第四章 结构工程

# （1）钢筋混凝土结构

（1.1）混凝土

（1.1.1）普通混凝土材料要求

普通混凝土强度等级满足设计要求，相关指标检测满足国家规范、标准要求。

（1.1.2）混凝土振捣

1）混凝土采用机械振捣。振动棒的操作要求做到快插慢拔，插点间距300mm左右，在振捣过程中，要将振动棒上下略有抽动，以使上下混凝土振捣均匀。每个振点振捣时间以20-30秒为宜，且以混凝土表面呈水平不再显著下沉、不再出现气泡、表面泛出灰浆为准，不得有漏振、欠振、过振现象。振捣上层混凝土时，振捣棒应插入下层混凝土50-100mm。浇筑速度要保持连续均匀，到后浇带边时适当减缓浇筑速度和振捣力量，防止后浇带模板因受力产生变形。

2）振捣过程中要防止振动模板，并尽量避免碰撞钢筋、管道、预埋件等。混凝土浇筑振捣完毕后，由于泵送混凝土坍落度大，在振捣密实后还在不断沉缩，往往出现早期的沉缩裂缝，为防止表面沉缩裂缝，在砼表面加10～30㎜粒径的石子，用木抹子或铁抹子拍实抹平，有裂缝的位置应拍实，使其愈合，接近终凝时，再至少抹压2-3遍，采用毛刷将表面刷平，然后盖上塑料薄膜防止混凝土早期脱水。

（1.1.3）混凝土养护：

养护时间：为保证混凝土在适宜的硬化条件下，防止在早期由于干缩而产生裂缝，在大体积混凝土浇筑完毕，并抹平后立即铺一层塑料膜，浇水次数应能保持砼处于湿润状态，普通混凝土洒水养护时间不少于7天；当气温低于5℃时，应采取保温措施，不得对混凝土洒水养护。

（1.1.4）质量标准：

1）混凝土施工

①主控项目：

结构砼的强度等级必须符合设计要求。用于检查结构构件砼强度的试件，应在砼的浇筑地点随机抽取。

抗渗砼试件应在浇筑地点随机取样，取样不得少于一次，留置3组。

砼运输、浇筑及间歇的全部时间不应超过砼的初凝时间，同一施工段的砼应连续浇筑，并应在底层混凝土初凝之前将上一层混凝土浇筑完毕。

②一般项目：

施工缝的位置应在砼浇筑前按设计要求和施工技术方案确定。施工缝的处理按施工技术方案执行。

后浇带的留置位置应按设计要求和施工技术方案确定。

混凝土浇筑完毕后，应按施工技术方案及时采取有效的养护措施，并应符合下列规定：

应在浇筑完毕后12h以内对砼加以覆盖并保湿养护。

普通混凝土洒水养护时间不得少于7d，掺用缓凝型外加剂或有抗渗等要求和高强度混凝土（C60及以上），以及后浇带、湿接头等特殊部位的混凝土养护时间不少于14天。

浇水次数应能保持砼处于湿润状。

砼敞露的全部表面应用塑料布覆盖严密，并应保持塑料布内有凝结水。

砼强度达到1.2N/㎡之前，不得在其上踩踏或安装模板及支架。

2）现浇结构外观尺寸

①主控项目：

现浇结构的外观质量不应有严重缺陷。

现浇结构不应有影响结构性能和使用功能的尺寸偏差。

②一般项目：

现浇结构的外观质量不应有一般缺陷。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **项目** | **允许偏差（㎜）** | **检验方法** |
| 轴线位置 | 15 | 钢尺检查 |
| 垂直度 | 8 | 经纬仪或吊线、钢尺检查 |
| 标高 | ±10 | 用水准仪及尺量检查 |
| 电梯井对定位中线 | +25mm，0mm | 钢尺检查 |
| 截面尺寸 | +8mm，-5mm | 钢尺检查 |

（1.1.5）成品保护：

要保证钢筋和垫块的位置正确。

不用重物冲击模板，应搭设跳板，保护模板的牢固和严密。

已浇筑砼表面要加以保护，必须在砼强度达到1.2Mpa以后，方准在面上进行操作及安装支架和模板。

所有甩出钢筋，在进行砼施工时，必须用塑料套管或塑料布加以保护，防止砼污染钢筋。

（1.1.6）应注意的质量问题及防治措施

1）蜂窝：砼一次下料厚度不宜过大，振捣方式严格按交底要求实施；模板缝隙处理作为一道工序，要堵严。

2）露筋：钢筋垫块按规定垫好，钢筋绑扎位置要保证不位移。砼振捣要防止过振或漏振。

3）砼麻面、粘结：支模时应保证模板表面清理干净并刷好隔离剂，侧模拆除时砼强度应能保证其表面及棱角不受损伤。

4）孔洞：钢筋较密的部位采用刀尺式振捣棒，防止砼漏振。

5）截面尺寸、垂直度、平整度、轴线位移等误差不应超允许值过大。

# （2）钢筋

（2.1）钢筋的材料要求

钢筋应符合国家现行标准《钢筋混凝土用钢 第1部分：热轧光圆钢筋》GB/T 1499.1、《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2、《钢筋混凝土用余热处理钢筋》GB/T 13014的规定。

