182
12.5	风险分析	183
第 13 章	工程效益	184
13.1	环境效益与社会效益分析	184
13.2	节能效益分析	186
第 14 章	项目招标投标内容	194
14.1	招标范围及组织形式	194
14.2	招标程序	194
14.3	招标意见	195
第 15 章	结论与存在问题	197
15.1	研究结论	197
15.2	存在的问题	198

附 表

附表 1	投资计划与资金筹措表
附表 2	流动资金估算表
附表 3	营业收入、营业税金及附加和增值税估算表
附表 4	总成本费用估算表
附表 5	外购原材料费估算表
附表 6	燃料与动力费用估算表
附表 7	利润与利润分配表
附表 8	借款还本付息计划表
附表 9	项目投资现金流量表
附表 10	项目资本金现金流量表
附表 11	财务计划现金流量表
附表 12	资产负债表
附表 13	固定资产、无形资产折旧费及摊销费估算表

附 图

- KY-0 厂址地理位置图
- KY-1 总平面布置图
- KY-2 燃烧系统图
- KY-3 热力系统图
- KY-4 物料平衡图
- KY-5 能量平衡图
- KY-6 设备冷却水系统图
- KY-7 辅助燃油系统图
- KY-8 水量平衡图
- KY-9 供水原理图
- KY-10 化学水处理系统图
- KY-11 电气主接线图
- KY-12 DCS 系统配置图
- KY-13 设备布置图一($\pm 0.000\text{m}$)
- KY-14 设备布置图二(7.000m)
- KY-15 设备布置图三(A-A 剖面)

第1章 概述

1.1 项目基本情况

1.1.1 项目概况

1.1.1.1 原项目（廉江市生活垃圾焚烧发电项目一期工程）

项目名称：廉江市生活垃圾焚烧发电项目

项目规模：总处理规模为日处理生活垃圾 1000 吨，分两期建设，一期工程规模 500 吨/日，安装 1×500 吨/日焚烧线及对应配套系统（包括烟气净化系统，汽轮发电机系统等），主厂房土建按 1000 吨/日一次性建成。配备 1×500 吨/日焚烧线+9MW 汽轮发电机组。

拟建地点：廉江市新民镇七星岭。

服务区范围：廉江市全市。

项目采用特许经营权 BOT 模式投资建设，项目投资主体成立的项目法人公司负责项目建设资金筹集及项目建设、运营管理等工作。投资主体从垃圾处理费和垃圾焚烧余热发电上网售电等方面获取收益。运营年限自建成投产日起 30 年，建设期为 2 年。

1.1.1.2 本项目（廉江市生活垃圾焚烧发电项目二期工程）

项目名称：廉江市生活垃圾焚烧发电二期项目

项目规模：总处理规模为日处理生活垃圾 1100 吨，分两期建设，其中已建一期工程 500 吨/日，本期工程为 600 吨/日。一期工程安装 1×500 吨/日焚烧线及对应配套系统（包括烟气净化系统，汽轮发电机系统等），本项目在厂内扩建，焚烧厂主厂房土建已在一期工程建设中按 1000 吨/日一次性建成，本期主要建设内容为 600t/d 设备焚烧线及 12MW 汽轮发电机组并对应扩建冷却塔等辅助设施。

拟建地点：廉江市新民镇七星岭（一期项目厂址）。

服务区范围：廉江市全市。

项目采用特许经营权 BOT 模式投资建设，项目投资主体成立的项目法人公司负责项目建设资金筹集及项目建设、运营管理等工作。投资主体从垃圾处理费和垃圾焚烧余热发电上网售电等方面获取收益。运营年限自建成投产日起 30 年，建设期为 1 年。

1.1.2 项目建设单位

本项目由廉江市绿色东方新能源有限公司负责筹建并运营。廉江市绿色东方新能源有限公司是由盈峰环境科技集团旗下子公司深圳市绿色东方环保有限公司及广东广业投资集团有限公司全资控股子公司广东恒钜节能环保投资有限公司组成的合资公司。

深圳市绿色东方投资控股有限公司成立于 1998 年，为盈峰环境科技集团(更名前为浙江上风实业股份有限公司)的全资子公司，注册资本 10 亿港币。绿色东方主要业务为通过 BOT、BOO 等投资方式在不同国家和地区与相关企事业单位进行合作，提供城乡生活垃圾焚烧发电等环保项目的投资、工程建设、运营管理、技术研发、核心设备与配套设备的供应，及产业各环节的顾问咨询等专业化服务。公司在 19 年的行业发展历程中，积累了丰富的垃圾电厂的建造和运营经验，是中国最早从事垃圾处理产业化探索的企业之一，完成了中国首例垃圾处理产业 BOT 合同与项目融资，也是中国最早引进国际先进垃圾焚烧发电技术进行国产化改造、升级、再开发的专业企业，创造了国内首项大型焚烧炉专利技术，并独创了具国际领先水平的垃圾渗沥液处理技术，针对不同地区的自然环境特色、政经人文需求提供最适宜的技术及建厂方案，现已成为行业内最具投资实力和技术及专业经验优势的企业。公司拥有行业 5 项核心技术专利，目前，绿色东方环保已中标、签订 9 个垃圾处理焚烧发电 BOT 项目，其中 2016 年在建预计投产有 4 个项目：广东廉江、安徽阜南、湖北仙桃、安徽寿县等项目，另外 5 个项目已签订 BOT 协议，处于筹建状态。项目全部建成达产后，日垃圾处理量合计将超过 8000 吨/天。除建立了垃圾处理技术研发中心，绿色东方还建立了自己的工程服务公司、运营管理公司，提供专业的工程建设和运营管理专业服务。同时，与多家国内外金融机构保持着战略合作伙伴关系。

广东省广业集团有限公司成立于 2000 年 8 月，是广东省人民政府批准成立的国有独资公司。2018 年，管理全资及控股企业 268 家，员工 2 万余人，资产总额 405 亿元，是广东省环境综合整治的重要建设运营平台，位居广东省企业 500 强第 69 位。具备污水处理与流域治理的规划、研发、设计、投资、建设、运营一体化综合服务能力。投资建设运营的污水处理项目达 133 个，总处理规模约 500 万吨/日。二是固废处理和土壤修复。已形成生活垃圾的收集、运送、焚烧发电等固废无害化处理及综合利用服务产业链。入选广东省住房和城乡建设厅公布的首批《广东省生活垃圾焚烧处理项目建设和运营企业推荐名录》，是广东省垃圾处理行业协会的发起单位和会长单位。

1.2 编制依据

1.2.1 方针政策性文件

- 1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015年1月1日施行；
- 2) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2016年11月7日修正版；
- 3) 《中华人民共和国大气污染防治法》，2018年10月26日修正版；
- 4) 《中华人民共和国水污染防治法》，2017年6月27日修正版；
- 5) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》，2018年12月29日修正版；
- 6) 《中华人民共和国可再生能源法》，2006年1月1日；
- 7) 《城市生活垃圾处理及污染防治技术政策》（建城[2000]120号）；
- 8) 国家发展改革委关于印发《可再生能源产业发展指导目录》的通知（发改能源[2005]2517号）；
- 9) 国家发展改革委关于印发《可再生能源发电有关管理规定》的通知（发改能源[2006]13号）；
- 10) 国家计委、财政部、建设部、环保总局《关于实行城市生活垃圾处理收费制度促进垃圾处理产业化的通知》（计价格[2002]872号）；
- 11) 国务院《关于加强城市基础设施建设的意见》（国发[2013]36号）；
- 12) 住房城乡建设部等部门关于进一步加强城市生活垃圾焚烧处理工作的意见（建城[2016]227号）；
- 13) 中共中央、国务院《关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》（2016年2月6日）；
- 14) 国家发改委《关于完善垃圾焚烧发电价格政策的通知》（发改价格[2012]801号，2012年3月28日）；
- 15) 国家发展改革委、财政部、国家能源局《关于印发<可再生能源电价附加补助资金管理暂行办法>的通知》（财建[2012]102号）；
- 16) 国家发展改革委《关于印发<可再生能源发电全额保障性收购管理办法>的通知》（发改能源〔2016〕625号）；
- 17) 国家发改委《关于降低燃煤发电上网电价和一般工商业用电价格的通知》（发改价格[2015]3105号）；
- 18) 中华人民共和国国务院令第512号《中华人民共和国企业所得税法实施条例》；

19) 财政部、国家税务总局《关于印发<资源综合利用产品和劳务增值税优惠目录>的通知》(财税[2015]78号);

20) 环境保护部、国家发展和改革委员会、国家能源局《关于进一步加强生物质发电项目环境影响评价管理工作的通知》环发[2008]82号;

21) 《工程建设标准强制性条文》(城市建设部分)(建标[2000]202号);

22) 《建设项目环境保护管理办法》(国环字〔1986〕003号);

23) 《建设项目环境保护管理条例》(国务院[2017]第682令);

24) 《粤东西北地区新一轮生活垃圾和污水处理基础设施政府和社会资本合作模式建设操作指引》;

25) 《广东省人民代表大会常务委员会关于居民生活垃圾集中处理设施选址工作的决定》(2016年12月1日实施)。

1.2.2 规划及统计资料

- 1) 湛江市城市总体规划(2011-2020)
- 2) 《湛江市市区环境卫生专项规划(2009-2020年)》
- 3) 《廉江市城市总体规划(2010~2020年)》
- 4) 《廉江市土地利用总体规划(2010~2020年)》
- 5) 《廉江市国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》
- 6) 《2017年廉江市国民经济和社会发展统计公报》

1.2.3 其他基础资料

- 1) 本项目一期工程环评、水资源等专题报告及批复文件;
- 2) 本项目一期工程初步设计及施工图设计相关资料;
- 3) 项目特许经营权协议。

1.3 采用的规范和标准

- | | |
|---------------------|--------------|
| 1) 《生活垃圾焚烧处理工程技术规程》 | CJJ90-2009 |
| 2) 《生活垃圾生产量计算及预测方法》 | CJ/T106-2016 |
| 3) 《生活垃圾渗沥液处理技术规范》 | CJJ150-2010 |
| 4) 《环境空气质量标准》 | GB3095-2012 |
| 5) 《声环境质量标准》 | GB3096-2008 |

- | | | |
|-----|-----------------------|----------------------|
| 6) | 《危险废物鉴别标准》 | GB5085-2007 |
| 7) | 《污水综合排放标准》 | GB8979-1996 |
| 8) | 《工业企业厂界环境噪声排放标准》 | GB12348-2008 |
| 9) | 《恶臭污染物排放标准》 | GB14554-1993 |
| 10) | 《大气污染物综合排放标准》 | GB16297-2017 |
| 11) | 《生活垃圾填埋场污染控制标准》 | GB16889-2008 |
| 12) | 《生活垃圾焚烧污染控制标准》 | GB18485-2014 |
| 13) | 《生活垃圾填埋场稳定化场地利用技术要求》 | GB/T25179-2010; |
| 14) | 《生活垃圾卫生填埋处理技术规范》 | GB50896-2013; |
| 15) | 《生活垃圾卫生填埋场防渗系统工程技术规范》 | CJJ113-2007; |
| 16) | 《城镇污水处理厂污染物排放标准》 | GB18918-2002 |
| 17) | 《工业循环冷却水处理设计规范》 | GB50050-2017 |
| 18) | 《工业循环水冷却设计规范》 | GB/T50102-2014 |
| 19) | 《城市污水再生利用—工业用水水质标准》 | GB19923-2005 |
| 20) | 《城市污水再生利用—城市杂用水水质标准》 | GB/T18920-2002 |
| 21) | 《生活垃圾渗沥液处理技术规范》 | CJJ150-2010 |
| 22) | 《室外排水设计规范》 | GB50014-2006（2016年版） |
| 23) | 《建筑设计防火规范》 | GB50016-2014（2018年版） |
| 24) | 《建筑防烟排烟系统技术标准》 | GB51251-2017 |
| 25) | 《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》 | GB50019-2015 |
| 26) | 《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》 | GB50736-2012 |
| 27) | 《工业企业采光设计标准》 | GB50033-2013 |
| 28) | 《建筑照明设计标准》 | GB50034-2013 |
| 29) | 《小型火力发电厂设计规范》 | GB50049-2011 |
| 30) | 《工业企业噪声控制设计规范》 | GB/T 50087-2013 |
| 31) | 《工业企业设计卫生标准》 | GBZ1-2010 |
| 32) | 《工作场所有害因素职业接触限值》 | GBZ2-2007 |
| 33) | 《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》 | DL/T620-1997 |
| 34) | 《火力发电厂热工控制系统设计技术规定》 | DL/T5175-2003 |

其他相关国家及地方标准、规范、定额等。

1.4 编制原则

- 1) 在满足城市总体规划要求的前提下，按照生活垃圾处理减量化、资源化、无害化和产业化的原则，建成满足城乡兼顾、布局合理、技术先进、资源得到有效利用的现代化生活垃圾处理设施；
- 2) 采用高标准、先进和现代化的建设管理原则，实现清洁焚烧；
- 3) 注重环保和资源再生循环原则。遵从安全、可靠、经济、环保原则；
- 4) 执行投资合理，运行成本经济实用的原则，注重规模效应和循环经济效益；
- 5) 在实事求是的基础之上，提供客观合理的建议，以供决策；
- 6) 注意与现有工程的良好衔接，避免重复建设造成浪费。

1.5 编制范围及内容

1.5.1 编制范围

根据项目运营协议及建设单位的委托协议，本报告的编制范围主要包括：

- 1) 技术方案及投资估算研究范围：
 - a) 扩建汽机间；
 - b) 新增一条 600t/d 垃圾焚烧线设备及 1 台 12MW 汽轮发电机（含设备及辅助工程）；
 - c) 新建烟气净化等配套系统；
 - d) 新增 2 座冷却塔等循环水设施；
 - e) 扩建渗沥液处理站规模；
 - f) 其他配套设施。

1.5.2 编制内容

调查研究服务区内生活垃圾产生源、数量和特性以及收集转运输系统情况，并根据服务区城市发展、国民经济发展和人口规划，预测城市垃圾产生量及特性，综合考虑现有处理设施的能力，论证项目建设的必要性，并合理确定项目的建设规模。

本报告着重研究下列内容：

- 1) 项目建设的必要性分析；
- 2) 厂址条件的调查；
- 3) 工艺方案论证，包括：

- a) 建设规模论证；
 - b) 垃圾处理方式的确定；
 - c) 机炉选型及配置方案；
 - d) 污染物治理工艺方案论证，确保所选用的工艺方案及设备先进、可靠，污染物处理后达标。
- 4) 拟定工程技术方案。
 - 5) 从环境保护、劳动安全卫生等角度对工程技术方案进行评价。
 - 6) 分析论证项目的社会、环境、节能、经济效益并进行投资估算、财务分析等。

1.5.3 委托专门研究的项目

本项目本阶段需建设单位单独委托专门研究的项目有：

- 1) 环境影响评价报告；
- 2) 水土保持方案评价报告；
- 3) 节能评估报告；
- 4) 社会稳定风险评估报告；
- 5) 水资源论证报告；
- 6) 电力接入系统报告。

1.6 主要研究结论

1.6.1 扩建前后基本构成对比

表1-1 项目扩建前后基本构成对比表

项目工程内容		全厂工程组成一览表	
		现有一期项目	二期项目
生产规模		日处理垃圾 500t/d	日处理垃圾 600t/d
主体工程	垃圾焚烧炉	1×500t/d 机械炉排焚烧炉	1×600t/d 机械炉排焚烧炉
	余热锅炉	~1×43t/h	1×51.56t/h
	汽轮发电机	1×9MW 凝汽式汽轮发电机组	1×12MW 凝汽式汽轮发电机组
	垃圾接收系统 (含储存、进料系统)	2 台 50 吨电子汽车衡；	利旧。
垃圾池（有效容积约 12000m ³ ），2 台垃圾吊车，3 台抓斗		利旧。	

项目工程内容	全厂工程组成一览表		
	现有一期项目	二期项目	
辅助燃烧系统	焚烧炉设有点火燃烧器和辅助燃烧器，用轻柴油作为燃料。建设 1 个油罐并配有供油泵。	焚烧炉设有点火燃烧器和辅助燃烧器，用一期油罐系统提供的轻柴油作为燃料。	
烟气净化系统	焚烧线配置 1 套“SNCR 炉内脱硝+半干法脱酸+干法喷射+活性炭吸附+袋式除尘器”烟气净化系统，烟气经 80m 高烟囱排放。	配置 1 套相同工艺的烟气净化系统，并预留 SCR 安装场地，烟气经采用一期的 80m 高烟囱通过本期新建的排烟管排放。	
炉渣处理	主厂房设 1 座渣坑用于临时储存，随后运至厂外的炉渣综合处理厂处理。	利旧。	
飞灰稳定化	稳定化后外运至填埋场处置。	利旧。	
公用辅助工程	电气系统	10kV 高压配电装置、380/220V 低压配电装置；电力采用 10kV 外送。	110kV 高压配电装置、10kV 高压配电装置、380/220V 低压配电装置。新建 1 条 110kV 外送电路。
	化水系统	配置 1 套 20t/h 化水系统	新增 1 个 150m ³ 容积的产水罐
	压缩空气系统	2×40m ³ /min 空气压缩机	增加一台 40m ³ /min 空气压缩机
	给排水系统	生产用水采用水库水，配置 1 套预处理装置；生活用水采用自来水。	新增一套工业用水取水系统，净水器；生活用水系统利旧
		配置 3 台循环水泵，2 大 1 小；建设 2 台 2500 m ³ /h 机械通风冷却塔。	增加 1 台大循环水泵；新建 2 台 2500 m ³ /h 机械通风冷却塔。
自动控制系统	独立通信机房及配套通信设备，全厂自动化控制系统，预留本期接口。	在一期的基础上对应增加控制点及对应控制系统。	

1.6.2 主要研究结论

1) 根据垃圾量预测结论及厂内预留情况，建议本项目扩建规模为 600 吨/日，正常年增加处理垃圾能力为 21.9 万吨，有效地缓解了服务区域的生活垃圾处理严峻形势，提高了服务区域内生活垃圾的焚烧处置比例，提高了资源利用率，减少了填埋量，有效改善了服务区域的生态环境，符合国家与地方的规划，因此本项目的建设是必要的。

2) 本项目采用成熟的机械炉排炉焚烧方式处置生活垃圾，日处理生活垃圾 600 吨，配置 1 台处理能力为 600t/d 机械炉排焚烧炉及 1 台 51.56t/h 中温中压余热锅炉(4.0MPa, 450℃)，配置 1 台 12MW 中温中压凝汽式汽轮机(3.82MPa, 435℃)及 1 台 12MW 的发电机。

3) 烟气净化系统采用“SNCR 炉内脱硝+半干式脱酸+干法喷射+活性炭吸附+布

袋除尘+预留 SCR”组合工艺，达到 EU2000 的排放标准后通过烟囱排放。

4) 本期项目厂内生产、生活废污水均在厂内处置后回用，其中渗沥液送入本期新建的 220t/d 渗沥液处理站，采用“厌氧反应器(EGSB)+两级反硝化硝化(A/O)+MBR+膜深度处理(两级 DTRO)”处理后回用，其他生产生活污水采用“水解酸化+二级接触氧化生化处理+中水深度处理”的处理工艺处理后回用，不对外排放。

5) 项目产生的炉渣为一般固废，收集运至厂内的炉渣综合利用车间处理；产生的飞灰为危废，采用螯合剂的稳定化工艺处理达到无害化标准后进入外运至填埋场进行无害化填埋。

6) 本项目总投资为 24250.63 万元。垃圾处理费按 78 元/吨计算，根据财务分析初步测算，本项目税后财务内部收益 9.51%，投资回收期 10.79 年。

综上，建设本项目技术方案可行，污染达标排放，可实现垃圾处理“无害化、减量化、资源化”，取得较好的社会和经济效益。故建设本项目是可行的、必要的。

1.6.3 主要技术经济指标

主要技术经济指标见下表：

表1-2 主要技术经济指标

序号	项目名称	单位	指标	备注
一	设计规模			
1	垃圾处理量	吨/日	600	正常年
		吨/年	219000	正常年
2	全厂热效率	%	21.85	BMCR 点
3	年发电量	万度	7124	正常年
4	厂用电率	%	18.00	全年平均
5	年上网电量	万度	5842	正常年
6	吨垃圾折算上网电量	度/吨	266.74	0
7	年运行小时数	h	8000	
8	建设期	年	1	
9	运行期	年	30	
10	计算期	年	31	
11	定员	人	18	
12	用地面积	m ²	66666.63	本期无新增
13	绿化率	%	30	

序号	项目名称	单位	指标	备注
二	项目投资			
1	总投资估算	万元	24250.63	
2	建设投资	万元	23751.48	
2.1	工程费用	万元	19693.79	
2.2	工程建设其他费用	万元	2713.27	
2.3	基本预备费	万元	1344.42	
3	建设期利息	万元	405.88	
4	铺底流动资金	万元	93.27	
三	资金筹措			
1	资本金	万元	7278.09	
2	债务资金	万元	17190.17	含运营期流动资金借款 217.63 万元
3	其他来源	万元	0.00	
四	收入与成本			
1	年收入(平均)	万元	5505.27	正常年
	售电收入	万元	3797.07	正常年
	垃圾处理补贴费收入	万元	1708.20	正常年
	垃圾处理补贴费	元/吨	78.00	
	其它收入	万元	0.00	
2	年总成本费用(平均)	万元	3173.78	平均值
3	年经营成本(平均)	万元	2195.91	平均值
4	单位售电成本	元/度	0.54	平均值
五	主要财务指标			
1	项目投资财务内部收益率	%	9.51	税后
2	项目投资财务净现值(i=8.0%)	万元	3352.22	税后
3	项目投资回收期	年	10.79	包括建设期
4	资本金财务内部收益率	%	12.55	
5	总投资收益率	%	9.00	
6	项目资本金净利润率(平均)	%	21.14	
7	投资利税率	%	8.30	
8	盈亏平衡点	%	46.70	

1.6.4 运行消耗指标

表1-3 主要材料消耗量

序号	项 目	600t/d	
		额定小时指标 (kg/h)	全年指标 (t/a)
1	入炉生活垃圾	25000.00	≥ 175200
2	消石灰	350.0	2453
3	活性炭	15.0	105
4	柴油	--	80
5	透平油	--	12
6	氨水	125.0	876
7	阻垢剂	--	15
8	螯合剂	--	206
9	深井水	--	4380
10	水库水	--	513000

第2章 项目概况及建设必要性

2.1 服务区域概况

2.1.1 服务区域范围

本项目服务范围为廉江市全市。负责处理的生活垃圾包括居民生活垃圾、商业垃圾、集市贸易市场垃圾、街道清扫垃圾、公共场所垃圾和机关、学校、厂矿等单位及农村的生活垃圾。

2.1.2 自然概况

1) 地理位置

廉江市，广东省湛江市代管县级市，位于广东省西南部，雷州半岛北部，与广西接壤，濒临北部湾，地域总面积 2835 平方公里。地理坐标北纬 21°25′至 21°55′，东经 109°45′至 110°30′。1914 年复称廉江县。1993 年撤县设市。



图2-1 廉江市地理位置图

廉江市东西相距 79.5 公里，南北相距 60.2 公里。总面积 2867 平方公里。海域以 10 米等深线计算，行政区域内的面积达 11755 公顷。其中浅海面积 5343 公顷。

廉江是传统农业大县和工业强县，盛产水果，号称百果之乡；是广东 40 个产粮大县中表现较突出的县级市；是粤西唯一一个全国生猪调出大县；工业类别齐全，尤以电饭煲产业表现突出，其电饭煲产量占全国 3 成以上，是“中国电饭煲之乡”。

廉江境内多代地层出露齐全，岩浆活动频繁，褶皱断裂构造十分发育。成矿地质条件良好，矿种众多，素有“花岗岩王国”之称，储藏量达 200 亿立方米。境内北部的塘蓬金银矿又是广东省“八五”计划开发建设的重点项目之一。全国闻名的鹤地水库，储水量达 12 亿立方米，水面积 122 平方公里，有“人造海”之誉，董必武、邓小平、陈毅、郭沫若等国家领导曾莅临考察并予题词。

2018 年 11 月，被科技部确定为首批创新型县（市）。

2) 交通运输

廉江道路基础建设好，交通发达，已形成公路、铁路、海运、空运门类齐全和相互配套的交通体系。

航空

廉江市区离湛江飞机场 50 多公里，每天都有客车穿梭往来。市区各大宾馆、旅社均设有多个民航售票代办处，购票乘机十分方便。湛江机场已有直通广州、深圳、香港、海口、北京、上海、长沙、珠海、昆明等大中城市的航班。良洞镇作为湛江新机场迁建的选址之一。

公路

廉江市境内的廉安线、廉坡线、廉湛线的相继建成，广湛高速公路、渝湛高速公路跨境而过，国道 325 线和 207 线穿过全境，全长 81 公里。省道 3 条，全长 93 公里。规划建设的汕湛高速、玉湛高速、廉江至吴川高速穿过廉江中心地带。

铁路

廉江市境内的河唇火车站是粤西地区的重要铁路枢纽，黎湛铁路和三茂铁路两大铁路干线在这里汇合。境内铁路线长 62 公里。沿线设火车站 8 个。专线铁路 4 条，是广东省铁路沿线设站和专线铁路最多的县市之一。黎湛铁路从广西南宁市黎塘镇至湛江，是目前大西南最重要的出海通道，已经改建成双轨铁路，电气化改建正在做紧张的前期工作。广茂（三茂）铁路从广州到茂名，连接原有的河唇至茂名铁路，成为广东省内运输大动脉。

国家已计划修建河唇至广西北海的铁路，连接昆明—南宁—北海铁路，构成西南—华南铁路干线。这样廉江就处于三大铁路干线文汇点，成为华南重要的铁路枢纽之一。铁道部门还规划在此建设一个拥有编组站、机务段、大型货场的河唇枢纽站。

海运

廉江市区距湛江港仅 60 公里，有铁路和公路紧密相连。湛江港已与世界五大洲 100 多个国家和地区通航，是廉江走向国际市场的主要出海通道。此外，廉江在北部湾畔沿岸还拥有安铺、营仔、龙头沙等 3 个天然良港。港口吞吐能力 100 多万吨。拥有运输船 140 艘。龙头沙港新上的一个 3000 吨和两个 2000 吨级泊位正在加紧建设。安铺港曾经有过每月从该港开往广州、海南、东兴、北海及越南的海防、西贡等地航班多达 108 个航次的纪录。

3) 地质地貌

廉江市地域幅员宽阔，东西相距 79.5 公里，南北相距 60.2 公里。海岸线长 108 公里，土地总面积 2867 平方公里。地形南宽北窄，东西两面若曲尺之外向，颇似“凸”字形。地势北高南低，从丘陵到台地呈阶梯状分布，并且延伸到海。北部山峦起伏，若高远之画境，双峰嶂顶海拔 382 米，为廉江市（也是湛江市）的最高点。九洲江从北东向西南斜贯市境流入北部湾，沿河两岸及其下游三角洲有较大的冲积平原分布，南部宽阔平坦。全市地形大致分为三类：北及西北部为丘陵区，东南部及中部属缓坡低丘陵地带，南及西南濒海地带。

北部高丘，属云开大山余脉，峰峦叠翠，平均海拔 250 米以上，局部地区坡度陡峻，一般在 15 度至 30 度之间。它们主要分布在长山、塘蓬、和寮三个镇内，约占总面积的 15%。座落在塘蓬镇内的双峰嶂海拔 382 米，为全市最高峰，也是雷州半岛的最高峰。它与相邻的仙人嶂、鸡笠嶂、彭岸嶂、青嶂、山祖嶂及三角岭、罗伞岭等数个海拔 300 米以上的嶂岭并排，形成一道天然屏障，对冬季冷空气南侵和夏秋两季台风的袭击起到较好削弱作用。特别是在阻挡早春寒露风，保护农业生产方面具有重要作用。

中部低丘，约占总面积的 65%，大部分在海拔 50—250 米之间，无明显山顶，呈扁平起伏形，坡度介于 5 度至 15 度之间。它们主要分布在雅塘、河唇、吉水、龙湾、石城、新民、良垌、石颈、高桥等镇内。这里水源丰富，河流汇集，适宜大面积种植山林果树和发展城镇工业。

南部和西南部濒海地带。属浅海沉积平原及九洲江冲积平原，地势平缓，幅员辽阔，一望无际，为平均海拔 55 米以下的台地和平原，约占总面积的 20%。主要分布在

横山、青平、河堤、车板、营仔、新华、平坦等镇，是廉江市主要的粮、油、糖、菜产区。

4) 气候条件

廉江地处南亚热带和北热带的过渡带，属南亚热带、北热带、亚湿润季风气候，夏长冬暖，雨热同季，降水分布不均匀，干湿季明显，冬季寒潮入侵偶有严寒，夏秋期间，台风、暴雨频繁。

气候特征

廉江属于南亚热带、北热带气候，热量丰富。年平均气温值

较高，年平均气温 22.3℃-23.9℃之间， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的年积温达 8180 小时以上，热量资源丰富。

亚湿润季风气候明显。风向随季节而变化，季风特征明显。冬半年以偏北风为主，夏半年则以偏（东）南风为主。雨量充沛，雨热同季，干湿季明显。除西部沿海地区因地形等因素制约而少雨外，多数地区年降雨量在 1500-1700 毫米之间，雨量充沛。

日照

廉江日照充足，多年平均年日照时数 1714 小时，但年际间变化较大。在一年中，一般是 7 月的日照时数最多，3 月最少。

气温

廉江年平均温度分布大体上是：北低南高，河唇——武陵水库——长青水库一线以南气温稍低，以北偏高；最低是石角镇，最高是良垌镇和安铺镇，南北差异 0.6 摄氏度。廉江境内多年平均气温 23.3℃， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的年积温为 8184℃；极端最高气温 38 摄氏度（出现在 2005 年 7 月），极端最低气温 -2.2 摄氏度（出现在 1955 年 1 月）。最冷月份是 1 月，月平均最低温一般在长山、塘蓬一带；最热月份是 6、7、8 月，月平均最高温一般在良垌一带。

降雨

廉江境内多年平均年降雨量为 1724 毫米。年降雨量最多的是 1985 年，达到 2539.7 毫米，最少的是 1977 年，仅有 929.7 毫米。降雨量季节和地理分布不均匀，4 月至 9 月份是雨季，降雨量占全年的 83%；1 月、2 月、11 月、12 月为干旱季节，4 个月降雨量只有全年的 8%。降雨量地理分布大体分为三类：一类地区为相对多雨区，包括长山、塘蓬、廉城、良垌一带；三类地区是常旱区，包括青平、高桥、车板和营仔西部地区；其余地区是二类地区，表现为缺水地区。

蒸发量

廉江境内多年平均年蒸发量 1526 毫米。

5) 水系水文

廉江市境内河流纵横交错，水源丰富。全市有大小河流 342 条，集雨面积 2867 平方公里，其中集雨面积在 100 平方公里以上的河流有 10 条。

九洲江：民国 20 年，钟喜焯编的《重修石城县志》称廉江或南廉江。发源于广西陆川县大化顶，向西南流入石角，经河唇、吉水、合江汇合武陵河，又经龙湾到合河仔汇合沙铲河，再经排里、安铺流入北部湾。廉江境内长 85 公里（全长 162 公里），流域面积 2137 平方公里（总流域 3113 平方公里），集雨面积 1392 平方公里，是市内最大河流。

沙铲河发源于广西博白县高滩，南流入长山的凌垌，经茅坡、平城、飘竹、沙铲，到横山合河村入九洲江（发源地至长青水库称长山河）。境内全长 55 公里，集雨面积 735 平方公里，是九洲江最大的一级支流。

塘蓬河：发源于广西博白洋狗坡，流入塘蓬的彭岸，经矮车、老屋、瑞坡、蒙村，至石颈乌石村入沙铲河。境内全长 37 公里，集雨面积 222 平方公里，属九洲江二级支流。

武陵河发源于和寮马牯岭，经西埗、六凤、武陵、上坝，至合江流入九洲江。全长 31 公里，集雨面积 203 平方公里，属九洲江一级支流。

陀村河发源于塘蓬安和，经虎桥、塘雷、那丁、陀村，至雅塘三代塘入沙铲河。全长 33 公里，集雨面积 114 平方公里，属九洲江二级支流。

廉江河古称罗江，发源于石城镇流沙埗，经那良、五里、廉城，至新民平塘入九洲江。全长 31 公里，集雨面积 176 平方公里，属九洲江一级支流。

良田河又名南桥河，发源于化州新安上白藤，由北向南入境，经良垌的上阁垌、南桥等地，至新华湍流村出湛江港，全长 37 公里，集雨面积 181 平方公里。

良垌河发源于化州新安文利，由北向南流经良垌的平田、西朗、东桥等地，至三合出海。全长 33 公里，集雨面积 110 平方公里。

高桥河又名江益河。发源于广西博白径口村，由北向南至高桥红坎村流入英罗港。境内全长 12 公里，集雨面积 210 平方公里。

名教河又名青平河。发源于青平马凤林村，由北向南流经车板，至营仔方墩入大墩港。全长 23 公里，集雨面积 147 平方公里。

6) 资源

淡水

廉江水资源丰富，主要包括降雨量、河流水、水库水和地下水等。

地表水

廉江市多年平均年降雨量 1724 毫米，年最大降雨量为 2539.7 毫米（1985 年），年最小降雨量为 1175.8 毫米（1986 年），年均径流量 20.8 亿立方米，平均每平方公里产水量 73 万立方米。丰水年（保证率 10%）径流量 31.20 亿立方米，平水年（保证率 50%）径流量 20 亿立方米。耕地亩均径流量，半水年为 3411 立方米，平水年为 2187 立方米，枯水年也有 1268 立方米。廉江市年平均地表水供水 5.2 亿立方米，占多年平均径流量 25%以上。还有过境客水 16.8 亿立方米。

地下水

廉江市西南临海，东北靠山，中部为丘陵地带，地下水资源分布不均匀。全市地下水蕴藏量 10.6 亿立方米，其中浅层地下水 3.8 亿立方米，中层地下水 2.1 亿立方米，深层地下水 4.7 亿立方米。全市年均利用地下水 0.904 亿立方米。地下水资源开发利用潜力巨大。

矿产

廉江位于粤桂加里东褶皱隆起带的东南缘，云开古陆的西南端，吴川——四会大断裂西侧，上古生代中坳—廉江复式向斜南段。廉江境内地层出露较全，岩浆活动频繁，褶皱、断裂构造发育，岩石受变质作用强烈，成矿条件较好，已发现矿产资源 30 多种。

非金属矿产

白云岩：分布于市区、石城、石岭一带，探明白云岩 D 级储量 3800 万吨，氧化镁平均含量 19.94%，氧化钙 31.56%，酸不溶物 1.79%，二氧化硅 1.86%，磷含量一般 0.06%~0.025%，硫含量为 0.044%~0.072%，三氧化二铝含量 0.4%~0.096%。矿石品位较高，是熔剂、耐火材料和岩棉工业的优质原料。

石灰岩：全市石灰岩储藏量达 31000 万吨，主要分布于市区、石城、吉水、雅塘、河唇、新民、石岭等地。其中储藏量较大的有廉城至那良一带，储藏量 10139 万吨；其次是石岭盘龙塘、雅塘那贺一带，储藏量 6392 万吨；新民上村、石岭的许村一带，储藏量 9240 万吨；吉水梧村垌一带，储藏量 4462 万吨；河唇高田、黄竹山、莲塘口一带，储藏量 825 万吨。这些石灰岩品位较高，氧化钙含量为 48%~56%，大部分氧化镁含量小于 2%。是发展水泥工业的优质原料。

花岗岩：分布于塘蓬、长山、青平、高桥、和寮、石角、河唇、良垌、石岭、石颈、吉水、营仔、雅塘等地。全市发现大小花岗岩体 17 个，出露总面积达 730 多平方公里，其中塘蓬岩体规模最大，出露面积约 500 平方公里。全市花岗岩储藏量达 400 亿立方米，石材品种多，花色好，有瑞细花、鹿梅花、山桔红、山微红、虎纹花等。

高岭土：储藏量达 1380 万吨。主要分布在青平、长山、河唇、新华、龙湾、横山、营仔、良垌、和寮、车板、塘蓬等地。其中青平那榕尾、黄竹江一带，储藏量 90 万吨；良垌崇山一带，储藏量 370 万吨；龙湾黄帝岭一带，储藏量 150 万吨；营仔木头塘至福山一带，储藏量 120 万吨；和寮飞鹅嶂一带，储藏量 90 万吨；长山窝蒲、高岭、谷邦、白石下、竹山、山水洞等地，储藏量 90 万吨；良垌白石洞、园洞角、鹤山等地，储藏量 15 万吨；横山蒲草塘，储藏量 10 万吨。原矿三氧化二铝含量一般在 15%~20%，最高含量达 30%，铁、钛合计含量在 1%以下。

泥炭土：分布在横山、龙湾、雅塘、营仔、良垌、高桥、车板、安铺、河堤、青平等地。探明泥炭土 D 级储量 240 万吨，其中横山乾案、上乙槽一带，储量 129 万吨，平均腐植酸含量 20.11%~34.84%；其次龙湾三脚墩、加笠等地储量 20 万吨，平均腐植酸含量 20.42%~23.35%；雅塘官塘、白水塘等地，储量 23 万吨，平均腐植酸含量 9.23%~10.10%；营仔高六、下洋等地，储量 17 万吨，平均腐植酸含量 20.62%~24.64%；良垌东桥、三合等地、储量 16 万吨，平均腐植酸含量 7.42%；高桥泥咀一带，储量 15 万吨，平均腐植酸含量 3.45%；车板圩北西面 2 公里处，储量约 7 万吨，腐植酸含量 26.45%。

红砖粘土：产于第四系地层，由原岩混合岩、花岗岩、砂页岩、板岩、千枚岩、石灰岩等，经风化剥蚀而成的残、坡积粘土及在风化剥蚀区经搬运的冲、洪积粘土。矿层厚度一般在 2~10 米之间，局部地区厚度达 30 多米，粘土颜色有砖红、赤红、紫红、土黄、灰黑等色。这些粘土二氧化硅含量在 64%~67%，三氧化铝 13%~16%，三氧化二铁 5%~7%。全市各镇均有分布。

还有玄武岩、石英岩、玻璃沙、磷矿、黄铁矿、钾长石、滑石、透闪石、云母、水晶、河沙等。

有色金属矿产

金矿：分布于塘蓬六深，长山庞西洞、勿曲、丰四尾，石城石头岭、黄桐根等地。全市探明金储量约 1.2 吨，金平均品位为 3.66 克/吨。并有伴生（共生）矿产银、铅、锌、镉等。

银矿：分布在塘蓬六环，长山庞西洞、牛时历一带。全市探明银储量 560 吨，银平

均品位为 450.45 克/吨。另有伴生（共生）矿产金、铅、锌、镉等。

锌矿：分布于和寮飞蛾嶂，塘蓬六深、六环，长山庞西洞，石城鸡埗等地。全市探明锌储量 26000 吨，锌平均品位 5.68%。另有伴生（共生）银、铜、铅、镉、镓、锗、铟等，可以综合回收利用。

白钨矿：分布于吉水南和一带。全市探明白钨储量 34000 吨，钨平均品位 0.172%~0.227%。另有伴生（共生）铜、钼矿产，可以综合利用回收。

还有铁、锰、铅、铜、钼、锡等矿产。

2.1.3 社会概况

1) 行政区划及人口概况

廉江市的行政区划，分为镇（街道）和村（居）民委员会、自然村三级。2016 年，廉江市辖罗州、城北、城南 3 个街道和 18 个镇：石城、新民、吉水、河唇、石角、良垌、横山、安铺、营仔、青平、车板、高桥、雅塘、石岭、石颈、塘蓬、长山、和寮。全市有村民委员会 338 个，社区居民委员会 50 个，自然村落 3887 个，村民小组 4163 个。

廉江市境内还有黎明、红湖、晨光、红江、东升、长山 6 个国营农场（属粤西农垦局管辖）以及廉江、石岭 2 个国营林场（属雷州林业局管辖）。



图2-2 廉江市行政区划图

2016 年末，全市户籍人口 182.45 万人，其中，城镇人口 46.98 万人，乡村人口 135.47 万人；常住人口 149.72 万人，城镇化率 30.37%。

廉江市有汉族、蒙古族、回族、藏族、维吾尔族、苗族、彝族、壮族、布依族、朝鲜族、满族、侗族、瑶族、白族、土家族、哈尼族、傣族、黎族、畲族、哈萨克族、俄罗斯族、鄂伦春族、高山族、水族、纳西族、土族、撒拉族、仡佬族、锡伯族、阿昌族、羌族、塔吉克族、京族等民族 29 个。汉族人口占 98%以上，其次为壮族。少数民族人口大部分是从外省婚嫁而来的女性。

2) 社会经济概况

2010 年，全市完成生产总值 181.33 亿元，同比增长 13.6%；工业总产值 232.2 亿元，增长 22.8%，规模以上工业企业数占湛江的三分之一；固定资产投资 78 亿元，同比增长 37%；社会消费品零售总额 87.13 亿元，增长 22.2%；外贸出口 2.4 亿美元，增长 50.5%；增长 26.6%；地方一般预算收入 4.67 亿元，增长 27.5%。

2016 年，全市实现生产总值（GDP）472.76 亿元，比上年增长 10.8%。其中，第一产业增加值 106.79 亿元，增长 4.7%；第二产业增加值 208.09 亿元，增长 15.1%；第三产业增加值 157.9 亿元，增长 9.3%。三次产业结构为 22.6：44.0：33.4。在第三产业中，交通运输、仓储和邮政业增长 8.1%，批发和零售业增长 6.3%，住宿和餐饮业增长 5.6%，金融业增长 9.2%，房地产业增长 14.1%，其他服务业增长 15.0%。民营经济增加值 378.46 亿元，比上年增长 11.3%，民营经济占生产总值（GDP）的比重 80.1%。全市人均 GDP31639 元。

2017 年，全市实现生产总值（GDP）530.67 亿元，比上年增长 8.5%。其中，第一产业增加值 108.40 亿元，增长 4.3%；第二产业增加值 246.21 亿元，增长 11.1%；第三产业增加值 176.06 亿元，增长 7.8%。三次产业结构为 20.4：46.4：33.2。在第三产业中，交通运输、仓储和邮政业增长 4.6%，批发和零售业增长 4.1%，住宿和餐饮业增长 5.7%，金融业增长 4.7%，房地产业增长 5.0%，其他服务业增长 12.9%。民营经济增加值 425.15 亿元，比上年增长 9.3%，民营经济占生产总值（GDP）的比重 80.1%。全市人均 GDP35366 元。

2017 年，全市财政总收入 26.37 亿元，比上年增长 10.9%；地方公共财政预算收入 11.69 亿元，增长 6.0%；税收收入 8.1 亿元，增长 22.3%。其中，增值税 3.20 亿元，增长 15.7%；企业所得税 0.51 亿元，增长 20.7%；个人所得税 0.16 亿元，增长 29.6%；土地增值税 1.17 亿元，增长 106.9%；契税 1.24 亿元，增长 45.9%。全市公共财政支出 64.31

亿元，比上年增长 4.7%。其中，一般公共服务支出 4.86 亿元，增长 8.8%；公共安全支出 2.16 亿元；教育支出 17.59 亿元，减 16.3%；社会保障和就业支出 13.42 亿元，增长 41.7%；医疗卫生支出 13.51 亿元，减 13.4%；节能环保支出 1.45 亿元，增长 148.6%；城乡社区事务支出 2.04 亿元，增长 109.8%；农林水事务支出 5.9 亿元，增长 60.1%；交通运输支出 4387 万元，减 68.0%。

2018 年，全市实现生产总值 562 亿元，增长 7.0%。其中，第一产业增加值 109 亿元，增长 5.1%；第二产业增加值 269 亿元，增长 9.1%；第三产业增加值 184 亿元，增长 5.2%。三次产业比重由 19.8:46.7:33.5 调整为 19.4:47.9:32.7。规上工业总产值 375 亿元，增长 11.3%；规上工业增加值 104 亿元，增长 10.5%。完成固定资产投资 259 亿元，增长 5.8%。一般公共预算收入 12.1 亿元，增长 3.4%。社会消费品零售总额 206 亿元，增长 8.8%。实际利用外资 162 万美元，增长 62%。获得 2018-2020 年度全国文明城市提名资格，上榜全国首批创新型县（市）建设名单，入选 2018 中国幸福百县榜，排第 89 位，县域竞争力排全国 400 强第 185 位，比上年晋升了 35 位。

预计 2019 年全市生产总值增长 7%左右，规模以上工业增加值增长 10%，固定资产投资增长 5%。

2.2 垃圾的产生及处理现状

生活垃圾产生及处理现状、垃圾量预测是决策垃圾收集、清运、处置与处理规模、处理方式的基础参数，也是确定焚烧规模的必要条件之一。

2.2.1 垃圾处理现状

廉江市目前的生活垃圾主要进入廉江市垃圾填埋场填埋处置，该填埋场设计日处理能力为 500t/d，设计年限为 8 年，该填埋场目前已经满容封场。

目前本项目一期工程（廉江市生活垃圾焚烧发电厂）已于 2016 年 11 月建成投产，日处理能力为 500 吨，目前廉江市清运的生活垃圾全部运至本项目厂区处理。

2.2.2 产生量现状及预测

2.2.2.1 垃圾量现状

从焚烧厂投运开始，服务区清运的生活垃圾运至本项目厂区进行处理。根据焚烧厂提供的垃圾量统计数据，近两年的垃圾入场统计量如下表所示。可知目前服务区部分月份的日均垃圾清运量已超过 600 吨/日，2018 年 9 月份较少是因为焚烧炉停炉检修。对

比 2018 年与 2017 年同期数据可知，服务区垃圾清运量整体呈增长趋势，主要是服务区垃圾清运系统不断完善的原因。

表2-1 焚烧厂入厂清运垃圾量统计数据（日均）

年份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2017年	441	453	539	451	468	515	604	629	636	494	602	450
2018年	572	657	579	471	576	435	570	513	95（停炉）	516	504	488

2.2.2.2 垃圾量预测

1) 垃圾预测方法的确定

国家最新的《生活垃圾产生量及预测方法》CJ/T 106-2016 中提出“增长率预测法”和“一元线性回归预测法”两类必选方法，但由于目前尚未取得长年代的历史数据，因此无法采用回归预测法，本阶段采用增长率预测法进行垃圾量预测。

增长率预测法根据选用预测基数的不同，分为人均指标法和年增长率法，其中年增长率法需要过去至少 5 年有效数据的历史增长率平均值作为预测基数，本项目目前样本数量不足，故本项目适合采用人均指标法。人均指标采用基准年人均生活垃圾垃圾量和人口数量作为预测基数，预测年生活垃圾产生量按照下列公式计算：

$$Y = R_0 (1+r_1)^t \times S_0 (1+r_2)^t \times 365$$

其中：Y——预测年生活垃圾年产生量，单位为千克；

R_0 ——基准年人均生活垃圾日产生量，单位为千克每人每日；

r_1 ——人均生活垃圾产生量的年平均增长率，%；

S_0 ——基准年常住人口数量，单位为人；

r_2 ——人口数量的年平均增长率，%；

t——预测年限，单位为年；

由上述公式可知，预测需首选确定人口发展情况，然后根据人均指标的变化综合确定垃圾的产量。考虑到城镇地区与农村地区的差异化，本阶段按照城乡分开考虑。

2) 人口的预测

根据廉江市城市总体规划（2010-2020 年），2020 年市域总人口为 210 万人，城镇化水平 51%左右，城镇人口 107 万人。

规划中心城区 2017 年人口为 33 万人，2020 年为 46 万人。

需要注意的是，城市总体规划中的人口预测基本为总人口而不是常住人口。廉江市外出打工人口较多，实际常住人口并没有总人口那么多。以 2016 年为例，总人口 182.45

万人，实际常住人口 149.72 万人（~82%左右），城镇化率 30.37%。本报告暂时按照 2016 年的常住人口与总人口的比例预测 2020 年及 2030 年的实际常住人口。

表2-2 廉江市 2013~2018 人口情况

年份	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年
户籍人口 (万人)	175.48	178.71	179.60	182.45	182.78	184.28
常住人口 (万人)	147.7	148.53	149.12	149.72	150.38	150.92
城镇化率	21.05%	20.82%	29.52%	30.37%	31.10%	32.00%

结合廉江市过去几年的人口实际情况及城镇化进展，廉江市人口平均增长率参考值取 5 年平均增长值 8.18%，常住人口增长值取 3.57%。以此作为廉江市未来几年的人口预测依据。

表2-3 廉江市 2020~2030 年人口情况预测

年份	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年	2024 年
户籍人口 (万人)	187.30	188.83	190.38	191.94	193.51
常住人口 (万人)	152.00	152.54	153.08	153.63	154.18
城镇化率	34.00%	35.00%	36.00%	37.00%	38.00%
年份	2026 年	2027 年	2028 年	2029 年	2030 年
户籍人口 (万人)	196.69	198.29	199.92	201.55	203.20
常住人口 (万人)	155.28	155.84	156.39	156.95	157.51
城镇化率	40.00%	41.00%	42.00%	43.00%	44.00%

3) 人均指标预测

考虑广东省平均水平，初定廉江市城镇地区的人均垃圾指标应在 1.0~1.1 千克/人·日之间，考虑廉江市地区的经济发展状况，预计 2020 年中心城区人均指标将达到 1.1 千克/人·日，2030 年达到 1.2 千克/人·日。

农村地区参考广东省平均水平 0.6~0.7 千克/人·日，结合当地城镇化率较低的实际情况，2020 年按照 0.55 千克/人·日，2030 年达到 0.60 千克/人·日。

4) 垃圾量预测

垃圾量预测按照标准先计算廉江市垃圾产量数据，再根据当地分类减量化情况，估算实际清运量。

根据国家发改委《生活垃圾分类制度实施方案》要求，到 2020 年底，在实施生活垃圾强制分类的城市，生活垃圾回收利用率达到 35%以上。廉江市虽然不属于首批实施生活垃圾强制分类的城市，但宜跟进国家政策节奏，暂定按照 2030 年达到 20%估算。

农村地区根据《广东省农村生活垃圾治理验收办法》（2016 年 4 月）中“农村生活垃圾分类减量比率达到 50%”的要求，暂估廉江市农村生活垃圾分类减量 2025 年开始实施，2030 年达到分类减量率 20%，2030 年后农村地区逐步实现 50%的分类减量比率考虑。

根据上述条件，预测廉江市的生活垃圾清运量数据如下表所示。可见，在不考虑收运系统完善程度及垃圾分类的前提下，2020 年当地生活垃圾日产量将超过 1100 吨/日，2030 年将达到 1360 吨/日以上；在考虑一定清运及分类后，2020 年垃圾日清运量在 900~1100 吨/日之间，2030 年将控制在 1100~1300 吨/日之间。从增长率上分析，2025~2030 年的由于分类减量化的实施，垃圾清运量的增长趋势明显降低，突出了分类减量化对垃圾清运量的影响，可以预见 2030 年后垃圾清运量增长率将继续放缓，预计将稳定在 1100 吨左右。

表2-4 廉江市生活垃圾清运量预测

指标	2020 年			2025 年			2030 年		
	城镇	农村	合计	城镇	农村	合计	城镇	农村	合计
户籍人口 (万人)	59.9	127.4	187.3	76.1	119.0	195.1	89.4	113.8	203.2
常住人口 (万人)	51.7	110.3	152.0	60.3	94.4	154.7	69.3	88.2	157.5
城镇化率	32%			39%			44%		
人均指标 (kg/d)	1.1	0.55	0.77	1.15	0.56	0.79	1.2	0.6	0.86
垃圾日产量 (t/d)	568.7	606.7	1175	693.5	528.6	1222	831.6	529.2	1360
清运率	100%	80%	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
分类率	5%	0		10%	10%		20%	20%	
处理量 (t/d)	1025			1100			1088		

2.2.3 垃圾成分现状及预测

2.2.3.1 垃圾成分现状分析

不同地区的居民生活习惯不同，不同季节对居民习性的影响不同以及居民不同生活水平的差异等等因素导致生活垃圾的成分有较大差异，不同地区典型生活垃圾物理成分

的范围见下表。

表2-5 不同地区典型生活垃圾成分范围表（重量%）

序号	项目	低收入地区	中收入地区	高收入地区	
1	有机物	食品垃圾	40~85	20~65	6~30
2		纸类	1~10	8~30	20~45
3		塑料	1~5	2~6	2~8
4		纤维	1~5	2~10	2~6
5		橡胶/皮革	1~5	1~4	0~4
6		竹木	1~5	1~10	1~4
7	无机物	玻璃	1~10	1~10	4~12
8		罐头盒			2~8
9		金属	1~5	1~5	0~1
10		灰尘等	1~40	1~30	0~10
11	其他	24	17		

根据我国各城市生活垃圾分析结果显示：

- 各月统计分析数值与年平均数值相比有较大差异，这也是在确定垃圾处理方式时需要特别注意的。
- 在砖瓦渣土的成分大幅度降低的条件下，厨余成为生活垃圾的主要组成部分，一般达到45~60%，典型值52%。
- 橡塑的重量百分比多在5~16%。
- 各城市纸类有较大的差别，重量百分比在5~20%，典型值15%。在我国目前特定条件下，如大型包装盒板及废弃报纸，成册的办公用纸等，多通过个体收购回收，但还有相当部分的如小型纸类包装、粘有污物的废纸、零散办公用纸等直接混入其他垃圾中。
- 金属、玻璃、织物垃圾的重量百分比较低，典型值分别为0.8%、2%、1%。
- 生活垃圾含水量多在40~60%，典型值为50%。

根据建设单位提供的2018年廉江市垃圾成分检测报告（如下表所示）

表2-6 廉江市近期垃圾成分检测报告（收到基物理组成）

检测项目	混合样	砖瓦陶瓷	玻璃	金属	纸	塑料
原生垃圾成分含量（%）	100	4.22	2.92	0.81	18.18	16.72
总成分分析	100	3.74	2.64	0.74	9	10.19

(%)						
干基成分 (%)	100	8.16	5.76	1.61	19.61	22.2
可燃组分干基 (%)	100	/	/	/	23.21	26.28
检测项目	纺织类	木竹	厨余	泡沫	总水分	
原生垃圾成分含量 (%)	6.17	1.3	49.03	0.65		
总成分分析 (%)	3.51	0.53	15.22	0.32	54.09	
干基成分 (%)	7.65	1.16	33.16	0.7		
可燃组分干基 (%)	9.05	1.37	39.25	0.83		

可见，当地生活垃圾存在如下情况：

- 1) 可燃组分接近 60%，具备一定的焚烧条件；
- 2) 水分较高，接近 54%，可见当地还有气候较潮湿；
- 3) 物理组成中可回收组分如纸张、塑料比例不高，可回收利用价值不高。
- 4) 可减量化的厨余比例在 30~40%之间，当地生活垃圾通过分类的减量化效果将比较明显。

2.2.3.2 垃圾成分预测分析

生活垃圾热值受到物理组成的影响，人们熟知的垃圾中，热值较高的是纺织物、塑料、橡胶、纸张、竹木、厨余等，而金属、渣土、陶瓷等基本上没有多少热值。据有关方面的调查，上世纪 90 年代国内大部分城市的垃圾热值都在 5000kJ/kg 以下。进入 21 世纪以来，随着生活习惯、饮食结构、经济水平、消费习惯以及燃料结构的变化，垃圾热值不断升高。

表2-7 1985~2000 年中国城市生活垃圾成分（平均值）调查统计结果

城市数量 /座	年份	湿基成分 (%)									水分 (%)
		厨余	纸类	塑胶	织物	竹木	金属	玻璃	陶瓷	其它	
57	1985~1990	27.54	2.02	0.68	0.7		0.54	0.78	67.76		
68	1991	59.86	2.85	2.77	1.43	2.1	0.95	1.6	25.03	3.41	41.06
72	1992	57.94	3.04	3.3	1.71	1.9	1.13	1.79	25.9	3.28	40.68
67	1993	54.25	3.58	3.78	1.71	1.83	1.08	1.69	27.76	4.32	41.61
75	1994	55.39	3.75	4.16	1.9	2.05	1.16	1.89	25.69	4	40.71
69	1995	55.78	3.56	4.62	1.98	2.58	1.22	1.91	23.71	4.64	39.05

城市数量 /座	年份	湿基成分 (%)									水分 (%)
		厨余	纸类	塑胶	织物	竹木	金属	玻璃	陶瓷	其它	
82	1996	57.15	3.71	5.06	1.89	2.24	1.28	2.07	22.31	4.27	40.75
67	1999	49.17	6.72	10.73	2.1	2.84	1.03	3	21.58	3.26	48.15
73	2000	43.6	6.64	11.49	2.22	2.87	1.07	2.33	23.14	6.42	47.77

注：以上数据摘自中国环境科学院《中国城市生活垃圾温室气体排放研究》2003.