钢筋强度标准值的采用详见《混凝土结构设计规范》4.2.2条，钢筋强度标准值应具有不小于95%的保证率。

钢筋强度设计值的采用详见《混凝土结构设计规范》4.2.3条。

一级、二级框架梁、柱及斜撑构件（含梯段）纵向受力钢筋的抗拉强度实测值与屈服强度实测值的比值不应少于1.25；且钢筋的屈服强度实测值与屈服强度标准值的比值不应大于1.30；钢筋在最大拉力的总伸长率实测值不应小于9%。

预埋钢板宜采用Q235钢、Q355钢，其质量应符合国家现行标准《碳素结构钢》GB/T 700的要求。不应采用沸腾钢；材料具有抗拉强度、伸长率、屈服强度、冷弯试验和硫、磷、碳含量的合格保证。

（2.2）钢筋连接

钢筋连接方式及要求见结构设计图纸及国标图集22G101-1、2、3。

（2.3）钢筋代换

如需钢筋代换，应满足结构设计图纸及《建筑抗震设计规范》3.9.4条的规定。

（2.4）结构混凝土耐久性要求

本工程混凝土耐久性应满足《混凝土结构设计规范》（GB50010-2010）（2015年版）第3.5.3条要求。

（2.5）钢筋混凝土梁、板、柱等构造要求

梁、板、柱等构造要求构造详见国标图集（22G101-1、3）。

（2.6）其它

以上要求与本工程图纸、现行规范、规程及标准图集存在矛盾时，应以本工程图纸、现行规范、规程及标准图集为准。基础及地基处理要求详见结构图纸及相关规范。

# （3）砌体工程

（3.1）材料要求

详建筑、结构专业施工图纸要求。

（3.2）砌体填充墙

（3.2.1）填充墙与主体结构的连接做法详见国标图集（22G614-1）。

（3.2.2）与钢筋混凝土墙(柱)连接的填充墙，应沿墙(柱)全高设拉筋，做法详见国标图集（22G614-1）且满足设计要求。

（3.2.3）当填充墙长度不大于5m时，墙顶与梁（板）之间应斜砌顶紧,做法详见国标图集（22G614-1)。

（3.2.4）当填充墙长度大于5m时，墙顶与梁（板）应设拉接,做法详见国标图集（22G614-1)。

（3.2.5）填充墙转角处应设构造柱；且当墙长超过8m或大于层高的2倍时，应每隔4m左右设构造柱，做法详见国标图集（22G614-1）页15、16。填充墙高超过4m时，在半层高或门洞上皮宜设置与柱连接且沿墙全长贯通的混凝土水平系梁，做法详见国标图集（22G614-1）19、20页。

（3.2.6）当柱边或剪力墙边砌体长度不大于300mm 时，柱边或剪力墙边砌体应以混凝土框代替

（3.2.7）楼梯间和人流通道的填充墙，砂浆面层中应设置1.2@15x15细密镀锌钢丝网，与砌体采用专用铁质U型卡固定，间距1000x1000。

（3.2.8)砌体质量控制等级B级。

（3.2.9)其余应满足《砌体结构工程施工质量验收规范》(GB50203）的相关要求。

（3.3）其它

以上要求与本工程图纸、现行规范、规程及标准图集存在矛盾时，应以本工程图纸、现行规范、规程及标准图集为准。

# （4）钢结构

(4.1)验收规范、标准和设计图纸

(4.1.1)验收规范、标准

本工程施工和验收除执行施工图设计所列的法律法规、规范规程及参考标准外，尚应按国家和地方相关的设计和施工现行标准、规范和规程执行；当检测验收要求指标值在上述不同规范、规程和图纸中的要求不一致时，应以较严格要求为准。

(4.1.2)设计图纸

(4.1.2.1)本工程由设计方提供施工图设计，施工图设计必须加盖设计方的出图章并经发包人委托的有审图资质的审图机构审查通过并签章，方为有效图纸。

(4.1.2.2)由发包人、监理、设计方和承包人参加的设计图纸会审或设计交底会议形成的《图纸会审》内容，对施工图设计作出的修改和补充，应由设计方签字确认无误。并须加盖设计方公章，方为有效。

(4.1.2.3)发包人、监理、设计方和承包人中的任何一方对原设计图纸进行补充或重大修改的要求，都必须书面向监理提出申请，监理审查批准后（有必要时征得发包人同意），由设计方出具设计变更或设计修改文件。此种文件须加盖设计方的出图章，方为有效。