根据上表，我们发现国内垃圾成分的一些变化趋势如下：

- 厨余成分开始滞长，并让位于其他消费品产生的垃圾增长，这主要是经济增长带来居民消费结构变化导致的，消费食品的质量由粗到精，粗粮消耗减少，副食品需求日益增加。
- 纸类、塑料橡胶等增长较快，这跟居民消费讲究购物环境和包装形式相关。
- 织物比例上升。人们消费的纺织品及其他商品使用周期大大缩短。
- 金属、玻璃比例较低，且有降低趋势，此类垃圾一般由居民自己回收。
- 随着城市气化率快速提高，垃圾中渣土等无机物迅速降低，因此无机物总体呈下降趋势。
- 垃圾含水率增加。但由于城市生活垃圾压缩转运的发展，初步估算含水率将出现滞涨。
- 垃圾热值呈现上升趋势。当经济进入稳定期后，则垃圾热值也将稳定。

通过对这种变化趋势的分析，可知影响垃圾物理成分的主要因素有：社会经济发展程度对居民生活质量、消费水平的影响；实现城市民用燃料煤改气而导致垃圾物理成分发生较大变化；城市规模与地域的差别等。

因此要对未来生活垃圾热值进行预测，除对目前的生活垃圾进行分析检验之外，还要结合城市发展、垃圾收集方式和处理处置技术等多种因素。

从城市发展上考虑，根据廉江市城市总体规划，廉江市经济发展水平将继续提高，纸类、橡胶塑料及厨余成分未来均会继续保持一定的增长；从垃圾收集方式上，压缩转运的推行对于降低原生垃圾的水分有明显效果，在将来的城乡垃圾收运中得到实践；随着燃气化的继续推进，燃煤采暖的比例将继续降低，生活垃圾中的煤渣等灰分将再继续降低；同时随着国家对垃圾分类的强制推进，厨余类垃圾被分出后可明显降低垃圾的水分，同时可回收物如纸类、橡胶塑料及金属、玻璃等将随着分类的进行比例有所下降，而木竹类可燃分的比例则得到提高。

综上分析可见，总体上随着廉江市经济和社会的发展，垃圾成分将继续往高可燃分及高热值的趋势发展，但随着分类的深入推进，该趋势将逐渐缓和，热值也将出现滞涨。

2.3 规划符合性分析

2.3.1 国家规划

2.3.1.1 中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要

根据 2016 年 3 月公布的《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》内容，环境治理是“十三五”规划实施的重要内容，指明“创新环境治理理念和方式，实行最严格的环境保护制度，强化排污者主体责任，形成政府、企业、公众共治的环境治理体系，实现环境质量总体改善”。在规划的第四十四章第四节指出：“加快城镇垃圾处理设施建设，完善收运系统，提高垃圾焚烧处理率，做好垃圾渗沥液处理处置；加快城镇污水处理设施和管网建设改造，推进污泥无害化处理和资源化利用，实现城镇生活污水、垃圾处理设施全覆盖和稳定达标运行，城市、县城污水集中处理率分别达到 95%和 85%。建立全国统一、全面覆盖的实时在线环境监测监控系统，推进环境保护大数据建设”。

本项目工程建设与“十三五”规划的环境治理精神相一致，通过先进工艺技术实现垃圾无害化处理目标。

2.3.1.2 “十三五”全国城镇生活垃圾无害化处理设施建设规划

国家《“十三五”全国城镇生活垃圾无害化处理设施建设规划》中指出，以创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念为指导，按照生态文明建设总体要求，加快推进城镇生活垃圾无害化处理设施建设，提升运营水平，推动生活垃圾分类，促进城乡公共资源均衡配置，为不断改善城镇人居环境，提升生态文明建设水平奠定良好基础。

对于生活垃圾无害处理提出以下具体目标：1)到 2020 年底，直辖市、计划单列市和省会城市（建成区）生活垃圾无害化处理率达到 100%；其他设市城市生活垃圾无害化处理率达到 95%以上（新疆、西藏除外），县城（建成区）生活垃圾无害化处理率达到 80%以上（新疆、西藏除外），建制镇生活垃圾无害化处理率达到 70%以上。2)到 2020 年底，具备条件的直辖市、计划单列市和省会城市（建成区）要实现原生垃圾“零填埋”，东部地区、经济发达地区、距县城较近交通便利的建制镇要实现生活垃圾无害

化处理能力全覆盖。3)到 2020 年底，全国城镇生活垃圾焚烧处理设施能力占无害化处理总能力的 50%以上，其中东部地区达到 60%以上。

本工程采用焚烧发电方式处理生活垃圾，与国家对城市生活垃圾处理设施规划的指导方向相一致，可以有效提高当地生活垃圾无害化处理比例及提高生活垃圾焚烧处理的比例。

2.3.1.3 住房城乡建设事业“十三五”规划

为贯彻落实到 2020 年全面建成小康社会的奋斗目标以及党中央、国务院对住房城乡建设事业改革发展的决策部署，综合考虑未来发展趋势和条件，今后五年的主要发展目标之一是：城镇市政基础设施更加完善，建设和运营水平进一步提高，城市生态空间格局持续优化，城市生活垃圾无害化处理率达到 95%，力争将城市生活垃圾回收利用率提高到 35%以上，城市道路机械化清扫率达到 60%。另外，农村人居环境明显改善，小城镇建设加快发展，深入推进农村生活垃圾治理，基本实现全面治理的目标，统筹开展农村工业垃圾、农业生产垃圾治理工作。

本项目的建设，可有效提高服务区生活垃圾的无害化处理率，有效提升生活垃圾终端处理设施的技术与水平，并为生活垃圾回收利用创造条件，与住房城乡建设规划目标相符。

2.3.1.4 生物质能源“十三五”规划

该规划指出——

在经济较为发达地区合理布局生活垃圾焚烧发电项目，加快西部地区垃圾焚烧发电发展；在做好环保、选址及社会稳定风险评估的前提下，在人口密集、具备条件的大中城市稳步推进生活垃圾焚烧发电项目建设。

廉江市作为广东西南部地区城市，人口密集，因此宜积极推进生活垃圾焚烧发电项目的建设，符合国家生物质能源“十三五”规划的要求。

2.3.2 广东省相关规划

2.3.2.1 广东省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要

《广东省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》于 2016 年 4 月 20 日省十二届人大第四次会议通过，明确政府工作重点，引导市场主体行为，是未来五年广东省经济社会发展的宏伟蓝图，是各级政府部门依法履行职责、编制专项规划、制定实施年度计划和各项政策措施的重要依据。

该规划第七章“强化‘三农’治基础地位，建设幸福美丽新农村”第三节“加快建设美丽宜居乡村”中指出：加快建设农村垃圾、污水处理系统。建立健全农村垃圾收运处理体系和管理长效机制，实现农村废弃物和人畜粪便无害化处理，基本完成全省村庄整治任务。到 2020 年，90%以上的农村生活垃圾得到有效处理，卫生镇、卫生村普及率分别达到 50%、70%。

第十四章“促进绿色循环低碳发展要建设生态文明示范省”第二节“促进资源节约利用”中提出：完善再生资源回收体系，推广垃圾分类回收，开发利用“城市矿产”资源，推进生活垃圾、建筑垃圾、餐厨废弃物、农业废弃物资源化利用，加强生活垃圾分类回收和再生资源回收，支持再制造产业化发展。

第三节“强力推进环境污染综合治理”中要求：加快建设城乡生活垃圾无害化处理设施，鼓励区域处理设施共建共享和技术集成创新，提升生活垃圾全过程资源化利用水平。到 2020 年，全省城镇生活垃圾无害化处理率达到 95%以上。

本项目采用焚烧发电方式处理服务区域内的生活垃圾，具有明显的无害化、减量化和资源化处理效果。同时，有效地推进了城市建成区的垃圾处理全覆盖，加强了农村生活垃圾的收集和处理，有利于实现城乡统筹、建设美丽乡村。

2.3.2.2 广东省城乡生活垃圾处理“十三五”规划

“十三五”规划提出：“统筹规划、协调推进，创新动力、多元治理，节约集约、共生循环，平稳运行、绿色环保”，最终形成垃圾多元、综合、全程和依法治理的可持续发展局面，实现垃圾治理无害化、资源化、减量化和社会化。

1)基本原则

(1)全面控制、综合管理、分类指导；(2)政府引导、全民支持、企业参与；(3)城乡统筹、权责明确、利益共享。

2)主要目标

总体目标：加快提升城乡生活垃圾无害化处理水平，提高城乡生活垃圾收运设施标准化和保洁队伍专业化水平，基本形成设施全覆盖、功能完善的生活垃圾处理处置体系，城乡生活垃圾收运体系规范化、专业化，构建完整的农村生活垃圾收运体系，实现农村保洁全覆盖。

具体目标：到 2018 年末，全省城镇生活垃圾无害化处理率达到 90%以上，其中珠江三角洲地区达到 95%左右、粤东西北地区达到 90%左右；到 2020 年末，全省城镇生

活垃圾无害化处理率达到 95%以上。

到 2018 年末，90%以上农村生活垃圾得到有效治理；到 2020 年末，95%以上农村生活垃圾得到有效治理。

3)任务

“十三五”期间，全省共规划建设生活垃圾无害化处理项目 70 个，总处理规模 67273 吨/日，其中，卫生填埋项目 33 个，处理规模 21013 吨/日，无害化焚烧项目 37 个，处理规模 46260 吨/日。珠三角地区卫生填埋项目 8 个，无害化焚烧项目 21 个；粤东地区卫生填埋项目 6 个，无害化焚烧项目 9 个；粤西地区卫生填埋项目 5 个，无害化焚烧项目 4 个；粤北山区卫生填埋项目 14 个，无害化焚烧项目 3 个。其中，“十二五”期间未完成、需要十三五期间继续完成的项目 31 个。

其中：

2016-2018 年，规划建设生活垃圾无害化处理项目 64 个，总处理规模 63320 吨/日，其中，卫生填埋项目 29 个，处理规模 18610 吨/日，无害化焚烧项目 35 个，处理规模 44710 吨/日。

2019-2020 年，规划建设生活垃圾无害化处理项目 6 个，总处理规模 3953 吨/日，其中，卫生填埋项目 4 个，处理规模 2403 吨/日，无害化焚烧项目 2 个，处理规模 1550 吨/日。

“十三五”期间，全省规划建设生活垃圾无害化处理项目总投资 2543470 万元，其中，卫生填埋项目投资 268470 万元，无害化焚烧项目投资 2275000 万元。珠三角地区无害化处理项目投资 1819170 万元；粤东地区无害化处理项目投资 367610 万元；粤西地区无害化处理项目投资 152480 万元；粤北山区无害化处理项目投资 204210 万元。

2016-2018 年，规划建设生活垃圾无害化处理项目总投资 2439030 万元，其中，卫生填埋项目投资 237780 万元，无害化焚烧项目投资 2201250 万元。

2019-2020 年，规划建设生活垃圾无害化处理项目总投资 104440 万元，其中，卫生填埋项目投资 30690 万元，无害化焚烧项目投资 73750 万元。

本项目的建设，能够实现无害化处理目标，符合规划要求。

2.3.2.3 广东省城乡生活垃圾处理条例

为了规范城乡生活垃圾处理，控制污染，保护环境，根据《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》和《城市市容和环境卫生管理条例》等有关法律、行政法规，广东

省于 2015 年 9 月公布《广东省城乡生活垃圾处理条例》，并要求于 2016 年 1 月起实施。

该条例指出，城乡生活垃圾应当分类处置，充分回收利用，不能回收利用的采取无害化焚烧、生化技术、卫生填埋等方式进行处置。鼓励发展生活垃圾焚烧发电方式，以焚烧发电为依托，结合先进技术和综合处理方式，建设集约化生活垃圾处理环境园。

本项目拟通过焚烧发电方式处理处置服务区域生活垃圾，解决当地面临的垃圾处理设施能力不足的困境，实现生活垃圾“无害化、减量化和资源化”处理，与《广东省城乡生活垃圾处理条例》相符。

2.3.2.4 广东省固体废物污染防治三年行动计划（2018-2020 年）

为全面贯彻党的十九大精神，深入学习贯彻习近平总书记重要讲话精神，落实省委、省政府决策部署，着力解决突出环境问题，加强固体废弃物和垃圾处置，提高固体废物减量化、资源化和无害化水平，加快推动形成绿色发展方式和生活方式，制定本行动计划。

深入实施《广东省城乡生活垃圾处理“十三五”规划》，全面推进 85 个生活垃圾无害化处理项目建设，并落实生活垃圾焚烧飞灰无害化处置设施建设及运行费用，确保到 2020 年全省城市生活垃圾无害化处理率达到 98%以上。完善农村垃圾收运处理设施设备配套，到 2020 年末 95%以上的农村生活垃圾得到有效处理。

本项目的建设，符合规划中对生活垃圾无害化处理项目的建设的要求，同时完善农村垃圾收运处理设施，能够有效得推进城乡垃圾一体化处理模式，实现垃圾无害化处理，完全符合广东省相关规划的要求。

2.3.3 当地相关规划

2.3.3.1 湛江市城市总体规划（2011-2020）

2. 规划范围和空间层次

规划范围包括市域、城市规划区和中心城区三个层次，其中市域陆域面积 13260.80 平方公里，中心城区陆域面积 225.79 平方公里，城市规划区陆域面积 2216.92 平方公里。

10、环境保护规划

森林公园、水源保护区、风景名胜区执行《环境空气质量标准(GB3095-2012)》一级标准；其他地区执行二级标准。

地表水水质达到水环境功能区划和《地表水环境质量标准（GB3838-2002）》的要求，集中式饮用水源水质达标率 100%，近岸海域环境功能区水质达标率达到 100%。

城市生活污水处理率达到 95%以上，工业废水达标率达到 100%，生活垃圾无害化处理率达到 100%；环境噪声达标覆盖率达到 100%。

本项目通过垃圾焚烧发电的方式对生活垃圾进行无害化处理，解决生活垃圾污染问题，提升生态环境质量。

2.3.3.2 湛江市市区环境卫生专项规划（2009-2020 年）

1、总体目标

以保障城市居民生活环境为目的，以建设“大西南的南中国门户城市、环北部湾中心城区”为动力，完善湛江市市区环境卫生行业管理体制，强化环境卫生社会化服务功能，创造一个清洁、卫生、健康、安全的生态环境和人居环境，力争用 3~5 年时间，使湛江市市区环境卫生水平领先广东省平均水平，中远期达到国内领先水平。

2、具体指标

（1）近期（2009~2012 年）

中心城区 95%的城市化区域和 80%的乡镇地区实现垃圾密闭化运输；生活垃圾中转运输系统科学先进，中心城区生活垃圾无害化处理率达到 100%，乡镇生活垃圾集中处理率达 50%；环境卫生设施满足需求；各类不达标垃圾场得到治理；其它固废收集、再生利用系统逐步建立。

城市道路清扫保洁覆盖率达到 100%，城市道路机械化清扫率达 60%，乡镇和农村地区道路保洁管理逐步规范。

中心城区组团的公共厕所布局合理，数量达到国家标准；乡镇地区公共厕所布局基本合理。中心城区粪便集中处理率达到 98%。

（2）中期（2013~2015 年）

实现生活垃圾密闭化运输，完成生活垃圾收运城乡一体化进程；完善生活垃圾转运体系；中心城区生活垃圾分类收集覆盖率达 40%；建成餐厨垃圾、建筑垃圾的处理处置体系。

城市道路机械化清扫率达 70%以上；已建区域补建设、新建区域配建公厕，使之达标；更新补充环卫装备，提高环卫水平。

（3）远期（2016~2020 年）：

城市化区域生活垃圾分类收集覆盖率达 80%；基本建立乡镇生活垃圾分类收集体系。

生活垃圾和粪便无害化处理率达到 100%，实现垃圾和粪便处理密闭化、减量化、资源化和无害化；特种固废收运处理体系全面建立；公共厕所布局合理、文明卫生、方便适用。

环境卫生法律、法规、标准体系完善，环境卫生作业和设施运营市场全面开放，社会依法监督机制健全。

本项目的建设，有利于推进城乡一体化，符合规划要求。

2.3.3.3 廉江市城市总体规划修编（2010-2020 年）

廉江市域城镇空间布局依托交通干线，着重构筑与湛江空间一体化的发展格局，形成“一带、三轴、两心、三节点、三区”的点轴空间结构。

一带：九洲江经济发展带。

三轴：湛江—廉城主要空间发展轴；沿 G75 渝湛高速公路的主要空间发展轴；良垌—廉城——青平次要空间发展轴线。

两心：即主中心廉城和次中心安铺-横山。

三节点：构筑良垌、石岭、青平为节点的三个中心镇。

三区：南部主体功能区域；中部主体功能区域；北部主体功能区域。

第 110 条. 环境保护的总体目标

(1) 全面实现与现代化目标相适应的环境保护指标，建成适合人居与 创业的、经济快速发展、环境清洁优美、生态良性循环的城区；

(2) 大气环境质量、声学环境质量、地表水水环境均需达到国家相关 规定的标准；水环境功能达标率应达到 98%，空气污染指数应<100， 噪声达标率应达到 95%；

(3) 固体废弃物综合利用率 80%，生活垃圾资源化、无害化处理率 70%；

(4) 规划区污水集中处理率达 90%以上。

第 117 条. 固体废物污染防治规划

(1) 大力推进工业固体废物的减量化、资源化和无害化工作。

(2) 强化对危险废弃物的管理，健全危险废物收集、运输、处理处置 管理制度。

本项目的建设，推动了城乡一体化的发展，有利于生活垃圾无害化处理目标的实现，符合城市总规的要求。

2.3.3.4 《廉江市土地利用总体规划（2010~2020年）》；

根据廉江市2014年土地利用现状变更调查数据，全市土地总面积为286682.80公顷。其中农用地228314.06公顷，占土地总面积的79.64%；建设用地43276.76公顷，占土地总面积的15.10%；其他土地为15091.98公顷，占土地总面积的5.26%。

本次调整完善，落实了廉江市国民经济和社会发展“十三五”规划和省重点建设涉及廉江市的项目计划，以及廉江市各镇（街）卫生院的升级建设。且对于选址已确定的交通基础设施项目，已将交通沿线永久基本农田划出，保障了交通廊道建设的用地空间，具体情况如下：

一、能源项目

规划期间，为了将有效完善华南成品油管网，起到优化区域资源配置，保障成品油资源供应，充分释放铁路、公路、水路运力的作用，促进湛江市的经济发展，廉江市拟建设中科一体化配套湛江-廉江成品油管道工程项目，项目用地规模12公顷。

二、交通项目

规划期间，根据廉江市发展需要，优先保障重大交通基础设施的用地需求，以促进经济发展。规划期内，重点保障玉林（省界）至湛江高速公路（廉江段）、新建合浦至湛江铁路项目（廉江段）、张家界至三亚旅游高铁、廉江市罗州大道西延线至石岭镇段公路、廉江至湛江快线（廉江段）、北部湾大道三期、县道672线廉江城区段改线工程（东环大道）、渝湛高速公路龙头沙港互通式立交连接线工程建设及配套设施、莲塘公路扩建、廉江城区至塘缀公路扩建、廉江城区至安铺公路扩建、省道286、287改扩建、国道325线廉江市段改线工程项目、省道388新建工程、广东滨海公路廉江段、廉江市物流中心、龙头沙国家一级渔港、湛江港廉江港区等项目用地需求，项目总用地规模为2301.09公顷，规划新增建设用地2096.83公顷，占用耕地509.23公顷。

三、水利项目

规划期间，加强廉江市境内的堤围、水库、排灌渠等水利设施建设，改善城乡供水条件，提高全市的防洪抗灾能力。规划期内廉江市重大水利建设项目有鹤地水库扩建工程、廉江河防洪工程、九洲江堤围加固工程、中小河流治理、山洪灾害治理、除涝工程、长青、江头水库除险加固工程、大中型病险水闸除险加固工程、1万亩以上灌区改造工程，规划占地规模为132公顷，规划新增建设用地102公顷，占用耕地28公顷。

四、电力项目

规划期间，进一步提高全市各镇（街道）供电可靠性和电能质量，加快廉江市电网

的建设与改造步伐，为经济发展提供坚强的电力支撑。规划期间，廉江市将龙头沙火力发电厂、高桥、车板等 5 个变电站、廉江核电厂及配套设施工程等电力项目，项目总规模约 260 公顷，规划新增建设用地 260 公顷，占用耕地 40 公顷。

五、环保项目

规划期间，市政重点项目主要有石角镇、安铺镇、青平镇、石岭镇和良垌镇污水处理厂等项目，总规模为 21 公顷，新增建设用地 21 公顷，占用耕地 2 公顷。

六、旅游项目

规划期间，旅游项目为三合温泉旅游区、塘山岭生态旅游区和石城镇田园综合体项目，其用地总规模 12 公顷，新增建设用地 12 公顷，占用耕地 1 公顷。

七、其他项目

规划期间，廉江市还安排安铺-横山工业集聚区、营仔镇工业集聚区、良垌镇工业集聚区、园岭仔工业集聚区、廉江塘蓬石材产业基地、廉江市石岭镇石材深加工基地、廉江南方农产品交易市场、廉江家电产业基地、粤桂经贸合作区（起步区）、良垌镇搬迁村、各镇街新农村建设、青平和安铺及各镇街卫生院改扩建等项目，总规模为 984.84 公顷，新增建设用地 741.84 公顷，占用耕地 268.27 公顷，其中落实青平镇中心卫生院项目 2.40 公顷，安铺镇中心卫生院 2.44 公顷。

2.3.3.5 廉江市国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要

——生态文明建设成效显著。

大力开展城乡“六乱”整治，城市管理水平上新台阶，廉江被授予“广东省文明城市”称号。积极配合开展鹤地水库环境综合整治，全面取缔周边养猪场，污染源得到有效控制，鹤地水库水质达到近年来最好水平。建成城西污水处理厂、开发区污水处理厂、石角镇生活污水处理厂，日处理能力达 5 万吨以上；建成中心镇氧化塘废水处理设施 3 个。完成生态景观林带、森林碳汇、森林进城围城和乡村绿化美化等四大林业重点生态工程的建设任务，增加碳汇林、沿海防护林 3.3 万亩和沈海高速生态景观林带 2.5 公里，完成 30 条生态文明村“万村绿”工程建设。动工建设生活垃圾焚烧发电厂，21 个镇（街道）建成生活垃圾压缩转运站。

——生态环境进一步改善。

低碳绿色发展扎实推进，全面完成省、市下达资源节约、环境保护、生态建设等方面指标。工业废气、废水排放达标率 100%；城镇生活污水处理率达到 90%，城镇生活

垃圾无害化处理率达到 85%。

——推进农村人居环境整治。

深入开展山水林田路等农村环境综合治理，推进农村垃圾、污水处理系统建设，重点整治农村生活垃圾污染、畜牧、水体污染，实行农村生活垃圾集中无害化处理。

——加快环保设施建设。

继续推动城乡绿色通道网络建设，大力推进垃圾焚烧发电厂建成投产，积极引入社会资本，采用 PPP 模式，推动安铺、青平、河唇、石岭、塘蓬、良垌、沙塘工业区、金山工业区等一批污水处理厂以及城西污水处理厂扩容建成营运，整体推进廉江市市容市貌建设。继续抓好城乡清洁工作，积极推进生活垃圾分类收集，强化固体废物管理与处置，建设廉江丰诚危废处理中心、城市污泥处理工程，推进医疗废弃物和污水处理，提高固体废物处理的减量化、资源化和无害化水平。

2.4 项目建设必要性

2.4.1 是弥补服务区域近期垃圾处理能力,特别是焚烧处理设施能力不足的需要

随着地区国民经济的高速发展和人民生活水平的提高，垃圾问题日益突出，急增的各类垃圾已成为环境污染的一大公害，严重威胁着人类的生存空间。

服务区域目前生活垃圾产生量约为 800~1000 吨/日，预测 2020 年超过 1100 吨/日，2030 年为接近 1360 吨/日。城区垃圾主要是通过一期生活垃圾焚烧厂焚烧及填埋的方式进行处理，随着垃圾收运系统的完善，日清运垃圾量将逐年上升，这将严重压缩现有垃圾填埋场的库容，且一期生活垃圾焚烧处理能力仅有 500t/d，无法满足日益增长的垃圾处理需求。

本项目建成后，采用焚烧的方式处理生活垃圾，服务范围覆盖建成区及农村地区，缓解垃圾过量填埋的紧张局面，是解决当地生活垃圾处置能力不足的迫切需要。

2.4.2 符合国家及广东省各项产业政策

2000 年 6 月 5 日，建设部、国家环保总局、科技部在《城市生活垃圾处理及污染防治技术政策》通知中，要求垃圾焚烧目前宜采用以炉排炉为基础的成熟技术，审慎采用其它炉型的焚烧炉，禁止使用不能达到控制标准的焚烧炉。炉排炉在我国使用时间较长，技术基本成熟。

环境保护部、住房城乡建设部、国家发展改革委于 2010 年研究拟定了《关于加强

生活垃圾处理和污染综合治理工作的意见（征求意见稿）》，向社会广泛征求意见。该征求意见稿提出：合理选择处理方式。本着因地制宜、技术可行、设备可靠、适度规模、成本经济的原则，合理选择卫生填埋、清洁焚烧、生物处理等垃圾处理方式。对于拥有相应土地资源且具有较好污染控制条件的地区，可采用卫生填埋方式处理生活垃圾；对于土地资源紧张，生活垃圾热值满足要求的地区，可采用清洁焚烧处理技术；对于实行可降解有机垃圾分类回收的地区，可采用适宜的生物处理技术；对于生活垃圾混合收集的地区，不宜采用生物堆肥技术。

《国务院批转住房城乡建设部等部门关于进一步加强城市生活垃圾处理工作意见的通知》（国发[2011]9号）指出：到2015年，全国城市生活垃圾无害化处理率达到80%以上，直辖市、省会城市和计划单列市生活垃圾全部实现无害化处理。到2030年，全国城市生活垃圾基本实现无害化处理，全面实行生活垃圾分类收集、处置。城市生活垃圾处理设施和服务向小城镇和乡村延伸，城乡生活垃圾处理接近发达国家平均水平。对垃圾处理适用技术指出：城市人民政府要按照生活垃圾处理技术指南，因地制宜地选择先进适用、符合节约集约用地要求的无害化生活垃圾处理技术。土地资源紧缺、人口密度高的城市要优先采用焚烧处理技术，生活垃圾管理水平较高的城市可采用生物处理技术，土地资源和污染控制条件较好的城市可采用填埋处理技术。鼓励有条件的城市集成多种处理技术，统筹解决生活垃圾处理问题。

《国务院关于加强城市基础设施建设的意见》（国发201336号）中指出：加大处理设施建设力度，提升生活垃圾处理能力。提高城市生活垃圾处理减量化、资源化和无害化水平。到2015年，36个重点城市生活垃圾全部实现无害化处理，设市城市生活垃圾无害化处理率达到90%左右；到2017年，设市城市生活垃圾得到有效处理，确保垃圾处理设施规范运行，防止二次污染，摆脱“垃圾围城”困境。

中共中央、国务院《关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》中第二十三条指出，要加强垃圾综合治理——树立垃圾是重要资源和矿产的观念，建立政府、社区、企业和居民协调机制，通过分类投放收集、综合循环利用，促进垃圾减量化、资源化、无害化。到2020年，力争将垃圾回收利用率提高到35%以上。强化城市保洁工作，加强垃圾处理设施建设，统筹城乡垃圾处理处置，大力解决垃圾围城问题。推进垃圾收运处理企业化、市场化，促进垃圾清运体系与再生资源回收体系对接。通过限制过度包装，减少一次性制品使用，推行净菜入城等措施，从源头上减少垃圾产生。利用新技术、新设备，推广厨余垃圾家庭粉碎处理。完善激励机制和政策，力争用5年左右时间，基

本建立餐厨废弃物和建筑垃圾回收和再生利用体系。

住房和城乡建设部等部门《关于进一步加强城市生活垃圾焚烧处理工作的意见》（建城[2016]227号）中指出：生活垃圾焚烧处理技术具有占地较省、减量效果明显、余热可以利用等特点，在发达国家和地区得到广泛应用，在我国也有近30年应用历史。目前，垃圾焚烧处理技术装备日趋成熟，产业链条、骨干企业和建设运行管理模式逐步形成，已成为城市生活垃圾处理的重要方式。各地要充分认识垃圾焚烧处理工作的紧迫性、重要性和复杂性，提前谋划，科学评估，规划先行，加快建设，尽快补上城市生活垃圾处理短板。“优先安排垃圾焚烧处理设施用地计划指标，地方国土资源管理部门可根据当地实际单列，并合理安排必要的配套项目建设用地，确保项目落地。”

2016年1月1日广东省第十二届人民代表大会常务委员会发布公告第40号《广东省城乡生活垃圾处理条例》，其中第二十条：“鼓励发展生活垃圾焚烧发电方式，以焚烧发电为依托，结合先进技术和综合处理方式，建设集约化生活垃圾处理环境园。”

为推进本省居民生活垃圾集中处理设施选址工作，推动居民生活垃圾集中处理设施建设，2016年12月1日广东省第十二届人民代表大会常务委员会第二十九次会议通过《广东省人民代表大会常务委员会关于居民生活垃圾集中处理设施选址工作的决定》，明确居民生活垃圾集中处理是关系民生的基础性公益事业，是政府必须而且应当及时提供的公共服务。推进居民生活垃圾集中处理设施选址等相关工作是全社会的共同责任，应当全民参与。鼓励采取产业园区选址建设模式，统筹生活垃圾、建筑垃圾、餐厨垃圾等不同类型垃圾处理，优化配置焚烧、填埋、生物处理等不同种类处理工艺，形成一体化项目群，避免垃圾处理设施重复选址和分散选址。

本项目采用城市垃圾作为燃料进行焚烧发电，实现垃圾的无害化和资源化，符合广东省的垃圾处理行业政策。

2.4.3 利于城乡统筹，环卫一体化的发展趋势

在我国大多数农村，尤其是经济发展相对落后的偏远农村，生活垃圾的危害没有得到人们的重视，缺乏固定的垃圾堆放场地和专门的生活垃圾收集、运输、填埋等处理系统，还处在最原始的垃圾自然堆放状态。村民们往往将产生的垃圾随意丢弃于田边、路边、水沟边，垃圾山随处可见，从而导致蚊蝇滋生，村庄臭气漫天，严重影响村容村貌。此外，垃圾渗沥液很容易进入水体而污染地表水和地下水。

农村生活垃圾处理存在三方面的困难，一是农村生活垃圾处理没有统一的经费保

障，处理设施、处理方法不够科学；二是垃圾从收集到集中清运缺乏专门人员；三是村民的卫生环保意识差，很多陋习尚未去除，良好的习惯尚未建立。

农村生活垃圾常见处置方法有填埋处理、焚烧处理和堆肥处理。而村民多以焚烧和堆肥为主。焚烧垃圾产生的烟雾中含有一氧化碳、二氧化碳、氮氧化物和悬浮颗粒物等，容易使受污染的群体产生呼吸道、眼部疾病，同时也影响环境卫生。部分地区的农村未将垃圾分类直接进行简单的堆沤后用于还田，如果垃圾中存在废旧电池等，肥料直接施于土壤，极有可能造成土壤重金属污染。而将生活垃圾统一收集后进行卫生填埋在大多数农村还不能实现。

2016年3月，国家环保部部长陈吉宁指出，我国的环境污染正在进行一场“上山下乡”，即工业污染正由东部向中西部转移、由城市向农村转移，农村遭受环境污染的比例不断上升。有调查显示，由于农村生活垃圾得不到及时处理，极易产生对土壤、水源地的二次污染，此外，外来污染也在加剧农村环保所面临的严峻处境，如一些城市将生活垃圾、建筑垃圾运至城郊乡村地区，使得很多农村成了城市的“垃圾处理场”，将以往的“垃圾围城”变成了“垃圾围村”。因此，应加大在农村地区的生活垃圾处理投入，增加环保设施，理顺关系，使得农村地区的垃圾得到有效收集和处理，从而改善目前的城乡生活垃圾困境。

2015年初，中央1号文件首次写入“农村垃圾治理”，党的十八届五中全会通过的“十三五”规划也提出，要“开展农村人居环境整治行动”；去年11月，住建部等十部门联合发布《全面推进农村垃圾治理的指导意见》，要求“到2020年全面建成小康社会时，全国90%以上村庄的生活垃圾得到有效治理，实现有齐全的设施设备、有成熟的治理技术、有稳定的保洁队伍、有长效的资金保障、有完善的监管制度”。这些政策使得农村垃圾治理工作得到极大推动。

本期建设规模为600吨/日，垃圾处置服务范围为廉江市市域，无害化处置服务区清运的生活垃圾（含城区、各乡镇及农村地区），解决服务范围的乡村垃圾治理问题。做到合理建设、容量适当，有效降低社会、经济和环境风险。

2.4.4 是促进垃圾资源化，符合循环经济和节能减排的要求

垃圾是放错了地方的资源，并且是一种可贵的战略资源。据报道我国目前城市年产垃圾量约1亿3千万t，并以7%~9%年递增速度增加。垃圾进行填埋，虽然可以取得较好的无害化效果，但资源化效益较差。随着垃圾焚烧技术日趋完善，垃圾焚烧发电、

垃圾填埋沼气发电让垃圾变废为宝成为可能。垃圾焚烧技术前景广阔，现已被国内外多个城市所采用。根据估算，一个日处理为 1000 吨的垃圾焚烧电厂年可处理 36.5 万吨，并对外供电 1 亿度左右，相当于节约 3 万多吨标准煤。

垃圾焚烧发电是通过垃圾干燥、燃烧和燃烬三个阶段，让垃圾在 850℃ 至 1100℃ 的高温下充分燃烧。焚烧中，可通过 DCS 自动控制系统和自动燃烧控制系统即时监控和调整炉内垃圾的燃烧工况，及时调节炉排运行速度和燃烧空气量。焚烧垃圾产生的高温烟气在余热锅炉中进行热交换，产生过热蒸汽，推动汽轮发电机组产生电能。电能通过电网，输送到各地，实现了垃圾资源化处理。

可见，采用垃圾焚烧方式处理服务区域生活垃圾是适应广东省加强城市生活垃圾处理工作的需要。

2.4.5 提升城市形象，社会效益显著

如今，城市生活垃圾处理水平已经成为反映一个城市文明程度、经济实力、科技实力以及城市管理者的环境意识和现代意识的标志。生活垃圾管理与污染防治已成为城市环境保护的重要内容之一。

城市生活处理处置是一项系统工程，它涉及收集、运输、处理处置和管理等一系列的程序，主要的问题是统一收集覆盖面不够完全，在垃圾收运过程中容易造成二次污染。廉江市生活垃圾焚烧发电项目的建设，可以逐步完善和改进生活垃圾的收运方式和设施，使服务区域生活垃圾的收运系统逐步走向正轨，减少垃圾收运过程中造成的环境污染。

本项目的建设是廉江地区社会经济可持续发展的重要基础设施之一，具有显著的社会效益。环境卫生工作是城市发展水平的重要标志，是城市形象的直观反映，直接影响社会发展和人民群众的生活质量。

国家新型城镇化规划（2014—2020 年）中指出，城镇化是伴随工业化发展，非农产业在城镇集聚、农村人口向城镇集中的自然历史过程，是人类社会发展的客观趋势，是国家现代化的重要标志。而随着城镇化的推进，垃圾处理设施作为市政公用基础设施中的重要一环，也需要配套发展。

本项目的建设及运营，能有效地解决城市垃圾污染及资源回收问题，为廉江市营造一个整洁的城市市容环境，使城市面貌、生态环境得到了较大的改善。改善了投资环境和生活环境，进一步吸引境内外投资者，对实现经济的可持续发展具有重大的现实意义。

综上所述，本项目建设是十分紧迫和必要的。

第3章 厂址选择

3.1 厂址选择原则

本项目的厂址选择根据以下国家有关的标准及规范：

- 1) 《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB18485-2014)
- 2) 《生活垃圾焚烧处理工程技术规范》(CJJ90-2009)
- 3) 《生活垃圾焚烧处理工程项目建设标准》(建标 [2010]142 号)

以上有关标准及规范制定了焚烧厂的厂址选择原则：

1) 坚持规划先行、区域统筹、联建共享、环境保护，加强规划引导，做好与土地利用总体规划、城乡规划、环境保护规划、环境卫生专项规划的衔接。

2) 宜靠近服务区域，运输距离应经济合理，应有良好的交通运输条件。

3) 应选择生态资源、机场、文化遗址、风景区等敏感目标少的区域。

4) 应满足工程建设的工程地质条件和水文地质条件，不应选在发震断层、滑坡、泥石流、沼泽、流砂及采矿陷落区等地区。

5) 不应受洪水、潮水或内涝的威胁；必须建在该地区时，应有可靠的防洪、排涝措施，其防洪标准应符合国家现行标准《防洪标准》(GB50201)的有关规定。

6) 应充分考虑焚烧产生的炉渣及飞灰的处理与处置。

7) 应有可靠的供水水源、完善的污水接纳系统或适宜的排放环境。

8) 应有可靠的电力供应。对于垃圾发电项目，还应有便利的电力接入条件。

9) 对于利用垃圾焚烧热能供热的垃圾焚烧厂，厂址的选择应考虑热用户分布、供热管网的技术可行性和经济性等因素。

焚烧厂址的选择还应遵循以下原则：

1) 尽量利用既有生活垃圾处理设施用地建设，并预留远期发展空间。

2) 避免垃圾处理设施重复选址和分散选址。鼓励采用产业园选址建设，统筹生活垃圾、建筑垃圾、餐厨垃圾等不同类型垃圾处理，优化配置焚烧、填埋、生物处理等不同种类处理工艺，形成一体化项目群。

3) 建厂工程费用节省，投资合理。

3.2 厂址合理性分析

本项目在廉江市生活垃圾焚烧厂内扩建，不新增土地。

根据本项目一期工程环评，现有厂址位于廉江市新民镇七星岭具备如下合理性：

环发[2008]82号对生活垃圾焚烧发电项目选址提出如下要求：

按照原建设部、国家环境保护总局、科技部《关于印发〈城市生活垃圾处理及污染防治技术政策〉的通知》(建城〔2000〕120号)的要求，垃圾焚烧发电适用于进炉垃圾平均低位热值高于5000千焦/千克、卫生填埋场地缺乏和经济发达的地区。

根据检测，廉江市生活垃圾平均含水率为50—68%，收到基平均低位热值达到了5138kJ/kg，经入厂堆放后热值还可进一步提高，达到规定热值要求；廉江市地域有限，区内绝大部分都已规划或建设；廉江市近年发展迅速，经济的快速发展使得廉江市更加适合建立生活垃圾焚烧项目。

选址必须符合所在城市的总体规划、土地利用规划及环境卫生专项规划(或城市生活垃圾集中处置规划等)；应符合《城市环境卫生设施规划规范(GB50337-2003)》、《生活垃圾焚烧处理工程技术规范(CJJ90-2002)》对选址的要求。

本项目已经通过廉江市的选址预审和用地规划许可；不占用耕地；本项目地理位置优越，交通便利，有利于垃圾运输和收集，周边敏感目标少，工程地质条件和水文地质条件良好，不受洪水、潮水或内涝的威胁，便于电力接入，符合《城市环境卫生设施规划规范(GB50337-2003)》、《生活垃圾焚烧处理工程技术规范(CJJ90-2002)》对选址的要求。

除国家及地方法规、标准、政策禁止污染类项目选址的区域外，以下区域一般不得新建生活垃圾焚烧发电类项目：

- (1)城市建成区；
- (2)环境质量不能达到要求且无有效削减措施的区域；
- (3)可能造成敏感区环境保护目标不能达到相应标准要求的区域。

本项目选址位于廉江市新民镇七星岭，不在城市建成区范围内，具体见附图九；污染严重的工业企业较少，环境质量现状背景良好，本项目对周围环境敏感目标的影响都在可以接受的范围内。

综上所述，本项目选址基本符合环发[2008]82号《关于进一步加强生物质发电项目环境影响评价管理工作的通知》中对生活垃圾焚烧厂选址的基本要求。

3.3 建厂条件

3.3.1 地理位置

本项目厂址位于廉江市新民镇七星岭，选址示意图如下图所示。



3.3.2 电力上网

本阶段暂按 110kV 电压等级就近接入附近的变电站，本期需新增 1 回 110kV 上网线路接入电网。最终电力接入系统方案以批准的电力接入系统报告为准。

3.3.3 供排水条件

参照一期工程，本期工程的生活用水采用自来水，生产用水采用乌塘水库水。

排放的粪便污水先经化粪池处理，厨房及餐厅含油污水先经隔油池处理后与生产污、废水一同排入污水处理站处理达标后，回用到绿化用水、道路洒水或作为循环冷却集水池补充水；渗沥液处理后回用，其他污水不考虑对外排放。具体排水方案由批准的环境影响评价报告为准。

3.3.4 灰渣处理

本工程炉渣处置后在运送至厂外进行综合利用。飞灰稳定化后处置无害化后送入填埋场填埋。最终灰渣处置方案由批准的环境影响评价报告为准。

第4章 工艺方案论证

4.1 垃圾处理方法的选择

4.1.1 垃圾处理方法的选择

城市生活垃圾的处理方法是指用物理、化学、生物等处理方法，将生活垃圾在生态循环的环境中加以迅速、有效、无害的分解处理之，以达到“减量化”、“稳定化”、“卫生化”、“资源回收化”的目的。目前，最常采用的处理方法有 5 种，即分类回收、卫生填埋、堆肥、焚烧和化学/生化处理，其中，分类回收不是一种独立的处理方法。这些方法各有其优缺点。由于垃圾成分复杂，各地区在不同时期，其成分都有较大的差异。因此，在处理方法的选择上，应按照本地区的情况，选择适当的方法，有时还须采用综合处理方法，才能取得比较理想的环境和经济效益。

纵观国内外城市生活垃圾处理技术的发展动态，城市生活垃圾的焚烧处理技术，由于具有无害化效果好、减量化程度高、资源化较便捷和占地面积小等优点，已愈来愈受到国内外许多城市的青睐。

服务区域内的城市生活垃圾，具有以下三个特点：一是其热值仍处于逐步升高的阶段，随着居民生活燃气化率的增高，当地的生活垃圾已满足了焚烧发电的要求，但其热值与发达国家和地区相比，仍然偏低。二是由于当地居民生活习惯的影响，垃圾的含水量较多，厨余物质含量也较多，即使经过垃圾池析出部分渗沥液，进炉中垃圾的水分含量适当降低。处理这种垃圾比较成熟、操作可靠的处理方法是回收能源，以补助维持处理厂的营运。三是当地居民还未养成分类倒垃圾的习惯。因此，垃圾成分较为复杂，而供分拣回收利用的物质如玻璃、金属和橡胶塑料与厨余等物混在一起，垃圾湿且脏，转运后给分拣带来诸多不便。

按照经济效益与环境效益考虑，城市垃圾热值达到一定水平后，以焚烧发电最好，它具有明显“减容、安定、无害、资源化”的优点。结合项目一期工程的经验，推荐垃圾焚烧发电方式来处理服务区域内的生活垃圾。

目前服务区域内的生活垃圾热值已超过 1000kCal，满足垃圾焚烧的条件。因此，本项目建设的城市生活垃圾处理设施所采用的处理技术应以焚烧技术为主，但应用的焚烧炉需要对处理物料的热值变化范围有一定的适应能力。

建议项目考虑综合处理的办法，合理使用有限的垃圾处理场地资源，尽可能以焚烧处理为主要处理手段，再结合其他处理方法，逐步建成一个“源头削减、分类收集、资源回收、综合利用”的生活垃圾处理系统。

4.1.2 中国垃圾焚烧发展情况

我国生活垃圾焚烧设施建设起步于 20 世纪 80 年代末，深圳市首家引进了日本三菱重工生产的 2 台处理能力 150t/d 的马丁式焚烧炉，并于 1988 年建成投产。随后全国各地相继建起了各种形式的垃圾焚烧厂，初期的垃圾焚烧不仅有余热发电、供热，还伴随着一批不能满足环保要求的简易焚烧设施。

进入 21 世纪，全国的垃圾焚烧发电项目快速增长，小型简易焚烧设施逐步淘汰，具有一定规模的以发电为主的焚烧处理设施相继建成投产。特别是 2005 年以后，生活垃圾焚烧技术因得到国家政策支持而取得了突破性进展，近十年来以两位数增长率的超高速增长。从 2004 年的 449 万吨达到目前 5300 万吨，年复合增长率达 24.13%，而同期垃圾无害化处理总量的年复合增长率仅为 7.19%，垃圾焚烧处理量的增速已经远远高于总体垃圾处理量，成为固废领域增速最快的子行业。



图4-1 全国垃圾处理量及焚烧处理量年际变化图

2005-2015 年，全国城市生活垃圾焚烧方式无害化处理厂数量从 67 座增加到 257 座，年均增加约 17 座。

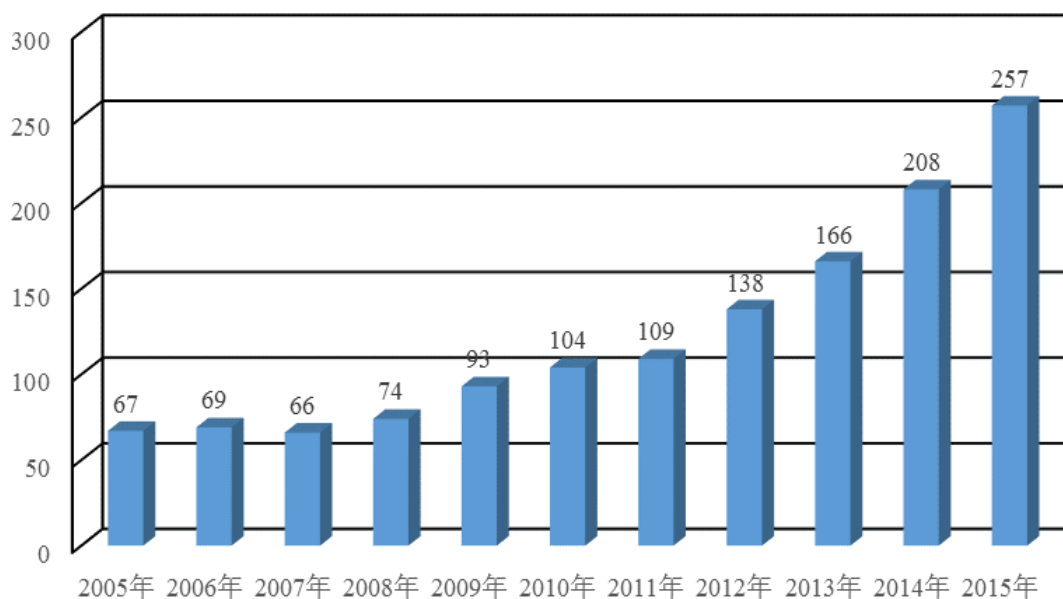


图4-2 全国城市生活垃圾焚烧厂各年统计

然而根据已经完成“十二五”规划统计，垃圾焚烧的发展却未达到“十二五”规划预期要求。2015年全国生活垃圾焚烧处理能力为235224吨/日，与规划的307155吨/日相差71931吨/日；焚烧比例仅为28.6%，未达到规划要求的35%；东部地区焚烧比例仅占45.5%，低于规划要求的48%。因此，未来新增处理设施将以焚烧为主。根据国家近期发布《“十三五”全国城镇生活垃圾无害化设施建设规划》，到2020年，全国垃圾焚烧能力要求达到59.14万吨/日，占比54%。可见，结合“十二五”完成情况及“十三五”规划，未来五年仍然是中国垃圾焚烧项目的黄金期，因此本项目的建设仍然与大背景相符合。

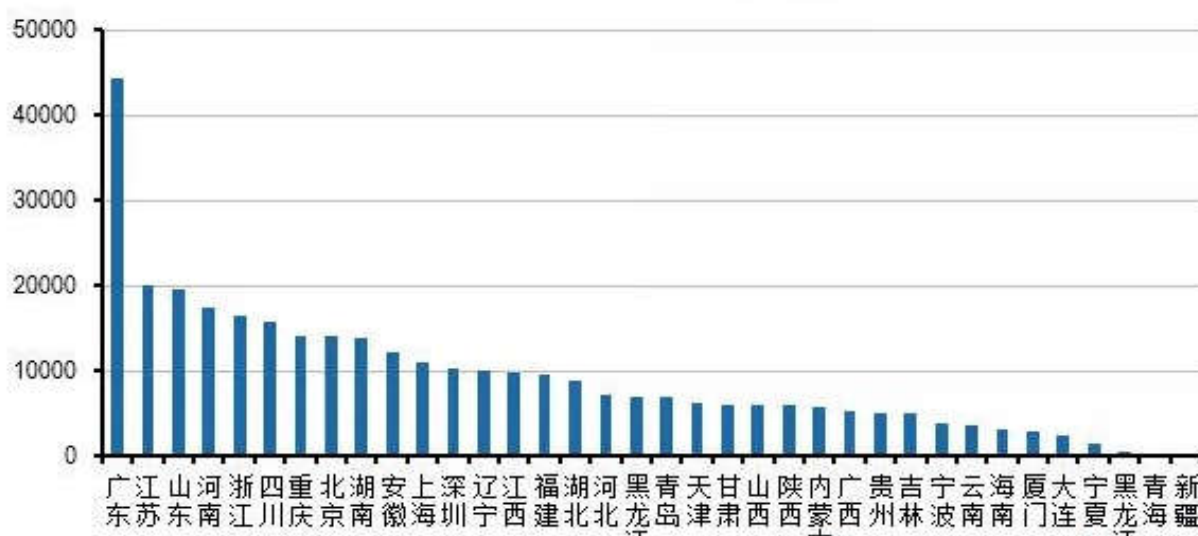


图4-3 十三五规划各省及直辖市新增焚烧产能（吨/日）

4.2 建设规模论证

生活垃圾处置项目的建设规模需充分考虑到服务年限内的垃圾变动情况，秉承适度超前、可持续发展的原则，特别是针对服务区域尚未完善的地区，需针对当地收运系统的完善情况考虑分期建设。

根据垃圾量预测结论可知，在不考虑收运系统完善程度及垃圾分类的前提下，2020年当地生活垃圾日产量将超过1000吨/日，2030年将达到1360吨/日以上；在考虑一定清运及分类后，2020年垃圾日清运量在800~1000吨/日之间，2030年将控制在1000~1200吨/日之间。远期随着分类的继续推进，垃圾将逐渐稳定在1100吨/日左右。考虑一期项目的500吨/日处理能力，主厂房预留安装线空间满足600吨/日焚烧炉安装需求，建议本期规模为600吨/日。

4.3 焚烧炉炉型比选

垃圾焚烧处理系统的关键设备是焚烧炉，焚烧炉经过100多年历史的发展，借助新技术手段，垃圾的焚烧技术得到不断完善。虽然垃圾焚烧炉是在煤炉的基础上演变而成，但由于垃圾成分复杂以及热值变化较大，垃圾的燃烧系统及垃圾焚烧炉的炉体结构也有很大的变化。垃圾的主要特性是水分高、灰分高、热值低，物理成分复杂，含有腐蚀性有机物及有害物质。焚烧炉的设计必须充分考虑到垃圾在炉内停留时间、燃烧温度、烟气在炉内的停留时间及紊流，从而达到完全燃烧、控制恶臭及抑制二噁英的产生。

按燃烧方式的不同，焚烧炉的型式可分为机械炉排焚烧炉、流化床焚烧炉、旋转窑焚烧炉和热解气化焚烧炉。

4.3.1 机械炉排焚烧炉

机械炉排焚烧炉是较早发展的垃圾焚烧炉型式。机械炉排焚烧炉根据炉排的结构和运动方式不同而形式多样，但燃烧的基本原理大致相同，垃圾在炉排上进行层状燃烧，经过干燥、燃烧、燃烬后灰渣排出炉外，各种炉排都会采取不同的方式使垃圾料层不断得到松动以及使垃圾与空气充分接触，从而达到较理想的燃烧效果。垃圾的燃烧空气由炉排底部送入，根据垃圾热值与水分不同，送入炉排风可以是热风或是冷风，不同的炉排结构其炉排透风方式各异。根据炉排运动方式及结构不同，机械炉排焚烧炉的型式有往复推动炉排、滚动炉排、多段波动炉排、脉冲抛动炉排。但主要型式是往复推动炉排及滚动炉排。

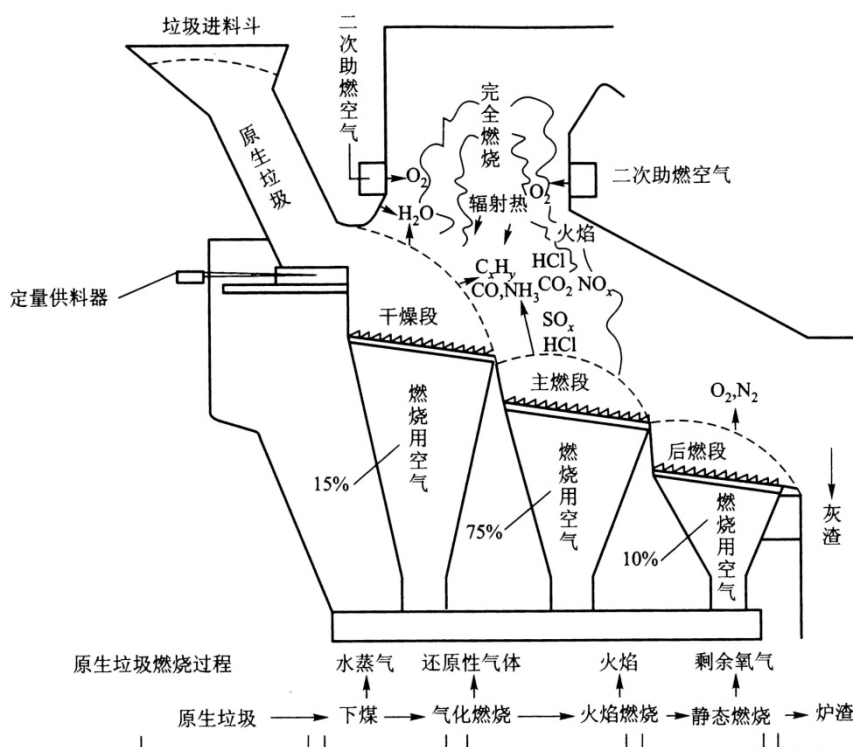


图4-4 典型炉排炉焚烧工作示意图

4.3.1.1 往复推动炉排

往复推动炉排根据其运动方向不同又可分为顺推式和逆推式。它们共同的工作原理是炉排为倾斜阶梯式布置，炉排总体布置的倾斜角在 $10\sim 15^\circ$ 之间。推料器不断把垃圾推入炉内，垃圾在运动的炉排作用下不断松动、切断和翻滚逐步由干燥区向燃烧区、燃烬区移动。

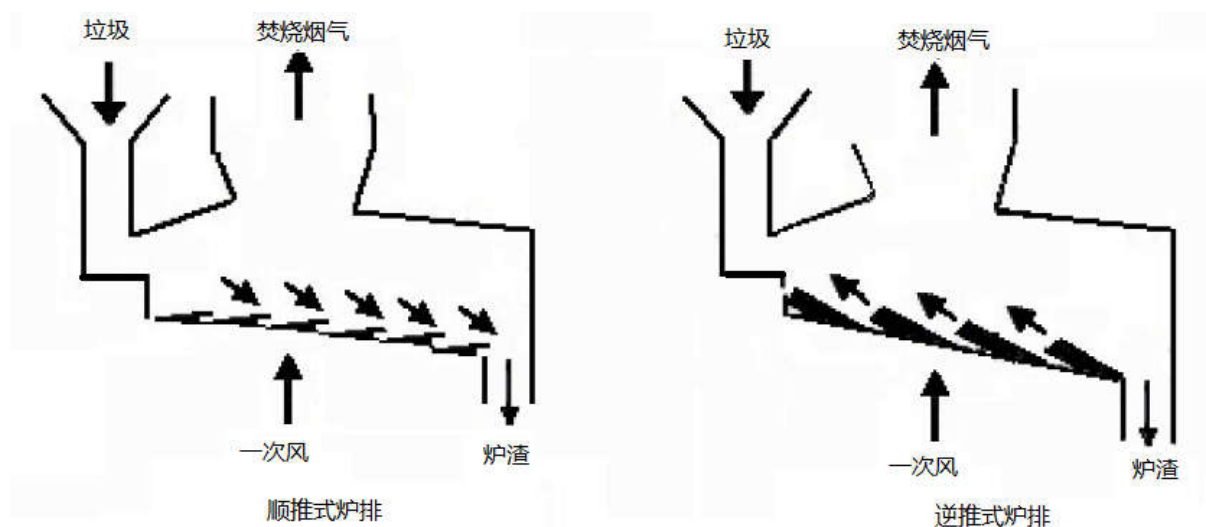


图4-5 典型往复式炉排炉原理示意图

二者不同处在于：

顺推式炉排推动垃圾的方向与垃圾总体流动方向一致，在推动垃圾过程中，使垃圾不断松动、切断，为了使垃圾得到较好的松动，炉排的推动方向与垃圾总体流动方向可以形成不同的角度；有的炉排甚至在不同的部位装设切刀，有利于垃圾的切断；在顺推炉排中还发展了一种交错推动炉排，即相邻的运动炉排其运动方向相反。

而逆推式炉排是由相间错动的固定炉排片和活动炉排片，以及炉排两侧固定炉排片的侧板组成的往复活动炉排，其特征在于所说往复活动炉排按活动炉排片运动方向与垃圾移动方向逆向，且由垃圾进料口向尾部倾斜按装。由于炉排独特的逆推往复运动，使得垃圾层整体在沿炉排下落位移过程中，经历强有力搅拌、干燥、主燃烧、后燃烧等阶段，从而强化燃烧；在逆推式往复炉排后部有一小部分顺推炉排，使垃圾燃烧的路程增加，易于燃烬，也便于排渣。

4.3.1.2 滚动炉排

滚动炉排一般由 5~7 个滚筒向下倾斜排列组成，每一滚筒配置一个风室，滚筒表面有许多通气孔，各滚筒通过的空气量可根据需要进行调整，各滚筒的速度可以不一样。垃圾由推料器推入炉内，随着滚筒的旋转向下一级输送，垃圾在滚筒的滚动过程及由一个滚筒过渡到下一个滚筒时，得到较好的翻动和混合，从而获得较好的燃烧效果。由于滚筒的转速及进风量均可单独调节，从而可以控制垃圾在各个滚筒的停留时间和燃烧，使得其对垃圾的适应性较强。滚筒在滚动的过程中，可以不断得到冷却，因而滚筒炉排材料可以采用一般的灰铸铁。

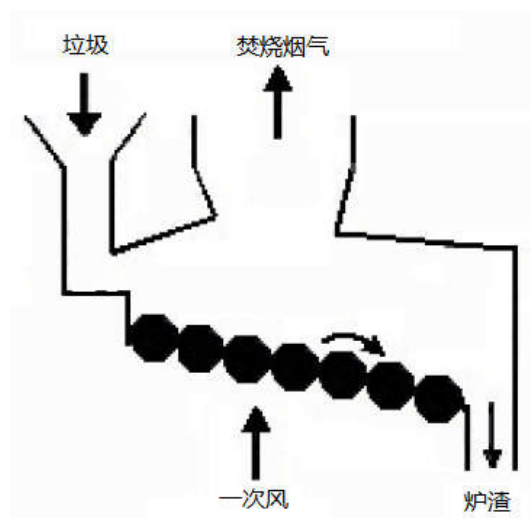


图4-6 典型滚动炉排炉结构示意图

4.3.2 流化床焚烧炉

流化床焚烧炉是利用流态化技术进行焚烧垃圾，在炉内有大量的石英砂作为热载

体。流化床在焚烧垃圾前，通过喷油燃烧将炉内的石英砂加热至 600℃ 以上，垃圾经破碎后投入炉内，流态化的垃圾与媒体强烈混合，垃圾水分很快蒸发，使垃圾变脆而燃烧。

流化床焚烧炉由于有热载体的存在，燃烧稳定、对垃圾变化适应性好、燃烧热效率高。由于炉内燃烧温度可控制在 850℃ 左右，因而可降低 NO_x 的产生，同时可在炉内直接喷入石灰，与 SO_x、HCl 等酸性气体反应，可达到去除酸性气体的目的，其缺点是垃圾必须分选破碎，分选及破碎系统复杂，消耗动力大，同时要使垃圾及媒体处于流化状态必须消耗很大的动力，流态化固体颗粒对炉墙磨损严重。

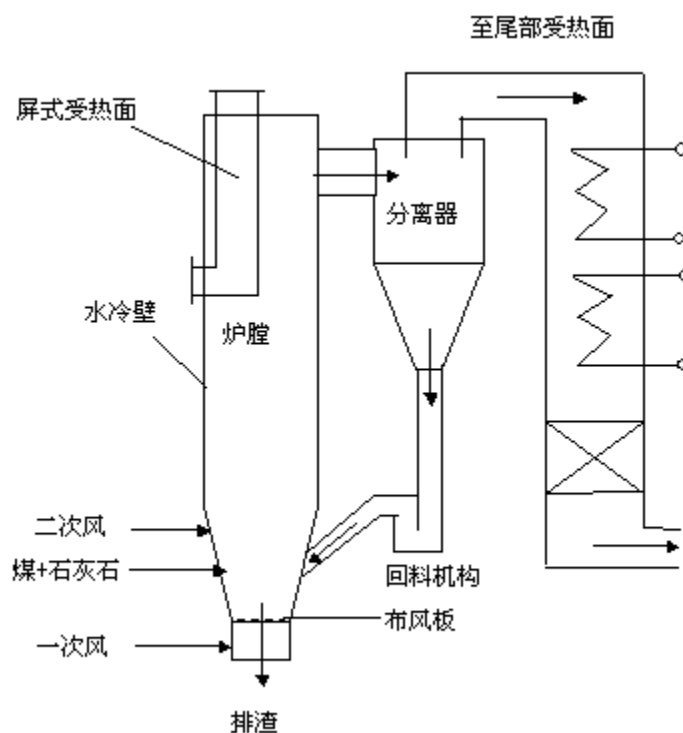


图4-7 循环流化床焚烧炉工作示意图

4.3.3 旋转窑焚烧炉

旋转窑焚烧炉是在钢制圆筒内部装设耐火涂料或由冷却水管与钻孔钢板焊接成圆筒状，筒体沿轴线方向呈小角度倾斜。

在焚烧垃圾时，垃圾由上部供应，筒体缓慢旋转，使垃圾不断翻转并向后移动，垃圾逐渐干燥、燃烧、燃烬然后排至排渣装置。有时除旋转筒体外还配有前置推动炉排或后置推动炉排，前置炉排起干燥，后置炉排起燃烬作用。配冷却水管的旋转炉对垃圾适应性强、设备利用率高、燃烧较完全、过量空气系数低，但其燃烧不易控制，垃圾热值低时燃烧困难。旋转焚烧炉较多使用在热值较高的工业固体废弃物的焚烧上，在生活垃圾

圾的焚烧中应用较少。

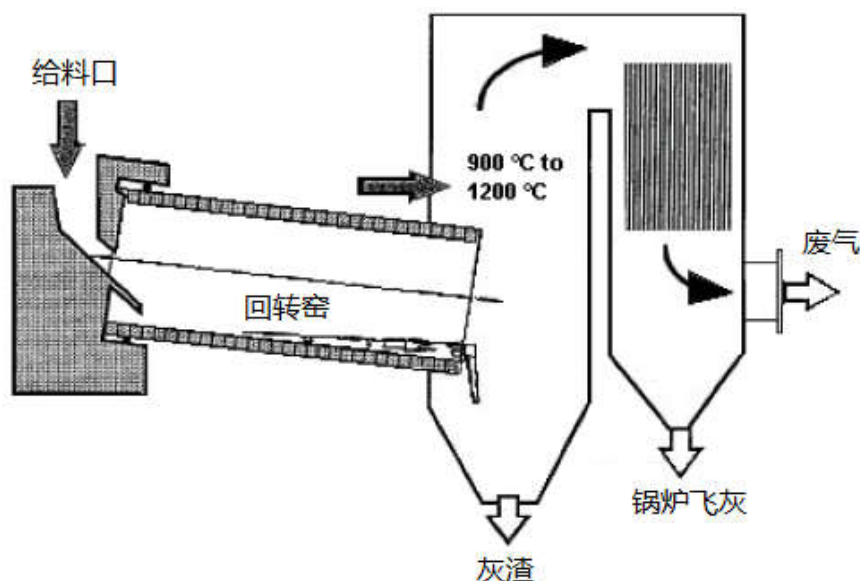


图4-8 回转窑炉工作示意图

4.3.4 热解气化焚烧炉

该炉从结构上分为一燃室与二燃室。一燃室内燃烧层次分布如图所示，从上往下依次为干燥段、热解段、燃烧段、燃烬段和冷却段。

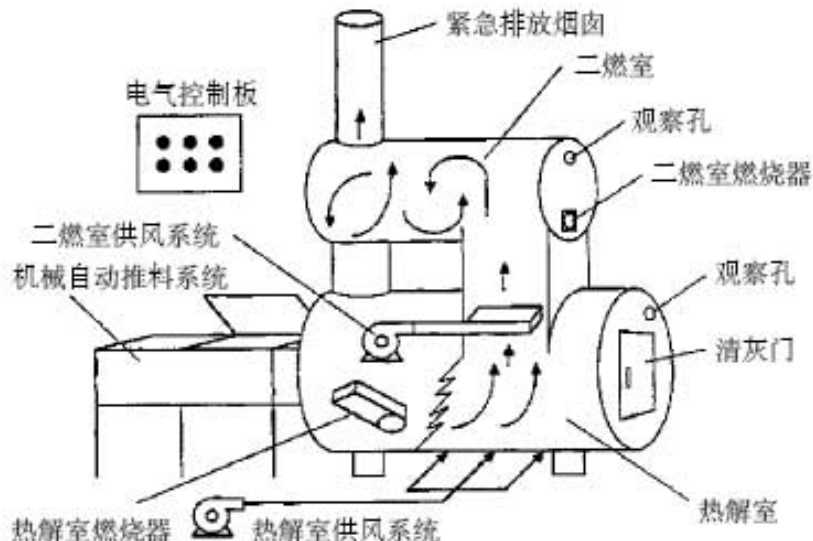


图4-9 热解炉示意图（以卧式为例）

进入一燃室的垃圾首先在干燥段由热解段上升的烟气干燥，其中的水分挥发；在热解气化段分解为一氧化碳、气态烃类等可燃物并形成混合烟气，混合烟气被吸入二燃室燃烧；热解气化后的残留物沉入燃烧段充分燃烧，温度高达 $1100\sim 1300^{\circ}\text{C}$ ，其热量用来提供热解段和干燥段所需能量。燃烧段产生的残渣经过燃烬段继续燃烧后进入冷却段，由一燃室底部的一次供风冷却（同时残渣预热了一次风），经炉排的机械挤压、破碎后，

由排渣系统排出炉外。一次风穿过残渣层给燃烧段提供了充足的助燃氧。空气在燃烧段消耗掉大量氧后上行至热解段，并形成了热解气化反应发生的欠氧或缺氧条件。

垃圾在一燃室内经热解后实现了能量的两级分配：裂解成分进入二燃室焚烧，裂解后残留物留在一燃室内焚烧，垃圾的热分解、气化、燃烧形成了沿向下运动方向的动态平衡。在投料和排渣系统连续稳定运行时，炉内各反应段的物理化学过程也持续进行，从而保证了热解气化炉的持续正常运转。

4.3.5 垃圾焚烧炉的选择

焚烧炉是垃圾焚烧处理工艺中的核心设备，它对整体工艺路线、焚烧效果、工程造价、运行的稳定可靠性、经济效益等，都起至关重要的作用。因此，在焚烧炉型选择上，务必十分慎重。

对国内垃圾焚烧的几种焚烧炉性能比较如下表：

表4-1 焚烧炉型比选表

项目	机械炉排炉	流化床焚烧炉	热解焚烧炉	回转窑焚烧炉
炉床及炉体特点	机械运动炉排，炉排面积较大，炉膛体积较大	固定式炉排，炉排面积和炉膛体积较小	多为卧式固定炉排，分两个燃烧室	无炉排，靠炉体的转动带动垃圾移动
垃圾预处理	不需要	需要	热值较低时需要	不需要
添加辅助燃料	不需要	需要添加煤等辅助燃料	不需要	不需要
设备占地	大	小	中	中
灰渣热灼减率	易达标	原生垃圾在连续助燃下可达标	原生垃圾不易达标	原生垃圾不易达标
垃圾炉内停留时间	较长	较短	最长	长
过量空气系数	大	中	小	大
单炉最大处理量	1200t/d	500t/d	200 t/d	500t/d
垃圾燃烧空气供给	易根据工况调节	较易调节	不易调节	不易调节
对垃圾含水量的适应性	可通过调整干燥段适应不同湿度垃圾	炉温易随垃圾含水量的变化而波动	可通过调节垃圾在炉内的停留时间来适应垃圾的湿度	可通过调节滚筒转速来适应垃圾的湿度
对垃圾不均匀性的适应性	可通过炉排拨动垃圾反转，使其均匀化	较重垃圾迅速到达底部，不易燃烧完全	难以实现炉内垃圾的翻动，因此大块垃圾难于燃烬	空气供应不易分段调节，因此大块垃圾不易燃烬
烟气中含尘量	较低	高	较低	高
燃烧介质	不用载体	需石英砂	不用载体	不用载体
燃烧工况控制	较易	不易	不易	不易

项目	机械炉排炉	流化床焚烧炉	热解焚烧炉	回转窑焚烧炉
运行费用	低	低	较高	较高
烟气处理	较复杂	较简单	较简单	较复杂
维修工作量	较少	较多	较少	较少
运行业绩	最多	较少	少	生活垃圾很少工业垃圾较多
综合评价	对垃圾的适应性强,不需要预处理,故障少,运行可靠。	需前处理且需经常停炉清渣,国内一般加煤才能焚烧。投资成本较低。	灰渣热灼减率高	要求垃圾热值较高(2500kcal/kg以上),且运行成本较高
对本项目的适用性	合适	不合适	不合适	不合适

通过上表比较,机械炉排焚烧炉发展历史最长,技术成熟,适合高水分、低热值、大容量的垃圾焚烧。流化床焚烧炉投资低,但需要添加煤作为辅助燃料,运行费用受煤价和政府政策波动大,适合于煤资源丰富的地区。热解气化焚烧技术作为国际上垃圾焚烧界普遍认可的 21 世纪的垃圾新技术,同样适合低热值的垃圾焚烧,但目前单炉容量不如机械炉排焚烧炉,且仍须改进才能适应处理高含水率的垃圾。

机械炉排炉相对其它炉型有以下几个特点:

- 1) 机械炉排炉技术成熟,尤其大型焚烧厂几乎都采用该炉型,国内已有大量成功的先例。
- 2) 机械炉排炉更能够适应国内垃圾高水分、低热值的特性,确保垃圾的完全燃烧。
- 3) 操作可靠方便,对垃圾适应性强,不易造成二次污染。
- 4) 经济性高,垃圾不需要预处理直接进入炉内,运行费用相对较低。
- 5) 设备寿命长,稳定可靠,运行维护方便,国内已有部分配套的技术和设备。

根据国家建设部、国家环保总局、科技部发布的《城市生活垃圾处理及污染防治技术政策》要求,并指出:“目前垃圾焚烧宜采用以炉排炉为基础的成熟技术,审慎采用其它炉型的焚烧炉”。综合上述各种炉型的特性比较,结合本项目一期工程的结论,推荐本项目依旧采用机械炉排炉工艺。

4.4 焚烧生产线的配置

本项目在一期工程建设时预留了本期一条焚烧线安装位置,因此采用一条 500t/d 的焚烧线方案是最为简单的,但考虑到廉江市生活垃圾实际处理需求,结合现有安装线可以满足 600t/d 焚烧炉安装需求,建议本期安装规模为 600t/d 焚烧线。

本期项目建成后，全厂正常情况下运行 1 台 500t/d+1 台 600t/d，两台焚烧炉可以错开时间进行检修，解决了原先焚烧炉检修期间垃圾焚烧能力不足的情况。

4.5 垃圾设计参数的确定

垃圾设计参数的确定是根据目前垃圾特性、结合过去的垃圾情况及对未来垃圾特性预测而综合考虑的。垃圾的设计参数确定后，对燃烧偏离设计范围的垃圾，将会影响燃烧效果及经济效益。一般而言，当垃圾低位热值过低时，垃圾焚烧时将消耗较多的辅助燃料才能维持燃烧；当垃圾热值高于设计热值时，由于炉排和受热面已确定，余热锅炉吸热量受到限制，因而影响垃圾处理量；当垃圾的含水率及灰分高于设计值时，则会影响垃圾的燃烧及锅炉热效率。

4.5.1 垃圾低位热值确定

垃圾低位热值的设定不但要考虑适应目前垃圾的焚烧，还应考虑随着生活水平的提高，垃圾的热值会不断上升，上升至一定值后将基本保持不变。同时，垃圾收集及分类方式的改变、同一年份季节的变化、晴天和雨天等因素都将影响垃圾的热值。在垃圾热值的设定方面，国内还没有足够的经验可以借鉴。

余热锅炉受热面的布置按一定的燃烧强度考虑，留有裕度，但如果垃圾热值上下偏离设计点过大，则会对焚烧炉的适应范围要求过宽，从而对垃圾焚烧厂的正常运行和运行成本有较大的影响：若设计点定得过低，则当实际垃圾热值较高时造成受热面超温和垃圾处理量下降，甚至达不到处理量的要求；反之，若设计点定得过高，则余热利用系统设备投资费用相应增加，当垃圾实际热值较低时，设备长期处于低负荷运行，从而使产汽量和蒸汽参数不足，甚至需要添加助燃以保证达到环保指标和发电参数的要求。因此，最佳设计点的设定，关系到焚烧厂的长期运行工况及长期运行成本，至关重要。垃圾设计热值的确定一般需考虑下述因素：

a) 本地垃圾状况：根据垃圾检测报告及现场考察，推算本项目服务区域现在的垃圾低位热值已达到 4500kJ/kg 以上。项目一期设计热值为 6300kJ/kg。

b) 年内垃圾热值波动情况：根据国内垃圾焚烧发电厂的经验，垃圾一年内夏季热值最低，冬季最高，相差 500~1000kJ/kg。

c) 常年垃圾热值发展趋势：垃圾焚烧厂运行期 40 年，根据我国经济增长水平，随着市民生活水平逐步提高，垃圾热值相应增大，沿海经济发达地区的垃圾热值明显高于

内地城市，即是例证。

d) 垃圾收集运输及在垃圾池内的状况会使垃圾的水分发生变化，进而影响其热值。一般垃圾水分每降低 1%，其热值增加 168kJ/kg (即 40kcal/kg)。

e) 垃圾管理规范化程度，在一定程度上影响垃圾有回收价值的成分比率，进而影响垃圾热值。

f) 垃圾设计热值和焚烧炉处理量的匹配。

随着服务区域近年城市化范围的扩大，垃圾热值处于一个平稳增长的阶段。随着垃圾分类收集方式的推广、净菜进城方式的推行、燃气普及率的提高，垃圾热值会有一定幅度的增长。另外，考虑到垃圾进入储料坑经过 5~7 天的发酵，部分渗沥液析出后，热值有一定的上升空间。综上，结合一期项目设计情况，考虑到二期项目投产时间比一期的设计基准年要晚数年，因此将入炉垃圾设计低位热值考虑提高为 6700 kJ/kg，焚烧炉的操作范围定在 4187~8000kJ/kg 之间。

最高点： LHV=8000 kJ/kg

设计（MCR）点： LHV=6700 kJ/kg

辅助燃添加点： LHV=4690 kJ/kg

最低点： LHV=4187 kJ/kg

4.5.2 垃圾水分设定

由于居民的生活水平，生活习惯不一样，国内生活垃圾的含水率普遍比西方发达国家要高得多。垃圾的含水率将直接影响焚烧系统及炉体结构的设计。目前国内生活垃圾含水率在 40%~60%之间。随着生活水平的提高、垃圾的可燃成分会增加，垃圾水分相应降低；垃圾收集方式的不同也会影响垃圾的水分，如使用垃圾压缩车其水分也会降低；垃圾在贮坑内存放 5~7 天，垃圾的含水率也会降低 10%~15%左右。

本项目入厂垃圾含水率定为 55.45%，入炉垃圾含水率定为 44.31%，锅炉设计含水率适应范围为 25~60%。

4.5.3 垃圾灰分设定

垃圾的灰分为不可燃物，灰分过高将不利于燃烧。含灰量高，垃圾热值相对降低，并会加重炉排及炉墙的磨损。本项目入厂垃圾含灰率定为 16.41%，入炉垃圾含灰率定为 20.51%，操作范围在 10~30%。

4.6 主蒸汽参数的确定

在垃圾焚烧热能回收过程中，由于垃圾所含盐分、塑料成分较高，燃烧气体产物中含有大量的氯化氢等腐蚀性气体和灰分，选择合适的过热蒸汽参数对全厂发电效率和过热器寿命都有着重要的意义。目前垃圾焚烧余热锅炉出口过热蒸汽通常采用中压参数（4.0MPa，400℃或450℃），也有采用次高压参数（6.4MPa，450℃）。

本项目一期工程的设计的主蒸汽参数为4.0MPa、450℃，为满足与一期工程的主蒸汽系统良好联接，本期工程设计的主蒸汽参数与一期工程保持一致，即采用中温中压参数（4.0MPa、450℃）。

4.7 汽轮发电机组的配置

汽轮发电机是用来将余热锅炉所产蒸汽转换成电能，由于厂址周围没有热用户，因此本项目选用凝汽式汽轮机。

在设计点焚烧炉处理垃圾量为600t/d，垃圾设计热值为6700kJ/kg，垃圾被送入焚烧炉焚烧后的热量被余热锅炉吸收，能够产生的过热蒸汽量为51.56t/h（P=4.0MPa，t=450℃）。考虑到蒸汽管道输送过程中的汽水损失后，实际进入汽轮发电机组的过热蒸汽量为50.01t/h（P=3.82MPa，t=435℃）。根据热力计算，汽耗率估算为4.920kg/kWh，发电功率约为10.165MW。考虑未来热值上涨空间及超负荷运行情况，推荐本期工程汽轮机组装机容量应控制在12MW左右。

目前汽轮机组的技术已经非常成熟，运行也相当稳定，考虑到本期焚烧炉仅扩建1台，因此采用1台12MW汽轮机组可有效适应焚烧炉符合，同时节约设备、土建投资。

4.8 烟气净化工艺方案

生活垃圾焚烧产生的烟气中含有大量的污染物，主要的污染物质有下列几种：

- 1) 不完全燃烧产物（简称PIC）：燃烧不良而产生的副产品，包括一氧化碳、炭黑、烃、烯、酮、醇、有机酸及聚合物等。
- 2) 颗粒物：废物中惰性金属盐类、金属氧化物或不完全燃烧物质等。
- 3) 酸性气体：包括氯化氢、卤化氢（氟、溴、碘等）、硫氧化物（SO₂及SO₃）、氮氧化物（NO_x），以及五氧化磷（PO₅）和磷酸（H₃PO₄）。
- 4) 重金属污染物：包括铅、铬、汞、镉、砷等元素态、氧化物及氯化物等。

5) 二噁英类：PCDDs/PCDFs。

上述这些物质视其数量和性质，对环境都有不同程度的危害。20世纪90年代以来，发达国家越来越重视焚烧烟气的污染控制，垃圾焚烧排放标准日益严格，用于烟气净化的一次性工程投资和运行费用也越来越高。高效的焚烧烟气净化系统的设计和运行管理，是防止垃圾焚烧厂二次污染的关键，也是烟气净化效果达到规定排放指标的保证。

4.8.1 烟气排放标准

本项目参考目前国家《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB18485-2014)及EU2000的排放限值和当地环保部门给定的污染物允许排放总量，以满足日益严格的环境保护的需要。本项目的排放指标如下：

表4-2 烟气净化系统处理后的污染物排放设计值表

序号	污染物名称	单位	GB18485-2014		欧盟 2000/76/EC			本工程保证值	
			日均值	小时均值	日均值	半小时		日均值	小时均值
						100%	97%		
1	粉尘	mg/Nm ³	20	30	10	30	10	10	30
2	HCl	mg/Nm ³	50	60	10	60	10	10	60
3	SO _x	mg/Nm ³	80	100	50	200	50	50	100
4	NO _x	mg/Nm ³	250	300	200	400	200	200	300
5	CO	mg/Nm ³	80	100	50	100	150	50	100
					测定均值			测定均值	
6	Hg	mg/Nm ³	0.05		0.05			0.05	
7	Cd+Tl	mg/Nm ³	0.1		0.05			0.05	
8	Pb+Cr 等其他重金属	mg/Nm ³	1		0.5			0.5	
9	二噁英类	ngTEQ/Nm ³	0.1		0.1			0.1	

注：表中各项标准限值均以标准状态下含 11%O₂ 的干烟气为参考值换算。

4.8.2 酸性气体控制技术

4.8.2.1 污染物来源

焚烧烟气中的酸性气体包括氯化氢(HCl)、卤化氢(氯以外的卤素，氟、溴、碘等)、硫氧化物(SO_x)、氮氧化物(NO_x)、碳氧化物(CO_x)以及五氧化磷(P₂O₅)和磷酸(H₃PO₄)，HCl、SO_x、NO_x、CO_x等为主要成分，其中HCl主要来源于生活垃圾中含氯废物的分解；SO_x来源于含硫生活垃圾的高温氧化过程；NO_x来源于生活垃圾焚烧过

程中的 N_2 和 O_2 的氧化反应；CO 来源于生活垃圾中有机可燃物不完全燃烧产生。

4.8.2.2 控制技术比较

酸性气体的去除工艺主要有干法、半干法、湿法三种，在工程上均广泛应用。三种工艺的各自优缺点如下：

1) 干法净化工艺

干法工艺是用压缩空气将碱性固体粉末（石灰或碳酸氢钠）直接喷入炉内、烟管或烟管上某段反应器内，使碱性固体粉末与酸性气体充分接触和反应，从而去除酸性气体。为了提高反应速率，实际碱性固体的用量约为反应需求量的 3~4 倍，固体停留时间至少需 1s 以上。

干法结合布袋除尘器组成的干法工艺是烟气净化系统中较为常见的组合工艺，其优点是设备简单，维修容易，造价便宜，能耗低，消石灰输送管线不易阻塞，特别是净化后烟气温度高，有利于烟囱排气扩散，不会产生“白烟”现象，净化后的烟气不需要二次加热，腐蚀性小。但由于固体与气体的接触时间有限且传质效果不佳，常须超量加药，药剂的消耗量大，同其他两种方法相比，干法的整体去除效率较低，产生的反应物及未反应物量亦较多，最终需要妥善处置。

目前干法主要针对循环流化床焚烧炉项目，主要应用于炉内投加价格低廉的石灰石，利用流化床形成的流化状态增加与废气的接触面积，提高传质效果，从而提升脱酸效果；机械炉排炉项目中一般与半干法结合，形成“半干法+干法”的组合工艺，利用其应用灵活，工艺简单的优势，作为运行中的有效调节手段。

2) 湿法净化工艺

湿法脱硫系统一般位于烟道的末端、除尘器之后，采用湿式洗涤塔，烟气从塔底进入，与自上而下喷淋的碱性石灰石浆液雾滴逆流接触，其中的酸性氧化物 SO_2 以及其他污染物 HCl、HF 等被吸收，烟气得以充分净化。

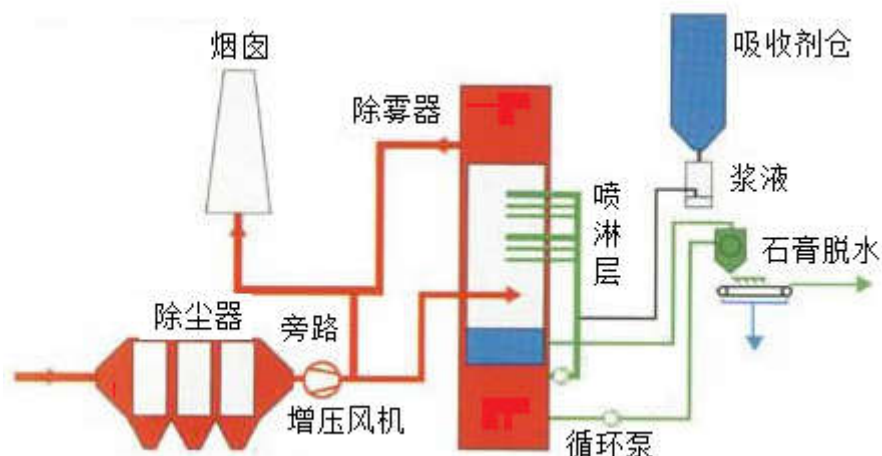


图4-10 湿式烟气净化工艺流程图

脱硫过程的反应温度低于露点，所以脱硫后的烟气需要再加热才能排出。与干法不同，湿法脱硫是气液反应，其脱硫反应速度快、效率高、脱硫添加剂利用率高。湿式脱酸塔的最大优点为酸性气体的去除效率高，对 HCl 去除率为 98%，SO_x 去除率为 90% 以上，并附带有去除高挥发性重金属物质（如汞）的潜力；其缺点为造价较高，用电量及用水量亦较高，此外为避免尾气排放后产生白烟现象需另加装废气再热器，废水亦需加以妥善处理。

3) 半干法净化工艺

半干法是介于湿法和干法之间的一种工艺。目前国内垃圾发电项目应用较多的半干法工艺有增湿灰循环半干法和旋转喷雾半干法，根据锅炉出口烟气温度及后续布袋除尘的温度要求，前者一般用于循环流化床焚烧炉，后者则一般用于机械炉排炉项目。

旋转喷雾半干式脱酸塔实际上是一个喷雾系统，利用高效雾化器将消石灰浆液从塔底向上或从塔顶向下喷入喷雾干燥塔中，将锅炉出口烟气的温度降低 40~50℃。尾气与喷入的石灰浆成同向流或逆向流的方式充分接触，并产生酸碱中和反应。由于雾化效果佳（液滴的直径可低至 30μm 左右），气、液接触面大，不仅可以有效降低气体的温度，中和酸性气体，并且石灰浆中的水分可在喷雾干燥塔内完全蒸发，不产生废水。这种系统最主要的设备为雾化器，目前使用的雾化器为旋转雾化器及双流体喷嘴。

半干式脱酸工艺的典型流程包含一个冷却气体及中和酸性气体的喷雾塔及除尘用的布袋除尘器室。气体的停留时间为 10~15s。单独使用石灰浆时对酸性气体去除效率约在 90% 左右，但利用反应药剂（石灰乳）在布袋除尘器滤布表面进行的二次反应，可提高整个系统对酸性气体的去除效率（HCl：98%；SO₂：90% 以上）。本法最大的特性是结合了干式法与湿式法的优点，构造简单，投资低，压差小，能源消耗少，液体使用量

远较湿系统低；较干式法的去除效率高，也免除了湿式法产生经过多废水的问题；操作温度高于气体饱和温度，尾气不产生雾状水蒸汽团。但是喷嘴易堵塞，塔内壁容易为固体化学物质附着及堆积，设计和操作中要很好控制加水量。

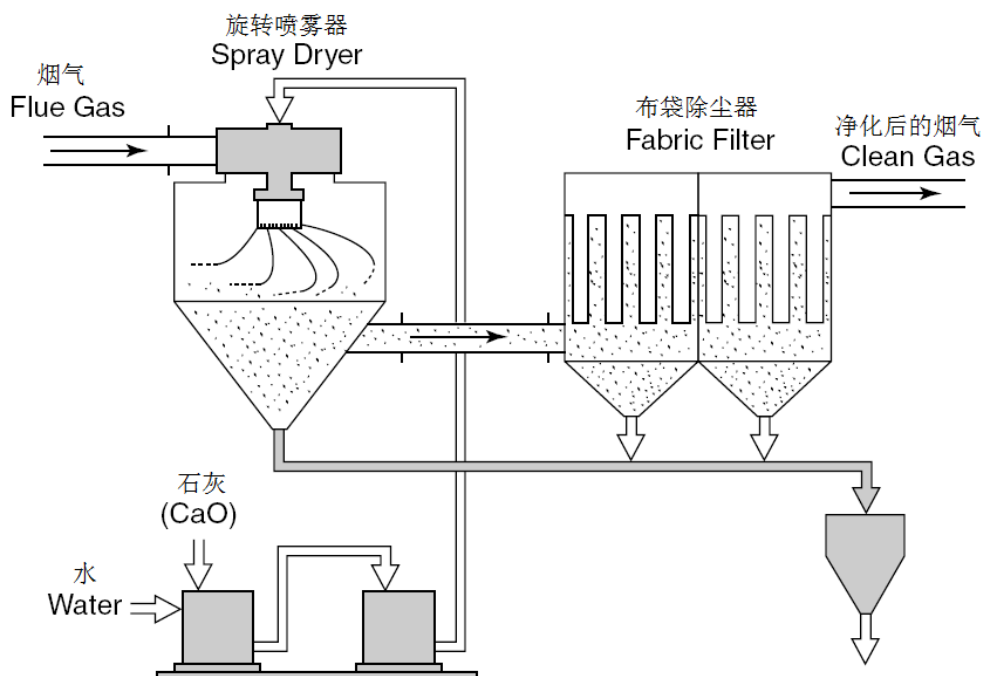


图4-11 半干法烟气净化工艺流程图

喷雾干燥塔结合布袋除尘器的脱酸除尘组合工艺是目前国内外最为广泛采用的工艺技术，美国环保局和欧盟均推荐采用此脱酸除尘工艺。

4.8.2.3 推荐方案

表4-3 酸性气体去除工艺比较表

功能特性方法	去除效率 (%)		药剂消耗量 (%)	耗电量 (%)	耗水量 (%)	反应物质 (%)	废水量 (%)	建造费用 (%)	操作维护费用 (%)
	单独	配合布袋除尘器							
干法	80	95	120	80	100	120	—	90	80
半干法	90	98	100	100	100	100	—	100	100
湿法	98	99	100	150	150	—	100	150	150

本项目的烟气排放执行 GB18485-2014 标准，因此酸性气体净化工艺推荐采用“半干法+干法”工艺，该工艺在保证目前达标排放以及预留远期提升空间的前提下，可以保证运行的灵活性：

1) 一般情况下，只运行“半干法”反应塔即可满足项目排放标准，“干法”脱酸则起到辅助补充的作用。“半干法+干法”实际长效运行的是“半干法”工艺。

2) 特殊情况下, 当烟气中酸性气体含量较多时, 在“半干法”反应塔内喷射石灰溶液的同时, 需要在烟道内喷射干粉, 从而确保烟气排放达标。

3) “半干法”与“干法”脱酸工艺相辅相成, 具备运行的经济性及可靠性, 同时具有较好的运行灵活性。

4.8.3 氮氧化物控制技术

4.8.3.1 污染物来源

NO_x 的生成量主要与炉内温度及垃圾化学成分有关。燃烧产生的 NO_x 可分成两大类: 一为燃烧空气中所含有氮和氧, 在高温状态下反应而产生的热力型 NO_x, 通常需至 1200℃ 以上高温始发生; 另一为燃料中所含的各种氮化合物在燃烧时被氧化而产生的燃料型 NO_x。

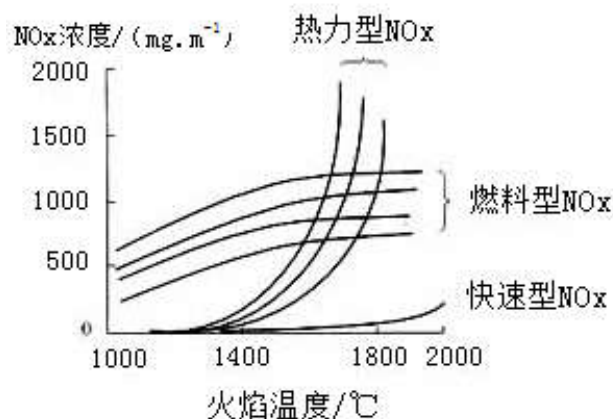


图4-12 燃烧产生的 NO_x 与温度的关系图

受生活垃圾热值限制, 炉内的高温区 (850℃~950℃) 尚不足以达到形成热力型 NO_x 的温度, 故大部分 NO_x 的形成是由于垃圾中所含的氮形成, 在低氮燃烧前提下, 其浓度一般在 400mg/Nm³ 之内。由于烟气中的 NO_x 大多以 NO 的型式存在, 且其不溶于水, 无法借脱酸塔加以去除, 必须采用其它方法。

根据 4.8.1, 本项目的 NO_x 排放标准为 200mg/Nm³, 按照此要求, 本项目要求的脱硝效率在 50% 以上。

4.8.3.2 控制技术比较

通过加强控制手段抑制 NO_x 的形成或者将已经生成的 NO_x 还原成为 N₂ 分子, 是减少焚烧炉尾气 NO_x 排放最为有效的手段。烟气中 NO_x 的去除方法, 可分成燃烧控制法、干式法及湿式法; 其中干式法、湿式法属烟道排气脱硝方法。

1) 低氮燃烧控制法

燃烧控制法为藉调整焚烧炉内垃圾燃烧工况，以降低 NO_x 产生。狭义也有指缺氧燃烧法（也称低氧运转法、两段燃烧法或抑制燃烧法），但广义之燃烧控制法则包括喷水降温法及烟气再循环法。以燃烧控制来降低 NO_x 产生，主要是在炉内发生自身去除氮氧化物作用，亦即燃烧垃圾生成之 NO_x ，在炉内可被还原为氮气 (N_2)。在此反应中的还原物质，是由垃圾干燥区产生的氨气、一氧化碳及氰化氢等热解气体。要使这种反应能有效进行，除必须促进热解气体发生外，亦必须维持热解气体与 NO_x 接触，并使炉内处于缺氧状况，以避免热解气体发生急剧燃烧。

由于燃烧控制法也会同时降低燃烧效率及发生不完全燃烧现象，因此采用此法时必须同时考虑燃烧空气量、过量空气、火焰温度及烟气中的有机物质是否能够完全去除等因素，以确保不会造成二次危害。

2) 湿式法

去除 NO_x 的湿式法与去除 HCl 、 SO_x 的湿式法类似，但因占大部分的 NO 不易被水或碱性溶液吸收，故需以臭氧 (O_3) 或次氯酸钠 (NaClO)、过锰酸钾 (KMnO_4) 等氧化剂将 NO 氧化成 NO_2 后，再以碱性液中和、吸收。本方法因氧化剂成本较贵，吸收排出液处理较困难等原因，尚无使用于处理垃圾焚烧烟气的实例。

3) 干式法

干式法又分为选择性非催化还原法 (SNCR) 及选择性催化还原法 (SCR) 两种。

SNCR 是将氨或尿素等还原剂喷入焚烧炉内之高温区，将 NO_x 分解成 N_2 与 O_2 的方法。该工艺不需催化剂，但脱硝效率低，高温喷射对锅炉受热面安全有一定影响。为控制氨逃逸，避免过量喷氨生成的氯化铵导致从烟囱排出烟气时变成白烟，而且还会产生铵盐沉积在锅炉省煤器上， NO_x 去除率一般会控制在 50% 左右。

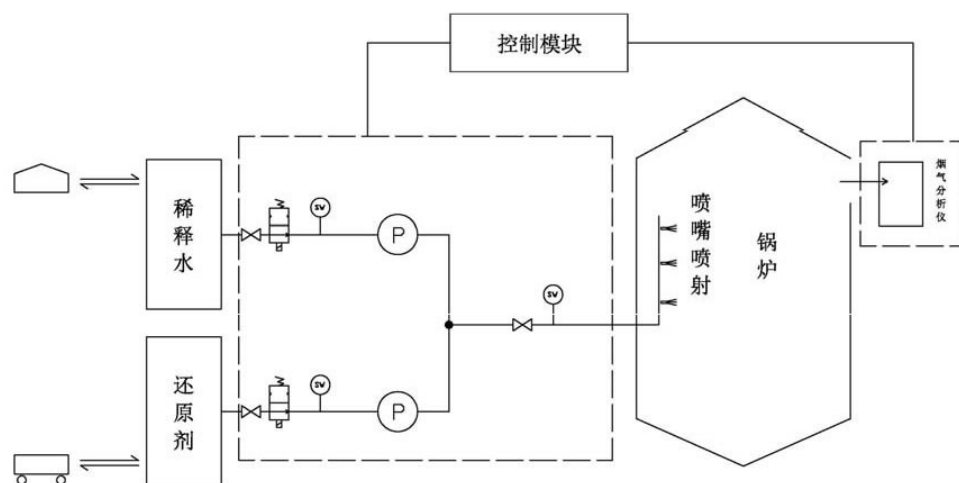


图4-13 SNCR 工艺系统图

SCR 是在烟气温度为 250~350℃ 区域设置触媒反应塔，以喷入烟气中的氨作为还原剂，让 NO_x 的还原反应在触媒的存在下，得以有效进行。

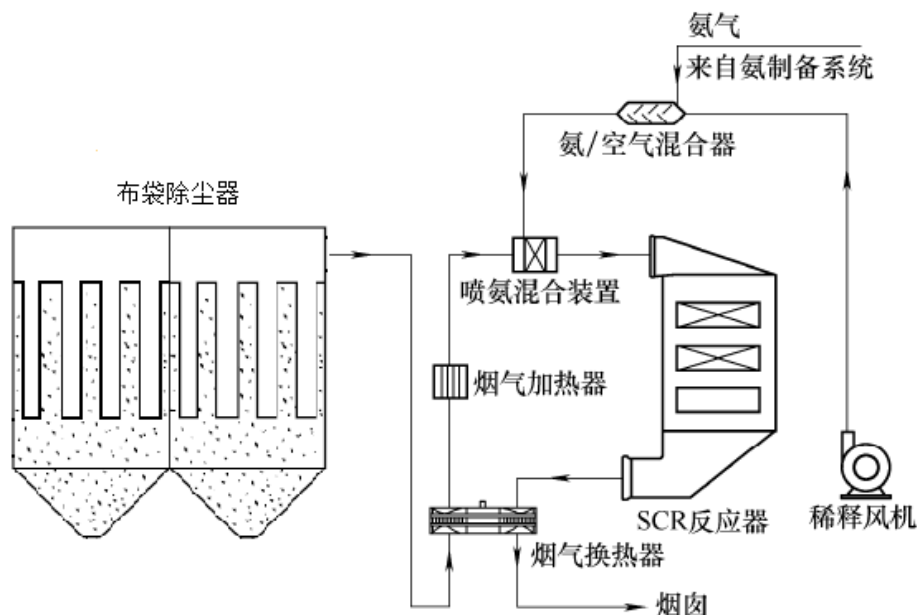


图4-14 SCR 工艺流程图

SCR 工艺长久以来即被广泛应用于处理由燃天然气、燃煤锅炉所产生较洁净的烟气，但使用于尚含有 SO_x、粒状污染物等污浊烟气时，则会降低触媒活性及粒状污染物附着造成阻塞等困扰。因此在垃圾焚烧厂使用 SCR 技术进行去除 NO_x 时，大都先将烟气内的酸性污染物及粒状污染物去除掉后，再导引清洁的烟气进入 SCR 系统进行去除 NO_x。按照催化剂的不同，SCR 可以分为低温催化剂 SCR 和中温催化剂 SCR。四种工艺的对比如下表所示。

表4-4 脱硝工艺对比分析表

序号	项目	焚烧控制法	SNCR	低温 SCR	中温 SCR
1	脱硝效率 (%)	20%~30%	~50%	60%~70%	70%~80%
2	运行温度	无要求	850~1000℃	170~200℃	220~240℃
3	脱硝效果	≤350mg/Nm ³	≤240mg/Nm ³ , 满足国家标准和欧盟标准	≤120mg/Nm ³ , 满足国家标准和欧盟标准	≤100mg/Nm ³ , 满足国家标准和欧盟标准
4	设备投资	价格与技术复杂程度成正比	200~300 万/套	~1200 万元/套	800~1000 万元/套

序号	项目	焚烧控制法	SNCR	低温 SCR	中温 SCR
5	运行成本	较低	低, 无需催化剂	催化剂成本高, 5~8 年左右需更换	催化剂成本较高, 8~10 年需更换
6	氨逃逸浓度	无氨逃逸问题	5~10ppm	2~5 ppm	2~5 ppm
7	技术复杂程度	技术较为成熟	工艺简单	工艺复杂, 需增加氨气制取装置和 SGH 等。	工艺更复杂, 需增加氨气制取装置和 GGH/SGH。
8	技术成熟程度	国内成熟, 广泛应用	国内成熟, 广泛应用	低温催化剂尚处于推广阶段, 国内有部分项目应用	中温催化剂技术较为成熟, 但在垃圾发电行业应用不多
9	原料适应性	——	氨水、尿素均可	一般采用氨水, 尿素成本高	一般采用氨水, 尿素成本高
10	污染物排放		除氨逃逸外基本无排放	更换下来的催化剂为危废	更换下来的催化剂为危废
11	二噁英协同	通过控制燃烧状况可有效控制二噁英的生成量	基本无二噁英去除效果	具备二噁英去除效果	无二噁英去除效果
12	烟气质量要求	无	无	需要粉尘浓度 $\leq 10\text{mg}/\text{Nm}^3$, SO_2 浓度低于 $300\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。	需要粉尘浓度 $\leq 10\text{mg}/\text{Nm}^3$, SO_2 浓度低于 $300\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。
13	节能效果	改善燃烧状况, 提高焚烧炉效率	略微降低焚烧炉效率	引风机功率增加; 消耗蒸汽进行预热。	引风机功率增加更多; 消耗更多蒸汽进行预热。

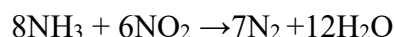
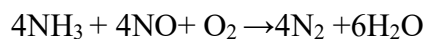
4.8.3.3 推荐方案

SNCR 系统简单、可靠, 对烟气质量无要求, 而且应用广泛、成本低廉, 是国家有关生活垃圾焚烧处理工程规范中的推荐方案。《生活垃圾焚烧处理工程技术规范》(CJJ90-2009) 中第 7.5.1 条: “应优先考虑通过垃圾焚烧过程的燃烧控制, 抑制氮氧化物的产生”; 第 7.5.2 条: “宜设置选择性非催化还原法 (SNCR)” 脱除氮氧化物。因此, 本项目首先考虑采用 SNCR 作为组合工艺中的首选工艺。

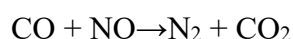
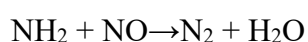
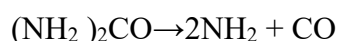
SNCR 系统脱硝效率为 50% 以上, 可满足本项目排放限值指标的使用需求。但是若将来 NO_x 污染物控制标准要求进一步提高, 则单独的 SNCR 脱硝装置无法满足使用需求。因此本项目为将来进一步提标预留空间, 推荐本阶段采用 “SNCR 脱硝装置+预留 SCR 安装位置” 的工艺方案。既能满足当前使用需求, 又为将来标准提高预留了空间。

4.8.3.4 脱硝剂的选择

目前 SNCR 系统的还原剂主要有氨水和尿素两种。采用 NH_3 作为还原剂，在温度为 $900^\circ\text{C}\sim 1100^\circ\text{C}$ 的范围内，还原 NO_x 的化学反应方程式主要为：



采用尿素作为脱硝剂时，首先尿素要进行分解，此分解反应的最佳温度区间是 $950\sim 1050^\circ\text{C}$ ，因此采用尿素进行分解需要反应时间长，反应速率慢，主要化学反应为：



两者的优缺点如下表所示。

表4-5 SNCR 系统氨水与尿素优缺点分析

序号	项目	氨水	尿素
1	高效的温度区间	$850^\circ\text{C}\sim 950^\circ\text{C}$	$950^\circ\text{C}\sim 1050^\circ\text{C}$
2	反应速率	较快	较慢
3	处理效果稳定性	稳定	低温时较差
4	锅炉腐蚀性	较小	副产物有一定的腐蚀性
5	投资费用	高	高
6	运行成本	3.00 元/吨垃圾	3.50 元/吨垃圾
7	工艺复杂性	简单	略复杂
8	安全性	需防止泄露等危险	安全性能高
9	原料来源	大规模采购和存储不方便	来源广泛，方便采购
10	原料吸潮板结	无	会
11	适合范围	基本适用	适用于大炉型

从本项目实际出发，本项目选用 $1\times 600\text{t/d}$ 炉排焚烧炉，为中型炉型，热值属于中等水平，适合采用氨水作为脱硝试剂。

4.8.4 重金属控制技术

垃圾焚烧烟气中的重金属化合物主要由垃圾中所含的金属氧化物和盐类组成。这些金属来源于垃圾中不可避免会混入的油漆、电池、灯管、化学溶剂、废油、油墨等，其中含有汞、镉、铅等微量有害元素。重金属在焚烧过程中不能被生成和破坏，只能发生

迁移和转化，最后几乎以相同的数量排入环境，最终通过大气、饮水、食物等渠道为人体所摄取、累积而造成危害。

垃圾焚烧厂烟气中重金属浓度的高低，与垃圾的组成、性质、重金属存在形式、焚烧炉的操作及空气污染控制方式等有密切关系。烟气中重金属主要以气态或吸附态形式存在。气化温度较高的重金属及其化合物在烟气处理系统降温过程中凝结成粒状物质，然后被除尘设备收集去除；气化温度较低的重金属元素无法充分凝结，但飞灰表面的催化作用可能使其转化成气化温度较高、较易凝结的金属氧化物或氯化物，从而被除尘设备收集去除；仍以气态存在的重金属物质，将被吸附于飞灰上或被喷入的活性炭粉末吸附而被除尘设备一并收集去除。

活性炭粉末不仅可以吸附烟气中呈气态的重金属元素及其化合物，而且可以吸附一部分布袋除尘器无法捕集的超细粉尘以及吸附在这些粉尘上的重金属而被除尘设备一并收集去除。但是，挥发性较高的铅、镉和汞等少数重金属则不易被完全去除。

工厂已有的运行结果表明：布袋除尘器与半干式脱酸塔并用时，除了汞之外，对其它重金属的去除效果均非常好，且进入除尘器的尾气温度愈低，去除效果愈好。汞由于其饱和蒸气压较高，不易凝结，通过布袋上的飞灰层对气态汞的吸附作用去除，其净化效果与烟气中飞灰含量、活性炭喷射量及布袋中飞灰层厚度有直接关系。

由于活性炭吸附结合布袋除尘器除尘的组合技术可以起到很好的重金属去除作用，1995年美国环保局把它作为重金属控制的首选技术列入新建焚烧炉烟气排放标准之中。

4.8.5 有机污染物控制技术

有机污染物的产生机理极为复杂，伴随有多种化学反应。有机污染物的形成机理，目前还没有成熟的理论，有待于进一步研究。在垃圾焚烧产生的有机污染物中，以二噁英(PCDD)及呋喃(PCDF)对环境影响最为显著。

二噁英及呋喃是到目前为止发现的无意识合成的副产品中毒性最强的物质，是由苯环与氧、氯等组成的芳香族有机化合物，被认为是能致癌、致畸形、影响生殖机能的微量污染物。PCDD有75种以上的同分异构体，PCDF有135种以上的同分异构体，其中毒性最强的是2、3、7、8四氯联苯(2、3、7、8TCDD)。

二噁英的生成机理相当复杂，已知的生成途径可能有以下三方面：

- 1) 垃圾中本身含有微量的二噁英。由于二噁英具有热稳定性，尽管大部分在高温燃烧时得以分解，但仍会有一部分在燃烧以后排放出来。

- 2) 在燃烧过程中由含氯前体物生成二噁英。含氯前体物包括的聚氯乙烯、氯代苯、五氯苯酚等，在燃烧中前体物分子通过重排、自由基缩合、脱氯或其他分子反应等过程会生成二噁英。这部分二噁英在高温燃烧条件下大部分也会被分解。
- 3) 当燃烧不充分时，烟气中产生过多的未燃尽物质，在 300~500℃ 的温度环境下，若遇到适量的触媒物质（主要为重金属，特别是铜等），在高温燃烧中已经分解的二噁英将会重新生成。

为降低烟气中的二噁英浓度，要从控制来源、减少炉内形成、避免炉外低温区再合成以及提高尾气净化效率四个方面着手。

首先控制来源，避免含二噁英类物质（如多氯联苯）以及含有机氯（PVC）高的废物（如医疗废物、农用地膜）进入焚烧炉。

其次从焚烧工艺上要尽量抑制二噁英的生成。除选用合适的炉膛结构，使垃圾充分燃烧外，控制二噁英的产生的最有效的方法是“3T+E”法，即控制：

- 1) **温度 (Temperature)**。保证烟气在进入余热锅炉前温度不低于 850℃，将二噁英在炉内完全分解。
- 2) **时间 (Time)**。烟气在炉膛及二次燃烧室内的停留时间大于 2 秒。
- 3) **涡流 (Turbulence)**。优化炉型和二次空气喷入方法，充分混合搅拌烟气达到完全燃烧。
- 4) **过量的空气 (Excess Air)**。氧气浓度不小于 6%，保证充分燃烧。

另外，在烟气处理过程中，尽量缩短 250~800℃ 特别是 300~500℃ 温度区域温度的停留时间，改善焚烧工艺减少生成二噁英的前驱体物质，减少飞灰在设备内表面的沉积从而减少二噁英生成所需要的催化剂载体，降低除尘器前的烟气温度，避免二噁英再次产生。

最后，提高烟气的净化效率。“活性炭吸附+布袋除尘器”的工艺不仅可以通过布袋除尘器控制 1 μm 以上粉尘的排放量（去除效率达到 99% 以上），来降低吸附在飞灰颗粒上的二噁英量，同时通过活性炭的强吸附能力，提高对超细粉尘的拦截，

本项目选用高效的袋式除尘器，控制除尘器入口处的烟气温度低于 180℃，并在进入袋式除尘器前，在入口烟道上设置活性炭喷射装置，进一步吸附二噁英；设置先进、完善和可靠的全套自动控制系统，使焚烧和净化工艺得以良好执行。本工程通过采取上述措施，可使烟气中的二噁英浓度达标排放。

4.8.6 粉尘颗粒物控制技术

垃圾焚烧烟气中的粉尘是焚烧过程中产生的微小无机颗粒状物质，主要是：（1）被燃烧空气和烟气吹起的小颗粒灰分；（2）未充分燃烧的炭等可燃物；（3）因高温而挥发的盐类和重金属等在冷却净化过程中又凝缩或发生化学反应而产生的物质。其中第一种占主要成分。

焚烧烟气中粉尘的主要成分为惰性无机物质，如灰分、无机盐类、可凝结的气体污染物及有害的重金属氧化物，其含量在 $450\sim 20000\text{mg}/\text{m}^3$ 之间。

除尘设备的种类主要有：重力沉降室、旋风（离心）除尘器、喷淋塔、文式洗涤器、静电除尘器及布袋除尘器等。

重力沉降室、旋风除尘器和喷淋塔等无法有效去除直径为 $5\sim 10\mu\text{m}$ 的粉尘，只能视为除尘的前处理设备。静电集尘器、文式洗涤器及布袋除尘器等三类为垃圾焚烧尾气净化系统中最主要的除尘设备。文式洗涤器多用于危险废物焚烧处理。而静电集尘器具有促进二噁英生成的环境，易造成二噁英的超标。

因此，生活垃圾焚烧尾气净化系统中普遍采用布袋除尘器，美国、欧盟和加拿大环保局均推荐采用布袋除尘器收集粉尘，国家环境保护总局发布的《生活垃圾焚烧污染控制标准》也规定使用布袋除尘器进行除尘。