(4.1.2.4)中标人施工前应根据施工图对钢结构进行深化和放样设计，经监理和设计方审核确认后，按图进行制作和安装。但是这种深化和放样设计不能对原设计在使用功能、结构安全和视觉效果等方面有不利影响。

(4.1.2.5)经深化设计的钢结构图纸，应征得设计方签字盖会签章确认。深化设计图纸一经确认，必须按图施工，不得随意更改；如需修改，须再次经发包人、监理确认，并经设计方确认并签字盖会签章后方可实施。经设计单位、监理、发包人确认后的钢结构深化设计图纸作为本工程计量结算依据。

(4.2)原材料、成品、半成品控制

(4.2.1)钢材及钢拉杆技术指标

(4.2.1.1)钢材

1)H型截面、箱型截面、圆钢管及其他构件所选用的钢材种类及其遵守的行业标准见表1。

**表1 钢材种类及标准**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **材料** | **应遵循的国家或行业标准** | **适用范围** | **使用部位** | **交货状态** |
| Q235B | 《碳素结构钢》(GB/T 700-2006) | / | 隅撑、预埋件等 | / |
| Q355B | 《低合金高强度结构钢》GB/T 1591-2018 | / | 钢柱、钢梁、柱间支撑、屋面支撑等 | / |

2)所有钢材满足以下性能标准：

a)所有钢材均为焊接结构用钢，均应按照规范要求的标准进行拉伸试验、弯曲试验、V型缺口冲击试验、Z向性能和熔炼分析，还应满足可焊性要求；本工程采用的钢材应具有抗拉强度、伸长率、屈服强度和硫、磷含量的合格保证，对焊接用钢材应具有碳含量的合格保证。另外，对焊接用钢材应具有冷弯试验的合格保证。

b)钢材的屈服强度与抗拉强度实测值的比值不应大于0.85，钢材应有明显的屈服台阶，且伸长率不应小于20%。钢材应有良好的焊接性和合格的冲击韧性。

c)应在质量证明书中注明用于计算碳当量以及焊接裂纹敏感性指数的化学成分。

3)钢板的厚度性能要求：

当钢板厚度大于等于40mm，采用Z向钢，其材质应符合国家标准《厚度方向性能钢板》GB/T5313的要求,具体厚度要求为：当板厚大于等于40mm且小于60mm时选用Z15,当板厚大于等于60mm且小于90mm时选用Z25，当板厚大于等于90mm时选用Z35。

4)钢板的公差要求：

钢板的尺寸、外形、重量及容许偏差应符合《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》（GB/T709-2019）的要求，厚度负偏差种类为B类。钢板的局部平整度：在1000mm范围内，允许误差为1.0mm。

5)交货状态：

钢材的交货状态应由钢结构加工制作单位确定。交货状态应满足本工程钢结构加工制作工艺的需求。钢材材质单均应附有交付钢材的供货状态。

6)钢板材料的质量检验：

钢结构加工单位应派技术代表驻钢厂参加质检验收工作。

厚度方向性能钢板应逐张进行超声波检验，检验方法按照GB/T 2970的规定。

厚度小于40mm的钢板按照相应规范要求进行检验。

7)圆钢管构件：

采用热轧无缝钢管，应严格控制壁厚与直径的公差，无缝钢管其质量等级应参照《结构用无缝钢管》（GB/T 8162-2018）和《无缝钢管尺寸、外形、重量及允许偏差》（GB/T17395-2008）的要求，且直径偏差不应大于±1mm，厚度偏差为+5%，不容许负公差。

8)箱型截面构件：

箱型截面构件采用组合焊接，焊接过程中在钢管的焊接部位不得出现明显的残余应力，焊缝在纵向和横向均与母材等强。箱型截面角部应圆化处理。钢管截面的高度与宽度偏差不大于±1mm，垂直度偏差不应大于（h，b）/200，且不大于±1mm。壁厚不允许有负公差。加工过程应保证材质各项指标不变。

9)焊接H型钢构件：

焊接H型钢的翼缘板拼接缝和腹板拼接缝的间距不应小于200mm。翼缘板拼接长度不应小于2倍板宽；腹板拼接宽度不应小于300mm，长度不应小于600mm。

焊接H型钢的允许偏差应符合相应规范要求。

10)屋面压型钢板及墙板要求详见结构图纸及相关规范。

(4.2.1.2) 钢拉杆

钢拉杆技术要求满足《钢拉杆》（GB/T 20934-2016）的要求。

(4.2.2)螺栓、栓钉及钢销轴技术指标

(4.2.2.1)普通螺栓与螺帽

当采用C级螺栓，其性能等级为4.6或4.8级,当采用A、B级螺栓，其性能等级为5.6或8.8级。其质量应符合现行国家标准《紧固件机械性能螺栓、螺钉和螺柱》（GB/T 3098.1） 和《紧固件公差 螺栓、螺钉、螺柱和螺母》（GB/T 3103.1）的规定。采用钢号及螺母、垫圈应符合现行国家标准《六角头螺栓 C级》（GB5780）及《六角头螺栓》（GB5782）的规定，孔壁质量为I类孔。