4.8.7 烟气净化组合方案

生活垃圾焚烧烟气系统由除尘、除酸、除二噁英和重金属等各独立单元优化组合而成。组合的原则和目的，是使整个烟气处理系统能有效的、最大化地处理去除存在于烟气中的各种污染物，并经济可行。基于上述分析，本项目推荐采用“SNCR 炉内脱硝+半干式脱酸+干粉喷射+活性炭吸附+布袋除尘+预留 SCR 脱硝”组合方案。工艺流程图如下表所示。

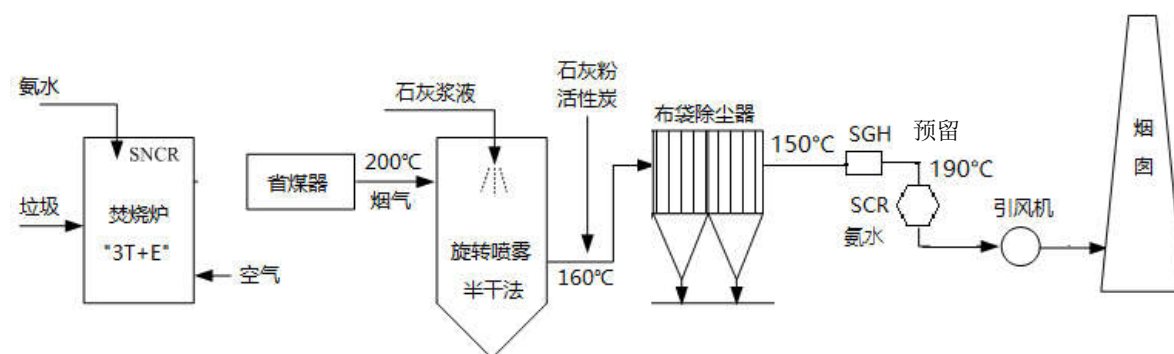


图4-15 烟气处理工艺流程图

4.9 飞灰处置工艺方案

4.9.1 飞灰特性

4.9.1.1 物理性质

(1) 颜色：因其组成不同，颜色从白色到灰色和黑色不等。

(2) 粒径分布：多分布于 38.5~74 μm ，小于 74 μm 部分占总量的 73%，具体下图所示。

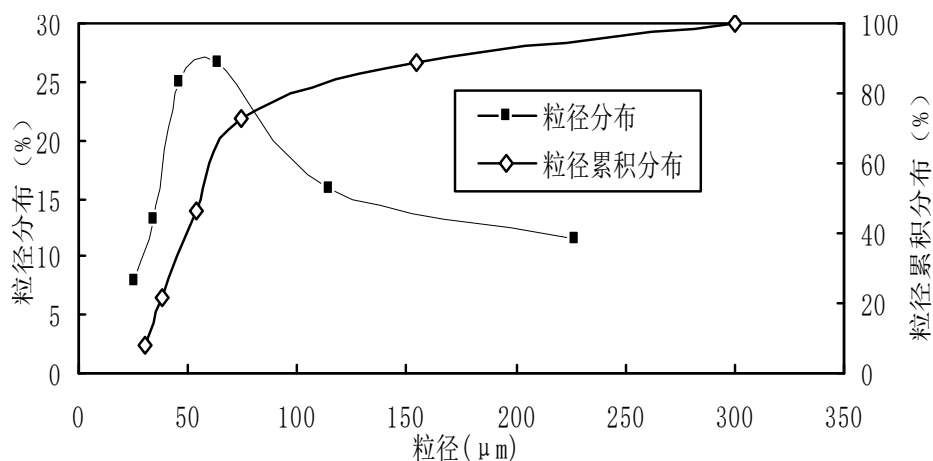
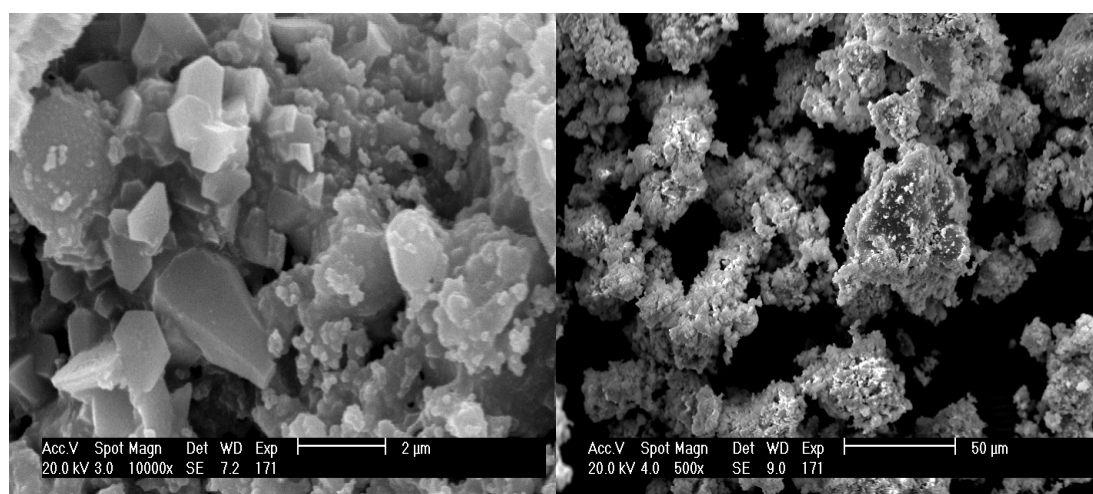


图4-16 飞灰粒径分级曲线

(3) 密度：堆积密度为 0.6~0.8 g/cm^3 ，真密度为 2.4~2.6 g/cm^3 。

(4) 比表面积：比表面积为 1.2~1.5 m^2/g ，具有较高的吸湿能力。

(5) 形态：宏观形态：多为粉末状固体。微观形态：电镜扫描结果显示，飞灰的孔隙率较高，表面凹凸不平。如下图所示。



×10000 倍

×5000 倍

图4-17 生活垃圾焚烧飞灰电镜扫描图

4.9.1.2 化学性质

(1) 元素组成

Si、Al、Ca、Cl、Na、K、Mg、Fe、C 和 S 是飞灰的主要组成元素，具体见下表。

表4-6 生活垃圾焚烧飞灰主要元素组成表

元素名称	Si	Al	Ca	Cl	Na	K	Mg	Fe
含量 (%)	8.0-12.7	3.9-5.0	13.4-36.8	8.4-11.0	2.5-5.6	2.3-4.0	1.4-3.5	1.5-2.9

表4-7 生活垃圾焚烧飞灰中微量元素组成表

元素名称	含量 (mg/kg)	微量元素名称	含量 (mg/kg)
C	15100-16850	Cr	253-384
S	22138-23897	Ni	85-147
Zn	3334-5179	As	27.9-89.2
Pb	878-2594	Cd	44.2-79.6
Mn	806-1119	Co	35.8-48.5
Cu	555-793	Ag	14.2-27.4
Hg	4.57-24.8		

(2) 矿物组成

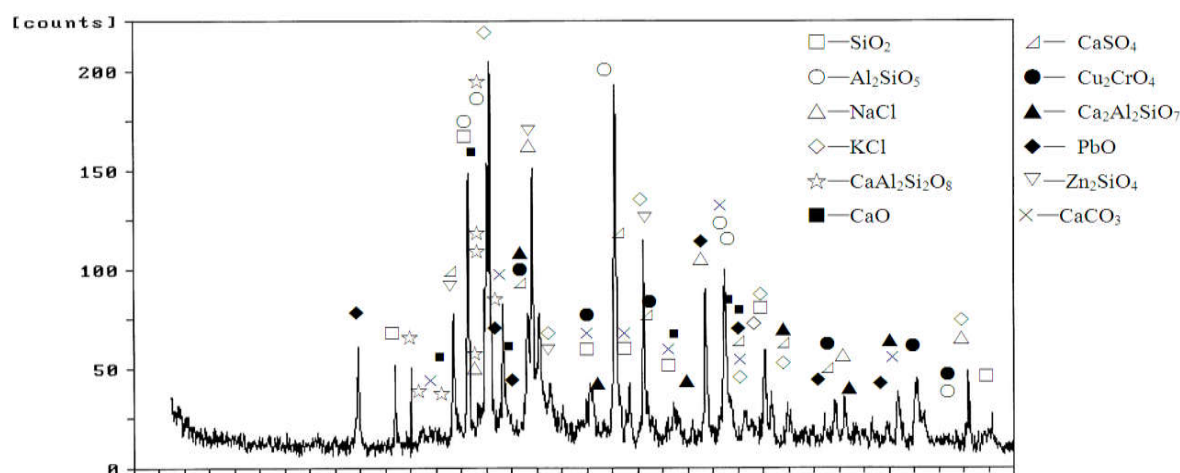


图4-18 生活垃圾焚烧飞灰 XRD 分析谱图

灰的矿物组成较复杂，主要为 SiO_2 、 NaCl 、 KCl 、 CaSO_4 、 CaCO_3 、 Al_2SiO_5 和 $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ，还有少量的 CaO 、 $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$ 和 Zn_2SiO_4 等物质，飞灰的活性较强。

表4-8 生活垃圾焚烧飞灰矿物组成表

成分	CaO	MgO	Al_2O_3	Fe_2O_3	Na_2O	MnO	P_2O_5	SO_3	Cl
含量 (%)	16.95	23.15	9.34	3.48	4.41	0.13	1.75	11.45	6.30

(3) 水溶解性盐

飞灰中溶解盐的含量高达 17.9%~22.1%，主要为 Ca、Na 和 K 的氯化物，处置时不仅有可能污染地下水和附近水体，氯化物的大量存在还会增加其它某些污染物的溶解性，如 Pb 和 Zn，而且不利于飞灰的固化稳定化或熔融处理。

(4) 酸中和能力

飞灰的酸中和能力约为 3.0meq/g~6.0meq/g（以 pH=7 为终点），碱性强（浸出液的 pH 值 \geq 12），对环境 pH 变化的抵抗能力强。由于重金属氢氧化物的溶解度一般都很低，高 pH 值对抑制重金属的浸出有利。

(5) 熔点

由于垃圾焚烧飞灰是以金属与非金属氧化物等成分的混合物形式存在，所以垃圾焚烧飞灰的熔点是在某一个温度范围。当加热到一定温度时，飞灰中的低熔点成分开始熔化，随着温度的升高，熔化成分逐渐增多，最后全部变为液态，其中包含一些物相的生成反应。一般而言，飞灰的熔点为 1200℃~1400℃。

(6) 重金属浸出毒性

根据某项目的飞灰浸出毒性试验资料，垃圾焚烧飞灰中的 Pb 显示出相对稳定的超标趋势，根据《危险废物标准鉴别-浸出毒性鉴别》（GB5085.3-2007）的规定，固体废物浸出液成分中，只要任一种有害成分的浓度超过鉴别标准，则认为该废物是具有浸出毒性的危险废物。因此，垃圾焚烧飞灰属于危险废物，需要进行稳定化处理。

4.9.2 选择的原则

焚烧飞灰稳定化处理需要满足以下的几点原则：

- 1) 稳定化产物应有优良的抗浸出性、抗干湿性、抗渗透性、抗冻性（寒冷地区），同时还必须有足够的机械强度，最好固化后能够作为资源进行再利用。
- 2) 增容比。增容比的大小取决于渗入固化体中的盐量和可接受的有毒有害物质的水平，是对稳定化方法进行评价的重要指标之一，直接影响填埋场。
- 3) 稳定化成本低才能被广泛推广，特别是能耗能尽量控制。
- 4) 稳定化剂的来源应该较为广泛，而且价廉易得。
- 5) 工艺过程要尽可能的简单、便于操作，容易使用。
- 6) 不发生二次污染或下游污染，导致其他环保问题。

4.9.3 污染控制标准

根据《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB18485-2014)第 8.6 条:生活垃圾焚烧飞灰与焚烧炉渣应分别收集、贮存、运输和处置;生活垃圾焚烧飞灰应按危险废物进行管理,如进入生活垃圾填埋场处置,应满足 GB16889 的要求;如进入水泥窑处置,应满足 GB30485 的要求。根据《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB16889-2008)第 6.3 条,生活垃圾焚烧飞灰医疗废物焚烧残渣(包括飞灰、底渣)经处理后满足下列条件,可以进入填埋场填埋处理。

- (1) 含水率<30%;
- (2) 二噁英含量低于 3 μ gTEQ/kg;
- (3) 按照 HJ/T300 制备的浸出液中危害成分浓度低于下表规定的限值。

表4-9 浸出液污染物浓度限值

序号	污染物项目	浓度限值 (mg/L)	序号	污染物项目	浓度限值 (mg/L)
1	汞	0.05	7	钡	25
2	铜	40	8	镍	0.5
3	锌	100	9	砷	0.3
4	铅	0.25	10	总铬	4.5
5	镉	0.15	11	六价铬	1.5
6	铍	0.02	12	硒	0.1

4.9.4 方案对比

常用的飞灰稳定化工艺有高温处理法、水泥固化技术、化学药剂稳定化技术。

1. 高温处理法

高温处理技术在应用中主要有两种处理方式:烧结法和高温熔融法。

(1) 烧结法

烧结法是将待处理的危险废物与细小的玻璃质,如玻璃屑、玻璃粉混合,经混合造粒成型后,在 1000~1100 $^{\circ}$ C 高温下熔融,通常 30min 左右(熔融时间视飞灰性质的不同而定),待飞灰的物理和化学状态改变后,降温使其固化,形成玻璃固化体,借助玻璃体的致密结晶结构,确保固体化的永久稳定。

烧结法的优点是:

- a. 固化体系结构致密,在水、酸性、碱性水溶液中的渗出率很低;
- b. 减容系数大。

但是烧结法的装置比较复杂，而且高温环境需要提供热能，处理费用较高。另外，也存在熔融过程中重金属氯化物挥发的问题。

(2) 高温熔融法

高温熔融法是在燃料炉内利用燃料或电将垃圾焚烧飞灰加热到 1400℃左右的高温，使飞灰熔融后经过一定的程序冷却变成熔渣，熔渣可作为建筑材料，实现飞灰减容化、无害化、资源化的目的。除了具备烧结法处理飞灰的优点之外，熔融固化的最大优点是可以得到高质量的建筑材料以及高效的二噁英去除效率。但是熔融固化需要将物料加热到熔点以上，需要的能源和费用都相当高。

熔融固化技术具有减容率高、熔渣性质稳定、无重金属等溶出的优点，已受到广泛的关注，国外已研究出多种垃圾焚烧飞灰处理的高温熔融炉，并已在日本和欧洲有少量使用。但采用高温熔融工艺需要消耗大量的能源，同时由于其中的 Pb、Cd、Zn 等易挥发重金属元素需进行后续严格的烟气处理，故处理成本很高，目前只在少数经济发达的国家应用。

2. 水泥固化技术

水泥是目前常用的一种主要固化基材，水泥作为结构材料使用已有近百年的历史。水泥固化是将灰、水泥按一定比例混合，加入适量的水，使之固化的一种方法。其固化机理是在水泥水化的过程中，通过吸附、化学吸收、沉降、离子交换、钝化等多种方式，水泥中的硅酸二钙、硅酸三钙等经水合反应转变为 $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot m\text{H}_2\text{O}$ 凝胶和 $\text{Ca}(\text{OH})_2\cdot\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot m\text{H}_2\text{O}$ 凝胶等，包容飞灰后逐步硬化形成机械强度很高的 $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ 稳定化体。而 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的存在，固化体不但具有较高的 pH 值，而且使大部分重金属离子生成不溶性的氢氧化物或碳酸盐形式被固定在水泥基体的晶格中，有效防止重金属浸出。有时，还添加一些辅料以增进反应过程，最终使粒状的物料变成粘合的混凝土块，从而使大量的废物因固化而稳定化。

采用水泥的优点是：费用经济，有应用经验，技术成熟，处理成本低，工艺和设备比较简单。但水泥的用量高，导致固化体增容率高，而且飞灰对水泥的硬化、抗压强度等方面存在负面影响，处理后的砌块均难以达到较高的强度，影响之后的填埋。而且水泥固化后的飞灰与含有大量有机质的生活垃圾混合填埋时，垃圾中所含的有机物由于降解会产生酸性物质（有机酸、二氧化碳等）必将会降低固化物中重金属的稳定性，酸雨也可能改变其稳定性。随着时间推移，固化体部分有毒物质可能会逐渐溶出，对环境存在长期的、潜在的威胁。

可见，单独使用水泥固化法，会随时间推移产生很大的二次污染风险，提高了对飞灰处置场建设和运行的要求，造成成本增加。

3. 化学药剂稳定化技术

由于常规的水泥固化技术存在缺陷，如固化物重量增加 15~20%以上、体积的增加，加大了填埋场库容压力，同时还存在着固化体受酸侵蚀的长期稳定性问题。针对这些问题，采用高效的化学稳定药剂特别是稳定剂进行无害化处理已成为重金属废物无害化处理领域的新方向。

化学药剂稳定技术（也称稳定剂稳定技术）主要是利用特殊的一类具有螯合功能，能从含有金属离子的溶液中有选择捕集、分离特定金属离子的化合物。当一种金属离子与一电子供体结合时，生成物称为络合物或配位化合物。如果与金属相结合的物质(分子或离子)含有两个或更多的供电子基团，以致于形成具有环状结构的络合物时，则生成物不论是中性的分子或是带有电荷的离子均称为螯合物或内络合物，这种类型的成环作用称为螯合作用，而电子给予体则成为稳定剂。螯合物通常比一般配合物要稳定，其结构中经常具有的五或六元环结构更增强了稳定性，化学实验中最常用 EDTA 能提供 2 个氮原子和 4 个羧基氧原子与金属配合，可以用 1 个分子把需要 6 配位的钙离子紧紧包裹起来，生成极稳定的产物。

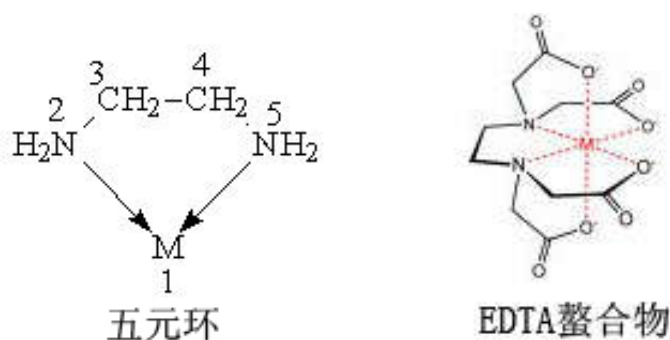


图4-19 螯合物结构举例

在一个螯合物内，金属离子与各给电子之间，由于键与键的极性大小不同，分为“基本上离子型”与“基本上共价型”两种，这主要取决于金属与给电子原子的类型。由于共价键强度比离子键强，所以当中心金属离子与配位体键共价性强时，形成的螯合物比较稳定。

稳定剂中作为配位原子的有第五族~第七族三族中的元素，又主要以 O、N、S 等元素为主。在以焚烧为处理生活垃圾主要手段的日本，稳定剂是处理飞灰的常用药剂。市面上应用于飞灰稳定化的稳定剂种类如下表。

表4-10 飞灰稳定化稳定剂种类

类型	官能团	特点
二醋酸型	$ \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{COOH} \\ / \\ -\text{CH}_2\text{N} \\ \backslash \\ \text{CH}_2\text{COOH} \end{array} $	因为本身呈酸性，作用于碱性的飞灰(pH \approx 12)效果不佳。
磷酸盐型	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{CH}_2\text{P}-\text{OH} \\ \\ \text{OH} \end{array} $	对重金属螯合效果初期不佳，经过长时间（几个月）养护后效果有所改善，但是因为磷酸的效果取决于 pH，所以遇到酸性雨环境时重金属容易再次浸出，所以焚烧厂使用较少。
硫氢基型	$-\text{SH}$	易与重金属结合，但单键结合容易断键，导致重金属溶出，而且与飞灰反应过程中产生硫化氢气体。
二硫胺基型	$ \begin{array}{c} \text{S} \\ // \\ -\text{NHC} \\ \backslash \\ \text{S} \end{array} $	在高碱性 (pH \approx 12) 环境中仍具有强螯合能力。是目前世界上最广泛使用的稳定剂类型。

化学药剂稳定技术具有以下优点：

- 1) 具有很好的稳定效果，固化物达标填埋后重金属溶出顾虑小；
- 2) 有很好的减容率，利于固化物的运输和填埋处理；
- 3) 该技术的工艺较简单，化学药剂的消耗量不大，场地需求也不大。

目前该技术推广的主要限制是：采用的化学药剂均为专利产品，造价较高，采购有局限；单独采用化学药剂，飞灰稳定化物的成形存在一定困难，对药剂的配制和混炼设备的要求较高。

4. 水泥-化学药剂稳定化技术

针对采用单一处理方式均有不足的情况，国内开始更多采用水泥固化和化学药剂稳定技术结合的方式处理垃圾焚烧飞灰，形成了水泥-化学药剂稳定化技术。该技术是在飞灰中同时添加水泥材料和化学药剂，使飞灰中的重金属离子被捕捉、螯合，最终固定在成型的固化物中。水泥-化学药剂稳定化技术综合了水泥固化和化学药剂稳定化的优点：

- 1) 工艺简单，对设备的技术要求不高；
- 2) 成本较低，所需的水泥和稳定剂量都较小，购置也较方便；
- 3) 能源消耗小，不需要加热和电解设备。

根据目前类似项目的建设经验和经济数据分析，水泥-化学药剂稳定化处理的飞灰

稳定化物可作为普通废物直接填埋，成本很低，其综合处理的成本甚至低于水泥固化成本（水泥固化物填埋费用较高）。

5. 湿式化学处理技术

湿式化学处理技术有加酸萃取、碱萃取、生物浸出萃取和烟气中和碳酸化法等。考虑到工艺操作和原料成本的因素，目前较成熟的是酸萃取。

该方法依据某些重金属在酸性条件下溶解度较高的特性，将其提取出来。利用硫酸、盐酸、乙酸等酸洗飞灰，特别是二次飞灰（即熔融处理时产生的灰尘），可回收部分重金属，如锌、铅等。

该工艺运行成本较低，但是酸洗的缺陷在于会溶解一些不纯的物质，导致重金属的回收有困难，而且产生的废水、废气和污泥需要进行必要的处理。目前应用较少。

4.9.5 方案确定

根据上述分析可知，几种飞灰稳定化工艺各自存在优缺点，汇总如下表所示。

表4-11 飞灰稳定化工艺优缺点对比表

工艺	减容率	优点	缺点
熔融固化	60%~75%	1.减容率高 2.成品再利用性高 3.品质稳定无溶出顾虑	1.挥发性重金属释出待处理 2.处理流程复杂，空间需求大 3.含 CaCl ₂ 及 CaO，提升熔融温度，能源消耗高 4.技术等级要求较高，处理费用高 5.主要在欧洲及日本应用较多。
水泥固化	25%	1.系统成熟，操作容易 2.国内外应用实绩多 3.人力需求少 4.处理费用低	1.成品压缩强度不易达 150kg/cm ² 2.减容率仅至 3/4 3.需养生空间及水泥贮存空间 4.含氯盐固化困难，长期有再溶出顾虑 5.掩埋后长期仍恐有重金属溶出顾虑，不符合法规政策精神
化学药剂稳定化	50%~70%	1.固化效果好，减容率较高，工艺较简单 2.成品较无溶出顾虑 3.设备空间需求小	1.成品无再利用性，需掩埋处置 2.药剂为专利品，采购困难 3.成形困难，养护复杂

工艺	减容率	优点	缺点
水泥-稳定剂混合固化		综合稳定剂稳定与水泥固化之优点：经济、安全、有效，固化物易于处理，是国内应用最为广泛的技术。	1.成品无再利用性，需掩埋处置 2.处理方式空间需求适中
湿式化学处理	30%~50%	1.建设成本及操作成本低 2.得并入厂内废水或废气处理流程中	1.减容率仅至 1/2~2/3 2.处理产生废水、废气、污泥仍需再处理，操作与控制较复杂，成品无再利用性 3.应用业绩有限，待推广

为见，水泥-稳定剂混合稳定化工艺效果稳定，应用广泛，成本适中，且兼容率高，适合作为项目的飞灰稳定化方案。其中化学药剂采用螯合剂。

4.10 垃圾渗沥液处理方案

随着我国城市生活垃圾逐年增长，焚烧法处理城市生活垃圾的方法逐渐发展成熟，但其处理过程中产生的大量成分复杂、危害较大的渗沥液如何有效地处置是本项目必须解决的问题。

4.10.1 渗沥液特点

1) 可生化性

垃圾焚烧厂渗沥液中的有机物通常可分为三类：低分子量的脂肪酸类、腐殖质类高分子的碳水化合物、中等分子量的灰黄霉酸类物质。焚烧厂垃圾池渗沥液中的低分子量可溶性脂肪酸较多，以乙酸、丙酸和丁酸为主，这类物质容易降解；其次还有大量难以降解的高分子和溶解性腐殖质，以及较多的芳香族梭基的灰黄霉酸。生活垃圾在焚烧厂贮仓停留时间很短，渗沥液中的挥发性脂肪酸没有经过充分的水解发酵，不似填埋场渗沥液，挥发性脂肪酸随垃圾填埋时间延长而减少，而灰黄霉酸物质的比重则相对增加，这种有机物组分的变化趋势，意味着焚烧厂渗沥液的 BOD/COD 高于填埋场，即此类渗沥液的可生化性较高。

2) 氨氮含量

由于生活垃圾组分中有含氮有机物，且易被溶出或厌氧发酵，所以渗沥液中的含氮化合物浓度都很高。由于垃圾在焚烧厂贮仓的停留时间短，产生的渗沥液中含氮化合物以有机氮形式为主。

3) 重金属离子

渗沥液中通常含有多种金属离子，其浓度与垃圾的类型、组分和厌氧时间等密切相关。由于垃圾本身成分的复杂性及垃圾厌氧反应与代谢过程的复杂性，重金属元素

等也会出现在渗沥液中。据报道，生活垃圾中的微量重金属溶出率很低，在水溶液中为 0.05~1.80%，微酸性溶液中为 0.5~5.0%，且垃圾本身对重金属有较强的吸附能力。所以对处理城市生活垃圾焚烧厂渗沥液而言，重金属浓度较其它污染物低得多。除了重金属离子之外，由于垃圾中 Fe、Al、Ca 的含量较大，所以渗沥液中此类金属的浓度较高。

4) 总溶解性固体

垃圾渗沥液中一般均含有浓度较高的总溶解性固体。水分流经垃圾层时对垃圾中的可溶性固体有萃取作用，所以焚烧厂和填埋场中渗沥液的总溶解性固体浓度都很高。由垃圾固相中溶出潜力最大的应是生物可降解的有机组分； PO_4^{3-} 、 Cl^- 和 SO_4^{2-} 因其良好的可溶性也占有较大比例；Fe、Al、Ca 在固相中的含量较大，且有一定的溶解性，因此在渗沥液中也有较高的浓度。

尽管渗沥液的组成状况极其复杂，但理论分析和大量的现场监测资料表明，渗沥液的特征污染物是耗氧性有机物(COD、BOD)和 $\text{NH}_3\text{-N}$ ，同时由于生成环境长期处于厌氧状态，厌氧生化过程使渗沥液具有典型的高色度与恶臭特征。

由于垃圾物理成分的复杂性，渗沥液中不可避免地含有大、小颗粒悬浮物及漂浮物。

4.10.2 设计标准

按照项目要求，渗沥液在厂内建设独立的处理系统处理达标后回用。按照项目建设单位其他项目的经验，可通过处理后达到《城市污水再生利用-工业用水水质标准》(GB/T19923-2005)和《城市污水再生利用 城市杂用水水质标准》GB/T18920-2002 的有关规定要求后回用。

4.10.3 设计原则

针对本项目渗沥液处理的要求，在进行工艺路线选择时，应遵循如下的原则：

(1) 由于垃圾渗沥液成分复杂，各种污染物浓度高。因此，要达到排放标准，应尽可能选择高效、低耗能的处理工艺。

(2) 随着季节气候的变化，居民生活习惯也随之变化，生活垃圾渗沥液的水质也会随着变化，因此，选取的工艺必须有较强的适应性和操作灵活性，能在短时间内进行工艺参数调整，以适应水质的变化。

(3) 选用的工艺尽可能简单、可靠，出水水质稳定，运营成本低，且管理方便。

(4) 由于新建渗沥液处理站场地面积有限，而整个处理工艺流程中动力设备较多，因此，在设计中应尽量选择占地面积小，结构紧凑的处理工艺和设施。

4.10.4 渗沥液处理工艺比选

由于渗沥液水质水量的复杂性多变性，目前尚无十分完善的处理工艺，大多根据具体情况及其它经济技术要求采取有针对性的处理工艺。纵观国内外垃圾渗沥液处理的现状，目前主要处理工艺有生物法、物化法以及上述方法的联合运用。针对垃圾焚烧厂渗沥液的主要处理方式有：

4.10.4.1 厌氧生化方式

一般来说，垃圾渗沥液基本上属于较高浓度的有机废水，采用厌氧技术处理，能够节约能耗，减少土建占地与投资，厌氧酸化还能改善污水可生化性，既为好氧处理减轻负荷，又有利于后续好氧生化降解。厌氧生物处理已经广泛应用于许多工业废水的处理，且由于厌氧法产生的剩余污泥量少，所需的营养物质也少的特性，也正适合于营养物质失调的渗沥液的处理。

近年来，运用于垃圾渗沥液处理的厌氧生物处理技术目前有很多种应用形式，按照反应阶段以及反应器形式可分为多种类型，以及多种类型的组合方式。具体形式大致有以下：

- 传统消化池和厌氧接触消化工艺
- 上流式厌氧污泥床反应器(UASB)
- 折流板厌氧反应器(ABR)
- 序批式厌氧反应器 (AnSBR)
- 厌氧固定膜反应器(AFFR)
- 厌氧滤池(AF)
- 厌氧塘

采用厌氧技术处理渗沥液，主要考虑的因素有：进水水质不稳定，冲击负荷大，运行要求简易可靠。

厌氧生物处理同好氧生物处理相比，最大的优势在于可以大大减少能耗，且降低了微生物对于营养元素的要求限制，但是缺点也是显而易见的，就是经厌氧处理后的渗沥液还无法达标排放，必须要进一步处理。所以，在实际应用中，厌氧生物处理往往与好氧生物处理联合运用，以期获得理想的处理效果，如好氧生化、物化处理工艺等才能达

到渗沥液要求的排放标准。

4.10.4.2 好氧生化方式

好氧生物处理工艺是最为经典和技术最为纯熟的污水处理方式。好氧处理不仅可以有效降解有机污染物，还可通过流程的安排进行硝化和反硝化来达到降解氨氮的目的，尽可能降低处理成本，正适合于垃圾渗沥液较高的脱氮要求。且垃圾渗沥液的处理规模一般较小，成分复杂，因此要求处理工艺必须简单、灵活、安全可靠和抗冲击能力强，这些也正是好氧处理的优势所在。

好氧处理工艺作为污水生化处理的主要方式，在渗沥液的处理上运用很多，国内外许多部门和人员对好氧处理的多种形式都进行了研究和应用，并取得了较好的效果。目前的好氧工艺已不单是单纯的好氧模式，除了传统的活性污泥法和生物膜法外，还增加了厌氧和兼氧过程，通过流程上的安排，不但可高效降解污水中的有机负荷，还可以控制硝化和反硝化过程来脱氮，如 A-O、A²-O、SBR、氧化塘系统及其它一些较新型的工艺如 MBR 系统等。国内一些城市对二段曝气法、氧化沟、SBR、氧化塘等工艺也作了工程实例应用，取得了一定效果，但由于水质情况复杂、工艺设计参数难以统一、资金投入有限等原因，实际处理效果不一。

由于垃圾渗沥液水质的复杂性，好氧生化处理系统的出水 COD 值大致在 200~1000mg/L 左右，如果碳氮比合适，系统设计和运行方式合理，生物脱氮也可以达到很好的效果。

4.10.4.3 蒸发方式处理

蒸发工艺处理往往用于高浓度化工废液的浓缩，由于垃圾渗沥液处理的难度，在一些发达国家，也被用于渗沥液的处理。

蒸发工艺原理比较简单，其通过加热以及负压的形式，使得原液中的水分蒸发后再冷凝形成排放水，原液被不断浓缩直至形成泥浆后进行脱水干化变成污泥。为提高效率和减少氨氮解析，原液往往需要调节 pH 值。

蒸发工艺流程和操作相对简单，处理效果稳定，但对设备要求较高，并且能耗较大。同时，由于渗沥液氨氮较高，蒸发工艺需要增加去除氨氮的环节，一般来说，前处理技术采用氨吹脱工艺。

渗沥液原水采用蒸发工艺直接排放的出水可以达到三级标准，但出水中会含有一定的挥发性 COD 和氨氮。

4.10.4.4 膜处理技术

膜处理技术目前被认为是水处理领域中最先进和处理彻底的一种技术，根据膜的性质可分为微滤、超滤、纳滤以及反渗透等。但膜技术只能将污染物进行物理拦截，不能象生化处理起到降解的作用。

用于深度处理的膜可以分为四类，分别是微滤膜(MF)、超滤膜(UF)、纳滤膜(NF)和反渗透膜(RO)，这四种膜在分离过程中的驱动力是压力，在压力作用下溶剂和定量的溶质能够透过膜，而其余组份被截留，四者组成了一个可分离从离子到微粒的膜分离过程。

微滤及超滤膜的去除机理均为筛滤，只能去除大分子有机化合物和微生物有一定去除率，对溶解性的污染物不截留，在 MBR 系统中已经得到应用。反渗透深度处理技术和纳滤深度处理技术同属于致密膜处理技术，但污染物的截留粒径不同，纳滤的截留分子粒径约为 1nm，而反渗透截留界限能达到 0.1nm；在渗沥液的应用上主要区别在于纳滤只能截留二价或以上的离子和大部分有机物，对一价离子和氨氮、硝态氮等的截留率很低。因此，单纯采用纳滤技术作为深度处理技术无法保证渗沥液的出水达标，而反渗透工艺则可以作为出水的保障措施，甚至作为回用处理措施。

反渗透技术是以压力为驱动力的膜分离技术，其基本原理是利用半透膜将浓、稀溶液隔开，以压力差为推动力，施加以超过溶液渗透压的压力，使其改变自然的渗透方向，将浓溶液中的水压渗到稀溶液一侧。反渗透不对称膜中起分离作用的主要是高分子紧密排列的表面致密层，它通过物理的筛分作用和溶质—溶剂—膜面聚合物的相互作用，它几乎能去除水中所有杂质——各种无机盐、大分子、有机胶体、细菌、病毒、热源等。

4.10.4.5 回喷方式

渗沥液回喷是将垃圾渗沥液经过收集、过滤后，由软管泵升压输送，经带雾化头的喷枪送入焚烧炉内进行高温氧化处理。渗沥液回喷系统主要有收集、过滤、升压、喷射四个过程。垃圾池内的渗沥液在渗沥液收集池内收集沉淀，经渗沥液提升泵打入过滤器进行过滤，过滤后的渗沥液汇集到滤清池，再由渗沥液回喷泵升压，通过安装在焚烧炉上的喷枪喷入炉膛，经喷枪头气力雾化后与高温烟气混合燃烧，达到去除污染物的效果。

渗沥液回喷焚烧炉具备如下优势：

- 1) 可以分解渗沥液中有害成分，避免二次污染；
- 2) 在保证焚烧质量的前提下进行喷射，适当降温，可减少过热烟气对炉膛的损害，防止结焦情况的产生，提高焚烧炉运行效率；

- 3) 由于采用雾化喷射,使渗沥液在炉膛内均匀蒸发,保证了燃烧工况,不会对焚烧发电的发电效率产生过大影响;
- 4) 不改变炉膛烟气成分,不会增加烟气净化负荷;
- 5) 有利于少量减少炉膛出口烟气的氮氧化含量等等。

但也存在如下问题:

1) 回喷的关键是充分的雾化效果,以减少对炉内燃烧工况的影响。如雾化效果不好,渗沥液可能不能完全被烟气带走,其部分会沿着炉墙流下来,会落到炉排垃圾上,使该区域垃圾不易燃烧,可能会导致炉排垃圾烧偏料的情况。情况严重,还会影响一次风的喷入甚至炉排的正常工工作,危及垃圾燃烧。

2) 渗沥液成分复杂,元素含量随季节变化,硫化物、氯化物在高温烟气中对受热面管壁可能产生渐进式的高温腐蚀,因此不宜大量回喷。

3) 如果焚烧炉低负荷运行、风量较小、炉内燃烧工况不佳,必须及时减少渗沥液回喷量,或停止回喷,保证环保指标达标排放。而针对国内大部分项目,渗沥液比例高的时候一般垃圾热值也相对较低,即渗沥液比例高基本对应垃圾焚烧炉低负荷时段,从而导致渗沥液无法全量回喷,还需要其他工艺配合进行处置。

根据国内其他项目经验,回喷工艺一般用于渗沥液浓液处理。

4.10.5 推荐工艺

通过对渗沥液处理各种方法和技术的分析,垃圾渗沥液成分复杂,仅采用单一的处理工艺难以达到理想的效果,须采用物化法、生物法、化学氧化法等各种方式的组合式工艺,才能有效处理垃圾渗沥液。

根据本工程渗沥液的水质、水量特点和处理要求,以及本项目一期工程的渗沥液处理工程实践,本项目推荐渗沥液处理采用“**预处理+调节池+ UASB 厌氧反应器+MBR (二级 A/O+外置式超滤膜)+二级 DTRO 膜**”的处理工艺,处理后达到《城市污水再生利用-工业用水水质标准》(GB/T19923-2005)和《城市污水再生利用 城市杂用水水质标准》GB/T18920-2002 的有关规定要求后回用。具体工艺流程图如下:

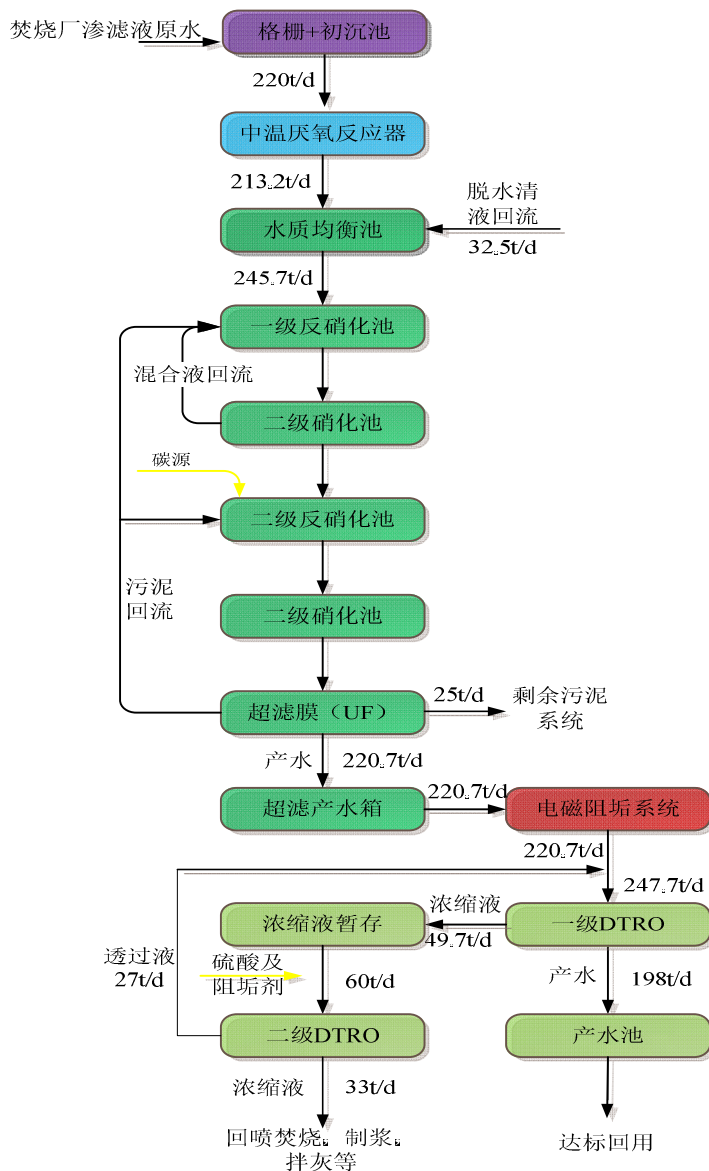


图4-20 垃圾渗沥液处理工艺流程图

第5章 工程技术方案

5.1 全厂工艺流程

5.1.1 工艺流程

本项目通过垃圾的焚烧达到垃圾无害化、减容化、资源化的目的。垃圾进入焚烧炉经过干燥、燃烧、燃烬过程，使腐败性的有机物因燃烧而成为无机物，病原性生物因在高温焚烧下死灭。典型的生活垃圾焚烧处理工艺流程图如下图所示。

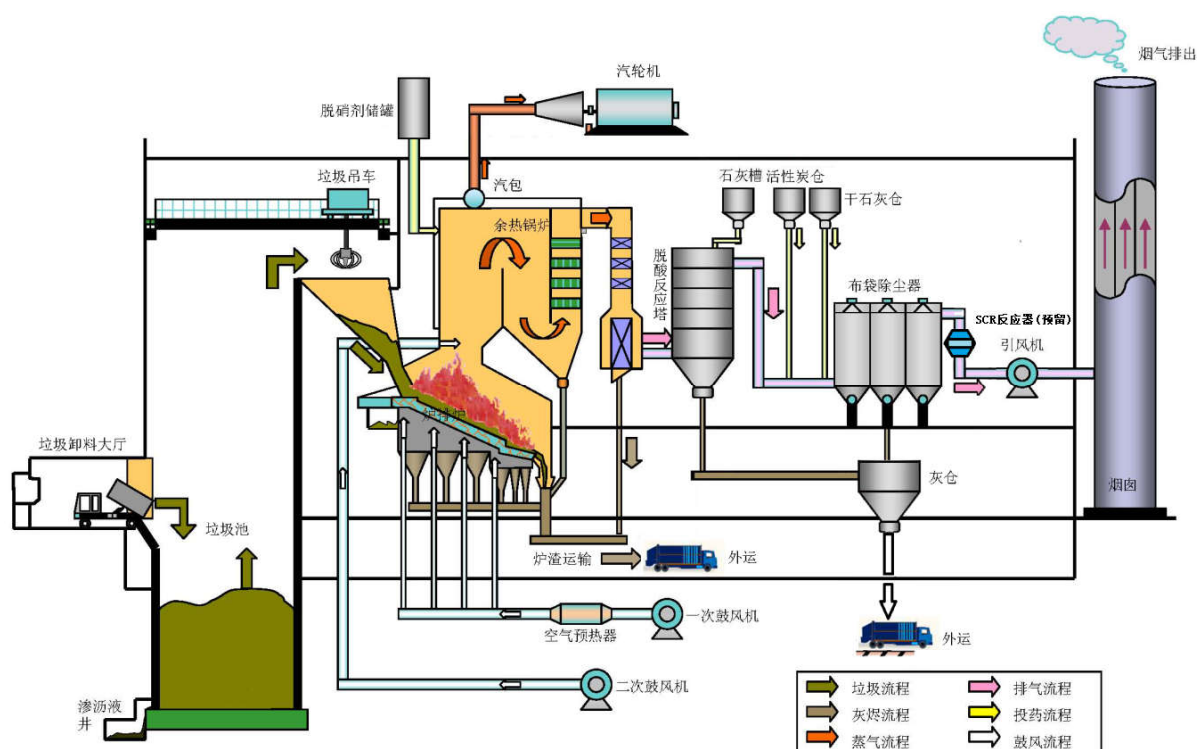


图5-1 典型垃圾焚烧处理工艺流程图

本项目整个工艺流程包括了垃圾接收、焚烧及余热利用、烟气净化处理、灰渣收集处理处置、渗沥液处理等系统。

垃圾车从物流口进入厂区，经过地磅秤称重后进入垃圾卸料平台，卸入垃圾池。垃圾池是一个封闭式且正常运行时空气为负压的建筑物，采用半地下结构。池内的垃圾通过垃圾吊车抓斗抓到焚烧炉给料斗，经溜槽落至给料炉排，再由给料炉排均匀送入焚烧炉内燃烧。

垃圾燃烧所需的助燃空气因其作用不同分为一次风和二次风。一次风取自于垃圾贮存坑，使垃圾池维持负压，确保坑内臭气不会外逸。一次风经蒸汽空气预热器加热后由

一次风机送入炉内。取自垃圾输送廊的炉墙冷却风，被炉墙加热后接入一次风机入口总管。二次风从锅炉顶部吸取热空气，由二次风机加压后送入炉膛，使炉膛烟气产生强烈湍流，以消除化学不完全燃烧损失和有利于飞灰中碳粒的燃烬。

焚烧炉设有点火燃烧器和辅助燃烧器，用柴油作为辅助燃料。点火燃烧器供点火升温用。当垃圾热值偏低、水分较高，炉膛出口温度不能维持在 850℃ 以上，此时启用辅助燃烧器，以提高炉温和稳定燃烧。停炉过程中，辅助燃烧器必须在停止垃圾进料前启动，直至炉排上垃圾燃烬为止。

垃圾在炉排上通过干燥、燃烧和燃烬三个区域，垃圾中的可燃分已完全燃烧，灰渣落入出渣机，经加水冷却后进入灰渣贮坑，出渣机起水封和冷却渣作用。灰渣贮坑上方设有桥式抓斗起重机，可将汇集在灰渣贮坑中的灰渣抓取，装车外运、填埋或综合利用。飞灰收集后在厂内稳定化并检测合格后送入填埋场进行填埋。

垃圾燃烧产生的高温烟气经余热锅炉冷却至 200℃ 后进入烟气净化系统。每台焚烧炉配一套烟气净化系统，采用“SNCR 炉内脱硝+半干式脱酸+干粉喷射+活性炭吸附+布袋除尘+预留 SCR 脱硝”工艺。首先在焚烧炉膛高温区域喷入还原剂以降低锅炉排烟 NO_x 浓度，烟气经余热锅炉冷却后进入反应塔，与喷入的石灰浆充分混合反应后，烟气中的酸性气体被去除，在反应塔与除尘器之间的烟道内喷入熟石灰粉、活性炭进一步脱除酸性气体和重金属、二噁英，随后烟气进入布袋除尘器，在布袋除尘器表面进行除尘，并进一步脱除酸性气体。最后符合排放标准的烟气通过引风机送至烟囱排放至大气。

余热锅炉以水为工质吸收高温烟气中的热量，产生 4.0MPa，450℃ 的蒸汽。供汽轮发电机组发电。产生的电力除供本厂使用外，多余电力送入电网。

5.1.2 主要设计参数

5.1.2.1 设计热值

根据前文分析，拟采用以下数据作为工艺方案设计基础。

表5-1 设计入炉垃圾成分

C(%)	H(%)	O(%)	N(%)	S(%)	Cl(%)	水分(%)	灰分(%)
19.09	2.53	12.56	0.56	0.14	0.29	44.31	20.51

适用垃圾低位热值范围：

最高点：LHV=8000 kJ/kg

设计（MCR）点：LHV=6700 kJ/kg

辅助燃料添加点: LHV=4690 kJ/kg

最低点: LHV=4187 kJ/kg

5.1.2.2 燃烧图

燃烧图的横轴代表单台焚烧炉的处理量 (t/h, 动态平均值); 纵轴代表焚烧炉/锅炉的热负荷 (热功 GJ/h, 动态平均值)。在燃烧图中, 标出了恒定热值线 (kJ/kg), 从原点出发的有斜度的直线。热值和处理量给出了装置的热负荷。燃烧负荷图如下:

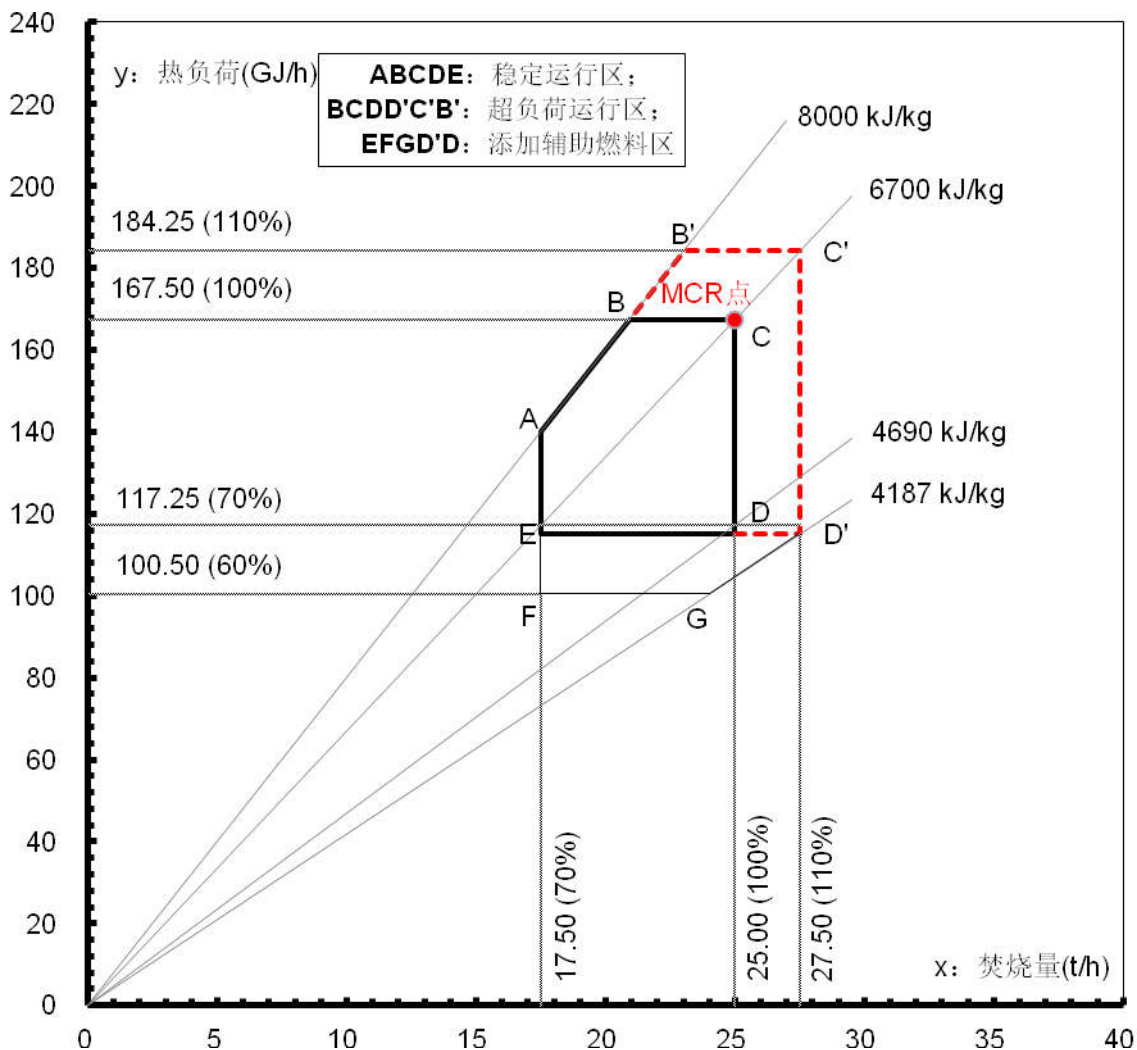


图5-2 拟建项目焚烧炉燃烧图

单台焚烧炉额定焚烧垃圾量为 25t/h, 入炉垃圾量可在额定垃圾处理量的 70%~110%范围内波动, 最小处理量为 17.5 t/h, 最大处理量为 27.5 t/h; 垃圾设计低位热值为 6700 kJ/kg, 入炉垃圾的热值的波动范围为 4187 kJ/kg~8000kJ/kg。入炉垃圾热量 (即锅炉热负荷) 可在额定值的 60%~110%范围内波动。

上图 ABCDE 区域为锅炉连续稳定运行区, 在该负荷条件下, 焚烧炉不加任何辅助

燃料可以连续、稳定地运行，并可满足烟气温度 850℃、停留 2s 的要求。

上图 BB'C'D'DC 区域为超负荷区，在该负荷条件下，焚烧炉可在超出额定能力 $\leq 110\%$ 的状态下短时间运行。

当锅炉负荷低于 70% 负荷时，辅助燃烧器会根据烟道中预设位置的温度自动向炉内喷辅助燃料，以保证使炉内烟气温度达到 850℃、停留 2s 的要求。

在焚烧图正常工作范围之外运行，包括长时间在超负荷区域运行，可能导致系统部分部件过度磨损，特别是耐火材料，锅炉壁和管束（腐蚀）以及炉排片。因此，实际的运行点将自动计算并显示在控制室内的控制屏幕上，以便运行人员实时监测锅炉运行状态。

5.1.2.3 主要运营参数

本阶段工程的垃圾平均日处理量为 600 吨，建设 1 条处理线，该条日处理能力为 600 吨，燃料设计低位热值为 6700kJ/kg，主要参数如下：

a) 垃圾处理量	600t/d
b) 处理线数量	1 条
c) 每条线处理能力	600t/d
d) 焚烧炉年运行小时数	8000h
e) 焚烧炉年利用小时数	7008h
f) 平均负荷率	87.6%
g) 设计垃圾低位发热值	6700kJ/kg
h) 垃圾含水率	35%~60%
i) 垃圾焚烧停留时间	1.5~2h
j) 垃圾焚烧温度	850℃~950℃
k) 炉渣热灼减率	<3%
l) 烟气在炉内停留时间 (>850℃)	>2s
m) 空气过量系数	1.90
n) 额定烟气量	~114000Nm ³ /h (每条线)
o) 额定蒸汽产量	51.56t/h (每条线)
p) 全厂热效率	21.85%
q) 汽轮机容量	1×12MW

- r) 发电机容量 $1 \times 12\text{MW}$

5.2 垃圾接收、储存及输送系统

本系统已在一期工程中一次性建成，本期无新增建设内容。

5.3 焚烧系统

5.3.1 炉前垃圾给料系统

5.3.1.1 概述

垃圾焚烧炉配有垃圾进料斗、溜槽和给料器，进料斗内的垃圾通过溜槽落下，由给料器均匀布置在炉排上。给料器根据余热锅炉负荷和垃圾性质调节给料速度。

进料斗底部设密封性能良好的隔离闸门，在必要情况下将进料斗与焚烧炉垃圾入口隔离。焚烧炉给料器下面设计有渗沥液收集斗。收集后的渗沥液用管道输送到渗沥液收集池进行集中处理。给料器的控制进入 DCS。

5.3.1.2 设计主要技术参数

焚烧炉垃圾给料系统由垃圾进料斗、溜槽（含膨胀节）和给料器组成。

（1）垃圾进料斗

其功能是接受垃圾起重机抓斗的给料。同时利用垃圾的自重连续不断地向炉内提供垃圾。进料斗做成梯形漏斗式框架，料斗的形状和进口尺寸使得抓斗全部张开时垃圾不会飞溅。料斗壁较光滑利于垃圾移动，产生的噪音很小。料斗的设计不会出现架桥现象，普通大件垃圾也完全能顺利进入。

（2）垃圾溜槽

溜槽连接着进料斗和焚烧炉，溜槽分为上下两部份，上下两部分之间有金属膨胀节，用于吸收受热产生的热膨胀。溜槽内的垃圾为焚烧炉的供料提供足够的储备量，同时利用垃圾本身的厚度形成密封层，防止空气漏入炉内和烟气外逸，起到使焚烧炉膛与外界隔离的作用。

（3）给料器

给料平台设置在溜槽的底部，液压驱动的给料小车在滑动平台上往复运动，从而将垃圾均匀的送到炉排。同时设计时考虑热值低垃圾密度较高的特性，确保给料器尖峰负载下不会过载，给料器导轮及轨道不会磨损。

垃圾在给料过程中被挤压后会析出一定量的渗沥液，因此焚烧炉给料器下面设计有渗沥液收集斗。每台炉布置 4 个渗沥液斗。该渗沥液收集斗作为焚烧炉的组成部分，在建设单位业绩工厂里运行稳定，性能可靠。