与普通螺栓相配所用的平口或斜口钢垫圈，依据GB/T 95及GB/T 97。

(4.2.2.2)高强度螺栓

高强螺栓性能等级为9.9级，C级螺栓与A、B级螺栓的规格和尺寸应分别符合现行国家标准《六角头螺栓 C级》(GB/T 5780-2016)，《六角头螺栓 》(GB/T 5782-2016)的有关规定。高强螺栓的设计预拉力值按《钢结构设计标准》（GB 50017-2017）的规定采用，高强螺栓连接钢材的摩擦面抗滑移系数μ应满足规范要求。连接板的材料与强度较高的母材相同。高强螺栓应采用钻模成孔，现场不得扩孔。

(4.2.2.3) 弹簧垫圈

依据《弹性垫圈技术条件 弹簧垫圈》GB/T94.1-2008。

(4.2.2.4)栓钉

圆头焊钉的材质应符合现行国家标准《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》（GB10433－2002）的规定，且抗拉强度不小于400N/mm2，屈服强度不小于240N/mm2。埋入混凝土中的部分采用B1型焊钉。

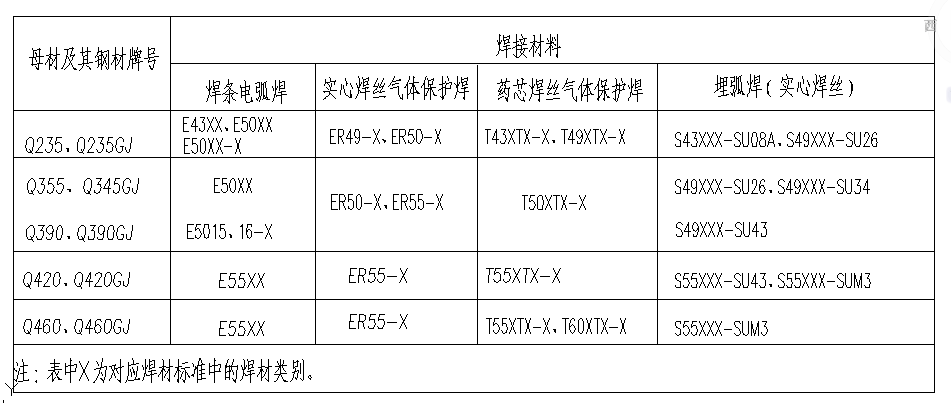
(4.2.2.5)钢销轴

钢销轴材质为45号钢，性能满足《优质碳素结构钢》GB/T699-2015的要求，需进行锻打处理，并进行表面机加工。

(4.2.4)焊接材料及焊接质量

(4.2.4.1)焊接材料

**焊接材料选用表**



1)上表所列焊条、焊剂及焊丝牌号均为选配建议，焊条、焊剂及焊丝最终应根据焊接工艺评定确定，焊缝强度不应低于母材的强度，焊缝及热影响区冲击韧性要求同母材。

2)手工电弧焊所采用的焊条和相应的焊剂应与主体金属力学性能相适应。

3)自动焊接或半自动焊接所采用的焊丝和相应的焊剂应与主体金属力学性能相适应，焊丝和焊剂应分别符合现行国家标准《熔化焊用钢丝》（GB/T 14957-1994)，《埋弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求》（GB/T 5293-2018)，及《埋弧焊用热强钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求》（GB/T 12470-2018)等规定的要求。

4)本工程中使用到但未提及的焊接材料应满足《钢结构焊接规范》GB50661-2011第7.2条‘焊接材料要求’的规定。

(4.2.4.2)焊接质量及检验

焊接的质量等级与检测方法参见下表。所有焊缝均须进行外观检查。

**焊缝质量性能要求**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **焊缝类型** | **焊接要求** | **焊缝等级** | **检测方法** | **探伤比例（％）** |
| 钢板拼接 | 全熔透 | 一 | 超声波/射线照相 | 100 |
| 支座节点的连接焊缝 | 全熔透 | 一 | 超声波/射线照相 | 100 |
| 钢柱及钢梁的拼接焊缝 | 全熔透 | 一 | 超声波/射线照相 | 100 |
| 梁柱节点连接焊缝 | 全熔透 | 一 | 超声波/射线照相 | 100 |
| 一般构造焊缝 | 角焊缝 | 三 | 磁粉 | 10 |

1)一级焊缝的合格等级应为现行国家标准《焊缝无损检测 超声波检测技术、检测等级和评定》（GB11345-2013）B级检验的II级及II级以上。

2)熔透焊缝均应符合与母材等强的要求。全熔透焊缝的端部应设置引弧板、引出板或钢衬管，引弧板的材质应与焊件相同。手工焊引弧板厚度5mm，焊缝引出长度大于或等于25mm。自动焊接引弧板宽度50mm，焊缝引出长度大于或等于50mm。焊接完毕后，必须切除被焊工件上的引弧板，并沿受力方向修磨平整，严禁用锤击落。

3)焊缝应具有良好的外观质量，角焊缝应符合二级焊缝的外观要求。

4)为了保证结构的耐久性，构件及节点外表面的所有接缝均应保证密封，如焊缝做到完全密封确有困难时，需采用相应的建筑防水做法进行封堵，使整个钢结构形成完整的密闭体系。

5)对于夹角小的节点区域，热影响区比较大，承包人应进行专门的焊接工艺评定和焊接全过程计算机仿真。

(4.3)钢结构制作、安装

(4.3.1)钢结构加工详图制作：

(4.3.1.1)制作单位应按图纸和技术文件编制相应的加工详图，并经过设计批准，或由合同规定的监理工程师批准；

(4.3.1.2)加工详图制作时，若发现原设计文件有误，或需要对原设计文件进行优化，需以书面文件及时通知设计方进行核对，在得到确认之前，不得进行下一道工序施工。

(4.3.1.3)当已经经过设计方或监理工程师批准的加工详图需修改时，制作单位应向设计方申报，经同意且签署文件后修改才能生效。

(4.3.1.4)加工详图中，应列明所有相关的技术规程、技术标准、材料标准、监测标准及工艺要求。

(4.3.1.5)根据钢结构加工厂自身的技术和经验，结合运输、吊装安放等要求，可对设计图纸进行适当的优化，并尽量使钢构件（特别是节点）满足常规运输要求，当个别构件需超宽或超高特殊运输时，应在深化设计阶段，以专门的书面文件，提交设计方批准。

(4.3.1.6)对于铸钢节点等特别重要部分，应制订包括制作、检测等要求的专项工艺方案。

(4.3.1.7)在满足运输、吊装以及调节安装偏差要求的情况下，应尽量控制现场焊接接头的数量，深化设计图纸应按现场焊接接头数量最少的原则进行设计。杆件单节运输长度应按不小于15m的要求考虑。

(4.3.1.8)钢结构深化单位须依据设计院电气专业图纸，考虑钢结构的防雷接地问题，且必须报设计院审核批准后方可实施。

(4.3.1.9)钢结构深化单位深化设计时，需考虑天窗、消防喷淋、灯具等的安装。

(4.3.1.10)钢结构深化单位须与虹吸排水厂家合作，预留雨水管的连接节点。

(4.3.2)工厂制作和预拼装：

(4.3.2.1)所有钢构件的制作由工厂进行，严格按钢结构有关规范规程执行。

(4.3.2.2)需油漆的板和型材的边和角，应打磨至最小2mm半径的倒角。

(4.3.2.3)对铸钢节点与钢材的焊接进行焊接工艺评定。

(4.3.2.4)幕墙、建筑装饰构件和其它维护结构与钢结构连接的钢件、预埋件以及空调、水电等设备的挂钩、悬挂，应在相关加工详图中准确详细表示，预先进行表面的防锈处理，并在工厂完成焊接连接件的焊接工作。

(4.3.2.5)钢构件预留洞，按照设计图纸所示尺寸，位置在工厂制孔，并按设计要求进行补强，在工地不得随意制孔。

(4.3.2.6)焊接坡口加工宜采用自动切割、半自动切割、坡口机、刨边等方法进行。坡口机加工时，应用样板控制角度和各部分尺寸。

(4.3.2.7)对于圆管节点的相贯线应由计算机放样绘制，并由机器自动切割。

(4.3.2.8)钢屋盖主结构、次结构、檩条结构应在出厂前进行拼装，预拼装单元应尽可能大。为确保工地安装拼接顺利提供基本条件。

(4.3.2.9)制作厂焊接应尽量采用自动或半自动埋弧焊、气体保护焊。根据工艺要求，进行焊接预热及后热，并采取防止层状撕裂（特别是对于T型接头、十字街头、角接接头焊接）、控制焊接变形的工艺措施，并进行焊后消除应力处理。

(4.3.2.10)杆件拼装接头位置，可根据施工操作要求对设计图纸中确定的位置作适当调整。有此需要时，应以书面文件专门标注并提请设计方审批。

(4.3.2.11)钢板矫形

1)应保证钢板厚度公差满足要求。

2)应有足够的矫形设备及具体的矫形措施以保证钢板的局部平整度满足设计图纸要求。

3)加工制作单位应采用成熟的热加工成型工艺，以保证加工弯曲钢板的过程中钢材的各项材质指标不变。当采用热成型工艺时，应控制加热温度不超过钢材轧制过程中的回火温度，且不超过800℃。当采用冷加工工艺时，应将加工变形产生的应力控制在较小的范围内。