5.3.2 垃圾焚烧炉

垃圾焚烧炉系统是垃圾焚烧发电厂的“心脏”，其性能直接影响垃圾焚烧处理的综合排放指标和全套设备的运转率。本项目我们推荐选用具有国际先进水平技术的机械炉排炉。其技术参数见下表。

表5-2 焚烧炉主要技术参数表

序号	性能参数名称	单位	数据
1	焚烧炉数量	台	1
2	焚烧炉单台处理量	t/h	600
3	焚烧炉超负荷运行时的处理量	t/h	660
4	焚烧炉 MCR 点入炉垃圾热值	kJ/kg	6700
4	焚烧炉年正常工作时间	h	8000
5	折算额定处理量的年利用小时数	h	7008
6	垃圾在焚烧炉中的停留时间	h	1.5-2.5
7	烟气在燃烧室中的停留时间	s	≥2
8	燃烧室烟气温度	℃	950
9	助燃空气过剩系数	/	2.0
10	助燃空气温度	℃	220/166
11	焚烧炉允许负荷范围	%	60~110
12	燃烧室出口烟气中 CO 浓度	mg/Nm ³	≤50
13	燃烧室出口烟气中 O ₂ 浓度	%	6-10
14	焚烧炉渣热灼减率	%	≤3

5.3.3 燃烧空气系统

5.3.3.1 助燃空气系统

助燃空气系统包括一次风系统、二次风系统和炉墙冷却风系统。

一、二次风系统都由风机、风管及支架组成，一次风系统增加预热器。为了对垃圾起到良好的干燥及助燃效果，一次风空气进入焚烧炉之前，先通过蒸汽式空气预热器加热，然后从炉排下部分段送风。同时，为了提高燃烧效果及保持燃烧室的温度，在焚烧炉的前后拱喷入二次风，以加强烟气的扰动，延长烟气的燃烧行程，使空气与烟气的充

分混合，保证垃圾燃烧更彻底。一、二次风风量较大，可安装消音器降低噪音。

由于设计进炉垃圾热值较高，一次风、二次风额定设计温度为 45℃，但为保证低负荷炉温控制需要，一、二次风设置蒸汽式空气预热器系统，利用汽机抽汽和汽包抽汽分别加热到 220℃/166℃。

一次风从垃圾池抽取，二次风在炉后给料平台处设一个吸风口。进风方式：一次风由炉排下的风室（灰斗）经过炉排片的风孔进入炉膛，对垃圾进行干燥和预热，同时也起到对炉排片的冷却作用。

焚烧炉两侧墙与垃圾直接接触，局部温度较高。对两侧墙的保护采用冷却风的方式。侧墙是由耐火砖砌成的中空结构，炉墙外部安装保温层。冷却风从侧墙下部进入，流经耐火砖墙，达到冷却炉墙的目的。冷却风由单独设置的冷却风机提供，便于启停炉的控制。密封风用于焚烧炉驱动部件和炉排前部框架间隙的密封。

5.3.3.2 空气预热器

为了能使低热值垃圾更好地燃烧，燃烧空气必须经过加热器加热后，才能送入焚烧炉。年运行时间不得低于 8000 小时。

进入焚烧炉炉膛的燃烧空气保持在稳定的温度。这个温度需要通过调节加热蒸汽的流量或送风量来维持。

蒸汽-空气预热器利用蒸汽加热空气，蒸汽在管内流动，空气在管外流动，从而有效的防止了空预器的积灰现象，同时把空气加热到设计值；为方便检修和清扫，在空预器护板上设有检修门，另外在空预器下部设有疏水管；

为保证空气预热器在冬天仍能正常运行，以 15℃作为设计依据。预热器需要保温。预热器采取必要的防腐措施。

5.3.4 启动点火与辅助燃烧系统

在焚烧炉热值低于 4690kJ/kg 时需添加辅助燃料。根据当地的燃料供应情况，本项目拟采用 0#柴油作为启动和辅助燃烧的燃料。焚烧炉共配置 4 台燃烧器，其中 2 台启动燃烧器，2 台助燃燃烧器。

启动燃烧器布置在炉膛的侧壁，其作用是用于焚烧炉由冷态启动时的升温和停炉时的降温。当焚烧炉启动后，启动燃烧器投入运行，使整个炉膛从冷态均匀加热至约 850℃。启动燃烧器布置在炉膛上部喉口附近，离炉排较远，故对炉排的辐射不会造成炉排过热。同时，在启动过程中，可微开一次风冷风冷却炉排，进一步保护炉排不过热。

助燃燃烧器布置在炉膛的后墙，其作用是：在焚烧炉负荷低于 70%时，保证焚烧炉炉膛烟气温度高于 850℃停留时间不少于 2s。当垃圾热值低时，助燃燃烧器可根据燃烧室的温度情况自动投运。辅助燃烧器在不运行期间有自动退出炉膛的功能。

辅助燃烧系统设就地控制柜、PLC 程控柜和介质调整装置等，就地控制柜或 PLC 程控柜上设有设备的失效信号，根据火焰探测的信号和流量压力的检测，保护运行的安全。燃烧器能就地/远程操作。

锅炉点火系统由供油系统、锅炉燃烧器本体、点火装置、火焰探测器以及相应的控制器和安全保护装置构成。

本期辅助燃油供应系统利旧。

5.3.5 除渣系统

5.3.5.1 概述

锅炉除渣系统由漏渣和落渣清除系统，余热锅炉转弯烟道的沉降灰清除系统等组成。完全燃烧后的炉渣从落渣口落入除渣系统；焚烧炉炉排漏渣由炉排落渣输送装置收集、输送至渣坑；余热锅炉积灰通过落灰管输送至除渣口进入除渣系统。

5.3.5.2 漏渣清除系统

炉排漏渣清除系统采用机械输送方式。炉排下每个灰斗出口均装设气动双层卸灰阀和金属膨胀节。每列炉排下漏灰采用刮板输渣机将漏渣直接进入渣坑。

5.3.5.3 烟道沉降灰清除系统

余热锅炉转弯烟道的沉降灰来自二、三烟道和省煤器下灰斗。锅炉二、三烟道和省煤器下的底灰经手动插板阀、电动星型卸灰阀和金属膨胀节输送到落渣口。

5.3.6 主要设备表

表5-3 焚烧系统主要设备表

序号	设备名称	规格及技术数据	单机功率 (kW)	数量	
				总	备
1	焚烧炉	型号：SLC 600-4/450；	90	1	
2	炉顶电动葫芦			2	
3	蒸汽-空气预热器			1	
4	点火燃烧器(含风机)		37	2	
5	辅助燃烧器(含风机)		37	2	

序号	设备名称	规格及技术数据	单机功率 (kW)	数量	
				总	备
6	吹灰器			1	
7	一次风机	Q=89300 Nm ³ /h, P=4500 Pa	185	1	
8	二次风机	Q=22300 Nm ³ /h, P=10500 Pa	110	1	
9	炉墙冷却风机	Q=17900 Nm ³ /h, P=3000 Pa	90	1	
10	炉内脱氮系统	SNCR		1	

5.4 热力系统

5.4.1 余热利用系统概述

本项目不考虑供热，因此，汽轮机定为纯凝式，与锅炉配套，为中温中压，其抽汽供预热燃烧空气、加热锅炉给水并除氧、供热，做功后的乏汽用循环冷却水进行冷却。

余热利用系统流程：初步预热的凝结水经除氧加热加压后送入余热锅炉，垃圾焚烧产生的热量将水加热成 4.0MPa、450℃ 的中温中压过热蒸汽供汽轮发电机组发电，做功后的乏汽经凝汽器冷凝成水后由凝结水泵送至汽封加热器、低压加热器加热，最后进入除氧器，又开始下一次循环。

主要设备有：余热锅炉、汽轮机、发电机。

辅助设备有：凝汽器、凝结水泵、汽封加热器、低压加热器、除氧器、锅炉给水泵、连续排污扩容器、定期排污扩容器、疏水箱、疏水扩容器、交直流油泵、油箱、冷油器、空气冷却器、减温减压器等。

5.4.2 余热锅炉系统

5.4.2.1 余热锅炉

垃圾焚烧产生的热能通过余热锅炉产生蒸汽，蒸汽通过汽轮发电机组变成电能。

余热锅炉是整个垃圾焚烧电厂中的关键设备之一。余热锅炉最重要的特点是：高效、灵活，良好的适应性和维护性能。由于垃圾发热值的变化，良好的适用性尤其重要，尽可能产生稳定的蒸汽，汽轮发电机组才能有效的工作。

余热锅炉由锅筒（含内部装置）、水管系统、上升管系统、下降管系统、一、二级蒸发管束、过热器系统（含减温器系统）、省煤器系统、一级蒸汽-空气预热器系统、吊挂系统、汽水管路系统、给水系统、钢结构（喷砂、喷漆、防腐）、平台扶梯（镀锌栅格、喷砂、防腐）、刚性梁、膨胀系统、密封系统、门类杂件、热工仪表等组成。

整个余热锅炉均采用轻型炉墙结构，内部有耐高温、抗磨、抗腐材料，外部有保温、防腐材料，炉墙外还包覆彩色的外护板。在炉排的上方，布置有由一个覆以 SiC 耐火、耐磨、抗腐材料内衬的膜式水冷壁组成的垂直辐射烟道和二个未覆以耐火材料内衬的膜式水冷壁组成的垂直辐射烟道。在水平段布置有蒸发受热面、一级蒸发管束、过热器、最终蒸发管束。尾部布置三级省煤器。

该余热锅炉受热面的设置使烟气以速冷方式降至 250℃ 以下，由于在 250~500℃ 温度范围内极易生成二噁英，因此，在余热锅炉的设计中尽量减少了烟气在该温度范围内的停留时间，以防止二噁英的生成。

5.4.2.2 主要技术参数

表5-4 余热锅炉技术参数表

序号	性能参数名称	单位	数据
1	余热锅炉数量	台	1
2	余热锅炉过热蒸汽温度	℃	450
3	余热锅炉过热蒸汽压力	MPa	4.0
4	余热锅炉额定连续蒸发量	t/h	51.56
5	余热锅炉最大连续蒸发量	t/h	56.72
6	余热锅炉排烟温度	℃	200
7	余热锅炉给水温度	℃	130

5.4.3 汽轮发电机组

5.4.3.1 设备配置方案

根据前文计算与方案论证，本期工程拟设置 1 台容量为 12MW 的中温中压凝汽式汽轮发电机组。

5.4.3.2 汽轮机组组成

汽轮机本体的主要组成部分为：转动部分（转子）包括动叶栅、叶轮（转鼓）、主轴和联轴器及紧固件等旋转部件；固定部件（静子）包括汽缸、蒸汽室、喷嘴室、隔板、隔板套（或静叶持环）、汽封、轴承、轴承座、机座、滑销系统及有关紧固零件等；控制部分包括调节系统、保护装置和油系统等。

汽轮发电机组由汽轮机、发电机、凝汽器、凝结水泵、汽封加热器、低压加热器等组成。汽轮机为单缸、凝汽、冲动式汽轮机，三级非调整抽汽。发电机为空冷式发电机，无刷励磁。汽轮发电机组采用 DEH 控制，可以实现汽轮发电机组的启停、负荷调整、

以及事故处理。并采用 TSI 系统，对汽轮机的超速、振动等进行监测保护。

由余热锅炉供应的过热蒸汽经汽轮机膨胀做功后将热能转化为机械能，带动发电机产生电能。另外从汽轮机中抽出三路低压蒸汽，一路作为蒸汽空气预热器热源，一路作为除氧器除氧热源，一路作为低压加热器加热凝结水热源。做功后的乏汽经凝汽器冷凝为凝结水，再经低压加热器加热，经除氧器除氧后供余热锅炉。空气预热器和除氧器的加热蒸汽除汽机抽汽外，均由公用减温减压器作为备用汽源。

5.4.3.3 主要技术参数

表5-5 汽轮发电机组性能参数汇总表

项目	单位	数据
汽轮机数量	台	1
型号		N12-3.82/435
额定功率	MW	12
额定转速	r/min	3000
进汽压力	MPa	3.82
进汽温度	℃	435
进汽流量	t/h	~52
排汽压力	MPa(a)	0.007(绝对)
发电机数量（总规模）	台	1
型号		QF-12-2
额定功率	MW	12
额定电压	kV	10.5
功率因数		0.8
额定转速	r/min	3000
冷却方式		空冷

5.4.3.4 发电机组组成

1) 发电机设备型号及技术

发电机通常由定子、转子、端盖及轴承等部件构成。其中，定子由定子铁芯、线包绕组、机座以及固定这些部分的其他结构件组成；转子由转子铁芯绕组、护环、中心环、滑环、风扇及转轴等部件组成；由轴承及端盖将发电机的定子，转子连接组装起来，使转子能在定子中旋转。发电机转子由汽轮机带动，转子的直流磁场做切割磁力线的运动，从而在定子中产生感应电势，通过接线端子引出，接在回路中，便产生了电流。

2) 发电机辅助系统

发电机辅助系统主要包括励磁系统和发电机冷却系统。

a. 励磁系统

本工程采用无刷励磁系统。发电机励磁由励磁机独立供电，供电可靠性高。因为没有接触部件的磨损，也就没有碳粉和铜末引起的对电机绕组的污染，故延长了电机的绝缘寿命。无碳刷与滑环，维护工作量大为减少。

b. 发电机冷却系统

本发电机定子绕组、定子铁芯和转子采用空气冷却方式，冷却通风采用空冷密闭循环通风系统。冷却系统的设备和控制均满足 IEC34 的有关规定。

发电机冷却系统能保证在正常运行工况下将转子、定子绕组和定子铁芯等最热点温度维持在国标和 IEC 标准中绝缘 B 级温升限值的要求。

在空气冷却器进水温度小于 33℃，空气冷却器额定工作情况下，发电机冷风温度小于 40℃。

一组冷却器退出运行时，机组允许满负荷运行时间为 30 分钟，并且至少能带三分之二额定负载连续运行；冷却器停止二组，机组允许 50%负荷可长时间运行。

5.4.3.5 电量估算

在设计点焚烧炉处理垃圾量为 600t/d，垃圾设计热值为 6700kJ/kg，垃圾被送入焚烧炉焚烧后的热量被余热锅炉吸收，能够产生的过热蒸汽量为 51.56t/h（ $P=4.0\text{MPa}$ ， $t=450^\circ\text{C}$ ）。考虑到蒸汽管道输送过程中的汽水损失后，实际进入汽轮发电机组的过热蒸汽量为 50.01t/h（ $P=3.82\text{MPa}$ ， $t=435^\circ\text{C}$ ）。根据热力计算，汽耗率估算为 4.92kg/kWh，发电功率约为 10.165MW。按照焚烧炉 MCR 点年利用为 7008 小时计算，则年发电量为 7124 万度，吨入厂垃圾发电量为 325.30 度。

目前国内垃圾电厂运行电耗一般在 65 度/吨垃圾左右，暂定厂用电率约为 18%则年耗电量约为 1284 万度，吨垃圾运行电耗约为 58.55 度左右。扣除上部分电量后，本项目设计达产年的上网电量为 5842 万度，吨垃圾上网电量为 266.74 度。

5.4.4 其它热力系统

为便于运行管理的需要，主蒸汽系统、主给水系统、循环水系统等均设母管相联；所有母管管径在一期工程设计时均按总规模的 2 炉 2 机考虑。

5.4.4.1 主蒸汽系统

主蒸汽系统采用母管制系统。每台锅炉产生的蒸汽先引往一根蒸汽母管集中后，再由该母管引往汽轮机和各用汽处。该系统阀门少、系统简单、可靠，适合小容量机组。

主蒸汽母管上接有一台减温减压器，经减温减压后的蒸汽作为汽机一级抽汽和开机时除氧器的补充汽源。

5.4.4.2 主给水系统

给水管道采用母管制系统。一期工程设置两台电动锅炉给水泵，正常工况下，一台运行，一台备用，本期扩建在预留的安装位置上安装一台给水泵。由于垃圾热值变化大，为节约能源和维持系统运行稳定性，锅炉给水泵采用变频控制。

由于不设高压加热器，本系统共设两根给水母管，即给水泵吸水侧的低压给水母管，给水泵出口侧的高压给水母管。两根给水母管均采用单母管制。

为了防止给水泵在低负荷时产生汽化，在给水泵的出口处设有给水再循环管，与除氧水箱相连，同时还设有再循环母管，从而增加了运行的灵活性。

5.4.4.3 回热抽汽系统

汽轮机设有三级非可调抽汽。一级抽汽供给空气预热器加热，二级抽汽供给除氧器除氧，三级抽汽供给低压加热器用。空气预热器和除氧器的加热蒸汽除汽机抽汽外，均由辅助减温减压器作为备用汽源。三级抽汽管道由汽轮机接到低压加热器的加热蒸汽入口上。一级、二级抽汽管道上均设有抽汽逆止速关阀。除氧器加热蒸汽进口管道上设有电动调节阀，用于调节除氧器的运行压力和运行温度。

5.4.4.4 凝结水系统

凝结水管道采用母管制系统。每台汽机冷凝器下装设 2 台凝结水泵，变频控制，每台泵的容量为最大凝结水量的 110%(一用一备)。凝结水经凝结水泵加压后，经汽封加热器、低压加热器进入除氧器。

5.4.4.5 抽真空系统

为保证凝汽器有一定的真空，及时抽出凝汽器内不凝结气体，本期项目汽轮机组配置 2 台水环真空泵。

5.4.4.6 循环冷却水系统

采用机力通风冷却塔循环冷却系统供水。按 1×12MW 机组容量设计循环水量。循

环水量主要包括凝汽器的冷却水量，汽机冷油器和发电机空气冷却器的冷却水量。

为了保持较高的冷却效率和减少设备、管材金属的腐蚀，在循环水中定期加阻垢剂和杀菌、除藻剂。

5.4.4.7 排污及疏放水系统

一期工程设置 1 台连续排污扩容器和 1 台定期排污扩容器，设计容量考虑本期需要。连续排污扩容器的二次蒸汽接入除氧器的汽平衡管，锅炉排污水接入定期排污扩容器扩容后，统一排入废水处理系统。

锅炉和汽轮机的疏放水采用母管制，设一台疏水箱和两台疏水泵(一用一备)，可将疏水送入除氧器，同时疏水箱也可作为停炉放水的收集水箱。除氧器的溢放水也通过疏水扩容器后排入疏水箱内，疏水箱上装有除盐水补水管路。

汽机低压加热器的疏水利用压差自流至冷凝器，汽机本体及本体部分的蒸汽管道疏水接入本体疏水膨胀箱，扩容后接入冷凝器。部分的蒸汽管道疏水接入疏水扩容器。

5.4.4.8 除盐水系统

来自化水间的除盐水主要补入除氧器和汽轮机冷凝器，部分补入疏水扩容器作蒸汽降温用。

5.4.4.9 汽机旁路系统

一期项目已设置旁路冷凝系统，本期利旧不扩建。

5.4.4.10 调节系统

系统组成：调节系统主要有转速传感器、数字式调节器、电液转换器、油动机和调节汽阀等组成。

数字式调节器同时接收二个转速传感器的汽轮机转速信号，并与转速给定值进行比较后输出执行信号，经电液转换器转换成二次油压，二次油压通过油动机操纵调节汽阀。

汽轮机运行监视和保护：汽轮机超速时，危急遮断器动作，使危急保安装置泄油，逆止速关阀关闭，机组停机。

5.4.4.11 汽轮机润滑油系统

汽轮发电机组润滑油系统主要由主油箱、辅助油泵、交流润滑油泵、直流事故油泵、冷油器、滤油器、注油器和有关管路附件等组成。

5.4.5 系统运行方式

1) 电厂采用机、炉、电集中控制方式。由于垃圾焚烧炉是以城市垃圾生活垃圾为燃料，垃圾成分和热值不稳定，造成锅炉出口蒸汽参数不稳定，要求汽轮机跟随焚烧炉负荷的变化作变功率运行。汽机采用电—液控制系统，它能实现前压调节、转速调节，保证汽轮机运行的安全性、可靠性及运行灵活性。满足焚烧炉垃圾热值变化引起的负荷变化的需要。

2) 采用定压启动、运行及停机方式。

3) 汽轮发电机组带基本负荷，不参与电网调峰。

4) 正常工况，垃圾焚烧炉产生的蒸汽进入汽轮机做功后，排入主冷凝器，冷凝后经凝结水泵打入中压除氧器，经除氧后凝结水被加热到 130℃，由给水泵送入余热炉的省煤器。

5) 当电网发生故障时，要求汽轮发电机组能带厂用电负荷，应满足汽轮发电机组在 20%额定负荷工况下，运行至少一周。

5.4.6 汽机房布置

汽机间位于主厂房侧翼，一期汽机间邻侧，包括±0.000m 层、4.000m 夹层、7.000m 运行层等。

5.4.6.1 汽机房布置

汽轮发电机组采用岛式双层布置。

在汽机房零米层及其以下，布置有凝结水泵、真空泵等设备，设有检修场地。

汽机房 4.000m 层为加热器平台，布置有低压加热器、汽封冷却器、均压箱、本体疏水膨胀箱、油站等。

汽机房 7.000m 层为运转层，布置有汽轮机、发电机等。

5.4.6.2 除氧间布置

±0.000m 层布置有锅炉给水泵、疏水箱、疏水扩容器、疏水泵等。

4.000m 层为管道间布置有一二级抽汽管道、主蒸汽管、主蒸汽疏水母管等。

7.000m 层为工作走廊，与一期连接。

一期工程 13.000m 层预留本期除氧设备空间，本期增加 1 台旋膜式中压除氧器及检修操作平台等。

5.4.6.3 安装及检修设施

汽机房设置 1 台吊钩桥式起重机，以满足汽轮机、发电机及其它辅机检修之用。

5.4.7 主要设备表

表5-6 热力系统主要设备表

序号	设备名称	规格及技术数据	单机功率 (kW)	数量	
				总	备
1	余热锅炉	额定蒸发量：51.56 t/h；		1	
2	在线汽水取样装置			1	
3	汽轮发电机组	型号：N12-3.82/435；		1	
4	水环真空泵	Q=18 kg/h, H= 30m；	37	2	1
5	凝结水泵	Q=60 m ³ /h, H=80 m, 变频；	37	2	1
6	油泵系统			1	
7	电动双钩桥式起重机	起重量：主钩 25 t, 副钩 5 t；	35	1	
8	锅炉给水泵	Q=75t/h, H=640 m, 变频。	280	2	1
9	除氧器	Q=75 t/h		1	
10	除氧水箱	V=40 m ³ /h；		1	

5.5 烟气净化系统

5.5.1 烟气净化工艺概述

5.5.1.1 烟气污染物排放指标

参考目前国家《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB18485-2014）及 EU2000 的排放限值和当地环保部门给定的污染物允许排放总量，本项目的排放指标暂定如下表所示，具体以环评批复为准。

表5-7 烟气净化系统处理后的污染物排放设计值表

序号	污染物名称	单位	GB18485-2014		欧盟 2000/76/EC			本工程保证值	
			日均值	小时均值	日均值	半小时		日均值	小时均值
						100%	97%		
1	粉尘	mg/Nm ³	20	30	10	30	10	10	30
2	HCl	mg/Nm ³	50	60	10	60	10	10	60
3	SO _x	mg/Nm ³	80	100	50	200	50	50	100
4	NO _x	mg/Nm ³	250	300	200	400	200	200	300
5	CO	mg/Nm ³	80	100	50	100	150	50	100

序号	污染物名称	单位	GB18485-2014		欧盟 2000/76/EC			本工程保证值	
			日均值	小时均值	日均值	半小时		日均值	小时均值
						100%	97%		
						测定均值		测定均值	
6	Hg	mg/Nm ³	0.05		0.05			0.05	
7	Cd+Tl	mg/Nm ³	0.1		0.05			0.05	
8	Pb+Cr 等其他重金属	mg/Nm ³	1		0.5			0.5	
9	二噁英类	ngTEQ/Nm ³	0.1		0.1			0.1	

注：表中各项标准限值均以标准状态下含 11%O₂ 的干烟气为参考值换算。

5.5.1.2 烟气净化工艺

本项目的烟气净化系统采用“SNCR 炉内脱硝+半干法脱酸+干法喷射+活性炭吸附+布袋除尘+预留 SCR 脱硝”烟气净化工艺，整个系统保持负压状态，防止污染物外泄。

焚烧线配置一套烟气净化装置，一台引风机，风机风量采用变频调节。本项目单台锅炉出口烟气流量在 6700kJ/kg 热值下烟气量为 114000Nm³/h，烟气温度约为 200℃。

5.5.2 物料消耗计算

原材料消耗量根据设计点进炉垃圾中氮、硫和氯的元素含量，并考虑一定的转化率和过量系数，通过反应式可以计算出氨水、石灰的理论耗量；活性炭、水和压缩空气主要依靠经验数据。经过理论计算后，参照现有垃圾焚烧发电厂的运行经验，对理论计算结果进行修正得出。额定工况下系统所需吸收剂和吸附剂的耗量见下表：

表5-8 脱酸原材料消耗表

名称	焚烧炉 MCR 点小时耗量	日耗量	年总耗量
氢氧化钙	350.00 kg/h	8.40 t/d	2453 t/a
氨水	125.00 kg/h	3.00 t/d	876 t/a
活性炭	15.00 kg/h	0.36 t/d	105 t/a

注：生产消耗按照焚烧炉 MCR 点运行 7008 小时计。

其中脱酸用的氢氧化钙的品质要求：纯度≥90%，200 目通过率≥95%。氨水按 20% 浓度采购。吸附烟气中二噁英和重金属用的吸附剂活性炭的品质要求如下表所示。

表5-9 烟气净化用活性炭品质要求

项目	单位	数值	
碘滴数	mg/g	≥600	
比表面积 (BET)	m ² /g	700~900	
水分	%	≤10	
灰分	%	≤8	
松袋密度	kg/m ³	490	
粒度分布	>0.15mm	%	≤3
	>0.074mm	%	≤13
	>0.044mm	%	≤28
	>0.010mm	%	≥60

5.5.3 SNCR 脱硝系统

在我国垃圾焚烧厂运行数据表明，只要控制好燃烧温度和氧量，NO_x 排放值即可在 400mg/Nm³ 以内。但是，本工程为了进一步减少烟气中 NO_x 含量，达到 200mg/Nm³ 标准，设置了 SNCR 脱硝系统，脱硝效率保证在 50%以上。

SNCR 法是向烟气中喷还原剂溶液，在高温（900~1100℃）区域，通过还原剂分解产生的氨自由基与 NO_x 反应，使其还原成 N₂、H₂O 和 CO₂，达到脱除 NO_x 的目的。根据前述工艺方案论证，本项目采用氨水作为还原剂。工艺流程如下图所示。

氨水由专业的运输车运输入厂，通过加注泵将 20%浓度的氨水注入氨水储罐中，氨水罐满足 SNCR 及 SCR 的氨水存储要求。运行时，氨水首先由增压泵从罐中抽出，经过混合分配单元分配至各个焚烧炉，再由高压气体通过喷枪喷入炉内。增压泵设置 2 台。

每台焚烧炉设计一套喷射系统，每套喷射系统由数支喷枪组成，喷枪采用不锈钢材料制造，由喷枪本体、喷嘴座、雾化头、喷嘴罩四部分组成，每支喷枪配有气动推进器，实现自动推进和推出喷枪的动作。

根据本项目的实际需要，本系统选用气力式压缩空气作为雾化介质。气力式雾化是通过具有一定动能的高速气体冲击液体，从而达到一定雾化效果的方式。

SNCR 控制系统分为手动和自动两种运行模式。自动运行时能自动控制制溶液罐的液位、自动控制泵出口的压力、自动控制雾化空气压力、自动调节溶液流量、自动检测锅炉尾部烟道的 NO_x 的含量，当大于设定的 NO_x 值时，自动开启脱硝系统等。

5.5.4 脱酸反应塔

5.5.4.1 半干法脱酸系统

脱硝之后的烟气，从反应塔顶部经过导流板均匀地进入塔内。旋转喷雾器布置在塔顶部中心，石灰浆经高度雾化后与烟气同向喷入中和反应塔。在塔内，流体的速度减慢，烟气中的酸性气体和碱性水膜有较长的接触时间。由于水的蒸发可以使烟气快速冷却，降到合理温度，从而提高反应效率。同时，一部分的反应物和灰尘沉降到反应塔底部排出。经初步净化的气体入布袋除尘器前的烟道内喷入活性炭和石灰干粉，在布袋除尘器中，反应剂和活性炭被吸附在布袋表面，进一步与烟气中的未完全反应的酸性气体发生反应，以及吸附二噁英和重金属。除尘器灰斗的反应灰和中和反应塔的飞灰通过机械输送系统或气力输送系统送到灰仓。

垃圾焚烧烟气净化系统一般由石灰制浆系统、反应塔、旋转喷雾系统、活性炭喷射装置、干粉喷射装置、布袋除尘器和飞灰输送系统等组成。

1) 石灰制浆系统

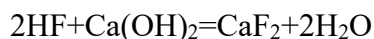
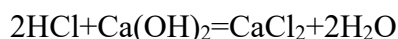
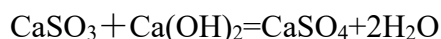
石灰制浆系统用于半干法烟气净化系统石灰浆的制备、储存和输送，系统由消石灰粉末输送系统、石灰粉储仓、石灰粉末计量装置（计量小料仓或电子失重称）、硝化槽、储浆罐、石灰浆泵、阀门和管道组成。设备组成以图纸为准。

在控制系统的控制下，石灰粉从石灰粉储仓进入计量装置，硝化槽内的工业水的计量由液位控制装置完成，通过石灰粉和水的计量可以方便地控制石灰浆浓度。计量后的石灰粉被输送到硝化槽进行搅拌，打开硝化槽至储浆罐的电动阀门，石灰浆溢流到储浆罐备用。

石灰浆也可以由人工配制：先把水加入到硝化槽内固定水位，启动搅拌电机，再把一定量的袋装石灰粉末解包后直接倒入硝化槽，搅拌均匀后放入储浆罐备用。一期工程已设置石灰制浆系统，出力可满足全厂使用需求，本期仅增加一台输送泵。

2) 反应塔

反应塔是垃圾焚烧尾气除酸脱硫的设备，在反应塔内，反应剂与烟气中的酸性气体都发生反应。主要反应为：



同时，喷入中和反应塔内的水分在高温下蒸发，降低了烟气的温度，使上述反应更加强烈，提高烟气净化效率。另一方面，也可以使烟气进入布袋除尘器时的温度控制在许可范围之内。

在反应塔内，也可去除一些重金属如 Hg、Pb 及二噁英 PCDDs/PCDFs。

3) 喷雾系统

旋转喷雾系统由旋转喷雾器、变频器、油气润滑冷却单元、一套循环水冷却系统、一套管线及集合盖、一套自动控制系统、冲洗槽、一辆推车、一套工具构成。

烟气通过蜗形的通道从反应塔上部进入，分配板保证烟气以均匀向下的速度通过喷雾器。在喷雾器前端，导向板使烟气产生一个额外的漩涡气流。这样，喷雾盘四周是旋转向下的烟气。

石灰浆和工业水经泵送至喷雾器。在喷雾器底部，一个特殊的分配器保证浆液恰到好处地提供给喷雾盘。在喷雾盘里，浆液被加速，在离心力的作用下，在喷雾盘周围变成细小的微粒。这些微小的石灰浆粒子具有充分的反应面积。烟气的旋转方向和薄雾的旋转方向相反，这样二者之间产生剧烈的混合。来至锅炉的烟气在反应器里被喷雾器喷出的水冷却，同时其中的酸性物质被石灰浆中和。少部分反应产物沉积在反应器底部，由输送机输送到处理设备，大部分反应产物随烟气流入布袋除尘器烟气系统。

工业水的流量取决于烟气温度，石灰浆流量取决于烟气的酸碱度。反应塔高度及直径保证了水蒸发及石灰的化学反应有充足的空间和时间。

5.5.4.2 干法脱酸系统

为了进一步去除烟气中酸性气体，本项目设置干法脱酸系统，为提高脱酸效率，采用氢氧化钙作为干法试剂。

该系统主体设备为干粉储存装置和喷嘴，采用管道喷入法，直接将氢氧化钙干粉通过高效喷嘴喷入反应塔和除尘器之间的管道内。烟气中反应剂与烟气中的酸性气体发生反应，进一步提高脱酸效率，使烟气中酸性气体达标排放。

5.5.4.3 脱酸设备的选型

根据物料平衡计算，在单炉入炉垃圾量为 600t/d 的情况下，单炉烟气量为 114000Nm³/h，考虑到适当的系统裕量，本方案中选用脱酸反应塔的参数如下表：

表5-10 脱酸反应塔参数表

序号	项目	单位	数据
1	数量	套	1
2	反应塔处理烟气量	Nm ³ /h	125000
3	反应塔塔体直径	m	~10
4	反应塔塔体高度	m	~10.00
5	反应塔入口烟气温度	°C	200
6	反应塔出口烟气温度	°C	160
7	烟气停留时间	s	>15s
8	反应塔石灰浆流量	t/h	~0.65
9	反应塔冷却水供应量	t/h	~0.38
10	反应塔喷雾头转速	r/min	8000~12000

5.5.5 活性炭吸附系统

活性炭喷射系统是控制垃圾焚烧炉烟气中的重金属及二噁英最有效的净化技术。活性炭喷入喷雾反应脱酸塔出口烟道中，通过文丘里烟管与烟气充分混和，在烟气流向下流的布袋除尘器过程中，活性炭吸附烟气中的重金属（如 Hg）及二噁英。吸附了污染物的活性炭在布袋除尘器中被布袋拦截，从烟气中分离出来，因而除去了烟气中的重金属及二噁英，没有吸附污染物的活性炭在布袋形成滤饼的过程中继续吸附烟气残留的重金属及二噁英，保证烟气达标排放。

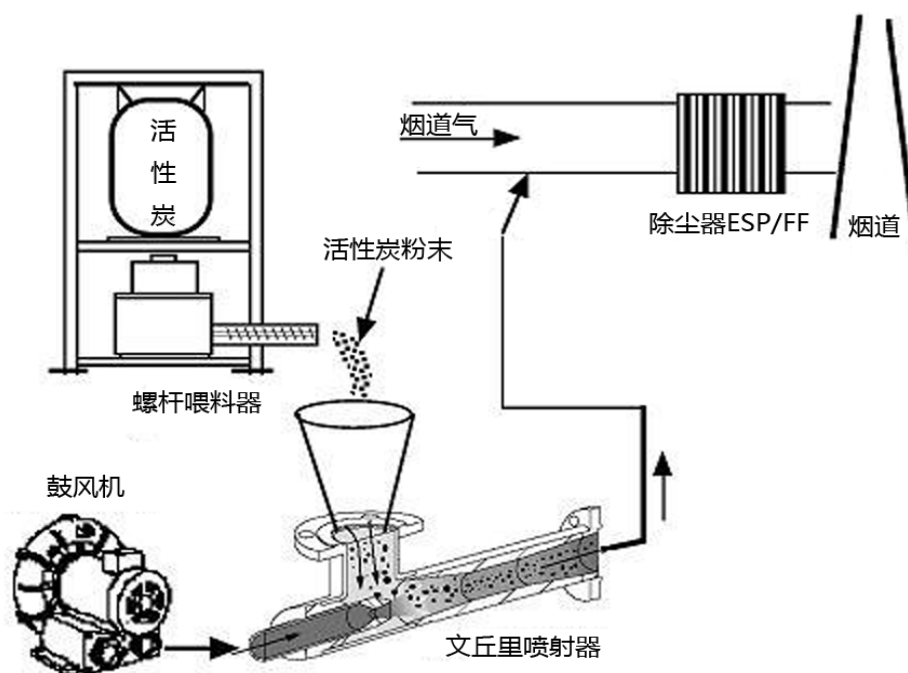


图5-3 活性炭喷射系统示意图

活性炭喷射系统包括活性炭料仓、喂料器、文丘里喷射器及鼓风机。活性炭在厂外采购入厂后进入活性炭料仓存储。料仓有效容积按全厂 5~7d 的耗量进行设计。料仓顶上装有袋式除尘器，在装料时除尘器应自动投入运行，也可手动投入。除尘器用压缩空气清扫。料仓底部设有活性炭流化装置确保活性炭的排出，它由流化板、止回阀及管道组成，当储存罐出料口阀门打开供料时，该系统投运，否则关闭。料仓顶部与料斗之间装有连通管，将活性炭带到计量系统中的空气返回到储罐，含活性炭的空气通过储罐顶部袋式除尘器过滤后排大气。该系统在活性炭卸料时必须关闭。

活性炭从料仓底部的喂料器通过鼓风机形成的气流由文丘里喷射器吹入烟气。鼓风机的风量尽量满足活性炭直接吹入烟道中间位置，并保证一定的吹入速率，以实现充分的混合效果，提高烟气处理的效果。为准确控制活性炭的用量，建议在活性炭料仓加装失重称，并附带自动控制系统。

5.5.6 布袋除尘器

根据《生活垃圾焚烧污染控制标准》的要求，垃圾发电厂烟气处理系统应采用布袋除尘器。布袋除尘器选用低压脉冲式除尘器离线清灰。

对于垃圾焚烧烟气处理，为配合半干法、干法脱硫工艺，除尘设备采用袋式除尘器；这种配置可相应提高脱硫效率和除尘效率，并更利于脱除部分重金属和二噁英。

优质的滤料和先进的过滤工艺，必须辅以先进、高效的除尘设备，才能更好的发挥它的功用。

根据在垃圾焚烧中废气的成分和废气的性质，本系统采用高压脉冲清灰布袋除尘器。为防止除尘器底部温度低引起结露和粘灰问题，除尘器的灰斗采取电伴热系统。

5.5.6.1 滤袋材料选择

袋式除尘器能否达到预期的除尘效果，关键是袋式除尘设备上所选用的滤料品质。目前，袋式除尘器采用的过滤技术主要有二类：薄膜滤料的“表面过滤”和普通滤料的“深层过滤”。

布袋除尘器性能的优劣、价格的高低、寿命的长短主要取决于用来制造布袋的滤料和袋笼、滤料的品种、价格、使用性能。选择滤料要考虑的因素很多，首先是滤料的性能是否能满足耐温、耐磨、耐酸、耐碱、抗水解、抗氧化等的使用要求，然后是滤料的价格和滤料的使用寿命，所以要作全面的经济分析比较。下表列出了常用袋式除尘器滤袋材料的性能。

表5-11 不同滤袋材料的性能及价格比较

材料名称		PP	PES	PAC	PPS	APA	PI	PTFE	GLS
		聚丙烯	涤纶	DrlonT	Ryton	Nomex	P84	聚四氟乙烯	玻璃纤维
耐温性/℃	连续	90	135	125	180	200	240	230	240
	最高	95	150	140	200	220	260	260	280
耐酸性		5	4	4	4	2	4	5	4
耐碱性		5	2	3	4	4	2	5	3
抗水性		5	1	4~5	5	2	2	5	5
抗氧化		3	5	3	1	3~4	-	5	5
抗磨损		5	5	3~4	3	5	4	3	1
相对价格		1	1	1.6	5	5	6	15	2~3
注： 1—差； 2—一般； 3—较好； 4—好； 5—很好									

目前，垃圾焚烧厂可选用的滤料有 PPS、Nomex、P84、玻璃纤维、纯 PTFE+PTFE 覆膜等。综合比较各种滤料性能和实际工程应用情况，玻璃纤维 PTFE 覆膜和 PTFE+PTFE 覆膜滤料在耐温性、耐磨性、耐水解性、耐腐蚀性和抗氧化性方面均有着优越的性能，由于玻璃纤维的可折性差，对运输、贮存和安装要求很高，玻璃纤维热伸长率较大，反吹时会导致玻璃纤维折断，影响滤料的使用寿命。而采用 PTFE 作为基料则可避免以上问题，使得滤袋骨架增加使用寿命。PTFE（聚四氟乙稀）薄膜是一种透气极好而又十分致密的材料，滤料覆上薄膜后灰尘就不会渗入到织物的内部而导致滤料堵塞失效，即所谓“表面过滤”，“表面过滤”不但延长了滤料的使用寿命，而且较原来的“深层过滤”阻力小。下表列出常用垃圾焚烧适用滤料的投资成本比较。

表5-12 布袋常用滤料投资及运行成本比较

材料名称	市场每平方米价格	使用寿命	十年长期运行成本每平方米（滤料更换）	十年长期运行成本每平方米（更换滤料人工）	停机损失和故障率	污染风险
PPS	150 左右	一个月到一年	1500	十次	最高	最高
P84	350 左右	一年到二年	1750	五次	高	高
PTFE+PTFE	650 左右	五年以上	1300	二次	低	低

参考国内垃圾焚烧发电厂的应用情况，本项目的布袋除尘器滤料采用 PTFE+ePTFE 覆膜。虽然这种滤料价格昂贵，但使用寿命长，同类产品在国外已有连续正常运行 10 年以上的工程实例。

5.5.6.2 布袋除尘器技术参数

根据本项目的物料平衡计算结果，在入炉垃圾低位热值为 6700kJ/kg，单台入炉垃圾量为 600t/d 的情况下，单台焚烧炉的烟气量为 114000Nm³/h，考虑到垃圾热值的增长空间，在本方案中选用布袋除尘器的参数如下：

处理烟气量：	~137000 Nm ³ /h
烟气流速：	≤0.8m/min
过滤面积：	2900m ²
入口浓度：	<10g/Nm ³ ；
出口浓度：	<10mg/Nm ³ ；
使用温度：	130-230℃；
设备阻力：	<1500Pa；
清灰压力：	0.3-0.5MPa
设备漏风率：	<1%；

经反应和吸附后的烟气进入布袋除尘器，气流由袋外至袋内，粉尘截留在滤袋外，净化后的烟气从布袋除尘器排出。为了在正常运行中能够检查、检测和更换滤袋以及进行维护工作，除尘器分成若干仓室。操作时，手动隔离需更换滤袋的仓室，并处于安全状态进行滤袋的更换。而除尘系统仍在运行中。

滤袋的清灰采用干燥的压缩空气有规则的间断脉冲从外部作用至袋内。这就确保滤袋的灰渣清下并收集在灰斗。

清灰周期通过布袋除尘器的压力降来控制，滤袋的清灰可在线也可离线，在线清灰使布袋除尘器及其部件运行更稳定。

设置一套热风循环系统防止滤袋内结露。此系统通过再循环风机、电加热器使循环烟气保持在一恒定的温度，在布袋除尘器启动时，除尘器预热到 140℃。在事故停机时空气加热系统保持布袋除尘器温度为 140℃。

布袋除尘器灰斗带有加热器，确保可靠排灰。

5.5.7 系统布置

烟气净化系统布置在每台余热锅炉之后，依次是半干法反应塔、干法喷射装置、布袋除尘器、引风机和烟囱。反应塔、布袋除尘器及引风机均为室内布置。石灰仓、活性炭料仓、氨水储罐均已在一期中预留，布置主厂房附近位置。

5.5.8 在线监测系统

烟气净化系统由就地工业计算机自动控制；设有在线监测的烟气取样探测器，SO₂、NO_x、HCl、HF、CO、NH₃、颗粒物等分析仪，烟气流量计以及其它监测信息均通过传感器传送至中央控制室，经计算机显示。每条生产线配备一套在线监测装置，设置引风机至烟囱水平烟道上，尽量采用进口设备，可实现与环保监测部门联网管理。同时对烟气在线监测的结果对外公示、接受社会公众监督。

本系统的监测项目有：SO₂、NO_x、HCl、HF、CO、CO₂、O₂、H₂O、NH₃、颗粒物、烟气流量、烟气温度等。

5.5.9 排烟系统

本项目设置一台引风机，将布袋除尘器出口烟气通过烟囱排入大气。单台炉引风机后烟气量约 119700 Nm³/h，烟气温度为 130℃。

因垃圾焚烧烟气波动较大，因此引风机宜加装调速设备，适应负荷变化的需要，本项目设置变频调速设备一套。处理达标后的烟气通过引风机排入一期工程已建的 80m 套筒式烟囱排放。按照安全流速测算单管内径为 2.00m。

5.5.10 主要设备表

表5-13 烟气净化系统主要设备表

序号	设备名称	规格及技术数据	单机功率 (kW)	数量	
				总	备
1	反应塔系统				
1.1	反应塔	额定处理量：125000 Nm ³ /h；		1	
1.2	旋转喷雾器	变频调速；	84	2	1
1.3	增压水泵			2	1
2	石灰制浆及投料系统				
2.1	石灰浆泵	Q=10m ³ /h， H=80m；	7.5	1	1
3	活性炭仓及投料系统				
3.1	称重给料装置		4	1	1
3.2	罗茨风机	Q=3m ³ /min， P=20000Pa	4	2	1
4	干粉仓及投料系统				
4.1	定量给料器		5.5	1	1
4.2	罗茨风机	Q=250m ³ /h， P=22500Pa；	3.7	1	1
5	布袋除尘器	额定处理量：137000 Nm ³ /h；		1	
6	排烟系统				

序号	设备名称	规格及技术数据	单机功率 (kW)	数量	
				总	备
6.1	引风机	Q=250000 m ³ /h, P=6500 Pa	630	1	
6.2	检修电动葫芦	起重量: 8t;		1	

5.6 灰渣处理系统

本项目灰渣处理系统处理的灰渣包括：锅炉排出的底渣、炉排漏灰、锅炉尾部烟道飞灰、反应塔排灰和除尘器收集飞灰等几个部分。底渣和飞灰的处理以机械输送方式为主，灰渣采用汽车运输。根据 GB18485-2014《生活垃圾焚烧污染控制标准》，焚烧炉渣与烟气处理系统收集的飞灰应分别收集、贮存和运输。本工程对炉渣和飞灰分别进行收集和處理。

5.6.1 除渣系统

炉渣由焚烧熔渣、陶瓷、砖石碎片、铁、其它金属和微量残留可燃物（约占垃圾量的 0.5%）组成。

1) 炉渣产生量

本项目按机组在 BMCR 工况下年利用小时数 7008 小时计算，排渣量如下表：

表5-14 排渣量表

规模	小时产量 (t/h)	日产量 (t/d)	年产量 (t/a)	占入厂原生 垃圾量比例
600t/d	5.54	132.92	38813	17.72%

2) 炉渣收集

焚烧炉排出的底渣通过落渣口落入排渣机水槽中冷却后排入渣坑；从炉排缝隙中泄漏下来的较细的炉渣，通过炉排漏灰输送机送至渣坑。渣坑中炉渣定时经渣吊抓斗装入自卸汽车运送至厂内炉渣综合处理厂进行综合利用。流程示意图如下图所示。

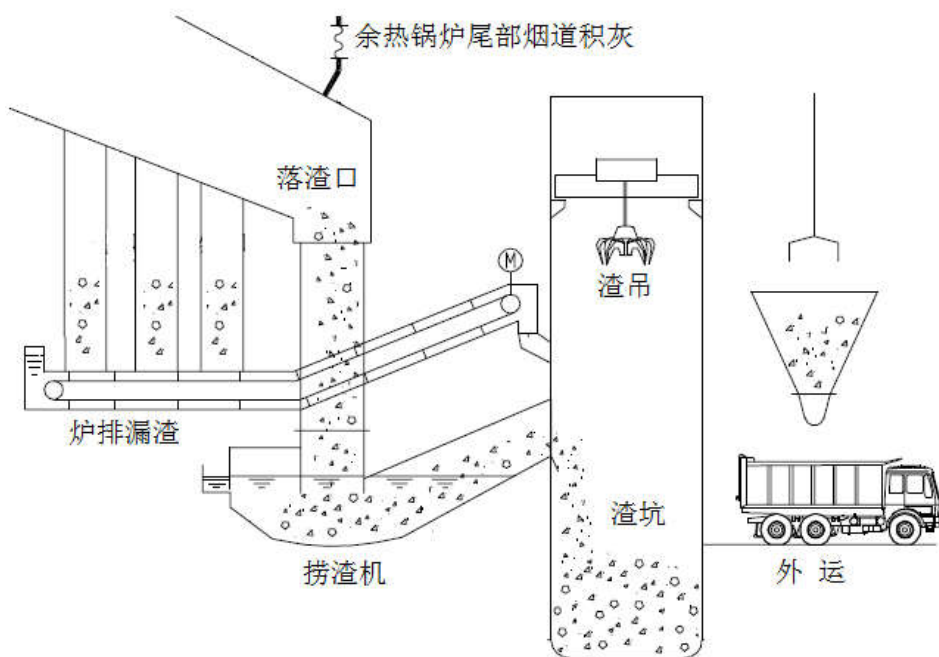


图5-4 除渣系统示意图

炉渣综合处理厂由建设单位委托编制可行性方案研究。

3) 炉渣收集系统设备选型

(1) 除渣机

除渣机安装于炉排尾部的落渣口下方用于冷却及排出垃圾燃烧后的炉渣、炉排灰斗和锅炉灰斗收集的灰渣。

除渣机为液压推杆式，冷渣方式为水冷。除渣机台数和出力与焚烧产生的渣量相适应。冷却水的流量能自动控制，设水位高、低报警信号。除渣机考虑必要的防磨损和腐蚀措施。

(2) 炉排漏渣输送装置

炉排漏渣输送机设置在炉排下部，炉排中未燃烬的可燃物通过该设备送往渣坑中。

(3) 灰渣贮坑

一期主厂房已建设灰渣贮坑一座，灰渣贮坑深5米，可满足本项目炉渣贮存约3天的量。灰渣贮坑内现有一台8t的灰渣吊车，抓斗容积 3m^3 。

5.6.2 除灰系统

本项目产生的飞灰包括：反应塔底部收集的脱酸反应生成物和烟气中粗烟尘的混合物，以及由布袋除尘器捕集的烟气中的灰尘。

a) 飞灰及反应物产生量

布袋除尘器分离下来的为飞灰及反应产物，焚烧炉额定工况下的飞灰排放量见下表：

表5-15 飞灰产生量表

规模	小时产量 (t/h)	日产量 (t/d)	年产量 (t/a)	占入厂原生 垃圾量比例
600t/d	0.98	23.50	6861	3.13%

b) 飞灰收集

本项目的飞灰由两部分组成，即反应塔排灰和除尘器排灰，采用刮板输送机送至集合刮板输送机，再经斗式提升机送至主厂房外的灰仓内。厂区一期技改时建设灰仓一座，其容积可以满足全厂 2 台炉正常运行时约 5 天的贮存量，布置于飞灰稳定化车间内。

5.6.3 飞灰稳定化系统

生活垃圾焚烧产生的飞灰必须按《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB16889-2008) 要求，经过无害化处理后达到填埋场入场控制标准，再进行卫生填埋处置。本项目采用螯合剂稳定化方式处理飞灰，一期工程已配置飞灰稳定化设施，可满足全厂使用需求，本期与一期共用、无新增。

5.6.3.1 工艺流程

来自焚烧厂烟气处理系统的飞灰送入灰库后，定量输送至螺旋输送机，再由螺旋给料器送至混炼机，按设计的配比飞灰在混炼机内混合；螯合剂稀释液输送泵及供水系统同时启动，向混炼机供给螯合剂及水。飞灰、螯合剂及水在混炼机内混合，飞灰中的重金属类与螯合剂反应，生成螯合物从而被稳定化。混炼机出来的被稳定化后的浆体，通过固化成型机成型，最后在养护间进行养护。养护过程中水分大量蒸发，然后再由专用运输车运走，运至指定地点填埋，至此完成整个飞灰稳定化处理过程。具体工艺流程如下图所示。

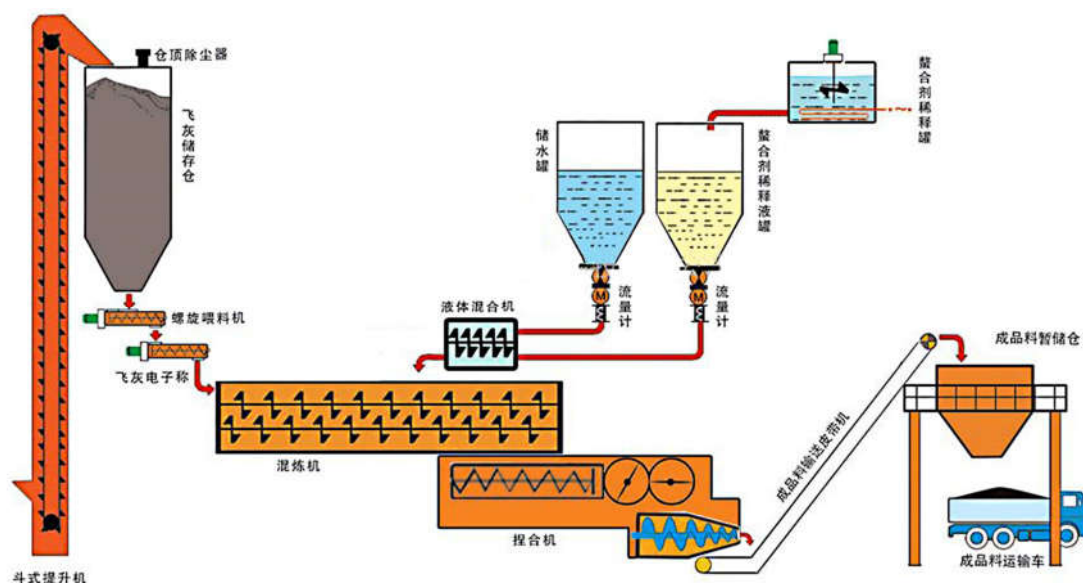


图5-5 拟建项目飞灰稳定化处理工艺流程

5.6.3.2 设计规模及物料计算

本期项目产生的飞灰送入灰库后，进入已有的飞灰稳定化系统进行处理。所采用飞灰稳定化工艺中水、螯合剂的添加量分别为飞灰量的 20%、3%。具体耗量见下表。

表5-16 飞灰稳定化各物料消耗量

序号	物料	600t/d		
		小时	日消耗量	年消耗量
		(t/h)	(t/d)	(t/a)
1	飞灰	20.00	23.50	6861
2	水	4.00	4.70	1372
3	螯合剂	0.60	0.70	206

飞灰稳定化物产量见下表。

表5-1 排灰量表（固化后）

机组容量	小时飞灰量 (t/h)	日飞灰量 (t/d)	年飞灰量 (t/a)
600t/d	1.20	28.90	8439

5.6.4 主要设备表

表5-17 灰渣处理系统主要设备表

序号	设备名称	规格及技术数据	单机 功率 (kW)	数量	
				总	备
1	除渣系统				

序号	设备名称	规格及技术数据	单机功率 (kW)	数量	
				总	备
1.1	出渣机	湿式出渣, 10t/h	5.5	2	
1.2	炉排漏渣刮板输送机	出力 1.5t/h;	2.2	2	
1.3	省煤器灰斗螺旋输送机	出力 1.0t/h;	2.2	2	
1.4	余热炉集合刮板输送机	出力 1.0t/h;	3	2	
2	除灰系统				
2.1	反应塔下刮板输送机	出力 1.2t/h;	2.2	2	
2.2	除尘器下刮板输送机	出力 1.2t/h;	3	2	
2.3	集合刮板输送机	L=75m	2.2	1	
2.4	斗提机	Q=3t/h;	3	1	

5.7 化学水处理系统

5.7.1 化学水处理系统

一期工程已建设化学水处理系统出力为 20t/h，产水罐容量为 150m³，采用“两级反渗透+EDI”工艺处理原水。实际一期工程化学水正常补水量为 2.62t/h，化水设备平均每天运行小时数为 3 小时左右。

本期正常情况下补水量位 3.41t/h，全厂合计 5.73t/h，考虑事故损失用水，一期工程设备出力满足全厂共同使用要求。为进一步提高化水设备故障检修期的应急能力，本期工程新增一个容量为 150m³的产水储罐。

表5-18 锅炉补给水处理系统出力计算（单位：t/h）

序号	项目	计算公式	计算结果
1	锅炉蒸发量	热力计算;	51.56
2	饱和抽汽量	热力计算;	3.40
3	汽水系统损失	按锅炉蒸发量的 3%;	1.55
4	锅炉排污损失	按锅炉蒸发量及饱和抽汽量的 2%;	0.81
5	SNCR 用水	按稀释倍数计算;	1.00
6	启动或事故损失	按单台锅炉额定蒸发量的 10%或按 10t/h 计算;	10.00
7	正常情况补水量		3.36
8	启动或事故损失情况补水量		13.36
12		系统设计出力	20.00