(5.3.2.12)曲线钢箱型截面构件加工矩形截面弯扭构件除满足国家有关规范外，还必须通过严格的焊接工艺评定和制定具体的加工制作工艺措施，保证弯扭构件的加工质量。

1)为保证弯扭构件的加工精度，制作前加工厂应制作弯扭构件的木模，木模相邻控制截面间距不超过500mm、且相邻控制截面的扭转角度不大于0.5度。如不采用木模法加工构件，应提出具体加工办法及其弯扭精度检查方法。

2)应采取有效措施控制箱形构件的焊接变形、消除箱形构件焊接残余应力，还需采取措施消除钢板扭曲过程中残余应力，保证材料的各项机械性能指标不变。

3)组成弯扭构件的四块钢板应沿木模纵向贴紧，如存在局部空隙，空隙不应大于(h,b)/200，且不应大于1mm。

4)截面的高度与宽度偏差不应大于±1mm。

5)在弯扭构件内部按照设计图纸及加工要求设置加劲肋。

6)弯扭构件腹板与翼缘的搭接关系、放置的空间方位均应严格遵守设计图纸（包括建筑图纸及建筑专业的技术标准）的要求。弯扭构件腹板拼接位置与翼缘拼接位置之间的水平距离不小于300mm。

7)应采取预热、保温（后热）等综合措施防止厚板弯扭构件发生焊接层状撕裂。

8)采取有效措施保证空间弯扭构件的准确定位。

9)弯扭构件的节点区组装焊缝为全熔透一级焊缝，其它区组装焊缝为全熔透二级焊缝。

10)应采用合理的工艺对弯扭构件进行矫形处理。弯扭构件不得出现裂纹、侧壁外鼓、内凹现象及可见的变形，加工过程不得引起明显残余应力，保证材料各项机械性能指标不变。

(4.3.3)焊接

(4.3.3.1)施工单位对首次采用的钢材、焊接材料、焊接方法、焊后热处理等，应进行焊接工艺评定，并应根据评定报告确定焊接工艺。

(4.3.3.2)所有焊工必须经考试合格并取得合格证书。持证焊工必须在其考试合格项目及认可范围内施焊。

(4.3.3.3)承包人应根据本工程焊接工程量计算出本工程所需持证焊工人数，在投标文件中将拟投入本工程施工的持证焊工的名单和证书（复印件）附上。施工时，发包人将委托监理工程师检查。如现场发现施焊人员人数与投标书不符、施焊人员中有无证人员，或者证和人不一致的情况，将按有关处罚条款作出处罚并责令改正。

(4.3.3.4)钢结构构件在受力状态下不得施焊。

(4.3.3.5)焊缝坡口形状和尺寸可按照《钢结构焊接规范》GB 50661。

(4.3.3.6)对于25mm及以上厚板的焊件，焊接前宜对母材焊道中心线两侧各2倍厚板加30mm的区域进行超声波探伤检查。母材中不得有裂纹、夹层及分层等缺陷存在。

(4.3.3.7)不同厚度的钢板、钢管对接时，应将较厚板件焊前倒角，坡度不大于1：4（板厚差值：倒角长度）。

(4.3.3.8)在钢结构中首次采用的钢种、焊接材料、接头形式、坡口形式及工艺方法，应进行焊接工艺评定，其评定结果应符合设计要求。对有厚钢板（t≥40）焊接、铸钢件焊接、异种钢板焊接以及负温度下施工等主要工艺，应进行工艺试验。

(4.3.3.9)焊接工作应在焊接工程师指导下进行，编制焊接工艺文件，并采取相应措施使将结构的焊接变形和残余应力减到最小。厚板焊接时，应注意严格控制焊接顺序，防止产生厚度方向上的层状撕裂。在施工中严格按照工艺文件中规定的焊接方法、工艺参数、施焊顺序等进行，并应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661的规定。

(4.3.3.10)对接接头、T型接头和要求全焊透的角部焊接，应在焊缝两边配置弧板和引出板，其材质应与焊件相同或通过试验选用。

(4.3.3.11)引弧板、引出板、垫板的固定焊缝应焊在接头焊接坡口内和垫板上，不应在焊缝以外的母材上焊接定位焊缝。焊接完成后应割除全部长度的垫板及引弧板、引出板，打磨消除未融合或夹渣等缺陷后，再封底焊成平缓过渡形状。

(4.3.3.12)主杆件工地接头焊接，应由两名焊工在相互对称的位置以相等速度同时施焊。

(4.3.3.13)发现焊接引出母材裂纹或层状撕裂时，应更换母材，经设计和质量检查部门同意，也可进行局部处理。

(4.3.3.14)现场手工电弧焊时风速大于8m/s、气体保护焊风速大于2m/s，均应采取防风措施方能施焊。另外，下雨、或者相对湿度大于或等于90%又无防护措施时，不得施焊。