5.7.2 汽水取样及加药

本项目设一套在线汽水取样装置，供定期监测汽水品质。汽水取样为在线连续取样，满足在线仪表分析和人工取样分析。通过对汽水品质的监测分析，提示各系统操作人员调整有关参数，保障锅炉和汽轮机的安全运行。该装置主要由减温减压架、仪表屏、恒温装置、取样槽、冷却装置等组成，汽水取样装置冷却水为工业水。

本项目设一套化学加药装置，给水加氨和炉水加磷酸盐，以改善炉水品质。由分析仪器控制加药泵来实现加药量的自动控制。为保证蒸汽品质，锅炉设有连续排污和定期排污管，连续排污是通过导电率的测量来调节。连排和定排通过管道输入排污扩容器，经降温池后排至循环冷却水池。该装置主要由溶液箱、计量泵、控制设备以及管阀组成。取样加药系统布置在主厂房内。

表5-19 取样点和分析内容一览表

序号	项 目	取 样 点	分 析 内 容
1	凝结水	凝结水泵出口	溶氧，电导率
2	给水	除氧器出口	溶氧
3	给水	省煤器入口	PH，电导率
4	炉水	汽包	PH，电导率
5	饱和蒸汽	饱和蒸汽管道	电导率
6	过热蒸汽	过热蒸汽管道	电导率

5.7.3 循环冷却水处理

在循环冷却水中加杀菌剂和稳定剂，防止微生物吸附和管壁结垢，以免影响凝汽器和冷却塔填料。主要设备为溶液箱、计量泵，布置在循环水泵房内。

5.7.4 化学分析

设化验室，对汽、水、油品质进行人工分析，对垃圾热值等主要参数进行分析，布置在主厂房。

第6章 公用工程

6.1 总图与运输

6.1.1 设计依据

- 1) 建设单位提供的厂区红线图、地形图;
- 2) 《工业企业总平面设计规范》(GB50187-2012);
- 3) 《厂矿道路设计规范》(GBJ 22-1987);
- 4) 《生活垃圾焚烧处理工程技术规范》(CJJ90-2009);
- 5) 《建筑设计防火规范》(GB50016-2014) (2018年版);
- 6) 《火力发电厂与变电站设计防火规范》(GB50229-2019);
- 7) 《火力发电厂总图运输设计技术规程》(DL/T5032-2005);
- 8) 《小型火力发电厂设计规范》(GB50049-2011);
- 9) 《一般工业固体废物贮存处置场污染控制标准》(GB18599-2001)。

6.1.2 布置原则

垃圾焚烧发电厂的总平面布置和土建工程,主要考虑到工艺生产、运输、防火、环境保护、卫生、施工和生活等方面的要求,结合厂址的现状地形、周边环境、地质和气象等自然条件,按照项目建设规模为设计依据,对所有建构筑物、管线及运输线路进行统筹安排,通过合理的规划布局,力求创建一个布置合理、紧凑,用地少,建设快,运行安全经济和检修方便,环境优美的现代工业生产厂区。概括有以下几条设计原则:

- 1) 满足生产工艺和各设施功能要求;
- 2) 因地制宜,充分利用自然地形条件;
- 3) 功能分区明确,布局合理,有效利用土地;
- 4) 注重与厂外环境和交通的合理衔接,优化布局;
- 5) 合理安排厂区道路,各交通流线高效顺畅,洁污分流,人车分流;
- 6) 合理布置厂区管线管网,力求顺畅经济;
- 7) 创造良好的生产生活环境,降低各类污染对生产人员的危害;
- 8) 满足国家现行的防火、卫生、安全等技术规程及其它技术规范要求;

6.1.3 总图布置

本项目为扩建项目，扩建建筑包含：本期汽机间、本期渗沥液处理站、本期冷却塔等。

根据“整体设计，可持续发展”的原则。本期总平面布置主要考虑满足工艺流程，方便生产的要求，同时根据现有场地及道路情况，布置本期扩建建（构）筑物，使交通运输线路和各种管线通顺短捷，避免迂回交叉。

根据现有征地红线及现有一期建筑情况，厂区红线在现有红线内框定。根据周边环境和现有厂区道路，本期扩建项目的汽机间紧挨着一期主厂房布置；渗沥液处理站布置在在厂区的西北部的预留用地上；本期冷却塔布置在主厂房的西面，与一期冷却塔相邻。

厂区道路已在一期工程中建成，为环形布置形式，满足生产、运输及消防等的要求。道路主要路面宽度为 7.0m 及 4.0m，厂区道路最小弯曲半径分别 9.0m。

6.1.4 竖向设计

6.1.4.1 焚烧区

本期扩建项目竖向布局以“层次分明，利于运行管理”为原则，合理优化规划。

根据生产工艺的要求，结合交通运输，防洪排水，采光通风的要求，竖向设计应本着因地制宜，节约基建投资，方便施工。考虑整个场地的设计，应根据地形更好地与城市道路结合，又减少与场外场地的高差，提高土地的使用率。根据场地自然地形状况，本厂区的竖向布置形式采用多向斜面型平坡式，平土方式采用连续式平土，场地标高的确定需考虑的因素较多，首先要考虑的是防洪因素对场地标高的影响，根据国家相关标准、规范，本工程的防洪标准至少需采用 50 年一遇设计，而受江、河、湖、海的洪水、潮水或内涝水威胁的工业企业，场地设计标高应符合下列规定（见《工业企业总平面设计规范》）：

1) 场地设计标高应高于设计频率洪水位 0.5m 以上。

2) 当按上述规定确定的场地设计标高，填方量大，经技术经济比较合理时，可采用设防洪（潮）堤的方案，其场地设计标高应高于厂区周围汇水区域内的设计频率内涝水位。当内涝水位较高，场地填方量仍很大，经技术经济比较合理时，可采取可靠的防、排内涝水措施，此时对场地的设计标高不作规定。

场地标高的确定还需考虑以下几点因素：

(1) 方便生产联系，满足道路运输及排水设施的技术条件。

- (2) 减少土(石)方工程量。
- (3) 防止地下水对建筑物基础和道路路基产生不良影响。
- (4) 与所在城镇的总体规划相适应。

综上所述,厂内构筑物应顺地形走势布置,充分利用场地。从场地的边缘向中心按照建筑物的高度来排列,矮些的建筑物离场地的边缘较近,高建筑物则位于中心区域。

场内道路由高到低布置,并略低于建筑散水高度,使雨水自然排放至道路上,统一由雨水管网收集后排出。

待提供 50 年一遇洪水位标高后再确定厂区标高。

厂区地面和路面按排水坡度适当填土加高,采用雨水管网排往厂区外的自然水体,以保证雨水顺利排出。

厂区道路采用城市型混凝土道路,平坡式排水,主干道路宽 7 米,次干道路宽 4 米。道路最大纵坡控制在 7%之内。雨水通过道路两侧雨水口收集,排至厂外排水系统。

6.1.5 交通运输

厂区内交通运输道路在一期工程中已建成,道路为城市型混凝土道路,主要建筑物四周采用环形通道设计,在满足生产工艺流程的条件下,力求运输畅通,运距短捷,为节省造价。并且消防道路和运输道路相结合,消防车辆可以迅速驶达厂内各个建筑物。

本项目需要运输的物料包括生活垃圾、炉渣、飞灰稳定化物、石灰粉、活性炭等,其中生活垃圾由市政环卫部门负责运输,车辆由市政环卫部门配备,垃圾车从本厂物流入口经引桥至垃圾卸料平台卸料后再从物流出口出厂;飞灰稳定化物由飞灰稳定化车间或飞灰养护场地运出从物流出口出厂再运输至填埋场填埋;炉渣由渣坑装料后外运至厂内的炉渣综合利用厂处理后,成品就近从北侧的道路运输至厂外;其它石灰粉、活性炭等物料由供货厂家运输,从本厂物流入口运输至各自的存储罐卸料。

由于垃圾进厂时间通常集中在早晚两段时间,高峰期较拥堵,因此其它物料的运输时间宜尽量避开垃圾运输高峰期,宜在中午前后时间进行。

6.1.6 管线布置

管线及管沟布置原则一般采用下面方式:从建筑红线向道路中心线方向为:电力电缆——电信电缆——热力管道——给水管道——污水管道——雨水管道。当管线布置发生矛盾时,处理的原则是:新建的让已建的,临时的让永久的,小管让大管,压力流让重力流,可弯让不可弯的,检修次数少的让检修次数多的。

本项目室外管线主要包括：给水管；生活给水管；化水间清水给水管；辅助机械设
备供水管；循环水管；渗沥液压力输送管；生产生活污水压力输送管；雨水管；污水管；
电力电缆线（管沟）。

厂区供水管线及管沟尽量布置在人行道、非机动车道以及绿化带下，所有管线均为
埋地敷设。生活给水管道从综合水泵房接往主厂房以及中央控制室等各构筑物用水点；
生产给水管道从综合水泵房接往主厂房各用水点；厂区污水经厂区污水管道收集后，排
入厂区的污水处理站进行处理后回用；厂区雨水经厂区雨水管收集后，接入厂区的雨水
收集池，最终由雨水排水泵排入厂外。

6.1.7 绿化设计

1) 厂区绿化布置原则

绿化布置根据垃圾焚烧厂的规划容量、生产特点、总平面及管线布置、环境保护、
美化厂容等要求和当地自然条件，因地制宜统筹规划。突出自然风格，充分利用辅助生
产设施周边、主厂房前的空地以及道路两侧进行绿化，做到地面不裸露。

2) 重点区域绿化设计

厂内道路两旁的绿化主要是种植行道树，宜选树干挺直，树冠大，树叶茂密，分枝
点高，形态美，耐寒抗冻、病虫害少的树种。

在厂区空地种植草皮配以灌木或乔木，以保持植物的多样性，充分发挥绿化的多重
效益。

厂区的其它区域地带错落种植高矮植物，使各厂房掩映于绿树丛林之中，对办公区
起到隔离防护作用，即美化了厂区又保护了环境。厂区绿地率：30%。

6.1.8 总图主要指标

厂区的各项技术经济指标见下表。

表6-1 主要技术经济指标

序号	项目	单位	数值
1	一期用地面积	m ²	66666.63
2	二期新增用地面积	m ²	0
3	一期建构筑物占地面积	m ²	12037.9
4	二期新增建构筑物占地面积	m ²	1593
5	一期总建筑面积	m ²	24794
6	二期新增建筑面积	m ²	1960

序号	项目	单位	数值
7	一期道路面积	m ²	23525.77
8	二期新增道路面积	m ²	0
9	一期绿化面积	m ²	20000
10	二期新增绿化面积	m ²	0
11	容积率		0.40
12	建筑密度		20.45%
13	绿化率		30.00%

6.2 建筑

6.2.1 设计依据

本设计系根据工艺等各专业提供的技术条件，以及国家、行业及地方现行相关设计规范、标准及规定。依据的主要规范如下：

- 1) 《工业企业总平面设计规范》 GB 50187-2012
- 2) 《生活垃圾焚烧处理工程技术规范》 CJJ 90-2009
- 3) 《建筑设计防火规范》 GB 50016-2014（2018年版）
- 4) 《火力发电厂与变电站设计防火规范》 GB 50229-2019
- 5) 《建筑地面设计规范》 GB 50037-2013
- 6) 《建筑采光设计标准》 GB/T50033-2013
- 7) 《建筑防烟排烟系统技术标准》 GB 51251-2017
- 8) 《工业企业设计卫生标准》 GBZ1-2010
- 9) 《工业企业噪声控制设计规范》 GB/T50087-2013
- 10) 《工业建筑防腐蚀设计规范》 GB 50046-2008
- 11) 《建筑结构可靠度设计统一标准》 GB 50068-2001
- 12) 《火力发电厂土建结构设计技术规程》 DL5022-2012
- 13) 《火电厂和核电厂常规岛主厂房荷载设计技术规程》 DL/T 5095-2013
- 14) 《建筑结构荷载规范》 GB 50009-2012
- 15) 《建筑工程抗震设防分类标准》 GB 50223-2008
- 16) 《建筑抗震设计规范》 GB 50011-2010
- 17) 《混凝土结构设计规范》 GB 50010-2010
- 18) 《砌体结构设计规范》 GB 50003-2011

19) 《建筑地基基础设计规范》	GB 50007-2011
20) 《电力工程地基处理技术规程》	DL/T 5024-200
21) 《建筑边坡工程技术规范》	GB 50330-2013
22) 《烟囱设计规范》	GB 50051-2013
23) 《给水排水工程构筑物结构设计规范》	GB 50069-2002
24) 《地下工程防水技术规范》	GB 50108-2008
25) 《钢结构设计规范》	GB 50017-2017
26) 《冷弯薄壁型钢结构技术规范》	GB 50018-2002

6.2.2 建筑造型

其他建筑单体要结合一期的建筑风格进行设计，达到全厂建筑造型设计统一风格的要求。

建筑整体色调清新，活泼，削弱了高大工业建筑的厚重感，使建筑与人更亲近，突出了以人为本的设计理念。

6.2.3 主要技术措施

1) 外墙

工业建筑外墙主要采用了墙改办建议的小型混凝土空心砌块，响应国家政策；另外一种外墙材料是压型钢板，局部铝板，能体现工业建筑特点的同时又可以缩短施工周期，并是一种可循环使用的建筑材料。

外墙上有条件处开窗以取得良好的自然通风效果，局部使用机械通风措施以补偿，满足日常使用要求。

2) 楼地面

楼板采用现浇钢筋混凝土板。根据各专业不同功能的要求，楼地面面层分别采用抛光地砖、环氧砂浆地面、普通水泥地面等，有水的房间楼地面设防水层。

3) 装修

压型钢板的外墙面为自清洗保洁型，宜于清洁整理，缩短施工周期。砌体外墙采用外墙涂料，颜色与金属板色彩取得对比统一。内墙面喷刷耐擦洗内墙涂料，厕所、浴室等处墙面贴瓷砖。门窗的选择根据位置和使用性能的不同，采用密闭门、防火门、隔声门、木门、钢门、铝合金门和密闭窗、节能铝合金窗、不锈钢窗等。

4) 屋面及防水

屋面承重构件采用轻钢屋面或网架，结合造型处理，形成工业建筑独特的建筑风格；屋面板选用耐久性能不小于 20 年的保温隔热复合压型彩钢板，彩钢板厚不小于 0.6mm，其热工、防水性能好。其他建筑屋面用现浇钢筋混凝土板，结构找坡，挤塑聚苯乙烯泡沫塑料板保温层，SBS 改性沥青卷材防水层。

6.2.4 通风采光

采光设计根据规范《建筑采光设计标准》GB50033-2013，结合立面设计和房间功能对所有房间进行开窗面积的确定，尽量利用自然光线。

6.2.5 建、构筑物一览表

本项目的建、构筑物一览表如下表所示。

表6-2 建、构筑物一览表

	名称	占地面积 (m ²)	建筑面积 (m ²)	建筑层数	建筑耐火等级	火灾危险性分类
1	主厂房	7970.6	19256	地下局部 1 层地上 4 层	二级	丁类
2	宿舍	655.3	2126	3	二级	--
3	综合泵房	400	400	1	二级	戊类
4	地磅房	48	48	1	二级	--
5	门卫室 A	36	36	1	二级	--
6	门卫室 B	36	36	1	二级	--
7	油泵房	32	32	1	二级	丙类
8	污水处理站	1760	1760	1	二级	--
9	中水处理站	1100	1100	1	二级	--
	一期合计	12037.9	24794			
	二期工程					
1	汽机间	524	1048	2	二级	丁类
2	渗沥液处理站	1069	912	2	二级	--
3	二期合计	1593	1960			
	合计	13630.9	26754			

6.3 结构

6.3.1 设计依据

1) 《建筑结构可靠度设计统一标准》

GB 50068-2001

2) 《建筑结构荷载规范》	GB 50009-2012
3) 《建筑抗震设计规范》	GB 50011-2010 (2016 年)
4) 《建筑地基基础设计规范》	GB 50007-2011
5) 《混凝土结构设计规范》	GB 50010-2010 (2015 年)
6) 《钢结构设计规范》	GB 50017-2017
7) 《冷弯薄壁型钢结构设计规范》	GB 50018-2002
8) 《建筑桩基技术规范》	JGJ 94-2008
9) 《冷轧带肋钢筋混凝土结构技术规范》	JGJ 95-2003
10) 《建筑地基处理技术规范》	JGJ 79-2012
11) 《给水排水工程构筑物结构设计规范》	GB 50069-2002
12) 《生活垃圾焚烧处理工程技术规范》	CJJ 90-2009
13) 《动力机器基础设计规范》	GB 50040-96

6.3.2 主要设计参数

(1) 基本风压、雪压

根据《建筑结构荷载规范》GB50009-2012, 本场地(50 年)的基本风压为 0.60kN/m^2 , 地面粗糙度为 B 类。

(2) 抗震设防烈度

根据《建筑抗震设计规范》GB50011-2010, 湖北省廉江市抗震设防烈度为 7 度, 设计基本地震加速度值为 $0.10g$, 设计地震分组为第一组。

(3) 其他设计参数

结构的安全等级	二级
设计使用年限	50 年
抗震设防类别	丙类
地基基础设计等级	乙 (主车间)、丙级
混凝土结构的环境类别: 地下结构	二 b 类, (根据地质资料调整)
地上结构	一类,
垃圾池	按五类设计
垃圾抓斗桥式起重机额定起重重量	125kN, A8 级工作制
汽轮机发电间桥式起重机额定起重重量	320/50kN, A5 级工作制

垃圾卸料平台活荷载取值为：25 kN/m

其它相关活荷载标准值按建筑结构荷载技术规范和工艺专业要求执行。

6.3.3 概述及结构选型

结构选型首先考虑满足工艺要求，在结合以往设计经验基础上，同时考虑安全适用和施工方便，缩短土建施工周期并注意节约投资。

6.4 给排水

6.4.1 设计依据

- 1) 《建筑给水排水设计规范》GB50015-2003（2009年版）
- 2) 《室外给水设计规范》GB50013-2018
- 3) 《室外排水设计规范》GB50014-2006（2016年版）
- 4) 《生活饮用水卫生标准》GB5749-2006
- 5) 《工业循环冷却水处理设计规范》GB50050-2017
- 6) 《工业循环水冷却设计规范》GB/T50102-2014
- 7) 《小型火力发电厂设计规范》GB50049-2011
- 8) 《生活垃圾填埋场污染控制标准》GB16889-2008
- 9) 《城市污水再生利用-工业用水水质》GB/T19923-2005
- 10) 《城市污水再生利用 城市杂用水水质》GB/T18920-2002
- 11) 《生活垃圾焚烧处理工程技术规范》CJJ90-2009

6.4.2 设计原则

- 1) 给水工程的设计从全局出发，考虑水资源的节约、水生态环境保护和水资源的可持续利用，正确处理各种用水的关系，符合节水的要求。
- 2) 排水体制的选择遵循雨污分流的原则。
- 3) 建筑给排水设计符合安全、卫生、使用、经济的基本要求。
- 4) 工业循环水冷却设施的设计应符合安全生产、经济合理、保护环境、节约能源、节约用水和节约用地，以及便于施工、运行和维修等方面的要求。

6.4.3 设计范围

本系统包括项目红线以内的以下给水、排水工程：

- 1) 生产给水系统；

- 2) 生活给水系统;
- 3) 循环冷却水系统;
- 4) 渗沥液排水及处理回用系统;
- 5) 生产生活排水及处理回用系统;

6.4.4 给水系统

6.4.4.1 用水量计算

厂区二期工程夏季最大日用水量 1284m³/d, 其中生产用水 1280m³/h, 生活用水量 4m³/d。总用水量按夏季 10%平均气象条件设计, 详见下表。

表6-3 二期工程夏季用水量一览表

序号	用水种类	最大日用水量 (m ³ /d)	水压要求 MPa	备注
1	汽轮发电机组循环冷却水蒸发损失补充水	1115	0.20	消耗, 按循环水量 1.25%计
2	汽轮发电机组循环冷却水风吹损失补充水	89	0.20	消耗, 按循环水量 0.1%计
3	锅炉化水间除盐水制备用水	145	0.25	消耗, 部分回用
4	化验室用水	3	0.25	排水排入厂区污水管, 处理后回用
5	车间清洁用水	6	0.30	排水排入厂区污水管, 处理后回用
6	锅炉排污水降温用水	72	0.20	利用生产清水, 废水回用
7	烟气处理净化用水	50	0.25	消耗, 利用循环冷却水排污废水
8	烟气处理熟石灰制备用水	45	0.25	消耗, 利用循环冷却水排污废水
9	飞灰处理车间用水	8	0.25	消耗, 利用循环冷却水排污废水
10	出渣机灰渣冷却用水	48	0.25	消耗, 利用循环冷却水排污废水
11	炉排漏灰渣输送机冷却用水	24	0.25	消耗, 利用循环冷却水排污废水
12	生活用水量	4	0.25	排水排入厂区污水管, 处理后回用
	用水量合计	1609		
	实际需用水量合计	1284		已扣出厂区可回用水部分 325m ³ /d

表6-4 二期工程生产、生活用水主要指标表

序号	项目	指标	备注
1	装机发电量	12MW汽轮发电机组	
2	年运行时间	8000小时	

序号	项 目	指 标	备 注
3	夏季最大日耗水量	1284m ³ /d	
4	夏季发电装机最大耗水指标	1.238m ³ /(s.GW)	装机取水量
5	夏季最大单位发电量取水量	4.458m ³ /(MW.h)	
6	处理垃圾夏季最大耗水量	2.140m ³ /吨垃圾	
8	年平均日用水量	1238m ³ /d	
9	年均发电装机最大耗水指标	1.194m ³ /(s.GW)	
10	年均最大单位发电量取水量	4.299m ³ /(MW.h)	
11	处理垃圾年均耗水量	2.063m ³ /吨垃圾	
12	年总用水量	41.65万m ³ /a	按运行8000小时计算

6.4.4.2 给水水源

厂区生活用水水源采用水库水。生活用水从重力式除铁锰过滤器设备出水管接管，水表计量后经一体化饮用水处理消毒设备处理，进入生活水箱，二期工程生活用水总量约 4m³/d。

本项目生产用水水源为水库水，经取水系统净水器过滤后使用。生产消防水池生产用水由生产清水泵供厂区生产用水。厂区二期工程夏季最大日生产用水总量约为 1291m³/d，二期工程新增一套取水系统，日最大取水量按照 1500m³ 配备，取水供水管径 DN200，配净水器一台，处理量 125m³/h。

6.4.4.3 生活给水系统

生活用水采用生活水箱储水和变频调速供水设备加压的联合供水方式。最大小时用水量约 8m³/h。生活用水从重力式除铁锰过滤器设备出水管接管，水表计量后经一体化饮用水处理消毒设备处理，进入生活水箱，经变频调速供水设备供厂区生活用水。厂区设独立的生活给水管道系统。

厂区一期工程生活给水系统配 18m³ 不锈钢水箱 1 个。变频调速供水设备 1 套，额定供水量 12m³/h，额定供水压力 0.48MPa，供水量和供水压力满足本期工程生活用水量需求。

6.4.4.4 生产清水泵给水系统

生产清水泵系统给水采用生产水池储水和变频调速供水加压泵的联合供水方式。加压泵由生产储水池吸水，通过供水压力管道供水。主要供锅炉除盐制备用水、实验室用水、车间清洁用水、锅炉排污降温井用水等。

二期工程生产清水泵给水系统配生产清水泵 2 台，1 用 1 备，配变频调速器。

水泵参数：Q=35m³/h，H=32m，N=10kW。

6.4.4.5 生产工业水泵给水系统

辅机设备用水及辅机设备循环冷却供水系统采用循环冷却水集水池储水和变频调速供水加压泵的联合供水方式。加压泵由冷却塔循环冷却集水池吸水，通过供水压力管道供水。主要供发电机空冷器、螺杆空压机、冷冻干燥机、引风机、汽水取样冷却器、一、二次风机等辅机设备冷却用水，这部分水冷却设备后回流至冷却塔冷却后进入集水池，循环使用。另一部分按排污废水直接利用，供出渣机、烟气处理石灰浆制备、飞灰固化等生产用水。

二期工程需新增 2 台生产工业水泵(1 用 1 备)，水泵参数：Q=150m³/h，P=0.50MPa，N=37kW。综合水泵房已预留本期工业水泵安装基础。

6.4.4.6 给水管道材料

给水管道除工艺特殊要求外，生活给水管道：室外埋地给水管采用 HDPE 给水管，室内给水管采用 PP-R 塑料给水管和铝塑复合管，管件和法兰连接。生产给水管道：生产清水泵给水管采用 HDPE 给水管，管件和法兰连接；其余生产水管，包括循环水管、工业水泵生产给水管、辅机设备冷却水回水管，采用焊接钢管，焊接和法兰连接。

6.4.5 循环冷却水系统

6.4.5.1 循环冷却水量计算

循环冷却水流程为：循环冷却集水池→循环冷却水泵→循环水管→设备冷却→冷却塔→回流循环冷却集水池。

汽机发电机二期夏季循环冷却水量见下表。

表6-5 二期工程循环冷却水量表

项 目	夏季 (m ³ /h)	备注
12MW 汽机凝汽器冷却水量	3230	经冷却塔冷却后回流至集水池循环使用
12MW 汽机冷油器冷却水量	220	
12MW 发电机空冷器冷却水量	150	
风机、泵类辅机设备循环冷却水量	116	
总循环冷却水量	5398	

二期工程汽机、发电机组及辅机设备夏季最大循环冷却水量约 3716m³/h，循环冷却

水设备进口水温 43℃，冷却后出口水温 33℃，冷却温差 8℃。循环冷却水由循环冷却水泵从冷却塔集水池吸水并吸水，提升加压至汽机及发电机设备进行冷却，冷却出水经机械通风组合逆流式低噪音冷却塔冷却至 33℃后，回流到冷却塔下集水池，循环使用。

6.4.5.2 循环水泵

项目一期综合水泵房设 1 号循环水泵 2 台，1 用 1 备。循环水泵参数：Q=2020m³/h，H=0.22MPa；另设 2 号循环水泵 1 台，循环水泵参数：Q=1260m³/h，H=0.26MPa。总循环水量最大可达 3280 m³/h，满足一期循环用水量要求。综合水泵房预留了本期工程 1 台循环水泵安装位置，二期工程需新增 1 台循环水泵，循环水泵参数：Q=3700m³/h，H=0.22MPa。

6.4.5.3 冷却塔

二期工程需新增 2 台冷却塔，单台冷却水量为 2500m³/h，配双速电机。循环冷却总水量可达 5000m³/h，满足二期工程循环冷却用水量需求。

冷却塔设计技术参数：干球温度 35.4℃，湿球温度 28℃，大气压力 100.06kPa，进水温度 43℃，出水温度 33℃，冷却温差 10℃。根据天气季节变化，可通过调整运行台数和电机功率达到节省用电的目的。

6.4.5.4 循环冷却水处理加药系统

为了更好的有效控制藻类、微生物的繁殖，在循环冷却水中投加杀菌灭藻剂的方法杀菌灭藻，单位循环冷却水杀菌灭藻投加量为 1~5g/m³。采取定期加药装置的投加方式。系统配杀菌灭藻剂投加装置 1 套。

为防止设备及管道腐蚀、结垢，在循环冷却水中投加缓蚀阻垢剂，采取定期加药装置的投加方式。系统配缓蚀阻垢剂投加装置 1 套。

6.4.6 排水系统

厂区排水采用清污分流排放方式，共设 4 个系统：即雨水排水系统；生产废水、生活污水排水系统；初期雨水收集排水系统；垃圾渗沥液收集排水系统。本期利用一期排水系统，不再重复建设。其中渗沥液利用已扩建渗沥液处理系统（300t/d），不再新增。

6.4.6.1 总排水量

二期工程夏季最大日生产、生活总排水量约为 201m³/d，包括垃圾渗沥液 180m³/d；生产污水 18m³/d；生活污水 3m³/d。

全厂污水排水量见下表：

表6-6 二期工程总排水量统计表

排水种类	夏季最日排水量 (m ³ /d)	排水水质指标	备注
垃圾渗沥液	180	BOD ₅ =10000-30000 mg/L COD _{Cr} =30000-60000 mg/L SS=2000-10000 mg/L NH ₃ -N=1000-2000 mg/L PH=4-8	高浓度有机污水，含重金属离子
车间清洁排水	5	BOD ₅ =60-100mg/L COD _{Cr} =80-150mg/L SS=80-150mg/L	低浓度有机污水
化验室排水	3		低浓度有机污水
生活污水	3	BOD ₅ =80-150/L COD _{Cr} =100-250 mg/L SS=100-200mg/L PH=6-8 NH ₃ -N =20-30mg/L	低浓度有机污水
锅炉化水除盐水设备反冲洗排水	10		无机废水，处理后回用
厂区排水总计	201		

6.4.6.2 渗沥液处理工艺及扩建规模

(1) 渗沥液处理工艺

本项目推荐采用“厌氧反应器（EGSB）+两级反硝化硝化（A/O）+MBR+膜深度处理（两级DTRO）”的工艺流程。

渗沥液污水经收集后，通过专用管线运送至厂区渗沥液污水处理站处理，经处理达到《城市污水再生利用工业用水水质标准》（GB/T19923-2005）中的循环冷却水系统补充水水质标准后，回用作为循环冷却水系统补充水。

(2) 渗沥液处理站扩建规模

本渗沥液处理系统扩容改造项目污水处理设计规模为220t/d，一期现有污水处理站处理规模为150t/d。本扩容项目建成后，渗沥液处理量总规模为370t/d，能够有效处理全厂一、二期工程产生的全部渗沥液。扩容工程渗沥液处理回收率85%。

6.5 电气

- 1) 《小型火力发电厂设计规范》 GB 50049-2011；
- 2) 《火力发电厂厂用电设计技术规定》 DL/T5153-2014；
- 3) 《火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程》 DL/T 5136-2012
- 4) 《火力发电厂与变电所设计防火标准》 GB50229-2019；

- | | |
|-----------------------------|------------------|
| 5) 《发电厂和变电站照明设计技术规定》 | DL/T 5390-2014; |
| 6) 《3~110kV 高压配电装置设计规范》 | GB 50060-2008; |
| 7) 《20kV 及以下变电所设计规范》 | GB 50053-2013; |
| 8) 《生活垃圾焚烧处理工程技术规范》 | CJJ90-2009; |
| 9) 《电力装置的继电保护和自动装置设计规范》 | GB/T 50062-2008; |
| 10) 《电测量及电能计量装置设计技术规程》 | DL/T 5137-2001 |
| 11) 《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范》 | GB/T 50064-2014; |
| 12) 《交流电气装置的接地设计规范》 | GB50065-2011; |
| 13) 《供配电系统设计规范》 | GB 50052-2009; |
| 14) 《电力工程电缆设计标准》 | GB 50217-2018; |
| 15) 《低压配电设计规范》 | GB 50054-2011; |
| 16) 《建筑物防雷设计规范》 | GB 50057-2010; |
| 17) 《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》 | GB50058-2014 |
| 18) 《电力工程直流电源系统设计技术规程》 | DL/T 5044-2014; |

6.5.1 设计范围

本期工程的设计范围：1 台 12MW 汽轮发电机组及出线、110kV 主变压器、10kV 各馈线、厂用变压器、10kV 联络线电厂侧的控制和保护系统、厂用电系统、直流系统、全厂的动力、照明、防雷与接地系统。

电力上网线路由业主另行委托，不属于本报告研究范围。

6.5.2 电气主接线

一期已经建成的规模为 1×500 吨/日焚烧炉+1×9MW 发电机。发电机额定电压 10.5kV、功率因数 0.8、额定转速 3000 转/分。

一期工程以 10kV 电压等级接入当地电网，与供电局横山变电站联络线为 10kV 单母线，其绝缘等级低、线路长（8400 米）、架空线路杆塔低矮、沿途树木围绕，故台风、雷击、暴雨、大雾、疾风及沿途树木倒伏等情况常造成联络线接地故障频发，导致发电机及联络线出口开关跳闸事故频繁，进入 2019 年后，线路接地短路故障发生更加频繁。详见故障时间如下表：

据统计，2019 年 3 月 7 日 14:20 分、4 月 12 日 06:41 分、5 月 31 日 03:58 分、6 月 24 日 15:08 分、7 月 2 日 17:21 分联络线接地短路故障跳闸累计停运达到 177 小时，机

组停运造成上网减少约 1559506 度电，受网电量约 117400 度电，垃圾处理量减少约 4430 吨，环保报备次数累计 5 次。机组停运导致环保排放指标难以控制，严重影响正常发电生产运营。

因此，本期工程建议将 10kV 架空能源一线升级为 110kV，以彻底消除因联络线（10kV）线路电压等级、绝缘设计而经常发生的接地短路故障。

本二期工程建设规模为 1×600 吨/日焚烧炉+1×12MW 发电机。发电机额定电压 10.5kV、功率因数 0.8、额定转速 3000 转/分，配套无刷励磁系统。

暂无电力接入系统报告，10kV 母线经一台升压变压器升至 110kV，110kV 系统采用单母接线，汇流后经一回 110kV 联络线接入附近的变电站与电力系统并网。二期建成后 10kV 电气系统接线采用单母线分段接线。发电机出口配置真空断路器，接入机组的 10kV 厂用电段，发电机组 10kV 厂用电共接同一段母线。

0.4kV 厂用电系统为单母线接线按炉、机分段，本期主厂房内设置 2 台厂用工作变压器和一台厂用备用变压器，备用变为明备用方式。

电气系统接线图详见附图“电气主接线图”

6.5.3 厂用电系统

发电机出口电压为 10.5kV，厂用电高压电压等级定为 10.5kV，低压电压等级为 400V。高压电机和厂用变压器接在 10.5kV 母线上，其他用电设备接在 400V 配电段上。10.5kV 按发电机分段。主厂房内 2#炉 2#发电机辅机对应 3# 4#厂用工作变，另设同容量厂用备用变压器 1 台。

本期厂用电低压设低压厂用变压器 2 台，为 1 台锅炉及 1 台发电机辅机供电。设置 1 台同容量低压备用变压器，任一台工作变压器故障跳闸时，备用变压器自动投入，由备用变压器承担保障变压器用电负荷。

由于用电负荷主要集中于主厂房，厂用电配电主要采用放射式配电方式，10kV 厂用电负荷由 10kV 配电柜直接供电，低压厂用电动机，一般 I 类电机和 75kW 及以上的 II、III 类电动机由低压配电柜直接配电，由 DCS 系统进行集中自动控制，就地装设紧急停止控制按钮，其余小容量设备在厂房内按功能区域分别设置就地动力配电箱进行配电。

本项目利用一期已建成的柴油发电机作应急电源用。作为特别重要负荷备用电源。备用电源和正常电源之间设置电气联锁，确保两电源不同时投入。

保安负荷主要有：汽机交流润滑油泵、通讯电源、计算机监控系统电源、自动化控制系统和调节装置、电动执行装置、消防动力负荷、火灾自动报警系统等。

6.5.4 配电装置布置

10kV 配电装置：选用 KYN28-12 型铠装移开式金属封闭高压开关柜，配 10kV 真空断路器，弹簧操动机构，短路开断电流暂按 31.5kA。10kV 配电装置布置在主厂房 10kV 配电室内。

低压厂用变压器：选用带外壳干式变压器 SCB11 系列 10.5/0.4kV Dyn11, Uk=6%。

低压配电柜：低压抽出式开关柜 MNS 型，配塑壳、框架断路器。

低压厂用变压器和低压配电柜共同布置在 0.00 米层低压配电室，紧靠着负荷中心。

高压变频器柜：布置在专用高压变频器室内，便于管理及环境控制。

发电机小室室内布置发电机出线柜、发电机机端 PT 柜、励磁变压器柜等设备。发电机出线在发电机出线小室内经电力电缆引出，沿电缆沟敷设到 10kV 配电室。

6.5.5 直流系统

本站直流电压采用 DC220V，采用一组蓄电池一套充电装置的单母线接线方式。充电装置采用高频开关电源模块，N+1 冗余配置。蓄电池选用阀控式免维护铅酸蓄电池。

直流系统接线为单母线接线。直流柜选用智能型直流电源柜，采用微机测控技术对蓄电池、充电机等装置实现智能化实时管理，并可与计算机监控系统的通信控制机接口实现直流系统的四遥功能。两路交流进线应有自动切换功能。

蓄电池容量配置 1 组 500Ah。充电模块按 (N+1) 配置。直流系统组柜外形尺寸高 2260mm，宽 800mm,深 600mm。

6.5.6 控制和保护

1、监控系统

设置中控室、电子间、继保间，位于汽机附屋的 7.0 米层。

本期新增的发电机保护测控屏、发电机励磁屏、10kV 联络线保护测控屏集中布置在继保间，余下自动装置屏利用一期已经建成设备的装置。其余 10kV 保护测控装置均分散布置在各自的高压配电柜上。在继保室楼板下的电缆夹层中，按屏柜布置方向敷设首末端相连的专用接地铜排网，形成户内二次接地网。该接地网按终期屏位上齐来敷设，并以一点通过截面 100mm² 的绝缘阻燃铜导线与主地网引下线可靠连接接地。

在中控室中控台设置 DCS 监控系统后台电脑和电气综合自动化监控系统后台电脑。

10kV 联络线、发电机、厂用变压器、厂用电设备除在后台监控外，在配电柜上、机旁均可进行控制。

2、系统继电保护及安全自动装置

10kV 联络线、发电机、厂用变压器均采用微机型保护测控装置。

10kV 联络线保护测控屏：10kV 线路两侧各配置一套光纤电流纵差保护，并配置自动重合闸，保护装置采用专用光纤芯传输保护信号。线路两侧保护装置型号、软件版本保持一致。(具体保护功能根据接入系统报告要求调整)

发电机保护测控屏：以纵差保护为主保护，并装设带有复合电压闭锁的过电流保护、过负荷保护、零序保护等功能的后备保护装置，发电机转子一点、两点接地保护装置。故障发生时保护发出信号、动作于跳闸发电机出口开关并联动跳灭磁开关。操作箱，测控装置。

厂用变压器保护：装设三相式电流速断、带延时过电流、高低压零序、过负荷、变压器高温报警及超高温跳闸保护功能的变压器保护装置，测控功能。

10kV 电动机保护：装设三相式电流速断、带延时过电流、单相接地保护，测控功能。

6.5.7 自动装置

厂用变压器备自投装置：当厂用工作变压器故障跳闸时，备用变压器自动投入，承担用电负荷。

同期装置：装设一套微机手、自动准同期装置，作为发电机、线路与系统并网时用。同期点设置在发电机出口、10kV 联络线开关。

故障录波装置：故障录波信息通过调度数据网上传至调度端。

6.5.8 照明与检修设计

正常照明：电压为 220V。照明灯具主要以高效荧光灯、LED 为主，并根据特殊环境需要，选用防爆灯、防水防尘灯等。在厂区内装设 LED 灯作道路照明。

应急照明：在中控室、配电室、汽机间、锅炉间、化水处理间重要场所装设备用照明，电源由蓄电池组逆变后的备用照明屏提供。在水泵房、主厂房出入口、通道、楼梯等重要场所装设应急灯作备用照明。

在烟囱装设航空障碍照明灯。

安全照明：锅炉本体、金属容器检修采用携带式作业灯，电压为 12V。

照明配电柜电源来自不同段厂用低压开关柜馈出回路。照明配电柜按照明区域工段进行配电设计，布置在主厂房内方便操作的位置。

由厂用低压开关柜引专用回路至各车间专用检修电源配电箱，由检修电源配电箱供电至汽机、锅炉、烟气处理等设备层，运转层专供检修电焊用的各检修电源插座箱。

6.5.9 电缆选择与敷设

主厂房内电缆选用铜芯阻燃聚乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆和铜芯阻燃聚乙烯绝缘编织屏蔽控制电缆；易燃易爆场所选用阻燃型铜芯聚乙烯绝缘电力电缆和铜芯控制（屏蔽）电缆；消防、保安等重要回路选用铜芯耐火型电力电缆和铜芯控制（屏蔽）电缆。

在主厂房0米层走廊设置主通道电缆沟。主通道电缆沟与各配电室电缆沟进行连通。各配电柜和就地动力箱均采用电缆线下进下出方式。

在主厂房炉前7.0米楼板下设置炉前主通道电缆桥架。在主厂房4.5米电缆夹层设置继保柜控制电缆桥架。

室外电缆采用电缆沟敷设。室内电缆采用电缆沟、电缆桥架铺设，局部穿钢管埋地敷设。

6.5.10 防雷与接地

主厂房防直击雷过电压装置：利用在主厂房建筑物屋面上装设接闪带（网）、金属屋面板（板厚不小与0.5mm）作接闪器，建筑物的柱内钢筋作引下线，地梁及基础钢筋及人工接地体作接地装置。

侵入波保护：在发电机首端、10kV母线、变压器、电动机出线上装设避雷器，作为10kV配电设备、变压器防雷电过电压的保护装置。

发电机中性点经不接地方式

10kV系统采用中性点不接地方式。

厂用变压器0.4kV侧中性点直接接地，0.4kV系统采用TN-S接地型式。

电厂内所有电气设备（电机，变、配电装置等）的外露可导电部分，金属屋架、金属管道等所有金属构件应可靠接地或等电位连接；重要设备及设备构架等应有两根与主接地网不同地点连接的接地引下线。

全厂采用综合接地系统方式，工作接地、保护接地、防静电接地、防雷接地共用同一接地网，接地电阻要求不大于 1Ω 。

6.5.11 调度自动化

1) 调度关系

本期工程建成后，由当地地调进行调度，发电厂实时远动信息要求送当地地调 SCADA/EMS 系统，厂内有关电度量送电力局计量自动化系统，保信子站信息送当地地调保信分站。

2) 远动系统

本期新建设的电气综合自动化设备利用一期已经建成的双远动工作站，即远动工作站通过高速数据网络口挂在厂内网控系统局域网上，每台远动工作站配置与当地地调 SCADA/EMS 系统通信的通信口和通信规约，把厂内实时远动信息传送至调度中心调度自动化系统。远动信息的采集和传送过程不允许有其它的中间环节，保证远动信息的直采直送，以满足电网调度自动化的实时性要求。

根据《电力系统调度自动化设计技术规程》DL/T 5003 和《地区电网调度自动化设计技术规程》DL/T 5002 确定远动信息内容如下：

1) 遥测

发电机出口有功功率、无功功率、电压；

高压母线电压；

厂用变有功功率、无功功率、电流；

10kV 线路有功功率、无功功率、电流。

2) 遥信

发电厂事故总信号；

机组出口开关、刀闸位置信号；

高压母线刀闸、PT 刀闸位置信号；

10kV 线路开关、刀闸位置信号；

所有开关 SOE 信号；

发电厂采集的其它相关信息

3) 电能量计费系统

在电厂内配置一套电能量计量系统，它包括计量表计、电能量远方终端等设备，用于完成关口计量点和考核点的电能信息采集、处理及向地调电能计量系统主站传送信息。

电厂线路出线侧作为关口计量点或考核计量点，设主、副表，双向，精度为：有功

0.2S 级，无功为 2.0 级。

6.5.12 电力接入系统

本二期工程的上网线路暂考虑利用一回 10kV 线路接入电网。由建设单位委托当地有资质的电力设计院编制电力系统接入报告，最终的电力接入系统方案将在报告中进行详细的分析和论证，经正式审查后确定。

6.6 自动控制

6.6.1 设计依据

- 1) 《生活垃圾焚烧处理工程技术规范》CJJ 90-2009;
- 2) 《小型火力发电厂设计规范》GB 50049-2011;
- 3) 《火力发电厂可行性研究报告内容深度规定》DL/T 5375-2018;
- 4) 《火力发电厂热工控制系统设计技术规定》DL/T 5175-2003;
- 5) 《生活垃圾焚烧厂评价标准》CJJ/T 137-2010;

6.6.1 设计范围

本项目扩建规模为:垃圾处理规模为 600t/d,配置 1 台 600t/d 机械炉排炉、1 台 12MW 凝汽式汽轮发电机组及相应热力系统、烟气处理系统等有关热工控制系统设计。

6.6.2 中央控制室/电子间布置

原中央控制室及电子设备间位于主厂房 7.0m 层,靠近锅炉房和汽机房,与汽机运转层为同一标高,一期中央控制室面积约 200m²,已预留扩建 2#锅炉、2#汽机及电气操作台布置位置,电子设备间面积约 110m²,已预留扩建机柜位置。因此本期扩建操作员站布置在一期中央控制室,全厂统一监视,新增机柜布置在一期电子设备间。中央控制室及电子设备间下设有电缆夹层。

1) 中央控制室净空高度为 3.5m。在中央控制室内,设有大屏幕模拟屏,在大屏幕前面安装 DCS 操作员操作台,台上布置 DCS 的液晶显示器 LCD/键盘以及锅炉、汽机、发电机紧急停机按钮等。

2) 电子设备间主要布置 DCS 机柜、ETS 柜、TSI 柜、工业电视服务器柜、电源柜等设备。

6.6.3 控制方式

根据垃圾发电厂工艺流程和运行特点,以及设备的配置情况,采用以下控制方式:

1) 本期扩建采用 DCS 控制, 设置 5 对控制器分别控制 2#锅炉、2#烟气处理及 SNCR、2#烟气处理 SCR、2#汽机、2#炉排 ACC 控制系统。设置 3 台操作员站布置在中央控制室, 实现对 1 台炉排垃圾焚烧炉、1 台汽轮发电机组及相应热力系统、烟气处理系统系统进行集中监视和控制。

2) 在中央控制室内以彩色 LCD/键盘作为主要的监视和控制手段, 实现炉、机、电统一的监视与控制, 还设有紧急按钮, 以便在 DCS 全部故障时, 能进行紧急停炉、停机操作, 并使炉内垃圾燃烬。在控制室设置有工业电视, 可对全厂重要区域进行监视。

6.6.4 控制水平

1) 垃圾电厂的运行有以下特点:

- a) 在正常运行和启停过程中, 均应使垃圾焚烧充分, 达到全量燃烧。
- b) 在燃烧过程中对有关参数进行调节, 使烟气及废料的排放达到满足环境保护标准要求。
- c) 当燃烧线因故非正常停运时, 由于炉内垃圾仍能自燃一段时间, 需维持锅炉的汽水循环, 防止水冷壁等受热面过热变形。
- d) 要求高可靠性和安全性, 保证焚烧炉长期安全稳定运行。
- e) 充分利用余热发电, 提高运行经济性。
- f) 改善运行人员工作条件, 减少现场操作监视人员, 提高运行管理水平。

2) 自动化水平如下:

- a) 除机组启动前的准备工作和垃圾卸投料及灰渣输送控制外, 整套机组启动、停止、正常运行和事故处理均能在中央控制室内通过LCD及鼠标、键盘完成。
- b) 辅助车间正常运行时实现无人值班。
- c) 中央控制室内设5名运行值班人员, (机组及辅助车间启停及运行工况中的少量现场操作由3名巡视人员配合完成), 实现全厂的运行控制管理。
- d) 机组设计有较完善的模拟量控制系统 (MCS), 主辅机保护、联锁及以功能子组为主的顺序控制 (SCS), 能满足机组安全、经济运行的需要。

6.6.5 控制系统的总体结构

本工程控制系统主要由以下几大部分组成:

- 1) 分散控制系统 (DCS);
- 2) 烟气处理系统(含 SNCR); (DCS)

- 3) 烟气脱硝系统(SCR); (DCS)
- 4) 炉排控制系统 (ACC); (DCS)
- 5) 点火及辅助燃烧器系统; (独立系统, 与 DCS 硬接线交换信号)
- 6) 锅炉吹灰控制系统; (独立系统, 与 DCS 硬接线或通讯交换信号)
- 7) 烟气在线监测系统 (CEMS); (与 DCS 硬接线交换信号)
- 8) 烟气除尘器系统; (独立系统, 与 DCS 通讯交换信号)
- 9) 汽轮机控制系统 (DEH); (独立系统, 与 DCS 硬接线或通讯交换信号)
- 10) 汽轮机紧急跳闸系统 (ETS); (独立系统, 与 DCS 硬接线交换信号)
- 11) 汽轮机安全监视仪表 (TSI); (独立系统, 与 DCS 硬接线交换信号)
- 12) 工业电视监视系统、常规仪和必要的后备操作设备 (如开关等);
- 13) 就地监视仪表及控制设备;

其中 5) ~11) 项随主设备供货。

6.6.6 控制系统配置

分散控制系统 (DCS) 由控制站、通讯总线、人机接口设备 (包括运行人员站及工程师站) 等三部分构成。

1) 控制站实现对工艺过程的数据采集 (DAS)、闭环控制 (MCS)、开环顺序控制 (SCS) 及连锁保护等功能。控制站功能分散, 控制器均按冗余配置。

2) 通讯总线完成各站之间的数据通讯, 实现数据共享, 亦采用冗余配置。

3) 操作员站和大屏幕是运行人员与控制系统的核心人一机接口, 根据 DCS 的监控范围, 本期扩建设置 3 台操作员站。每台操作员站都是冗余通讯总线上的一站, 带有独立的冗余通讯处理模块与冗余通讯总线连接, 任何显示和控制功能均能在任一操作员站上完成, 即任一操作员站的故障不会导致失去人一机接口功能。

4) 工程师站主要用于控制策略的组态和修改及参数的重新整定 (设定值的整定由操作员站完成), 投入运行后工作量很小, 与一期共用工程师站。

5) 人一机接口设备的配置

a. 操作员站及显示器(LCD)/键盘 3 套

随主设备成套提供的独立控制系统, 通过通讯接口与 DCS 连接, 拟作为 DCS 的一个控制站, 可在操作员站对其进行监控, 并实现数据共享。

DCS 的监视控制范围包括但不限于以下内容:

- 1) 燃烧系统（包括炉排系统、余热锅炉、风机系统、烟气净化系统等）
- 2) 热力系统（包括除氧给水系统、疏水系统、蒸汽系统、循环系统等）
- 3) 汽轮发电机组系统
- 4) 循环水系统
- 5) 辅助燃料系统

6.6.7 烟气在线监测系统（CEMS）

在#2焚烧线烟气出口处设置一套烟气在线监测设备，在线监测烟气的流量、温度、压力、湿度、氧浓度、粉尘、氯化氢（HCL）、二氧化硫（SO₂）、氮氧化物（NO_x）、一氧化碳（CO）、氟化氢（HF）、二氧化碳（CO₂）等参数，数据可以通过通讯接口与环保部门联网，方便政府在线监督管理。同时CEMS系统能与DCS或SIS系统连接，实现远方监测。

另CEMS所有数据传至厂房大门口的户外大屏，公布烟气实时排放值，以便社会公众监督，户外显示屏与一期共用，显示画面重新组态。

6.6.8 热控电源

1) 对每个控制和仪表系统或控制柜组所要求的交流和直流电源均分别是提供两路独立的电源，供电设计做到一路电源故障不会使电源中断，电源切换不会导致控制系统失败。

2) 分散控制系统的 220VAC 电源主要由不停电电源（UPS）提供，一路保安电源作备用。新增 DCS 机柜电源统一由一期 DCS 电源柜配供。

3) 一期 UPS 容量 30kVA，自带蓄电池，事故负荷计算按 0.5h。本期扩建 UPS 电源与一期共用，本期不再单独设置。

4) 控制用直流电源设有两路直流电源进线，接自蓄电池直流盘。电压等级为 220VDC。

6.6.9 SIS 和 MIS

一期仅预留 DCS 与监控信息系统（SIS）和管理信息系统（MIS）的接口。本期扩建统一考虑全厂 SIS 及 MIS 建设。

SIS 主要功能有：生产过程信息采集、处理和监视；机组经济性能计算、分析和操作指导；运行调度；工艺设备状态监测和故障诊断；控制系统优化和故障诊断；机组在线试验；发电厂远程技术服务网络的连接。

MIS 主要功能有：生产管理；设备管理；供应管理；财务管理；辅助管理；办公自动化等。

6.7 压缩空气

本期新增一台压缩空气机组（全厂两用一备），选用排气量 40m³/min，排气压力 0.85MPa 的水冷螺杆空气压缩机，单台电机功率为 200kW；配缓冲罐一个(一期原有)；初过滤器、精过滤器、冷冻室干燥机各一台；高效精密过滤器、微热吸附式干燥机、工艺用储气罐和仪表用储气罐各一台，一期均有。

为防止压缩空气用量不均衡时的压力波动及静置压缩空气内的水分，在螺杆式空压机设置压缩空气储罐 2 个(一期原有)、吸附式干燥机后面设置压缩空气储罐 1 个(一期原有)、微热吸附式干燥机后面设置压缩空气储罐 1 个(一期原有)。通过吸附式干燥机和微热吸附式干燥机的净化处理，压缩空气的品质则完全可以满足压缩空气系统的使用要求。

空压机间压缩空气生产全自动化，远程监测，需要时，备用空压机可自动启动。空压机主要运行参数直接进入 DCS 系统进行监测和控制。

6.8 通风空调

本项目主厂房及附屋，生产辅助设施等均已在一期建成，并配套设置了完善的通风空调设施，本期工程无需重复建设

一期已建成主要通风空调设施如下：

- 1) 主厂房及附屋的通风、空调系统。
- 2) 生产辅助建筑、厂区公共福利建筑的通风、空调设系统。
- 3) 垃圾池、渗沥液沟除臭系统；
- 4) 渣坑除尘系统。

本期扩建的建筑物包括汽机间及渗沥液处理站。

气机间设置气楼和百叶进行自然通风排除余热。

新建渗沥液处理站易产生臭气区域设置臭气密闭收集系统，经除臭风机和导气管排入主厂房垃圾池内，再通过垃圾池的排风和除臭装置去除臭味气体。

第7章 防火与消防

消防设计范围包括：厂区总平面消防车道布置；各建、构筑物之间防火间距布置；各车间防火分区及安全疏散通道等的布置；室内消火栓灭火系统、室外消火栓灭火系统；火灾自动报警系统；防烟、排烟系统；消防电力设计；建筑灭火器的配置等。

本项目在原厂内扩建，一期建设时已按全厂规划了防火与消防。本期主要增加如下防火与消防设计：

本期厂区道路为生活及消防道路。渗沥液处理站、废水处理中心四周设环形消防车道，道路宽度为 7.0m 和 4.0m。

主厂房与循环水泵房的间距为 32m，满足至少 15m 的防火间距要求。

第8章 环境保护

垃圾焚烧厂在垃圾运输、储存、焚烧过程中会产生恶臭、烟尘、残渣、废水、噪声及其它污染物的污染，故本工程在设计中应贯彻执行国家现行的环境保护法规和标准及当地环保的有关规定。

8.1 采用环境保护标准

根据生活垃圾焚烧处理工艺的特点以及国家的有关规定，采用的环境保护标准及规范包括但不限于：

- 1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015年1月1日施行；
- 2) 《中华人民共和国固体废物污染环境保护法》，2005年4月1日施行；
- 3) 《中华人民共和国大气污染防治法》，2016年1月1日施行；
- 4) 《中华人民共和国水污染防治法》，2018年1月1日施行；
- 5) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》，1997年3月1日起施行；
- 6) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）；
- 7) 《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB18485-2014）；
- 8) 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）；
- 9) 《大气污染物综合排放标准》（GB16298-1996）；
- 10) 《恶臭污染物排放标准》（GB14554-1993）；
- 11) 《声环境质量标准》（GB3096-2008）；
- 12) 《工业企业设计卫生标准》（GBZ1-2010）；
- 13) 《危险废物标准鉴别—浸出毒性鉴别》GB5085.3-2007；
- 14) 《固体废物浸出毒性浸出方法》GB 5086.1-1997；
- 15) 《固体废物浸出毒性浸出方法》HJ 557-2010；
- 16) 《固体废物浸出毒性浸出方法》HJ/T 299-2007；
- 17) 《固体废物浸出毒性浸出方法》HJ/T 300-2007；
- 18) 《固体污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》（GB/T16157-1996）；
- 19) 《锅炉烟尘测试方法》（GB5468-1991）；
- 20) 《工业固体废物采样制样技术规范》（HJ/T20-1998）；

- 21) 《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB16889-2008);
- 22) 《危险废物填埋污染控制标准》(GB18598-2001/XG1-2013);
- 23) 《污水再生利用工程设计规范》GB50335-2016。

8.1.1 烟气排放标准

结合本项目的实际情况,采用《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB18485-2014)及EU2000的排放限值和当地环保部门给定的污染物允许排放总量,作为项目的排放限值,具体如下:

表8-1 烟气排放标准限值对比表

序号	污染物名称	单位	GB18485-2014		欧盟 2000/76/EC			本工程保证值	
			日均值	小时均值	日均值	半小时		日均值	小时均值
						100%	97%		
1	粉尘	mg/Nm ³	20	30	10	30	10	10	30
2	HCl	mg/Nm ³	50	60	10	60	10	10	60
3	SO _x	mg/Nm ³	80	100	50	200	50	50	100
4	NO _x	mg/Nm ³	250	300	200	400	200	200	300
5	CO	mg/Nm ³	80	100	50	100	150	50	100
					测定均值			测定均值	
6	Hg	mg/Nm ³	0.05		0.05			0.05	
7	Cd+Tl	mg/Nm ³	0.1		0.05			0.05	
8	Pb+Cr 等其他重金属	mg/Nm ³	1		0.5			0.5	
9	二噁英类	ngTEQ/Nm ³	0.1		0.1			0.1	

注:表中各项标准限值均以标准状态下含 11%O₂ 的干烟气为参考值换算。

8.1.2 污水排放标准

本工程污水排放标准执行 GB/T19923-2005《城市污水再生利用 工业用水水质》标准中敞开式循环冷却水系统补充水标准和 GB/T18920-2002《城市污水再生利用 城市杂用水水质》标准中道路清扫和城市绿化用水标准。设计出水水质指标见下表。

表8-2 二期项目废水执行标准

污染物	《城市污水再生利用 工业用水水质》 (GB/T19923-2005)	《城市污水再生利用 城市杂用水水质》 (GB/T18920-2002)			综合执行标准(mg/L)
	敞开式循环冷却水系统 补充水标准	道路 清扫	城市 绿化	车辆 冲洗	
pH (无量纲)	6.5~8.5	6.0~9.0			6.5~8.5
BOD ₅ ≤	10	15	20	10	10
COD _{Cr} ≤	60	—	—	—	60
浊度(NTU) ≤	5	10	10	5	5
色度(度) ≤	30	30			30
NH ₃ -N(以 N 计) ≤	10*	10	20	10	10
总磷 (以 P 计) ≤	1	—	—	—	1
溶解性总固体 ≤	1000	1500	1000	1000	1000
石油类 ≤	1	—	—	—	1
铁 ≤	0.3	—	—	0.3	0.3
锰 ≤	0.1	—	—	0.1	0.1
氯离子 ≤	250	—	—	—	250
总硬度 ≤	450	—	—	—	450
总碱度 ≤	350	—	—	—	350
硫酸盐 ≤	250	—	—	—	250
阴离子表面活性剂 ≤	0.5	1.0	1.0	0.5	0.5

注：*代表冷却系统换热器材质为非铜。

8.1.3 噪声控制标准

本项目运营期厂区边界的声环境达到国家标准《工业企业厂界环境噪声控制标准》(GB12348-2008)中的2类标准要求,即昼间等效声级≤60dB(A),夜间等效声级≤50dB(A)。施工期执行《建筑施工厂界环境噪声排放标准》(GB12523-2011),施工厂界环境噪声排放限值控制在:昼间 75db,夜间 55db。

噪声控制还应满足《工业企业设计卫生标准》(GBZ1-2010)《工业企业噪声控制设计规范》(GB/T50087-2013)规定的限值,见下表。

表8-3 工业企业厂区内各类地点噪声标准

序号	地点类别	噪声限值 [dB(A)]
1	生产车间及作业场所(每天连续接触噪声8小时)	90
2	高噪声车间设置的值班室、观察室、休息	75
	无电话通讯要求时	

序号	地点类别		噪声限值 [dB(A)]
	室(室内背景噪声级)	有电话通讯要求时	70
3	精密装配线、精密加工车间的工作地点、计算机房(正常工作状态)		70
4	车间所属办公室、实验室、设计室(室内背景噪声级)		70
5	主控制室、集中控制室、通讯室、电话总机室、消防值班室(室内背景噪声级)		60
6	厂部所属办公室、会议室、设计室、中心实验室(包括试验、化验、计量室)(室内背景噪声级)		60
7	医务室、教室、工人值班宿舍(室内背景噪声级)		55

8.1.4 恶臭控制标准

在垃圾卸料过程、垃圾贮存及渗沥液处理过程中易散发出的厌恶性气味，成分包括硫化氢、氨、甲硫醇等多种物质，主要来源于垃圾中厨余物发酵及垃圾本身产生的异味。

本项目所散发的臭气污染物浓度执行《恶臭污染物排放标准》(GB14554-93)中二级新扩改建标准，见下表。

表8-4 恶臭污染物厂界标准值

序号	控制项目	单 位	二级标准限值(新建改建)
1	氨	mg/m ³	1.5
2	三甲胺	mg/m ³	0.08
3	硫化氢	mg/m ³	0.06
4	甲硫醇	mg/m ³	0.007
5	甲硫醚	mg/m ³	0.07
6	二甲二硫	mg/m ³	0.06
7	二硫化碳	mg/m ³	3.0
8	苯乙烯	mg/m ³	5.0
9	臭气浓度	无量纲	20

8.1.5 固废控制标准

根据《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB18485-2014)，焚烧炉渣按一般固体废物处理，焚烧飞灰应按危险废物处理，其他尾气净化装置排放的固体废物按 GB5085.3 危险废物鉴别标准判断是否属于危险废物，如属于危险废物，则按危险废物处理。

根据《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB16889-2008)第 6.3 条，生活垃圾焚烧飞灰医疗废物焚烧残渣(包括飞灰、底渣)经处理后满足下列条件，可以进入填埋场填埋处理。

- (4) 含水率<30%;
- (5) 二噁英含量低于 3 μ gTEQ/kg;
- (6) 按照 HJ/T300 制备的浸出液中危害成分浓度低于下表规定的限值。

表8-5 浸出液污染物浓度限值

序号	污染物项目	浓度限值 (mg/L)	序号	污染物项目	浓度限值 (mg/L)
1	汞	0.05	7	钡	25
2	铜	40	8	镍	0.5
3	锌	100	9	砷	0.3
4	铅	0.25	10	总铬	4.5
5	镉	0.15	11	六价铬	1.5
6	铍	0.02	12	硒	0.1

8.2 建设地点环境现状

根据一期工程廉江市环境监测站的监测报告,本项目的评价范围内的地表水体能够满足 GB5084-2005《农田灌溉水质标准》之蔬菜类标准,水库水能够满足 GB3838-2002《地表水环境质量标准》中III类水体标准。评价区域内环境空气质量良好,各监测点的 TSP、NH₃、H₂S 评价指数均小于 1,满足 GB3095-1996《环境空气质量标准》二级标准。具体现状数据待完成本期环境现状监测后补充。

8.3 主要污染物与污染源

8.3.1 废气

本项目的废气主要是垃圾焚烧时产生的烟气。生活垃圾焚烧产生的烟气中含有大量的污染物,主要的污染物质有下列几种:

- 1) 不完全燃烧产物(简称 PIC):燃烧不良而产生的副产品,包括一氧化碳、炭黑、烃、烯、酮、醇、有机酸及聚合物等。
- 2) 颗粒物:废物中惰性金属盐类、金属氧化物或不完全燃烧物质等。
- 3) 酸性气体:包括氯化氢、卤化氢(氟、溴、碘等)、硫氧化物(SO₂及SO₃)、氮氧化物(NO_x),以及五氧化磷(PO₅)和磷酸(H₃PO₄)。
- 4) 重金属污染物:包括铅、铬、汞、镉、砷等元素态、氧化物及氯化物等。
- 5) 二噁英类:PCDDs/PCDFs。

以余热锅炉出口为节点,统计项目烟气污染物产生量如下表所示。

表8-6 拟建项目烟气污染物源强（锅炉出口）

序号	污染物名称	单位	数值
1	烟气量	Nm ³ /h	~114000
2	烟温	℃	~200
3	CO ₂	%	~7.8
4	烟尘	mg/ Nm ³	~10000
5	HF	mg/ Nm ³	~50
6	SO _x	mg/ Nm ³	~600
7	HCl	mg/ Nm ³	~650
8	CO	mg/ Nm ³	~50
9	NO _x *	mg/ Nm ³	~400
10	Hg	mg/ Nm ³	~5
11	Cd	mg/ Nm ³	~1
12	Pb+As+Sb+Cu	mg/ Nm ³	~50
13	PCDD	ng.TEQ/ Nm ³	~5

注：*NO_x为未考虑 SNCR 脱硝前的浓度。

8.3.2 固废

本项目固体废物主要为焚烧的剩余物，来源于生活垃圾中不可燃的无机物以及部分未燃尽的可燃有机物，主要包括：锅炉排出的底渣、炉排漏灰、锅炉尾部烟道飞灰、反应塔排灰和除尘器收集飞灰等几个部分。

按 GB18485-2014《生活垃圾焚烧污染控制标准》规定，焚烧炉渣可按一般固体废物处理，焚烧飞灰、SCR 催化剂则应按危险废物处理。其他烟气净化装置排放的固体废物按 GB5085.3《危险废物鉴别标准》判断是否属于危险废物，如属危险废物，则按危险废物处理。

本期项目年炉渣总产量 38813 吨，炉渣通过出渣设备收集至渣坑。飞灰产量年总产量 6861 吨，稳定化后为 8439 吨/年。

8.3.3 污水

垃圾焚烧厂所产生的污水主要包括生活污水、垃圾池渗沥液、冲洗污水、锅炉排污水、初期雨水等。

垃圾渗沥液来源于垃圾池生活垃圾渗出的水分液体，是高浓度的有机污水，氨氮含量也高，主要污染物为 BOD₅、COD_{Cr}、NH₃-N、SS 及重金属等。垃圾渗出的渗沥液由

垃圾贮存坑集液沟收集进入渗沥液收集贮存池，再由渗沥液输送泵加压输送至渗沥液处理站调节池，进行处理。

二期工程生产、生活污水排水主要包括：车间清洁冲洗排水、锅炉化水间除盐水制备设备反冲洗排水、锅炉定连排污清洁废水及降温废水、污水处理站自身排水和生活污水排水等。

初期雨水是对厂区垃圾车运输易造成污染的道路、运输栈桥、地磅区域的全部道路的前 15 分钟初期雨水。

二期工程夏季最大日生产、生活总排水量约为 201m³/d，包括垃圾渗沥液 180m³/d；生产污水 18m³/d；生活污水 3m³/d。

二期工程污水排水量见下表：

表8-1 项目排水量汇总表

排水种类	夏季最日排水量 (m ³ /d)	排水水质指标	备注
垃圾渗沥液	180	BOD ₅ =10000-30000 mg/L COD _{Cr} =30000-60000 mg/L SS=2000-10000 mg/L NH ₃ -N=1000-2000 mg/L PH=4-8	高浓度有机污水，含重金属离子
车间清洁排水	5	BOD ₅ =60-100mg/L COD _{Cr} =80-150mg/L SS=80-150mg/L	低浓度有机污水
化验室排水	3		低浓度有机污水
生活污水	3	BOD ₅ =80-150/L COD _{Cr} =100-250 mg/L SS=100-200mg/L PH=6-8 NH ₃ -N =20-30mg/L	低浓度有机污水
锅炉化水除盐水设备反冲洗排水	10		无机废水，处理后回用
厂区排水总计	201		

8.3.4 噪声

噪声是由不同频率和振幅组成的无调杂音，它让人烦躁、厌恶，对人体危害极大。按照产生机理可分为空气动力性噪声、机械振动噪声和电磁性噪声。本工程的噪声源主要来自设备，如汽轮发电机、锅炉排汽系统、风机、水泵等；另外，运输车辆也会产生一定的噪声。设备噪声源强见下表。

表8-2 设备噪声源强

序号	设备名称	声级范围 (dB(A))
1	锅炉对空排汽	130~140

序号	设备名称	声级范围 (dB(A))
2	汽轮机、发电机、风机	90~95
3	各类水泵	80~85

8.3.5 恶臭

垃圾焚烧厂恶臭污染气体的产生，主要是由于混合垃圾中的有机物腐败而产生的强烈臭味气体，气体成分可分成 5 类：

- 1) 含硫化合物，如 H₂S、SO₂、硫醇、硫醚等；
- 2) 含氮化合物，如氨气、胺类、酰胺、吡啶等；
- 3) 卤素及衍生物，如氯气、卤代烃等；
- 4) 烃类及芳香烃；
- 5) 含氧有机物，如醇、酚、醛、酮、有机酸等。

同时，垃圾中含有很多细菌、病原菌等有害微生物，这些微生物可能以气溶胶形式散发到空气中，而大部分气溶胶能被人体吸入呼吸道，这会给人形成危害，影响人体的健康。垃圾焚烧厂产生恶臭的点源包括：

- 1) 垃圾运输车：运输过程中滴漏的垃圾渗沥液；
- 2) 垃圾卸料平台：卸料过程中撒漏的垃圾渗沥液；
- 3) 垃圾进料斗：垃圾进料过程中渗出的渗沥液和堆存的垃圾散发的味道；
- 4) 垃圾池：垃圾存储过程中垃圾发酵产生的臭气；
- 5) 垃圾渗沥液处理站：渗沥液处理过程产生的臭气、异味。

8.4 污染物控制措施

8.4.1 烟气污染治理措施

烟气处理采用“SNCR 脱硝+半干法脱酸+干法喷射+活性炭吸附+布袋除尘+预留 SCR 脱硝”工艺，处理后的烟气通过烟囱排放。

8.4.1.1 酸性气体的治理措施

氮氧化物在垃圾焚烧时产生，它的形成与炉内温度及空气含量有关，主要成分为 NO，一般在 1200℃ 以上开始生成。本工程的燃烧温度控制在 850~950℃，并控制过量空气系数，使烟气中氮氧化物排放浓度控制在 400mg/Nm³ 左右，但仍无法满足项目环保要求。为此，焚烧炉内增设一套 SNCR 炉内脱硝并在布袋除尘器后面增加低温 SCR，去除效率达到 70% 以上，锅炉出口的氮氧化物浓度可控制在限值之下。

硫氧化物主要以 SO_2 的形式存在，由生活垃圾中的硫元素和氧燃烧合成。由于垃圾中的含硫量很低，属低硫分燃料，硫氧化物排放量较低，烟气中 SO_2 经半干法反应塔系统及干法管道喷射的药剂中和后，其排放浓度低于允许标准。

氯化氢主要来自垃圾中含有卤化聚合物（如 PVC 塑料）和带无机盐的厨余类物质，在焚烧过程中，这些物质会分解反应生成氯化氢气体。烟气中氯化氢经半干法反应塔系统的石灰及干法管道喷射的药剂中和处理后，其排放浓度低于允许标准。

一氧化碳是由于垃圾中有机可燃物不完全燃烧产生的。本工程中焚烧炉的燃烧温度、过量空气量及烟气与垃圾在炉内的滞留时间，足可保证垃圾完全燃烧，可使产生的废气中的 CO 符合排放标准，不必经过特殊处理。

8.4.1.2 颗粒物的治理措施

生活垃圾在焚烧过程中，由于高温热分解、氧化的作用，燃烧物及其产物的体积和粒度减小，其中不可燃物大部分以炉渣形式排出，一小部分质小体轻的物质在气流携带及热泳力的作用下，与焚烧产生的高温气体一起在炉膛内上升，经过与锅炉的热交换后从锅炉出口排出，形成含有颗粒物即飞灰的烟气流。

国家环境保护总局发布的《生活垃圾焚烧污染控制标准》中规定使用布袋除尘器进行除尘。本项目采用布袋除尘器除尘，除尘效率在 99.9% 以上，可以实现达标排放。

8.4.1.3 重金属及其化合物的治理措施

重金属类污染物源于焚烧过程中生活垃圾所含的重金属及其化合物的蒸发。由于不同种类重金属及其化合物的蒸发点差异较大，生活垃圾中的含量也各不相同，所以它们在烟气中气相和固相存在形式的比例分配上也有很大差别。“高效的颗粒物捕集”和“低温控制”是重金属净化的两个主要方面。本工程在半干法烟气处理系统喷入消石灰和吸附剂，再配以高效的布袋除尘器，可以有效去除重金属，达标排放。

布袋除尘器本来是用来除去废气中的粉尘等浮游物质的装置，但用于生活垃圾焚烧炉后的布袋除尘器，由于在气体中加入反应药剂消石灰和吸附剂，废气中的有害气体被反应吸附，然后通过袋式除尘器过滤而除去；关于利用袋式除尘器除去有害物质的机理如下：废气中的粉尘是通过滤袋的过滤而被除去的；首先是由粉尘在滤袋表面形成一次吸附层，随着吸附层的形成，废气中的粉尘在通过滤袋和吸附层时被除去；考虑到运行的可靠性，一次吸附层的粉尘量大致为： $100\text{g}/\text{m}^2$ 。

一般生活垃圾焚烧炉烟气中的重金属种类如下表所示，基本上可被布袋除尘器除

去，汞（Hg）的去除率略低些，这是由于汞（Hg）的化合物作为蒸汽存在的原因。

表8-3 垃圾焚烧炉布袋除尘器废气重金属含量及去除率

重金属	除尘器入口 mg/Nm ³	除尘器出口 mg/Nm ³	去除效率 (%)
Hg	0.04	0.008	80
Cu	22	0.064	99.7
Pb	44	0.064	99.8
Cr	0.95	0.064	93.2
Zn	44	0.032	99.9
Fe	18	0.23	98.7
Cd	0.55	0.032	94.1

因此，布袋除尘器已不单单是用来解决除尘问题，而是兼作气体反应器。国外主要采用的是玻璃纤维与 PTFE 混防滤料。为提高其可靠性，本设计布袋除尘器的布袋选用“PTFE+ePTFE 覆膜”。

8.4.1.4 有机污染物的治理措施

有机污染物的产生机理极为复杂，伴随有多种化学反应。有机污染物的形成机理，目前还没有成熟的理论，有待于进一步研究。在垃圾焚烧产生的有机污染物中，以二噁英及呋喃对环境的影响最为显著。

二噁英(PCDD)及呋喃(PCDF)是到目前为止发现的无意识合成的副产品中毒性最强的物质，是由苯环与氧、氯等组成的芳香族有机化合物，被认为是能致癌、致畸形、影响生殖机能的微量污染物。PCDD 有 75 种以上的同分异构体，PCDF 有 135 种以上的同分异构体，其中毒性最强的是 2、3、7、8 四氯联苯(2、3、7、8TCDD)。

二噁英的生成机理相当复杂，已知的生成途径可能有以下几方面：

1) 垃圾中本身含有微量的二噁英。由于二噁英具有热稳定性，尽管大部分在高温燃烧时得以分解，但仍会有一部分在燃烧以后排放出来。

2) 在燃烧过程中由含氯前体物生成二噁英。含氯前体物包括的聚氯乙烯、氯代苯、五氯苯酚等，在燃烧中前体物分子通过重排、自由基缩合、脱氯或其他分子反应等过程会生成二噁英。这部分二噁英在高温燃烧条件下大部分也会被分解。二噁英在一定温度下分解 99.99%所需时间见下图。

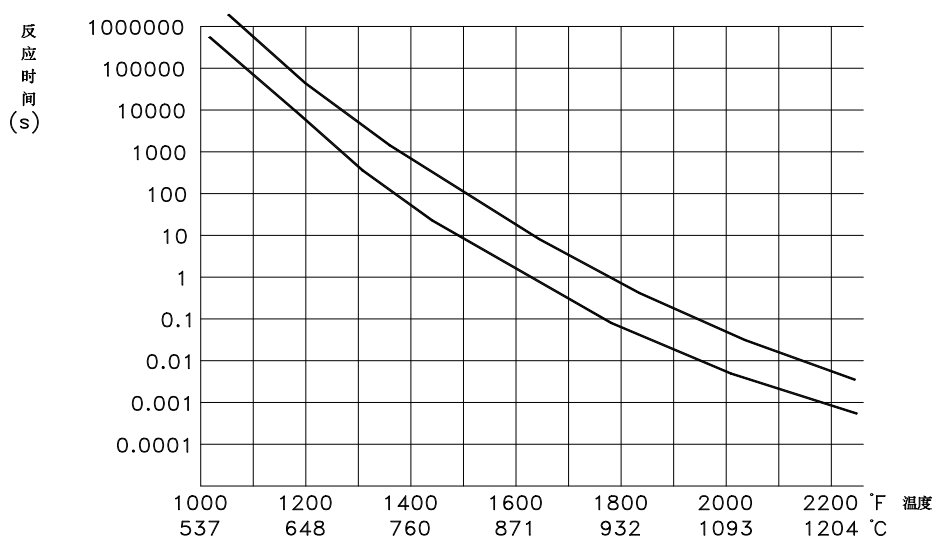


图8-1 二噁英（TCDD）分解 99.99%所需时间

3) 当燃烧不充分时, 烟气中产生过多的未燃尽物质, 在 300~500℃ 的温度环境下, 若遇到适量的触媒物质 (主要为重金属, 特别是铜等), 在高温燃烧中已经分解的二噁英将会重新生成。

为降低烟气中的二噁英浓度, 首先从焚烧工艺上要尽量抑制二噁英的生成。选用合适的炉膛和炉排结构, 使垃圾充分燃烧; 炉温控制在 850℃ 以上, 停留时间不小于 2 秒, O₂ 浓度不少于 6%, 并合理控制助燃空气的风量、温度和注入位置, 也称“三 T”控制法; 缩短烟气在处理和排放过程中处于 300~500℃ 温度域的时间, 以防二噁英重新合成; 选用高效的袋式除尘器, 控制除尘器入口处的烟气温度低于 200℃, 并在进入袋式除尘器前, 在入口烟道上设置药剂喷射装置, 进一步吸附二噁英; 设置先进、完善和可靠的全套自动控制系统, 使焚烧和净化工艺得以良好执行。其次, 如有条件, 还可通过分类收集或预分拣, 控制生活垃圾中氯和重金属含量高的物质进入垃圾焚烧厂。本工程通过采取上述措施, 可使烟气中的二噁英浓度达标排放。

由于通过上述烟气净化处理工艺, 大气污染物排放浓度均可控制在标准限值以内。

8.4.1.5 烟气在线监测

《生活垃圾焚烧污染控制标准》中 5.4 条“每台生活垃圾焚烧炉必须单独设置烟气净化系统并安装烟气在线监测”。为此本项目在各条焚烧线的烟道上安装烟气在线监测装置, 其监测主要项目为: NO_x、SO₂、HCl、颗粒物、温度、压力等; 另外在烟道上设置采样孔, 便于取样与环保监测。

8.4.2 污水处理

初期雨水收集池内初期雨水由初期雨水提升泵定时定量输送入厂区污水处理站生产生活污水调节池，经污水处理系统处理达标后，进入回用水池回用。

厂区生活污水，其中排放的粪便污水先经化粪池处理，厨房及餐厅含油污水先经隔油池处理后与生产污、废水一同排入厂区污水管道后，进入厂区渗沥液处理站 MBR 系统污水调节池，经污水处理系统处理达标后，进入回用水池回用。

垃圾渗沥液由垃圾池渗沥液收集池收集，渗沥液提升泵提升输送至厂区渗沥液处理站集中进行处理，处理出水水质达标后，进入回用水池回用。

渗沥液处理采用“预处理+调节池+UASB 厌氧反应器+MBR（一级 A/O+外置式超滤膜）+NF 纳滤膜+RO 反渗透膜”浓缩液再经 DTRO 处理的工艺，在国内具有大量运行业绩，技术成熟。

8.4.3 灰渣处理

本项目炉渣按照一般固废处置，运至厂外进行综合利用。

飞灰采用螯合剂稳定化处理，再根据标准《固体废物浸出毒性浸出方法醋酸缓冲溶液法》HJ/T300-2007，检测浸出毒性指标，达到《生活垃圾填埋场污染控制标准》（GB16889-2008）相关标准后方可送入指定填埋场进行安全填埋。

8.4.4 噪声防治

8.4.4.1 施工期噪声治理

合理安排施工时间，尤其对噪声大的施工设备的作业时间的安排，是避免设备噪声扰民的必要措施。

高噪音设备安装位置要远离人集中区，并采取适当声屏障（如绿化带）以降低噪声对周围环境的影响。

8.4.4.2 运行期噪声治理

1) 采用工艺先进、噪声小的机械设备，设备采购合同中提出设备噪声的限制要求，从噪声源头控制。

2) 对高噪音设备采取降噪措施，如在高压蒸汽紧急排放口、风机进出口、余热锅炉安全阀排气和点火排汽口、主蒸汽母管排汽口都装有小孔消声器；发电机和水泵等设备外加噪音隔离罩；风机进出口、水泵进出口加装橡胶接头等振动阻尼器；水泵等基础设减振垫，从传播途径控制噪声的传播。

3) 提高自动控制水平, 风机、水泵等高噪声设备的参数检测和自控运行做到无需要人员在现场工作。检修时应对有关人员的工作时间作出相应规定以减少人员受噪声危害。

4) 主厂房合理布置, 噪声源相对集中, 控制室、操作间采用隔音的建筑结构。

5) 总图合理布局并加强厂区绿化, 充分利用厂内建筑物的隔声作用, 利用绿化带降低噪声, 减少噪声对周围环境的影响。

6) 车辆产生的噪声, 可以通过加大车辆行驶管理力度, 如限制鸣笛和车速来降低交通噪声。

以上措施可使车间噪声水平符合《工业企业厂界环境噪声排放标准》III类标准, 昼间 $\leq 65\text{dB(A)}$, 夜间 $\leq 55\text{dB(A)}$; 施工期间噪声执行《建筑施工场界噪声排放标准》(GB12523-2011)所规定的限值。再经过厂房建筑的隔声、空气的吸收以及噪声传播过程中的衰减, 对环境不会产生大的影响。

8.4.5 恶臭治理

控制恶臭主要采用隔离的方法。

1) 加强对垃圾转运站与垃圾运输过程的管理, 垃圾运输车辆采用专用密闭式的垃圾运输车辆, 防止飞扬散落, 跑冒滴漏, 并由市政环卫部门定期对沿途运输道路进行冲洗, 减少沿途运输道路臭味的聚集;

2) 垃圾池采用密封设计, 垃圾池与卸料平台间设置自动卸料门, 无车卸料时保证垃圾池密封, 维持垃圾池负压, 减少恶臭外逸。

3) 在卸料大厅与办公区及其他臭源与办公区域之间的连接处都设一道过道间, 增设两道密闭门, 其功能起到隔臭的效果。渗沥液间部分设置单独的出入口, 不与办公部分连接, 在底部先设置一道密闭门, 在其出口处再增设一道密闭门, 并且在臭源与办公区域之间的墙壁尽量采用隔臭建筑材料, 这样就能起到隔臭的效果。

4) 焚烧炉正常运行期间: 垃圾池顶部设置带过滤网的一次风抽气口, 将臭气抽入炉膛内作为焚烧炉助燃空气, 同时使垃圾池内形成微负压, 防止臭气外逸。

5) 焚烧炉停炉检修期间: 为防止垃圾池内可燃气体聚集, 垃圾池内设置可燃气体检测装置。当锅炉全部停运时, 自动开启除臭风机, 将臭气送入除臭间内的活性炭除臭装置过滤并喷洒植物液剂确保达标后排入环境空气中。

6) 规范垃圾池的操作管理, 利用抓斗对垃圾进行搅拌和翻动, 不仅可使垃圾进炉

垃圾热值均匀，且可避免垃圾的厌氧发酵，减少恶臭产生。

7) 渗沥液池为密闭结构，其内部的恶臭气体以自然流动的方式通过 PVC 管道连接到垃圾池，与垃圾池中的恶臭气体一并作为一次进风燃烧处理。

8) 为避免臭气外逸，主厂房为封闭厂房。在建筑设计上尽量减少气流死角，防止气味聚积。

9) 在厂区总平面布置时，根据当地的主导风向，把生产区和生活区分开合理布置，将恶臭的影响降低到最低程度。在厂区四周种植一定数量的高大乔木，减少影响。

10) 本工程还设有喷药系统，定期向垃圾池内喷洒化学药剂，既可减轻异味，又可防止微生物滋生。

11) 污水处理站产生的臭气抽至垃圾池，最后进入炉内焚烧处理。

12) 加强全厂的除臭管理，减少人为活动造成臭气的扩散。

根据工程实践，采取上述措施可使厂界恶臭浓度控制在要求的《恶臭污染物排放标准》(GB14554-93) 厂界标准值中的二级标准值以下。

8.4.6 厂区绿化

(1) 厂区绿化布置原则

绿化布置根据垃圾焚烧厂的规划规模、生产特点、总平面及管线布置、环境保护、美化厂容等要求和当地自然条件，因地制宜统筹规划。突出自然风格，充分利用辅助生产设施周边、主厂房前的空地以及道路两侧进行绿化，做到地面不裸露，同时营造具有岭南特色的园林设计。

(2) 重点区域绿化设计

厂前生活区是工厂绿化的重点区域，是厂区对外的主要窗口，直接影响厂区立面景观，应重点绿化。

生产区在厂区内占地面积较大，特别是 污水处理站与主厂房之间、宿舍及食堂与栈桥之间，该区的绿化应特别重视，一方面要为其创造需要的环境条件，同时也为防止和减轻污染物对周围环境的危害和影响，在该区选择对有害气体和粉尘耐性及抗性强的防污灌木和乔木。

厂内道路绿化是环境绿化的重要组成部分，应满足遮荫、防尘、降低噪音、保证交通运输安全等要求。因此宜选择生长健壮、树冠整齐、分枝点高、遮荫效果好、抗性强的乔木作为行道树。道路两侧通常以等距行列式各栽植 1 至 2 行乔木。道路绿化主干道

两侧行道树多采用行列式布置，创造林阴道的效果。若主干道较宽，中间也可设立分车绿带，以保证行车安全。厂内一般道路、人行道两侧可种植三季有花、季相变化丰富的花灌木。道路与建筑物之间的绿化要有利于室内采光，防止污染，减弱噪音。

在生活区与地磅房及地磅、栈桥之间，主厂房与污水处理站之间用高杆树木隔开，达到环保隔离的作用。

在厂区空地种植草皮配以灌木或乔木，以保持植物的多样性，充分发挥绿化的多重效益。

厂区的其它区域地带错落种植高矮植物，使各厂房掩映于绿树丛林之中，对办公区起到隔离防护作用，即美化了厂区又保护了环境。

在红线范围外进厂道路两侧同时考虑适当的绿化。厂区四周开挖后的场地应及时种植草皮及灌木、花卉等，防止水土流失，保持生态平衡。

8.4.7 施工期污染控制措施

8.4.7.1 施工扬尘污染控制措施

控制施工期扬尘的主要措施有：（1）洒水抑尘；（2）限制车速；（3）保持施工场地的清静；（4）避免大风天气作业。

1) 洒水抑尘

扬尘量与颗粒物的含水率有关，颗粒物含水率越高，扬尘量越小，目前国内大多数施工场地均采用洒水来进行抑尘。下表为施工场地洒水抑尘试验结果。经试验表明，每天洒水 4~5 次，可使扬尘量减少 70%左右，扬尘造成的 TSP 污染距离可缩小到 20~50m 范围，因此本工程可通过该方式来减缓施工扬尘。

表8-4 建设期场地洒水抑尘试验结果

距 离 (m)		5	20	50	100
TSP 小时浓度 (mg/m ³)	不洒水	10.14	2.89	1.15	0.86
	洒 水	2.01	1.40	0.67	0.60

2) 限制车速

施工场地的扬尘，大部分来自施工车辆。在同样清洁程度的条件下，车速越慢，扬尘量越小。本场地施工车辆在进入施工场地后，需减速行驶，以减少施工场地扬尘，建议行驶速度不大于 5km/小时。此时的扬尘量可减少为一般行驶速度（15kg/小时计）情况下的 1/3。

3) 保持施工场地路面清洁

为了减少施工扬尘，必须保持施工场地、进出道路以及施工车辆的清洁，可通过及时清扫，对施工车辆及时清洗，禁止超载，防止洒落等有效措施来保持场地路面的清洁，减少施工扬尘。

4) 避免大风天气作业

应避免在风天气进行水泥、黄沙等的装卸作业，对水泥类物资尽可能不要露天堆放，即使必须露天堆放，也要注意加盖防雨布，减少大风造成的施工扬尘。

5) 其他措施

除此以外，为了减少施工扬尘，施工中还应注意减少表面裸土，开挖后及时回填、夯实，做到有计划开挖，有计划回填。

8.4.7.2 施工噪声的控制措施

施工期的噪声主要通过减少高噪设备的使用；合理安排施工时间和加强对一线操作人员的环境意识教育来控制。在施工过程中尽可能选用机械噪声较低的设备，对于必须使用的设噪设备，要尽量安排在白天施工，但尽可能避开教学时间，并有必要在市环保登记备案，若因施工必要，必须连续施工（如连续灌注）则需事先申报环保局，经批准方可使用，一般情况严禁夜间施工。另一个方面，要加强一线操作人员的环境意识，对一些零星的手工作业，如拆装模板、装卸建材，尽可能做到轻拿轻放，并辅以一定的减缓措施，如铺设草包等。下表为《建筑施工场界噪声限值》（GB12523-90），各施工点必须严格按照该限值执行。在夜间严格禁止各种打桩机的使用。

表8-5 不同施工阶段厂界噪声限值

序号	施工阶段	主要噪声源	昼间	夜间
1	土石方	推土机、挖掘机、装载机	75	55
2	打桩	各种打桩机	85	禁止施工
3	结构	混凝土搅拌机、振捣机、电锯	70	55
4	装修	吊车、升降机	65	55

8.4.7.3 对施工过程中生活污水的控制措施

严禁将各类生活废水和生活垃圾任意排放和丢弃，充分利用现有的污水收集和垃圾收集系统，各类生活污水（包括冲洗水）必须进入化粪池进行处理，生活垃圾要集中定点收集，纳入当地的生活垃圾清运系统，不得任意堆放和丢弃，以减少对环境的影响。

8.5 污染物排放量

经过各种处理措施后，本项目的各种污染物排放指标均能达到本项目的要求，各种污染物年排放量见下表。污染物最终排放量以环评批复为准。

表8-6 污染物年排放量

序号	项目	日均值排放量	年排放量
1	烟尘	10mg/Nm ³	9.58 t/a
2	CO	80mg/Nm ³	76.61 t/a
3	NOx	200mg/Nm ³	191.52 t/a
4	SOx	50mg/Nm ³	47.88 t/a
5	HCl	10mg/Nm ³	9.58 t/a
6	Hg 及其化合物	0.05mg/Nm ³	0.05 t/a
7	Cd 及其化合物	0.10mg/Nm ³	0.10 t/a
8	Pb 等其它重金属	1.0mg/Nm ³	0.96 t/a
9	二噁英类	0.10 ng TEQ/Nm ³	0.10 TEQ/a
10	炉渣	5.54 t/h	38813 t/a
11	飞灰固化物	1.20 t/h	8439 t/a

8.6 环境管理与监测

8.6.1 环境管理

垃圾焚烧厂是一个环保项目，如因管理不善，会产生更大的污染；根据我国环保法的有关规定，企业亦应设置环境保护管理机构，负责组织、落实、监督企业内部的环境保护工作。本工程由副总经理和环保工程师主管全厂的环境管理和监测工作。环境管理机构的主要职责是：

- 贯彻执行环境保护法规和标准；
- 组织制定本企业的环境保护管理规章制度；
- 领导和组织本企业的环境监测；
- 检查本单位的环保设施运行情况；
- 向环保部门申报污染物排放情况。

8.6.2 环境监测

8.6.2.1 焚烧监测

本项目烟气净化处理线设置 1 套进口烟气在线监测系统，对烟气排放量、颗粒物、SO₂、HCl、NO_x、O₂、CO、CO₂ 进行在线监测，监测数据将用于调整焚烧系统燃烧控制。同时与当地监管部门联网以便于监督，在厂区内显著位置以电子显示屏的方式予以显示。

表8-7 焚烧监测项目和频率表

监测种类	监测项目	监测方法	监测频率
烟气	烟气量、颗粒物、SO _x 、NO _x 、HCl、CO、HF、O ₂ 、CO ₂	按 GB/T16157 执行	实时在线监测
污水	BOD ₅ 、CODCR、NH ₃ -N、SS、PH、污水量	按有关规范规范执行	实时监测
噪声监测	汽轮机、发电机、各种泵、风机、空压机等噪声源	按 GB12344 执行	每年 2 次
垃圾分析	垃圾容重、含水率、热值	按有关规范规范执行	每月 1 次
炉渣	热灼减率	按有关规范规范执行	每月 1 次
二噁英	烟气和环境空气中的二噁英	委托专业机构取样测定	烟气二噁英每年 1 次，环境空气二噁英每两年 1 次
恶臭污染物	环境空气中的恶臭	委托专业机构取样测定	每季度 1 次
飞灰浸出毒性	飞灰稳定化物浸出毒性	委托专业机构取样测定	每年 2 次
重金属	烟气中重金属	委托专业机构取样测定	每季度不少于 1 次

以上监测项目可采取在线监测和取样监测相结合的办法，部分项目可在当地的环境监测部门的协助下进行。

8.7 环境保护投资估算

本工程为环保项目，本工程用于污染物治理配套设施方面的环保投资约为 4359.59 万元，占本期项目总投资的 17.98%。

表8-8 本项目拟投入环保工程投资

序号	项 目	投资（万元）
1	烟气净化	2291.43
2	烟气在线监测	50.19
3	灰渣处理系统	155.49

序号	项 目	投资（万元）
4	污水处理系统	1672.43
5	烟囱	15.50
7	消音系统	40.00
9	化验室设备	39.55
10	环境影响评估费	95.00
11	合计	4359.59
12	总投资	24250.63
13	比例	17.98%

第9章 劳动保护、职业安全与卫生

劳动安全与工业卫生是保证职工在劳动生产活动中的安全与健康，改善职工的劳动条件。本工程应贯彻执行国家及部颁发的有关法规、标准及规定，在技术、设备、组织制度等方面采取相应措施，确保劳动安全，改善职工的劳动条件，防止发生职业性伤害及健康危害，保护劳动者在劳动过程中的安全与健康。

9.1 执行依据和准则

9.1.1 设计依据

- 1) 中华人民共和国劳动法，2018年修正版；
- 2) 中华人民共和国劳动合同法，2007年6月29日通过，2008年1月1日起施行。
- 3) 中华人民共和国安全生产法，2002年6月29日通过，2002年11月1日起施行。
- 4) 中华人民共和国劳动部，《建设项目(工程)劳动安全卫生监察规定》，自1997年1月1日起施行。
- 5) 建设项目安全设施“三同时”监督管理暂行办法，2010年12月14日发布，自2011年2月1日起施行。

9.1.2 采用的规范和标准

- 1) 《中华人民共和国劳动法》2018年修正版；
- 2) 《中华人民共和国劳动合同法》2012.12.28修正版；
- 3) 《中华人民共和国安全生产法》2014.8.31修正版；
- 4) 中华人民共和国劳动部，[1997]劳安锅局函12号，关于印发《劳动安全卫生设计规定》的通知；
- 5) 中华人民共和国劳动部令（第3号），《建设项目（工程）劳动安全卫生监察规定》，自1997年1月1日起施行；
- 5) 《生产过程安全卫生要求总则》（GB12801-2008）；
- 6) 《关于生产性建设工程项目职业安全监察的暂行规定》；
- 7) 国家安全监管总局令第36号发布，第77号修正，《建设项目安全设施“三同时”监督管理暂行办法》，自2011年2月1日起施行；
- 8) 《工业企业设计卫生标准》（GBZ1-2010）；

- 9) 《生产设备安全卫生设计总则》（GB5083-1999）；
- 10) 《电气设备安全设计导则》（GB/T 25295-2010）；
- 11) 《用电安全导则》（GB/T13869-2008）；
- 12) 《工业企业噪声控制设计规范》（GB/T50087-2013）；
- 13) 《火力发电厂职业安全设计规程》（DL5053-2012）；
- 14) 《工业企业厂内铁路、道路运输安全规程》（GB4387-2008）；
- 15) 《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB18485-2014）；
- 16) 《生活垃圾焚烧炉及余热锅炉》（GB18750-2008）；
- 17) 《生活垃圾焚烧处理工程技术规范》（CJJ90-2009）；
- 18) 《小型火力发电厂设计规范》（GB50049-2011）；
- 19) 《建筑设计防火规范》（GB50016-2018）；
- 20) 《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）；
- 21) 《火力发电厂采暖通风与空气调节设计技术规定》（DL/T5035-2004）；
- 22) 《火力发电厂保温油漆设计规程》（DL/T5072-2007）；
- 23) 《火力发电厂与变电所设计防火规范》（GB50229-2019）；
- 24) 《工业循环冷却水处理设计规范》（GB50050-2017）；
- 25) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）；
- 26) 《锅炉安全技术监察规程》（TSG G0001-2009）；
- 27) 《固定式压力容器安全技术监察规程》（TSG R0004-2009）；
- 28) 《安全标志及其使用导则》（GB2894-2008）；
- 29) 《工作场所有害因素职业接触限值》（GBZ2-2002）；
- 30) 《工业企业噪声控制设计规范》（GB/T50087-2013）；
- 31) 《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）。

9.1.3 有关规定和准则

加强劳动保护和工业卫生，改善劳动条件，保护劳动者在生产过程中安全，是企业的一项重要准则，也是企业凝聚力、提高经济效益、促进生产发展的一个重要条件。

国务院、劳动部、卫生部、原水利电力等部门，多次发文和召开专门会议研究制定加强劳动安全、改善劳动条件的规定、规程和标准，并明确要求在发电厂设计中作好劳动安全与工业卫生的设计。设计中贯彻安全第一，预防为主的基本指导思想，做到防护

措施安全可靠，保障健康，经济合理，技术可行。要求劳动安全卫生设施必须与主体工程“同时设计、同时施工、同时投入生产和使用”。

9.2 主要危害因素识别

垃圾焚烧发电厂是由多个工艺系统和辅助设施组成，根据垃圾焚烧发电厂工艺和辅助系统的特点，其在运行过程中影响劳动安全和工业卫生的主要因素有如下几个方面：

- 1) 燃油泄漏、电缆散热不良或短路、填埋场沼气造成的火灾；
- 2) 石灰物、灰渣贮运过程、飞灰填埋过程及垃圾上料过程中产生的颗粒物；
- 3) 垃圾卸料、储存、上料及焚烧过程产生的臭气、有毒气体等；
- 4) 化学药剂贮运意外泄漏造成的化学伤害；
- 5) 电气系统、油系统及压力容器等运行不当造成的爆炸；
- 6) 易燃、易爆建筑物受雷击造成的人身和设备的电伤害；
- 7) 汽轮机及空压机、风机等机械转动设备产生的噪声；
- 8) 起吊设备、井、坑、孔、洞等造成的意外的机械伤害及运输车辆伤害。

9.3 主要防范措施

根据劳动安全卫生的有关规定及垃圾焚烧厂在生产过程中可能会产生的危害，本设计采取了有效的防范措施，即在焚烧厂各生产环节设置了有关防火、防爆、防毒、防尘、防噪音、防雷电，通风降温、采光照明等一系列安全及卫生设施。

9.3.1 防火

1) 设置了消防系统。贯彻“预防为主，防消结合”的方针，严格按照有关设计标准和规范进行设计。消防系统主要包括：常规水消防系统、自动喷水灭火系统、探测报警系统和移动式灭火系统。清水池贮存一次消防水量，并保证消防水量不被挪用。

2) 总平面布置在考虑生产工艺流程的同时，重点考虑防火区域的划分。设计中各主要建、构筑物间距均满足《建筑设计防火规范》和《火力发电厂及变电所防火设计规范》的要求；设计所采用的建筑材料均为非燃烧体材料；主要建筑物出入口不少于 2 个，主厂房、汽机间、主控楼、垃圾池、预处理车间等均设有消火栓并在垃圾池内设手动喷淋装置；厂区内设有 7m 宽的环形消防通道，便于消防车辆便捷地到达各建筑物。

3) 柴油装卸场地设计远离主厂房，油泵房采用半地下布置；油罐设有挡油堤，防止储油罐泄漏时油四处蔓延；供油管路尽量采用焊接型式，减少法兰连接，防治漏油；

汽机间设置水泥事故油池，防止油罐泄漏时油四处蔓延。

4) 电气设计防火设施。主要设备均设有防静电接地设施；电缆设施采用防火材料封堵，重要回路的电缆采用耐火电缆，电缆的载流量根据电缆敷设情况考虑电缆不同的折算系数，电缆的选择及短路保护考虑到电缆的热稳定要求；易爆炸危险场所的电气设计符合有关规定要求。

5) 在主要设备间、控制室、重要库房等地设火灾自动报警系统。在中控室设置有消防联动控制柜，可以显示全厂各火灾监控点的状况，发生火灾时能联动消防水泵等消防设备。中控室内 24 小时不间断有人值班，设置有专用消防报警电话，厂内火灾事故时可及时报警和组织灭火。配电间、办公室、控制室、仪表间等按规范要求设备有相应规格和数量的感温或感烟探测器；在电缆夹层、重要电缆沟、电缆桥架处设置有缆式线型定温探测器；垃圾池因厂房高大，普通探测器不能满足要求，设置有红外光束感烟探测器；在垃圾贮液池等处设置有探测甲烷气体的可燃气体探测器。为了通报火情，组织扑救火灾及人员疏散，设立火警广播系统。

6) 填埋场在干旱季节存在火灾隐患，沿填埋场区考虑防火隔离带设置，同时，在填埋场周围储存应急用消防砂土及灭火器，以及配备洒水车等。

9.3.2 防尘

1) 焚烧炉烟气净化以石灰、活性炭作为吸收剂和吸附剂，吸收剂加料口处会产生粉尘。为减小粉尘飞扬，改善劳动条件，在吸收剂料仓顶部均设置除尘系统，每个料仓均配有 1 台仓顶除尘器，保证出口含尘量低于 $10\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。

2) 为防止排渣时产生的扬尘危害，除渣系统采用封闭的湿式捞渣机出渣；渣坑设置一套抽风除尘装置，避免渣吊运行时产生的灰尘外溢造成伤害。

3) 垃圾抓斗运行时会产生灰尘飞扬。为此，垃圾池保证负压运行，灰尘不会外溢；同时垃圾抓斗控制室设在垃圾池上方，并用大玻璃窗封闭。清洗装置能自动清除玻璃窗外壁上的粉尘，不会影响操作人员的操作。

4) 总体布置将人员出入通道与垃圾、灰渣等出入物流通道分开，将办公区尽量远离粉尘产生地。其它场所加强绿化，以尽量减少粉尘的危害。

5) 对填埋作业过程中的废物和土料的装、运、卸等环节产生的粉尘与恶臭，设计主要采取了洒水防尘和作业人员配戴防护口罩（或防毒面具）等防护措施。

9.3.3 防毒、防化学伤害

1) 通控制垃圾焚烧过程, 尽量减少有毒气体的产生; 其余有毒气体通过高效的烟气净化系统处理达标后通过烟囱排放。

2) 飞灰在稳定化前的输送及储存、稳定化过程均严格采用密闭设计。

3) 采用尿素以减少挥发性能, 装卸及贮存均按照安全要求设计和操作。

4) 产生有害气体的室内设机械通风设施, 强制通风, 避免对人体的毒害作用。

5) 垃圾卸料平台设有冲洗设施, 冲洗过的水及生活污水集中收集进行生化处理。

6) 垃圾池渗沥液集中收集至渗沥液收集池, 收集池设有排风装置, 将有毒有味气体排入垃圾池内。垃圾池或其它有毒区域检修时, 检修人员应戴防毒面具, 身着防护服, 检修时间不超过 2h。

7) 为防止垃圾池异味外逸, 用一次风机从垃圾池顶部吸风, 保持垃圾池内成微负压状态; 当焚烧炉检修导致负压不足时启动备用的活性炭除臭装置, 保证除臭效果。

9.3.4 防噪音

1) 优先选择低转速设备, 降低噪声源头, 设置消声器, 装饰必要的吸声材料, 对控制室、操作室除单独设置外, 采用隔声门窗等措施。

2) 总图布置上将生产区与行政办公区、生活区分开, 高音设备集中布置在焚烧厂房内。

3) 设备基础作减振处理。对可能产生振动的管道, 特别是泵和风机出口管道, 采取柔性连接的措施, 以控制振动噪声。

4) 主蒸汽管、汽包安全阀出口加装消音器。为了避免锅炉启动蒸汽对空排汽所引起的噪声, 加装锅炉启动减温减压器, 将蒸汽凝结成水, 排入凝汽器。

9.3.5 防爆

为防止意外事故发生, 保证人身安全, 防止设备受损, 设置了焚烧炉出口蒸汽温度过高、压力过高等报警装置及连锁停炉保护措施。垃圾池内设烟雾报警装置。对易燃易爆的场所设计中考虑加强通风, 选用防爆电器元件, 防爆电机, 防爆灯具。

选用压力容器符合压力容器的等级标准, 并取得劳动监察部门的认可, 设备均安装有安全阀、压力表和报警器, 设计和选型均符合现行的有关标准和规定。

9.3.6 防电伤害

所有电气设备外壳均做保护接地, 在接地网附近和通道交叉处采取降低跨步电压的

措施。厂用电和配电装置故障都配备声和光信号报警，根据生产工艺及技术要求对必要设备进行联锁控制。检修照明、焚烧炉照明都采用安全电压，并加装漏电保护开关。

防雷击接地、工作接地和保护接地工程采用复合人工接地装置，并尽量利用基础工程进行接地以降低电阻并减少接地工程投资。

9.3.7 防机械伤害

1) 为防止人受到坠落伤害，厂内井、坑、孔、洞均加装盖板或护栏，有些部位既加盖板也加护栏。厂内梯子、平台周围均加装栏杆，防止人坠落，栏杆的设置满足有关规范要求。

2) 各种机械传动装置的非标准设备及联动生产线的设计，其机械传动装置必须同时设计防护罩。凡人员必须跨越或从下通过的联动生产线、有危及人员安全的部位，应设置防护罩或固定安全桥。安全桥应设防护栏。

3) 设备裸露的转动或快速移动部分，应设有结构可靠的安全防护罩、防护栏杆或防护挡板；设备与设备之间、设备与物品周转通道之间应按照规定留足空间，以免发生碰撞事故。

4) 危险设备主体及转动件应采用防护罩、防护屏、挡板等固定、半固定防护装置，进、出料口等人机接触部位应采用连锁、半连锁装置，防止意外事故发生。

5) 高处作业人员及搭设高处作业安全设施的人员，应经过专业技术培训及专业考试合格，持证上岗，并应定期进行体格检查。对患有职业禁忌证（如高血压、心脏病、贫血病、癫痫病、精神疾病等）、年老体弱、疲劳过度、视力不佳及其他不适于高处作业的人员，不得进行高处作业。

6) 制定交通安全管理制度，完善厂区交通安全设施；加强驾驶人员培训，严格驾驶行为管理；定期对机动车辆检测和检验，保证机动车辆车况良好；吊车、斗臂车、叉车等的起重机械部分符合起重作业安全要求。

9.3.8 安全照明

从安全角度出发，在电厂易造成爆炸、火灾或人身伤亡等严重事故的场所，装设因正常照明系统发生故障，供继续工作或人员疏散用的事故照明，其照度符合有关规定的要求。主厂房内的事事故照明采用交直流切换，附属车间的事事故照明采用应急灯。

电厂主要工作场所和通道的照明标准及灯具的选择符合《火力发电厂和变电所照明设计技术规定》DLGJ56 及《工业企业照明设计标准》GB50034 的规定。

9.3.9 安全标志

项目按照现行国家标准《安全色》GB2893、《安全标志及其使用导则》GB2894、《消防安全》GB13495、《工业管道的基础识别色、识别符合和安全标识》GB7231 等标准的要求设置相关安全标志。

根据设备设施功能、安全要求、防护及警示需要、消防规定、作业环境、制作要求等因素，结合厂内条件、厂区布置及交通运输、工艺系统及设备等配置各类安全标志。

安全标志标识齐全、规范，符合国家规定，满足有关安全设施配置标准要求。安全标志设在醒目位置，局部信息标志设在所涉及的相应危险地点或设备附件的醒目处。

9.4 劳动卫生措施

9.4.1 安全防护

对工作环境较恶劣的场所如垃圾分拣岗位，加强个人劳动防护，穿戴特制防护服等措施。为接触粉尘人员配备防尘面具、防尘口罩、防尘工作服等，为接触化学物质人员配备防毒面具、防毒口罩等，为接触酸碱、氨等试剂的人员配备防酸碱手套、防护面罩、防护眼镜、防毒口罩、防护工作服、防酸碱鞋等，为接触噪声人员配备防噪声耳塞和耳罩，为维修工配备焊接面罩、焊接手套、焊接防护服、防尘毒口罩、耳塞等，

制定个人使用的职业病防护用品的配置种类、数量以及维护、保养、使用管理制度，明确个人使用的职业病防护用品的采购标准，要对使用者进行维护、保养、使用知识培训。

填埋区应严格按照填埋工艺对废物进行填埋作业，分层分单元压实，并进行每日覆盖。填埋作业应按照分区单元的填埋作业方法，有效控制填埋作业面，减少粉尘、臭气、渗沥液产生量等，达到改善作业环境、减少渗沥液产生量和控制污染的目的。填埋场工作人员实行劳保用品发放和定期体检制度，加强员工的卫生防疫工作，并实行持证上岗制度。场内已经设置卫生室、浴室、更衣室、休息室等，提高了卫生条件等级。填埋作业前，对周围环境卫生现状作本底调查，并在填埋作业期间定期监测各项环境因子等。

9.4.2 工作环境

生活饮用水水质符合《生活饮用水卫生标准》，保证饮水健康。

采用高效节能灯具，焚烧发电厂房采用钠汞混光灯，办公室采用节能型日光灯，照

明照度不低于 60lx，以保护工作人员视力。

本厂的焚烧炉给料、燃烧控制系统，烟气净化控制系统，发电机组控制系统以及除氧给水系统的自动化水平均较高，大大减轻了岗位工人的劳动强度。

垃圾车在出垃圾坡道后在洗车房进行清洗，随时清扫厂区撒落的垃圾入垃圾池。厂区保证足够的绿地率，净化与美化环境，改善微小气候。

9.4.3 健康监护

按《中华人民共和国职业病防治法》和《用人单位职业健康监护监督管理办法》的规定完善职业健康监护制度。

依照《职业健康监护技术规范》等国家职业卫生标准的要求，制定、落实本单位职业健康检查年度计划，并保证所需要的专项经费，安排接触粉尘、化学物质和物理因素等职业病危害因素的工作人员进行上岗前、在岗期间、离岗时和应急职业健康检查。

每年对岗位工人进行一次体检。

9.5 管理机构

项目遵守《中华人民共和国安全生产法》（2014 年修订）（主席令第十三号）和其他有关安全生产的法律、法规，加强安全生产管理，建立、健全安全生产责任制和安全生产规章制度，改善安全生产条件，推进安全生产标准化建设，提高安全生产水平，确保安全生产。

为了满足安全及卫生的需要，本工程已设立相应的安全卫生管理机构，并配备专职与兼职的安全卫生设施维修、保养、日常监测检验人员与监督管理人员，负责厂区的安全卫生工作。

建设单位的主要负责人须具备与本单位所从事的生产经营活动相应的安全生产、职业卫生知识和管理能力，并对本单位的安全生产及职业卫生工作全面负责，其主要职责如下：

- 1) 负责建立、健全本单位安全生产责任制；
- 2) 组织制定本单位安全生产规章制度和操作规程；
- 3) 组织制定并实施本单位安全生产教育和培训计划；
- 4) 保证本单位安全生产投入的有效实施；
- 5) 督促、检查本单位的安全生产工作，及时消除生产安全事故隐患；

- 6) 组织制定并实施本单位的生产安全事故应急救援预案;
- 7) 及时、如实报告生产安全事故;
- 8) 制定职业病危害防治计划和实施方案;
- 9) 建立健全职业卫生管理制度和操作规程;
- 10) 健全职业卫生档案资料。