(4.3.3.15)当工厂采用气体保护焊时，焊接区的风速应加以限制。风速在2m/s以上时，应设置防风装置，对焊接现场进行保护。

(4.3.4)螺栓连接、套筒连接以及拴钉焊

(4.3.4.1)普通螺栓公称直径d≤16时，螺栓孔径d0=d+1mm；d＞16时，螺栓孔径d0=d+1.5mm。

(4.3.4.2)摩擦型高强度螺栓孔径选配按下表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **螺栓公称直径d** | M16 | M20 | M22 | M24 | M27 | M30 |
| **螺栓孔径d0** | 17.5 | 22 | 24 | 26 | 30 | 33 |

(4.3.4.3)高强度螺栓连接摩擦面的加工，可采用喷砂、抛丸和砂轮打磨等方法。制作厂应在钢结构制作的同时进行抗滑移系数的试验，并出具报告。经处理的摩擦面应采取防油污和损伤的保护措施。

(4.3.4.4)高强度螺栓接头各层钢板安装时发生错孔，严禁强行穿入螺栓（如用锤敲打）。经设计院同意，可用绞刀扩孔，一个节点中的扩孔数不应多于该节点孔数的1/3。扩孔直径不得大于原孔径2mm。严禁用气割扩孔。

(4.3.4.5)栓钉焊施工前应进行工艺试验。

(4.3.5)安装定位

(4.3.5.1)安装前，应对构件的外形尺寸、螺栓孔径及位置、连接件位置及角度、焊缝、栓钉焊缝、高强度螺栓接头摩擦面加工质量、栓件表面的油漆进行全面检查，在符合设计文件和有关标准的要求后，才能进行安装。

(4.3.5.2)钢屋盖主杆件定位采用空间坐标控制，由杆件拼接焊接引起的收缩变形，或其他引起杆件的压缩变形，应在制作时加以考虑并调整杆件的实际长度。

(4.3.5.3)施工搭架不得随意依附在钢屋盖结构。

(4.3.5.4)构件安装顺序应认真设计，尽快形成一个稳定体系以便继续安装保持稳态，也应便于消除安装误差。

(4.3.5.5)结构安装时，应注意日照、焊接等温度变化引起的热影响对构件的伸缩和弯曲引起的变化，并采取相应的措施。

(4.3.5.6)须利用已安装好的结构吊装其他构件和设备时，应进行必要的验算。

(4.3.5.7)钢结构安装前，应根据定位轴线和标高基准点复核和验收土建施工单位设置的制作预埋件或预埋螺栓的平面位置和标高。支撑面的施工偏差应满足《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205-2020的要求。

(4.3.5.8)钢屋盖的安装允许偏差，应符合《钢结构工程施工质量验收标准》、《高层民用建筑钢结构技术规程》的要求；

球铰支座标高允许偏差±2mm，球铰支座底座位移允许偏差±3mm；

当上述规范规程及设计具体参数要求不一致时，应从严执行。

(4.4)连接质量检查

(4.4.1)焊接连接

(4.4.1.1)焊接的质量检验应按照《钢结构焊接规范》、《钢结构工程施工质量验收标准》，接头的内部缺陷分级应符合现行国家标准《焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定》GB/T11345、《钢结构超声波探伤及质量分级法》JG/T203。

(4.4.1.2)一级、二级焊缝应采用超声波探伤，焊缝探伤，质量等级及缺陷分级见下表：

**一、二级焊缝质量等级及缺陷分级表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **焊缝质量等级** | | **一级** | **二级** |
| 内部缺陷  超声波探伤 | 评定等级 | Ⅱ | Ⅲ |
| 检验等级 | B级 | B级 |
| 探伤比例 | 100% | 20% |

注：探伤比例的计数方法按以下原则确定：

1)对工厂制作焊缝，应按每条焊缝计算百分比，且探伤长度不应小于200mm。当焊缝不足200mm时，应对整条焊缝进行探伤。

2)对现场安装焊缝，应按同一类型、同一施焊条件的焊缝条数计算百分比，探伤长度应不小于200mm ，且应不少于1条焊缝。

3)对于钢屋盖主杆件现场拼接接头左右两侧各200mm范围内，取该范围焊缝长度的100%；主次杆件相交节点次杆件外边缘两侧各500mm范围内的主杆件纵向全熔透拼接焊缝，取该范围焊缝长度的100%。

4)对于t＜8的钢板，采用超声波检测难于准确对缺陷性质作出判断时，可采用射线探伤进行检测、验定。

(4.4.1.3)抽样检查的焊缝数如不合格率小于2%时，该批验收定为合格；不合格率大于5%时，定为不合格；不合格率2%～5%时，应加倍抽检，且必须在原不合格部位两侧的焊缝延长线各增加一处，如在所有抽检焊缝中不合格率小于3%时，该批验收定为合格，大于3%时，定为不合格。