配套应急填埋区的管理措施为:

1) 填埋场设置安全管理机构,配专人负责劳动安全与职业卫生的管理工作。在有安全隐患的地方均设置安全警示标志,制订填埋区及调节池车辆进出等安全管理办法,并且着专人负责;

2) 制订对防火隔离带的杂草清理和消防设施的定期检查与维护制度;

3) 填埋场建立有严格的甲烷浓度检测制度,配备人工和自动检测仪器。当建构筑物内甲烷浓度接近 1.25%时,即采取局部强制通风措施;

4) 在填埋作业区不设置任何永久性或临时性的封闭式或半封闭式建构筑物(包括库房和工具房等),照明和动力设备均采用防爆型电器,严禁烟火进入;

5) 填埋实行人员安全培训和持证上岗制度。

9.6 应急预案

结合本项目生产过程中潜在危险源和事故后果,确定编制相应的应急预案内容。

应急预案应形成体系,针对各级各类可能发生的事故和所有危险源制定综合应急预案、专项应急预案和现场应急处置方案,并明确事前、事发、事中、事后的各个过程中相关部门和有关人员职责。

(1) 综合应急预案

综合应急预案是从总体上阐述处理事故的应急方针、政策、应急组织结构及相关应急职责,应急行动、措施和保障等基本要求和程序,是应对各类事故的综合性文件。

(2) 专项应急预案

专项应急预案是针对具体的事故类别、危险源和应急保障而制定的计划或方案,是综合预案的组成部分,应按照综合应急预案的程序和要求组织制定,并作为综合应急预案的附件。专项应急预案应制定明确的救援程序和具体的应急救援措施。

(3) 现场处置方案

现场处置方案是针对具体的装置、场所或设施、岗位所制定的应急处置措施。应根

据风险评估及危险性控制措施逐一编制，做到事故相关人员应知应会，并通过演练，迅速反应、正确处置。

9.6.1 安全应急预案

根据生产设备特征、危险有害因素情况等，分析本工程可能发生的重特大事故类型、事故发生过程、破坏范围及事故后果。确定需要编制应急救援预案的重特大事故类型。建议该工程针对以下几个方面编制应急预案，报当地安监部门，并组织演练：

(1) 综合应急预案

(2) 专项应急预案

- ①压力容器及炉外管道爆破事故应急预案
- ②汽轮机油系统火灾、超速、轴系断裂和大轴弯曲事故应急预案
- ③锅炉爆炸（各受热面、汽包）应急预案
- ④电缆火灾事故应急预案
- ⑤全厂停电事故应急预案
- ⑥渗沥液爆炸事故应急预案
- ⑦中毒窒息事故应急预案
- ⑧施工及检修期大件吊装、高空作业、交叉作业等危险点的事故应急预案等

(3) 现场处置方案：

- ①触电人身伤亡事故现场处置方案
- ②机械伤害人身伤亡事故现场处置方案
- ③车辆伤害人身伤亡事故现场处置方案
- ④电缆火灾事故现场处置方案
- ⑤火灾伤亡事故处置方案
- ⑥全厂停电应急处置方案
- ⑦高处坠落伤亡事故处置方案
- ⑧灼烫伤亡事故处置方案
- ⑨中毒伤亡事故处置方案

9.6.2 卫生应急预案

设计应急救援组织机构（站）编制和人员定员。应急救援组织机构急救人员的人数宜根据工作场所的规模、职业性有害因素的特点、劳动者人数，按照 0.1%~5% 的比例

配备，并对急救人员进行相关知识和技能的培训。有条件的企业，每个工作班宜至少安排 1 名急救人员。

建立应急救援队伍，队伍人员应覆盖各个班次。救援人员应掌握有毒气体、液体泄漏、中暑的处理及人员救护的方法。对应急救援人员和接触职业病危害因为的人员应进行定期培训，使其熟悉各种气体、液体应急关断阀、应急排风系统及应急救援设备的位置和存放地点。

设置医疗室并配备急救药品，配备相应人员及设施；与参与应急救治的协作医院签署协议；与当地救援机构（包括医院等）紧密配合，共同制订应急救援预案。应对预案进行实际演练，并根据实际需要预案进行修改和更新。

制定职业危害应急救援预案，包括：一氧化碳、氮氧化物、二氧化硫、臭氧、氟化氢、氯乙烯、氨、硫化氢、酸碱烧伤（盐酸）、电焊光伤眼、中暑等职业危害事故现场应急处理预案等，并定期进行演练，以保证方案的有效性。

9.7 预期效果

遵照“安全第一，预防为主”的方针，本工程采用国内安全可靠的设备并致力提高生产过程的机械化、自动化程度，因而大大减少了危害工人健康的因素和不安全隐患。同时针对本项目焚烧垃圾的特点，对垃圾臭气、渗沥液、恶臭等的防范作了周到的设计，并在防火、防人身伤亡事故方面采取了防患于未然的、积极的措施。可以预见，本项目投产后，在取得环保效益，社会效益，经济效益的同时，也保障了工人在生产过程中的劳动安全与卫生。

第10章 管理体制、劳动定员与建设进度

10.1 管理体制

组织机构将按现代企业管理制度要求设置，实行董事会领导下的总经理负责制。行政总监和生产运行总监为副手。项目公司将设置生产运行部、行政管理部、财务部三大管理部门。

生产运行部是一线生产部门，应根据有关规程、制度，按照运行部提出的要求，进行设备的维护工作。以满足安全、经济、环保的工作目标为宗旨。

行政管理部和财务部是为一线生产部门服务的服务性部门。服务性部门必须树立为一线生产部门服务的观念，以保证焚烧厂的正常运营。一线生产部门具有配合其他部门工作的义务。

10.2 劳动定员

本工程参照国家计委和建设部制定的《城市生活垃圾焚烧处理工程项目建设标准》（建标[2010]142号）和《生活垃圾卫生填埋处理工程项目建设标准》（建标[2009]124号）的规定，本着精简高效、提高劳动生产率、分工合理、职责分明的原则，进行人员设定。一期工程现有运行人员为77人，根据生产运营需要，本期工程新增定员18人，人员配置详见下表。

其中，垃圾焚烧发电厂生产运行为连续工作制，4班3运转运行，即每天3班，一个班休息，每班8小时。管理人员根据实际工作情况可以调整工作制。

表 10-1 人员配置表

部门	岗位名称	班制	一期	本期新增 (二期)
管理部门	总经理/副总经理	1	2	
	综合办公室	1	3	
	财务办公室	1	3	
采购部门	采购员	1	1	1
安全环境部门	经理/安环工程师	1	2	
生产部门	生产运行部经理	1	3	
	值长	4	5	1

部门	岗位名称	班制	一期	本期新增 (二期)
	锅炉	4	8	4
	电气	4	8	2
	汽机	4	8	4
	化水	4	4	2
	污水	4	4	2
	吊车	4	4	
	燃运班长	1	1	
	吊车值班员	1	1	
	地磅	2	3	
	水处理班长	1	1	
	汽机值班员	1	1	
	检修主管	1	1	
	机务检修	4	5	1
	电气检修	1	2	1
	热控检修	1	2	
	锅炉工程师	1	1	
	电气工程师	1	1	
	汽机工程师	1	1	
	化水工程师	1	1	
	热控工程师	1	1	
	合计		77	18

项目公司的人员按照《劳动法》及当地用工制度进行人员聘用，其中，运行管理人员、主要技术人员将由项目业主指派具有长期相关工艺技术和生产管理经验丰富的人员担任，生产工人和部分技术人员在社会上招聘，由于本项目的机械自动化程度较高，所聘人员应具有相关岗位的学历或资格。

由于垃圾焚烧发电厂系统复杂，设备众多，自动化水平较高，在管理上、技术上都需要掌握较高的水平，人员培训是生产技术及质量保证的重要手段。人员培训的内容包括生产技术，生产管理，主要设备仪器操作、生产调试、维修及产品质量控制等。培训对象主要为工人。技术人员和管理人员应有同类生产厂的管理经验。

全部操作工人应进行岗前培训，部分人员将到国内同类型工厂进行培训、实习，以

便能尽快掌握管理及生产技术。

10.3 工程实施条件

本项目的大部分土建已在一期完成，本期主要建设内容为设备安装。施工道路利用现有进场道路。施工用水、用电可从附近供水、供电系统中接入。施工用的建筑材料均可由当地供应。

10.4 建设进度

本项目前期决策及专题研究工作约为7个月，设计、设备采购、场地准备、土建施工、设备安装、调试总进度为12个月，工程实施计划进度如下：

- | | |
|--------------------|--------|
| 1) 可研、环评等前期工作编制和审查 | 7个月。 |
| 2) 主要设备采购 | 1.5个月。 |
| 3) 初步设计和施工图 | 4.5个月。 |
| 4) 场地平整和土建施工 | 4个月。 |
| 5) 辅助设备招标采购 | 2个月。 |
| 6) 设备安装 | 5个月。 |
| 7) 全厂调试 | 2个月。 |

以上各阶段可交叉进行，合理安排。

标识号	任务名称	工期	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2		
1	1 项目前期工作	213 个工作日																								
2	1.1 可行性研究	30 个工作日																								
3	1.2 环境影响评价	90 个工作日																								
4	1.3 项目核准	30 个工作日																								
5	2 开工准备	135 个工作日																								
6	2.1 主要设备招标	30 个工作日																								
7	2.2 初步设计及评审	45 个工作日																								
8	2.3 场地平整	20 个工作日																								
9	2.4 辅助设备招标	60 个工作日																								
10	2.5 施工图设计	90 个工作日																								
11	3 项目建设	240 个工作日																								
12	3.1 土建施工	90 个工作日																								
13	3.2 设备供货	90 个工作日																								
14	3.3 设备安装	150 个工作日																								
15	4 调试运行	60 个工作日																								
16	4.1 总体调试	30 个工作日																								
17	4.2 试运行	30 个工作日																								
18	4.3 投产	0 个工作日																								

第11章 投资估算

11.1 编制说明

11.1.1 工程概况

项目名称：廉江市生活垃圾焚烧发电二期项目

建设地点：湛江市廉江市新民镇七星岭。

建设规模：日处理生活垃圾 600 吨，配 1 台 600 吨/日机械炉排焚烧炉和 1 台 12MW 纯凝式汽轮发电机组。

11.1.2 编制范围

本估算内容包括：建筑工程、设备购置及安装工程以及按国家规定为进行基本建设所需要的其他费用。

其中建筑工程费包括各种房屋和构筑物的建筑工程；各种室外管道铺设工程；总图竖向布置、土石方工程等；

安装工程费包括各种机电设备、专用设备、仪器仪表等设备的安装及配线；工艺、供热、供水等各种管道、配件和闸门以及供电外线安装工程；

设备购置费包括需要安装和不需要安装的全部设备购置费、备品备件购置费。

11.1.3 编制依据

- 1) 《市政公用工程设计文件编制深度规定》（2013 年版）；
- 2) 《市政工程投资估算编制办法》（建标[2007]164 号文）；
- 3) 《市政工程投资估算指标第 10 册—垃圾处理工程》（HGZ47-110-2008）；
- 4) 《广东省市政工程综合定额》（2018）；
- 5) 《广东省房屋建筑与装饰工程综合定额》（2018）；
- 6) 《广东省安装工程综合定额》（2018）；
- 7) 《火力发电工程建设预算编制与计算规定》（2013）；
- 8) 当地建设工程人工、设备、材料价格信息；
- 9) 《国家发展改革委重大固定资产投资项目社会稳定风险评估暂行办法》（发改投资[2012]2492 号）；
- 10) 国土资源部《关于加强地质灾害危险性评估工作的通知》（国土资发[2004]69

号)；

11) 国家水利部(保监[2005]22号)关于水土保持监理费、监测费、技术文件技术咨询服务费、水土保持设施竣工验收技术评估报告编制费计列的规定。

11.1.4 其他说明

1) 建筑工程费按照工程量,参考同类项目及当地材料价格,采用指标法估算;

2) 设备购置费的原价按照近期国内制造厂提供的到厂价格进行计列;

3) 主要工艺设备的安装费按照设备原价的百分比估算;管道安装工程按照不同材质及规格分别按长度或重量估算;供电线路按每千米指标估算;自控、变配电设备、动力配线按主要设备和主要材料费的百分比估算。

4) 项目建设采用社会资金建设运营,项目工程建设期1年。考虑到本项目的产业化运作,自有资金和贷款分别按建设投资30%、70%筹措。

5) 建设单位管理费依据财建[2016]504号文计取;

6) 工程勘察费按照第一部分工程费用的一定比例计取;

7) 工程设计费依据国家计委、建设部《工程勘察设计收费管理规定》(计价格[2002]10号文)计取;施工图预算编制费及竣工图编制费分别按照设计费的10%及8%计取;

8) 项目建议书、可行性研究报告编制及评估费用,按计价格[1999]1283号文《建设项目前期工作咨询收费暂行规定》;

9) 环境影响评价按计价格[2002]125号《国家计委、国家环保总局关于规范环境影响咨询收费有关问题的通知》执行;

10) 工程监理费依据《国家发展改革委、建设部关于印发<建设工程监理与相关服务收费管理规定>的通知》(发改价格[2007]670号)计取;

11) 招标代理服务费按国家计委计价格[2002]1980号《招标代理服务收费管理暂行办法》计取;

12) 工程保险费根据中国国际工程咨询公司咨经[1998]11号文,结合中国人民保险公司的有关规定,按建安工程费用总额的一定比例计算;

13) 水土保持方案编制、监理、监测、评估、咨询等计费依据保监【2005】22号《关于开发建设项目水土保持咨询服务费用计列的指导意见》;

14) 联合试运转费按《火力发电工程建设预算编制与计算规定(2013年版)》计取;

15) 基本预备费以第一部分“工程费用”总值和第二部分“工程建设其他费用”总值

之和为基数，预备费率按 6% 计取；

16) 建设期利息按商业银行五年以上中长期贷款利率 4.90% 计算。

11.2 总投资估算

本期总投资 24250.63 万元，其中建筑工程费用为 4210.41 万元（占比 17.36%），设备购置费为 11989.57 万元（占比 49.44%），安装工程费为 3493.81 万元（占比 14.41%），工程建设其他费用为 2713.27 万元（占比 11.19%），预备费为 1344.42 万元，建设期利息为 405.88 万元，铺底流动资金为 93.27 万元。详见下表。

表11-1 工程投资估算总表

序号	工程或费用名称	估算金额（万元）					比例 (%)
		建筑工程	设备购置	安装工程	其他费用	合计	
1	2	3	4	5	6	7	8
一	工程费用						
1	燃烧/热力系统	0.00	6065.07	1740.96		7806.03	32.19%
2	烟气净化系统	15.50	2014.10	261.83		2291.43	9.45%
3	灰渣处理系统		137.60	17.89		155.49	0.64%
4	化学水处理系统		3.80	0.49		4.29	0.02%
5	压缩空气系统		38.80	5.04		43.84	0.18%
6	给排水系统	1115.91	1698.04	252.21		3066.16	12.64%
7	电气系统		1278.42	856.99		2135.41	8.81%
8	自动控制系统		616.74	335.26		952.00	3.93%
9	通风空调系统		6.75	13.38		20.13	0.08%
10	主厂房及设备基础	2964.50				2964.50	12.22%
11	附属工程	114.50	130.25	9.75		254.50	1.05%
	工程费用小计	4210.41	11989.57	3493.81	0.00	19693.79	81.21%
二	其他费用				2713.27	2713.27	11.19%
三	基本预备费（6%）				1344.42	1344.42	5.54%
	建设投资	4210.41	11989.57	3493.81	4057.69	23751.48	97.94%
四	建设期利息				405.88	405.88	1.67%
五	铺底流动资金				93.27	93.27	0.38%
	总投资	4210.41	11989.57	3493.81	4556.84	24250.63	100.00%
	比例（%）	17.36%	49.44%	14.41%	18.79%	100.00%	

第12章 财务评价

12.1 编制说明

- 1) 《建设项目经济评价方法与参数》;
- 2) 《市政公用设施建设项目经济评价方法与参数》(建标[2008]162号);
- 3) 关于完善垃圾焚烧发电价格政策的通知(发改价格[2012]801号);
- 4) 《资源综合利用产品和劳务增值税优惠目录》财税[2015]78号;
- 5) 《中华人民共和国企业所得税法实施条例》。

12.2 资金筹措

本项目资金来源:全部分由建设单位筹措,包含资本金注入和银行贷款两部分,其中资本金比例为30%。

项目总投资中,资本金为7278.09万元(包括铺底流动资金93.27万元),债务资金为17190.17万元(包括长期借款16566.66万元、建设期利息405.88万元,流动资金贷款为217.63万元)。根据项目运营所需的原材料、燃料等周转天数按分项详细法测算的流动资金为310.90万元。

12.3 财务分析

本财务分析计算期按31年,包括1年建设期和30年生产运营期。

12.3.1 成本分析

1、成本估算依据

- 1) 根据各设计专业提供的物料消耗资料;
- 2) 外购原材料、辅助材料、燃料等按现行市场价格计算;
- 3) 垃圾渗沥液处理费按60元/吨计算;
- 4) 固定资产折旧,建筑物按30年计提折旧,机器设备按15年计提折旧,净残值率为0,其他资产按10年摊销;
- 5) 年人均工资及福利费按12万元估算;
- 6) 修理费用按固定资产原值的2.4%估算,包括大修、年修及日常维护等。每年除

尘布袋更换费用平均估算为 79.73 万元；

7) 房产税根据《广东省房产税施行细则》的要求，按照房产原值一次减除百分之三十后的余值乘以 1.2% 计算缴纳；

8) 其他费用主要包括其他制造费用、其他管理费用，是参照同类型垃圾发电厂资料估算，除此外还包括保险费及摊销费及排放物化验监测费用。

2、成本估算分析

生产运营期平均每年总成本费用为 3173.78 万元，平均年经营成本 2195.91 万元。

12.3.2 盈利能力分析

1) 销售收入及销售税金估算

a. 本项目平均折算吨垃圾上网电量 266.74kWh，根据国家发改委《关于完善垃圾焚烧发电价格政策的通知》（发改价格[2012]801 号），280kWh/吨垃圾内电力上网价格 0.65 元/kWh（含税），超过部分上网价格按最新的广东省脱硫机组标杆电价 0.4530 元/kWh（含税）。故正常年年售电收入 3797.07 万元。

b. 垃圾处理费按 78 元/吨计算，年垃圾处理费收入 1708.20 万元。

c. 销售税金及附加税：根据财政部和国家税务局财税[2015]78 号文件规定，本项目售电收入可实行增值税即征即退政策，垃圾处理费增值税只退 70%，平均年纳增值税为 49.11 万元。城市建设维护税、教育附加费及地方教育附加费分别是 5%、3% 和 2%，平均年附加费 85.83 万元。

2) 利润估算

根据《中华人民共和国企业所得税法实施条例》规定，企业所得税税率 25%、从事环境保护、节能节水项目，包括公共污水处理、公共垃圾处理等行业的企业能享受“三免三减半”的优惠，所以本报告按此税率和优惠计算。法定盈余公积金按 10% 提取，年平均利润总额 2012.06 万元。

3) 现金流量分析

根据逐年现金流量计算，项目投资税前财务内部收益率为 11.02%，投资回收期为 9.92 年，财务净现值（ic=8.0%）为 7250.71 万元；税后财务内部收益率为 9.51%，投资回收期为 10.79 年，财务净现值（ic=8.0%）为 3352.22 万元；从投资者角度看，资本金投资税后财务内部收益率为 12.55%，投资回收期为 12.48 年。

12.3.3 清偿能力分析

本项目长期借款 16566.66 万元，建设期利息为 405.88 万元。生产期利息逐年摊入成本，还款资金来源为未分配利润、折旧费、摊销费，借款偿还期为 10.96 年。

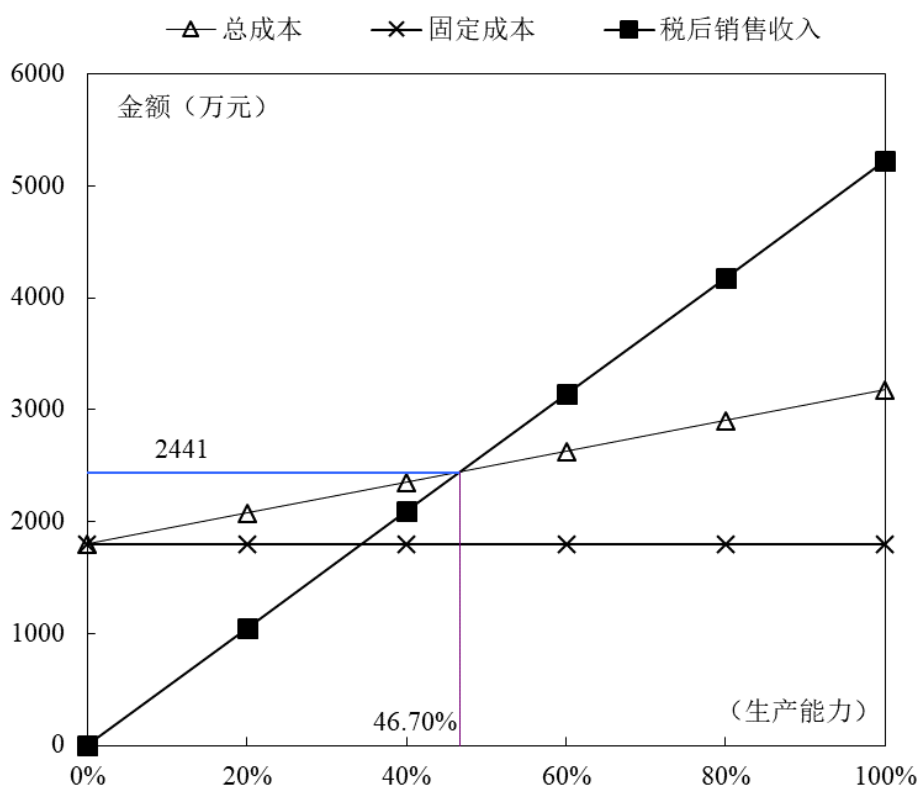
12.3.4 生存能力分析

本项目单靠销售收入并不能满足补偿成本的要求，需要政府提供补贴性的垃圾处理费收入才能实现自身资金平衡。

12.3.5 不确定性分析

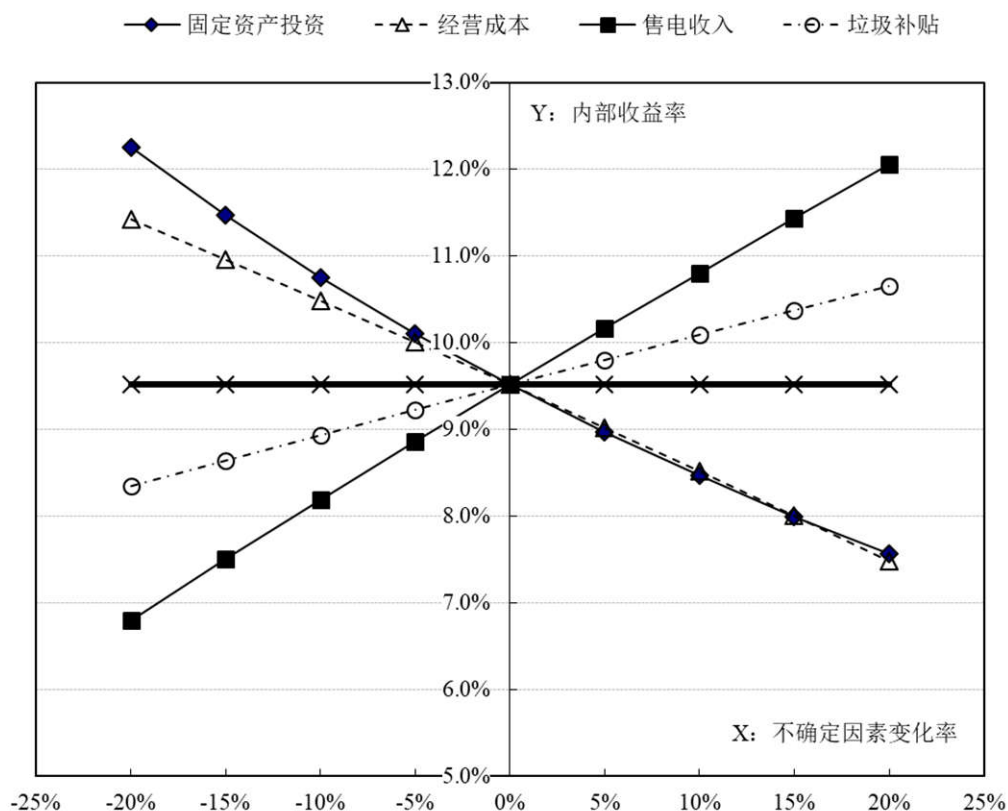
1) 盈亏平衡分析

以生产能力利用率表示的盈亏平衡点(BEP)为 46.70%，即按正常的生产经营计划，当预期营业收入（税后）达到 2441 万元，方可保持盈亏平衡。其盈亏平衡点较差，表明项目抗风险能力较差。



2) 敏感性分析

对本项目的 4 个较为敏感的因素作敏感性分析，当固定资产投资、售电收入、垃圾补贴、经营成本作相应 $\pm 10\%$ 的单独变化时，对税前内部收益率的影响程度。



序号	变动因素	变动幅度	内部收益率 (%)	敏感系数	敏感程度
1	基本方案		9.51%		
2	固定资产投资	10%	8.47%	-11.02%	2
		-10%	10.75%	13.03%	
3	经营成本	10%	8.52%	-10.50%	3
		-10%	10.48%	10.18%	
4	售电收入	10%	10.81%	13.57%	1
		-10%	8.19%	-13.89%	
5	垃圾补贴	10%	10.09%	6.04%	4
		-10%	8.93%	-6.13%	

根据分析结果显示，最为敏感的因素是售电收入和固定资产投资的变化，应引起着重关注。

12.4 财务评价

由于本项目是以处理生活垃圾为主，综合利用为副的环保工程，社会效益显著，通过政府给予垃圾处理费收入补贴，使生产运转得以维持正常，并有一定的经济效益。

12.5 风险分析

纵观以上各项分析，影响本项目实现预期经济效益的风险因素主要有以下几种：政策风险、项目收益风险、运营成本费用风险。

(1) 政策风险

本项目对国家的税收优惠政策依赖较大，随着国人环保意识的逐年增强，国家越来越重视环境污染问题，估计对现有优惠政策作出重大逆向调整的可能性不大，此类风险较低。

(2) 项目收益风险

收益风险主要来源两方面：发电量、电价与预测的垃圾处理费收入。

本项目发电量能否达到预期主要受垃圾量影响，如当地政府能与投资方签订保证垃圾量等协议，将会减少此类风险。未来电价可能受政策调整影响，此类风险一般。垃圾处理费是基于现行成本价格预测的，未来成本价格上涨时可能影响项目的收益，此类风险一般。

(3) 运营成本费用风险

未来成本费用上涨的可能性较大，特别是飞灰处理费用、渗沥液处理费用、工资等因素的上升。如敏感性分析结果显示成本上涨时内部收益率有一定幅度的下降，应引起重视。此类风险一般，根据本项目的特点和实际情况，可在签署协议时要求一旦出现此类情况时（给予一定的幅度）提高垃圾处理费以防范此类风险。

以上各项防范风险的措施未必能达到预定的效果，但可尽量减低风险，使企业能最大限度地平稳经营，只有保持发电量及控制成本才能保持正常的生产运营，及提高防范未来风险的能力。

第13章 工程效益

13.1 环境效益与社会效益分析

如今，城市生活垃圾处理水平已经成为反映一个城市文明程度、经济实力、科技实力以及城市管理者的环境意识和现代意识的标志。生活垃圾管理与污染防治已成为城市环境保护的重要内容之一。本项目的建设是当地社会经济可持续发展的重要基础设施之一，具有显著的社会效益和环境效益。

1) 提升垃圾处理水平，改善环境质量；

生活垃圾直接填埋的工艺存在以下问题：

一是占用大量土地资源。生活垃圾如直接卫生填埋，随着每天垃圾量的入场，填埋场的库容被不断地低效率消耗。当库容填满后，就会需要更多的土地资源来建设新的填埋场。同时各类难以降解的化学物质还有对土壤造成污染的风险；生活垃圾腐烂形成渗沥液会有可能会对地表水和地下水带来污染。

二是存在二次污染问题。垃圾集中堆放容易导致易腐烂变质的部分、有毒有害的部分产生污染物，即使铺设防渗层和排气管，问题也难以避免，对周围的土壤、空气、地下水产生严重的环境污染。其污染表现是一个长期的、缓慢的累积过程。生活垃圾通常没有显著的毒性和危害性，环境又有一定的污染承受和自净能力，因此生活垃圾填埋污染通常不会是急性的。但生活垃圾的污染是一种累积效应，随着生活垃圾的降解和进一步的累积，各种各样的污染问题最终会显现出来。

三是群众反对意见强烈。人们的环保意识和对卫生健康的关注程度不断提高，长久以来垃圾填埋场带来的消极印象难以去除，周围居民的反对声音越来越强烈，致使许多地方填埋场难以正常运行，新填埋场建设难以落地。

国家及湖北省“十三五”城镇垃圾处理规划指出，经济发达地区和土地资源短缺、人口基数大的城市，优先采用焚烧处理技术，减少原生垃圾填埋量。

原生垃圾焚烧后再进行填埋，一方面可以高效实现生活垃圾的减量化（75%以上）和减容化（80%以上），提高填埋场宝贵库容的使用效率，延长填埋场的寿命；另一方面实现污染的迅速处理，将填埋场数十年间释放的污染物集中在数个小时内快速处理，严格达标排放，减少了生活垃圾填埋污染的累积效应。

而随着国家及众多投资商的不懈努力，积累了大量的社会风险化解经验，先前发生

过大规模抗议事件的杭州中泰、江苏吴江、广东番禺等项目均实现复建，本项目的一期工程也经历过停建再恢复的艰难过程，因此可以预见垃圾焚烧将很快度过“邻避效应”的寒冬，迎来邻利的春天。

2) 提升城市形象，改善投资环境；

国家新型城镇化规划（2014—2020年）中指出，城镇化是伴随工业化发展，非农产业在城镇集聚、农村人口向城镇集中的自然历史过程，是人类社会发展的客观趋势，是国家现代化的重要标志。而随着城镇化的推进，垃圾处理设施作为市政公用基础设施中的重要一环，也需要及时配套。环境卫生工作是城市发展水平的重要标志，是城市形象的直观反映，直接影响社会发展和人民群众的生活质量。

城市生活处理处置是一项系统工程，它涉及收集、运输、处理处置和管理等一系列的程序，主要的问题是统一收集覆盖面不够完全，在垃圾收运过程中容易造成二次污染。本项目的建设，可以逐步完善和改进生活垃圾的收运方式和设施，使服务区域生活垃圾的收运系统逐步走向正轨，减少垃圾收运过程中造成的环境污染。

本项目的建设及运营，能有效地解决城市垃圾污染及资源回收问题，为营造一个整洁的城市市容环境，使城市面貌、生态环境得到了较大的改善。投资环境和生活环境改善后，将进一步吸引境内外投资者，对实现当地经济的可持续发展具有重大的现实意义。

3) 增加电力供应，提供就业机会；

本工程在一定程度上满足当地用电增长需求，缓解当地供电紧张的局面，对推动当地的社会经济发展起重要作用。

本工程可以为当地提供数十个劳动直接就业机会。同时项目施工和运行过程中会给当地其他生产机构如建材市场，带来部分的交易机会，间接地带动劳动就业。

可见，工程建设期间及建成后，增加当地群众就业机会、市场建设机会，并建成后增加地方税收，增加镇、村财政实力，不仅不会给当地群众造成经济负担，反而会增加群众的收益。

4) 变废为宝，促进循环经济，有力推进垃圾分类；

生活垃圾是放错了地方的资源，并且是一种可贵的战略资源。据报道我国目前城市年产垃圾量约1亿3千万t，并以7%~9%年递增速度增加。随着垃圾焚烧技术日趋完善，垃圾焚烧发电、垃圾填埋沼气发电让垃圾变废为宝成为可能。垃圾焚烧技术前景广阔，现已被国内外多个城市所采用。

垃圾焚烧发电是通过垃圾干燥、燃烧和燃烬三个阶段，让垃圾在850℃至1100℃的

高温下充分燃烧。焚烧中，可通过 DCS 自动控制系统和自动燃烧控制系统即时监控和调整炉内垃圾的燃烧工况，及时调节炉排运行速度和燃烧空气量。焚烧垃圾产生的高温烟气在余热锅炉中进行热交换，产生过热蒸汽，推动汽轮发电机组产生电能。电能通过电网，输送到各地，实现了垃圾资源化处理。在具备热负荷的条件下还可以实现对外供热。

目前国家正在积极推进垃圾分类，习近平总书记和李克强总理先后就垃圾分类做了指示。近期颁布的《生活垃圾分类制度实施方案》指出，到 2020 年底，基本建立垃圾分类相关法律法规和标准体系，形成可复制、可推广的生活垃圾分类模式，在实施生活垃圾强制分类的城市，生活垃圾回收利用率达到 35%以上。统筹规划建设生活垃圾终端处理利用设施，积极探索建立集垃圾焚烧、餐厨垃圾资源化利用、再生资源回收利用、垃圾填埋、有害垃圾处置于一体的生活垃圾协同处置利用基地，安全化、清洁化、集约化、高效化配置相关设施，促进基地内各类基础设施共建共享，实现垃圾分类处理、资源利用、废物处置的无缝高效衔接，提高土地资源节约集约利用水平，缓解生态环境压力，降低“邻避”效应和社会稳定风险。

本项目的建设，解决了近期服务区域内的垃圾处理紧张局面，同时可以作为远期垃圾分类后成为生活垃圾终端处理利用设施，有力推进垃圾分类。

13.2 节能效益分析

节约能源是我国经济发展的一项长期战略任务，因此项目建设认真贯彻国务院《节约能源管理暂行条例》的有关规定，设计中注意采用节能措施，注意采用新技术、新工艺、新材料是本项目建设的宗旨。

本工程是垃圾焚烧发电项目，实现垃圾的减量化、无害化和资源化处理，是一个变废为宝、减少污染、节约能源的绿色环保项目。主要工艺过程为：垃圾运输车将生活垃圾运至厂内垃圾池，由抓斗将垃圾送入焚烧炉燃烧，燃烧产生的余热在锅炉中加热给水，产生蒸汽进入蒸汽轮机做功，产生电力输送至电网，具备明显的节能效益。

13.2.1 用能标准和节能规范

13.2.1.1 政策法规

- 1) 《中华人民共和国节约能源法》（主席令 2016 第 48 号）
- 2) 《中华人民共和国可再生能源法》（修正案）主席令[2009]第 23 号

- 3) 《中华人民共和国电力法》(主席令 1995 第 60 号)
- 4) 《中华人民共和国建筑法》(主席令 1997 第 91 号)
- 5) 《中华人民共和国清洁生产促进法》(主席令 2002 第 72 号)
- 6) 《中华人民共和国循环经济促进法》(主席令 2008 第 4 号)
- 7) 《中华人民共和国计量法》(主席令 1985 第 28 号)
- 8) 《重点用能单位节能管理办法》(原国家经济贸易委员会 1999.3.10)
- 9) 《节约用电管理办法》(经贸委、发改委[2000]1256 号)
- 10) 《国务院关于发布促进产业结构调整暂行规定的通知》(国发[2005]40 号)
- 11) 《国家鼓励发展的资源节约综合利用和环境保护技术》(国发 [2005] 65 号)
- 12) 《国务院关于加强节能工作的决定》(国发[2006]28 号)
- 13) 《中国节能技术政策大纲》(发改环资[2007]199 号)；
- 14) 《中国节水技术政策大纲》(2005 年第 17 号)；
- 15) 《产业结构调整指导目录(2019 年本)》；

13.2.1.2 合理用能标准

- 1) 《节能评估技术导则》GB/T31341-2014
- 2) 《综合能耗计算通则》GB/T2589-2008
- 3) 《企业节能量计算方法》(GB/T13234-2009)
- 4) 《工业企业能源管理导则》(GB/T15587-2008)
- 5) 《用能单位能源计量器具配备与管理通则》(GB/T17167-2006)
- 6) 《节电技术经济效益计算与评价方法》(GB/T13471-2008)
- 7) 《能源管理体系要求》GB/T23331-2009
- 8) 《节水型企业评价导则》(GB/T7119-2006)
- 9) 《企业能量平衡通则》GB/T3484-2009
- 10) 《评价企业合理用电技术导则》GB/T3485-1998
- 11) 《评价企业合理用热技术导则》GB/T3486-1993
- 12) 《工业炉窑保温技术通则》GB/T16618-1996
- 13) 《设备及管道保温技术通则》GB/T 4272-2008
- 14) 《设备及管道绝热设计导则》GB/T 8175-2008
- 15) 《设备及管道保温效果的测试与评价》GB/T8174-2008
- 16) 《节电技术经济效益计算与评价方法》GB/T13471-2008

13.2.1.3 节能设计标准

- 1) 《工业企业能源管理导则》GB/T 15587-2008
- 2) 《火力发电厂和变电所照明设计技术规定》DLT5390-2007
- 3) 《火力发电厂燃料平衡导则》DL/T606.2-2014
- 4) 《火力发电厂热平衡导则》DL/T606.3-2014
- 5) 《火力发电厂电能平衡导则》DL/T606.4-1996
- 6) 《火力发电厂节水技术导则》DL/T783-2001
- 7) 《取水定额-第一部分 火力发电》(GB/T18916·1-2012)
- 8) 《工业设备及管道绝热工程设计规范》GB50264-2013
- 9) 《工业设备及管道绝热工程施工质量验收规范》GB50185-2010
- 10) 《公共建筑节能设计标准》GB50189-2015
- 11) 《绿色建筑评价标准》GB/T50378-2006
- 12) 《绿色建筑技术导则》(建科[2005]199号)
- 13) 《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ134-2001
- 14) 《居住建筑节能检测标准》JGJ/T132-2009
- 15) 《空调通风系统运行管理规范》GB50365-2005
- 16) 《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》(GB50019-2015)
- 17) 《外墙外保温工程技术规程》JGJ144-2004
- 18) 《民用建筑热工设计规范》GB50176-93
- 19) 《建筑照明设计标准》GB50034-2013
- 20) 《建筑采光设计标准》GB50033-2013

13.2.2 能耗状况和能耗指标分析

13.2.2.1 能耗状况

本项目建成后运营期间的能源消耗种类如下：

- 1) 二次能源：电力、蒸汽、柴油；
- 2) 耗能工质：新鲜水、循环冷却水补充水、除盐水、压缩空气；
- 3) 再生能源：生活垃圾。

本项目消耗的电力、蒸汽、循环冷却水补充水、压缩空气、除盐水为项目界区内的自备加工转换装置生产的能源及耗能工质，其消耗的能量已计入项目总耗电量和耗水量

之中，不再重计。因此项目实际消耗的能源及工质为生活垃圾、新鲜水及柴油，消耗量分别如下：

1) 生活垃圾

本阶段建设规模为日处理入厂生活垃圾 600t/d，按照一年 365 天接纳垃圾，年处理入厂生活垃圾量为 21.9 万吨。在垃圾池内放置数天后渗出 20%水分后再入炉燃烧。本项目年处理入炉生活垃圾为 17.52 万吨。

2) 新鲜水

本项目生活用水和生产用水均未采用自来水，因此无新鲜水消耗。

3) 柴油

项目柴油主要用于焚烧炉点火、辅助燃烧使用，全年消耗约 80 吨柴油。

根据上述条件，计算项目年综合能源消费量为 32997.25tce（当量值），7231.79tce（等价值）。具体如下表所示。

表13-1 年综合能源消费量核算表

序号	名称	单位	年消耗量	折标准煤系数	能源消费量 (tce)
一	输入				40176.63
1	生活垃圾 (入炉)	10 ⁴ t	17.52	0.2287 kgce/kg	40060.06
2	柴油	t	80	1.4571 kgce/kg	116.57
二	输出				
	电	10 ⁴ kW·h	5841.64	当量指标系数 0.1229kgce/kwh	7179.38
				等价指标系数 0.5640kgce/kwh	32944.84
综合能源消费量 (输入-输出) (计入垃圾)				当量值	32997.25
				等价值	7231.79

13.2.2.2 能耗指标

本厂生产运行时的能源消耗主要是水、电和柴油，处理一吨固体废物的能耗指标如下：

电耗 ~58.55kWh/t 垃圾

水耗 ~2.36m³/t 垃圾

柴油消耗 ~0.37kg/t 垃圾

13.2.3 节能措施

节约能源与合理利用能源是一项非常重要的国策，本工程在设计中认真贯彻节约与开发并重、合理利用能源的要求，具体分述如下：

13.2.3.1 工艺设计

1) 垃圾池设计满足拟建容量数天的垃圾焚烧量，垃圾渗沥液充分渗出后，有效降低入炉垃圾的含水率，保证垃圾热值满足焚烧炉稳定燃烧的要求。

2) 燃烧用一次风从垃圾池上方抽取臭气入炉焚烧，保证垃圾池形成负压防止臭气外逸，节省了单独除臭的能源消耗。

3) 一次风空气进入焚烧炉之前，先通过蒸汽式空气预热器加热，然后从炉排下部分段送风，按照炉排上干燥、燃烧、燃烬等不同的燃烧阶段分别设计一次风供应，对垃圾起到良好的干燥及助燃效果的同时，有效节约一次风的用量，从而减少一次风机的耗电量。

4) 汽轮机多级抽汽回热，分别加热一次风、除氧器、低加等，有效降低了凝汽器的冷源损耗；连续排污扩容器二次蒸汽回收，接至除氧器，回收余热。

5) 凝汽器定期清洗，循环冷却水加絮凝剂和阻垢剂，保持凝汽器铜管的清洁，降低凝汽器背压，提高汽机热经济性。

6) 烟气脱酸采用“半干法+干法”的组合工艺，可根据焚烧工况灵活调配各自工艺的负荷，增加运行稳定性，降低运行成本。

7) 烟、风管道上尽量不设与控制操作无关的风门，在布置上充分做到流向合理，以降低管道阻力，节省风机电耗。

8) 主蒸汽、主给水管道系统采用集中母管制，简化了系统，节省部分阀门和管道。

9) 化学水处理系统采用反渗透装置，替代了一级复床，延长了再生周期，大大减少了酸碱试剂和水的耗量。

10) 厂用电配电主要采用放射式配电方式，配电柜布置靠近负荷中心，缩短供电中径，电缆截面选择合理，大幅减少送电回路的线损，提高厂用系统的总体效率，厂用电采用 10kV 和 380/220V 两种电压等级，利于节能。

13.2.3.2 设备选型

1) 垃圾上料系统采用变频调速控制及 PLC 自动控制系统。吊车具备手动和半自动模式，可以快速切换，有效降低操作人员的劳动强度，提高劳动效率。

2) 采用先进的垃圾焚烧设备, 焚烧炉和锅炉的热效率达 80%以上, 能够更有效的回收热能。蒸汽轮机采用国内先进成熟的制造技术, 以保证优质和高效。

3) 一次风机、二次风机、引风机、给水泵等采用变频器调速电机, 其中引风机采用高压变频调速。

4) 凝汽器冷却水采用自然通风冷却塔冷塔, 有效降低电能消耗;

5) 辅机电动机均优先采用高效节能的 Y 型电机。

6) 炉、机、电集中控制楼采用集中式空调系统, 减少电能消耗。

7) 主变压器、厂用变压器等选用节能型变压器, 降低变压器自身的损耗。

8) 采用先进的控制系统, 控制调节燃烧工况, 提高锅炉效率, 减少燃料耗量。各种能源实行三级计量, 做到进厂、进车间和进设备计量, 以便考核。

13.2.3.3 材料选择

1) 汽水管道、烟、风管道及辅助设备主保温层的厚度按年最小费用法计算确定经济厚度, 并择优选取优质保温材料, 既保证设备和运行人员的安全, 又达到经济合理。考虑了加强露天设备及管道的保温以减少散热损失。

2) 汽水管道、设备安装严密, 采用品质优良、密封性能好的阀门和蒸汽疏水器, 防止在生产过程中的汽、水损失。

3) 电缆选择时考虑到敷设方式, 防火等因素影响电缆载流量, 采用综合系数法选择电缆截面, 使电缆流量有足够的余度, 以减少电能损耗。

13.2.3.4 节水措施

本工程通过加强水务管理, 统一调度, 综合平衡和全面规划全厂供、用、排处理水的各项设计, 达到一水多用, 综合利用和重复循环使用, 以降低电厂耗水指标, 具体措施如下:

1) 冷却水系统采用闭路循环水方式, 并选用高效循环冷却水处理技术, 在循环水中采用加酸加入稳定剂, 保持循环水较高的浓缩倍率, 减少水资源浪费。

2) 工艺热力系统设计上, 采取了有效措施, 如堵截汽水管道跑、冒、滴漏等, 以减少汽水损失, 即减少了耗水量。

3) 除盐水制备过程中产生的浓水, 作为出灰渣的冷却用水。

4) 汽水取样装置、给水泵、引风机、料槽采用自来水冷却, 冷却后排水进入冷却塔水池作为循环冷却水补充水, 达到复用的目的。

5) 凝汽器、冷油器、空冷器、空压站、液压装置冷却采用循环冷却水供水：其中空压站和液压装置的冷却回水直接进入冷却塔底集水池，其它冷却回水进入冷却塔。

6) 冷却塔的排污水，一部分用于可用做绿化及道路冲洗，其余用做降温池冷却水，使排水量降低到最小。

7) 在烟气净化系统中，反应器设置了烟气出口温度调节回路，节约了用水。

8) 全厂自用汽来自汽机做功后的抽汽，蒸汽设备的冷凝水全部回收，汽机的乏汽经凝汽器冷却后，变为凝结水，全部进入除氧器，减少了化学水补水量。

9) 化学水处理系统采用反渗透装置，替代了一级复床，延长了再生周期，大大减少了酸碱试剂和水的耗量。

10) 尽量利用生产废水，经处理达标后用于地面冲洗、设备冲洗等，达到一水多用，从而减小补给水量。

11) 对各种不同水质的供排水系统进行水量和水质监测，配置必要的计量控制设施。

12) 补给水应统一管理、统一分配，在补给水系统总管上及主要用户的接管上均设置有水量计量装置，限额使用，并建议在生产中进行考核。

13) 加强对各用水点运行上的管理，制定指导性的运行操作规程，严格控制用水量。

13.2.3.5 节约原材料

1) 本工程以生活垃圾为主要燃料，炉渣进行综合利用，既减少生活垃圾污染，又可变废为宝，利用垃圾燃烧产生热量来发电。当焚烧炉启动点火和当垃圾低位热值偏低或垃圾燃烧欠佳时，采用柴油助燃。

3) 主厂房屋面系统采用钢屋架，上铺大型屋面板，减轻结构自重，减少预埋件，方便施工，加快设计及施工进度等；优化主厂房和管道布置，使管道材料的用量尽可能达到最少，节约钢材、木材和水泥等原材料。

13.2.3.6 建筑节能

(1) 建筑能耗指标按标准设计计算。单位面积能耗指数应达到现行国家或行业标准水平和国内先进水平。

(2) 建筑围护结构、供热管网采取保温隔热措施。

(3) 空调制冷系统规模按设计负荷设置，并设有调节控制装置及能量计量仪表。

(4) 节能性建筑设备与产品的选用，包括门窗、室内供热系统控制与计量、设备及散热器、空调、燃气燃烧器具、照明电器及控制系统等

(5) 合理布置各厂房间距离，在满足各建筑物和地下管道防火规范要求前提下，尽可能布置紧凑，使厂区管道尽可能短捷，以减少能源损失。

13.2.4 节能措施效果

垃圾发电项目本身是节能项目，通过各种节能措施，可使本项目发挥更大的节能效益：

1) 本期项目达产年处理约 21.9 万吨垃圾，利用余热发电，在设计点每年平均发电量 7124 万度，可上网 5842 万度，与同容量小火电(按供电标煤耗 0.308kg/kWh)相比，相当于节约了 1.80 万吨标准煤。

2) 采用垃圾焚烧方案，垃圾减容量可达 90%，减重量可达 80%，大量减少了填埋垃圾用地。

第14章 项目招标投标内容

14.1 招标范围及组织形式

14.1.1 招标的依据

本项目招标工作需遵循以下法律、法规的要求：

- 1) 《中华人民共和国招标投标法》（中华人民共和国主席令第二十一号）；
- 2) 《工程建设项目招标范围和规模标准规定》（国家计委令第3号）；
- 3) 《评标委员会和评标方法暂行规定》（国家计委等7部委12号令）；
- 4) 《工程建设项目自行招标试行办法》（中华人民共和国国家发展计划委员会令第5号）。

14.1.2 招标范围及组织形式

招标的范围包括：

- (1) 建设项目的勘察设计招标；
- (2) 施工监理招标；
- (3) 施工企业选择招标；
- (4) 设备、材料招标。

鉴于项目法人单位目前尚（有可能）不具备自行招标所具备的编制招标文件和组织评标的能力，该项目招投标活动，全部委托给有资质的招标代理机构办理。

14.2 招标程序

14.2.1 投标、开标、评标和中标程序

根据建设规模和建设要求，在招投标过程中必须遵守如下程序：

- (1) 项目经上级部门批复同意后，项目承办单位在指定的媒体上发布招标公告。
- (2) 在招标文件开始发出之日起30日内，具有承担投标项目能力的法人或者其它组织都可以投标。投标人少于3个时，应当重新进行招标。投标文件应当对招标文件提出的实质性要求和条件做出响应，招标项目属于勘察设计、建筑施工、监理的，招标文件的内容还包括拟派出的项目负责人与主要技术人员的简历、业绩和拟用以完成招标项目的机械设备。

(3) 开标时委托招标代理单位主持，邀请所有投标人参加，由招标人委托公正机构检查并公证。投标人的投标应当符合下列条件之一：能够最大限度的满足招标文件中规定的各项综合评价标准或者能够满足招标文件的实质性要求，并且经评审的价格合理。

(4) 评标按照《中华人民共和国招标投标法》的规定和程序进行。

(5) 中标人确定后，招标人向中标人发出中标通知书，该通知书具有法律效力，若中标人放弃中标项目，应当承担法律责任。自中标通知书发出 30 日之内，按照招标文件，项目承办单位和中标人签订书面合同，同时，中标人不得向他人转让中标项目，不得将中标项目肢解后分别向他人转让。

14.2.2 评标委员会的人员组成和资质要求

项目全部采用公开招标的方式，因此，在招投标过程中，为保证项目的公开，对评标委员会的组成和资质有如下要求：

(1) 评标委员会人员组成

评标委员会由项目承办单位的代表和有关技术、经济等方面的专家组成。根据本方案在项目开标当天从市发改委专家库中随机抽取。评标委员会主任由资深的专家担任，评标委员会采用单数制，但最低不少于 5 人，并且技术、经济等方面的专家不得少于成员总数的三分之二；评标委员会要严格按照招标文件确定的评标标准和方法，对投标文件进行评审和比较。投票采用打分制，以得分高者中标。

(2) 评标委员会成员的资格要求

评委会成员职称要求在副高（副教授）级以上，从事本专业至少在 8 年以上，对工程项目有较深入的研究，并且职业道德良好，与投标单位无任何利害关系。评标委员会成员应当客观公正的履行职务，遵守职业道德，对所提出的评审意见承担个人责任。

14.3 招标意见

根据《建设项目可行性研究报告增加招标内容以及核准招标事项暂行规定》（2001 年 6 月 18 日发布的第 9 号国家计委令）和《中华人民共和国招标投标法》的规定，结合本工程项目的性质和建设情况，为了加快工程进度和保证工程质量，针对本工程的特点，提出以下招标意见供参考。

勘察：采用委托公开招标方式。

设计：采用委托公开招标方式。

建筑工程：采用委托公开招标方式。

安装工程：采用委托公开招标方式。

监理：采用委托公开招标方式。

设备：采用委托公开招标方式。

重要材料：对于阀门、电缆、自控仪表等对安全、稳定运行息息相关的材料采用委托公开招标方式。

其它：生产过程中所需的材料主要是试剂消耗品，如石灰、活性炭、螯合剂、尿素、化学药剂等，可酌情部分招标，其它材料可采用委托公开招标方式或直接在市场采购。

表14-1 招标基本情况表

项目	招标范围		招标组织形式		招标方式		不采用招标方式
	全部招标	部分招标	自行招标	委托招标	公开招标	邀请招标	
勘察	√			√	√		
设计	√			√	√		
建筑工程	√			√	√		
安装工程	√			√	√		
监理	√			√	√		
主要设备	√			√	√		
重要材料	√			√	√		
其它		√		√	√		
合计金额							

第15章 结论与存在问题

15.1 研究结论

1) 根据垃圾量预测结论, 建议本项目的扩建规模为 600 吨/日, 正常年处理垃圾量为 21.9 万吨, 有效地缓解了服务区域的生活垃圾处理严峻形势, 提高了服务区域内生活垃圾的焚烧处置比例, 提高了资源利用率, 减少了填埋量, 解决了近期垃圾应急处理设施不足的状况, 有效改善了服务区域的生态环境, 符合国家与地方的规划, 因此本项目的建设是必要的。

2) 本项目采用成熟的机械炉排炉焚烧方式处置生活垃圾, 日处理生活垃圾 600 吨, 配置 1 台处理能力为 600t/d 机械炉排焚烧炉及 1 台 51.56t/h 中温中压余热锅炉(4.0MPa , 450℃), 配置 1 台 12MW 次高温中压凝汽式汽轮机(3.82MPa , 435℃) 及 1 台 12MW 的发电机。

3) 烟气净化系统采用“SNCR 炉内脱硝+半干式脱酸+干法喷射+活性炭吸附+布袋除尘+预留 SCR 脱硝”组合工艺, 达到《生活垃圾焚烧污染控制标准》GB18485-2014 及 EU2000 的排放限值和当地环保部门给定的污染物允许排放总量的排放标准后通过烟囱排放。

4) 本项目厂内生产、生活废污水均在厂内处置后回用, 其中渗沥液送入本期新建的 220t/d 渗沥液处理站, 渗沥液采用“厌氧反应器(EGSB)+两级反硝化硝化(A/O)+MBR+膜深度处理(两级 DTRO)”处理后回用, 其他生产生活污水采用“水解酸化+二级接触氧化生化处理+中水深度处理”的处理工艺处理后回用, 不对外排放。清下水外排。

5) 项目产生的炉渣为一般固废, 采取外运综合利用的处置方式; 产生的飞灰为危废, 采用螯合剂的稳定化工艺处理达到无害化标准后进入填埋场进行无害化填埋。

6) 本项目总投资为 24250.63 万元。垃圾处理费按 78 元/吨计算, 根据财务分析初步测算, 本项目税后财务内部收益 9.51%, 投资回收期 10.79 年。

综上, 建设本项目技术方案可行, 污染达标排放, 可实现垃圾处理“无害化、减量化、资源化”, 取得较好的社会效益。故建设本项目是可行的、必要的。

建议:

1) 城市垃圾发电厂是一个跨行业的综合性项目, 希望在政府部门统一管理下加强

市政、环卫、电力行业之间的合作，还应对现有的垃圾管理体制进行改革，建立和健全垃圾收费制度，为城市垃圾处理提供必要的经费，使城市垃圾发电厂运营正常，减少政府的负担。

2) 建设单位尽快委托相关单位开展环境影响评价、水土保持方案、节能评估报告、电力接入报告、地质灾害危险性评估报告等报告的编制工作，以确保项目的顺利实施。

3) 建议建设单位尽快完成一期提标技改的可行性研究，以作为本期报告的支撑。

4) 鉴于一期工程的公众事件，建议建设单位尽快启动扩建的公众参与工作，广泛征求公众对于项目扩建的意见，避免或降低社会风险事件的发生。

15.2 存在的问题

1) 受当地收运系统影响，目前廉江市还有较多生活垃圾进行原生填埋处置，本期扩建后尚无法实现全量焚烧。本报告的垃圾量预测还需要当地垃圾处理现状及当地收运规划的支撑。

2) 项目为扩建工程，尚需一期工程实际运行数据作为本期扩建的参考。建议在后续设计阶段，在一期投产运行数据的基础上优化设计参数。