当该批验收不合格时，应对该批余下焊缝的全数进行检查。当检查出一处裂纹缺陷时，应加倍抽检，如在加倍抽检焊缝中未检查出其他裂纹缺陷时，该批验收定为合格；当检查出多处裂纹缺陷或多倍抽检又发现裂纹缺陷时，应对该批余下焊缝的全数进行检查。

所有查出的不合格焊接部位（包括已验收合格批中的不合格部位）应按规定进行修补至检查合格。

(4.4.2)高强度螺栓的连接施工按照《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ82进行。

(4.4.3)栓钉应符合现行国家标准《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T10433的规定，检测标准按照《钢结构工程施工质量验收标准》。

(4.5)钢结构涂装

(4.5.1)钢结构防腐要求

(4.5.1.1)钢构件出厂前不需要涂漆部位：钢结构插入式柱脚的埋没部分，高强螺栓节点摩擦面、箱型构件（方管）内的封闭区。当可能存在方管构件采用螺栓连接、封闭钢管时内部不干燥等情况时，箱形构件（方管）内也应作防腐处理。除注明外，不锈钢构件不做防腐要求。

(4.5.1.2)除上述所列范围以外的钢构件表面，钢构件出厂前需喷涂部位，除锈后喷涂底漆和中间漆，焊接区除锈后涂专用坡口焊保护漆两道。

(4.5.1.3)构件安装后需补涂漆部位有高强螺栓未涂漆部分、工地焊接区以及经碰撞脱落的工厂油漆部分。

(4.5.1.4)钢构件（包括铸钢件）涂漆前应严格进行金属表面喷砂防锈处理，对于涂料基层，其级别易达到Sa2.5级，基层表面粗糙度Rz为60μm、铸钢件粗糙度Ra为25μm ~50μm；对于电弧喷铝基层，表面喷砂处理应达到Sa3.0级，粗糙度Rz宜70μm ~100μm，不得小于50μm；对于工地焊缝，宜采用工地用喷砂设备除锈，当采用手工除锈时，应不低于St3级别。

除锈要求应符合国家《涂覆涂料前钢材表面处理　表面清洁度的目视评定》GB8923.1~4以及《涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理后的钢材表面粗糙度特性》GB/T13288.1~5的规定。

经处理的钢结构基层，应及时涂刷底漆，间隔时间不应超过5小时。

(4.5.2)防腐涂料的技术要求

防腐涂料体系应满足ISO12944-5：2018的要求，当与下面提到的标注、规范、要求冲突时，以较严格者执行。

(4.5.2.1)面漆外观要求

面漆的颜色、光泽由建筑师选定，并经业主方确认。

(4.5.2.2)耐久性设计要求

1)防护设计年限：25年

防腐涂料的防护设计年限是指整个钢结构表面从建造至需要重新涂装的时间。

2)外观质量

使用 5年后光泽保持度＞90％，颜色变化最大值ΔE≤1.5；

使用10年后光泽保持度＞80％，颜色变化最大值ΔE≤2；

使用20年后光泽保持度＞70％，颜色变化最大值ΔE≤3。

3)锈蚀程度

锈蚀程度的评价标准参考ISO4628。钢材表面一般部位、焊接部位锈蚀面积的百分比应满足下表要求。

**钢材表面锈蚀面积百分比**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **使用年限** | **一般部位** | **焊接部位** |
| 5年 | ≤0.01％ | ≤0.05％ |
| 10年 | ≤0.05％ | ≤0.50％ |
| 25年 | ≤0.50％ | ≤1.00％ |

(4.5.2.3)防腐及耐候性要求

1)底漆或整个防腐涂料系统应至少满足a)、b)所述的防腐性能要求之一。

a)底漆防腐性能

采用加速盐雾试验进行常规耐腐蚀性测试，5000小时以上无明显物理变化，采用国家标准《色漆和清漆 耐中性盐雾性能的测定》（GB/T 1771-2007）。

b)整个防腐涂料系统性能

采用循环防腐测试用来模拟温度冷热循环、紫外线循环照射、以及干湿环境的交替等多种恶劣环境要素，4200小时划痕腐蚀宽度小于1mm。

2)面漆耐候性能

通过人工紫外线照射测试，保证钢结构防腐涂装系统的面漆在长期使用后仍然具有良好的外观效果，限制其光泽损失程度。在人工紫外线照射时间6,000小时后，面漆满足以下性能要求：

光泽保持度：＞90％

颜色变化：ΔE≤1.0

涂装材质：面漆表面无起泡、粉化

采用国家标准《色漆和清漆 人工气候老化和人工辐射曝露 滤过的氙弧辐射》（GB/T 1865-2009）。

(4.2.4)防腐配套做法

A 对于无防火要求的构件

1)底漆 水性无机富锌底漆，干膜厚度不小于70μm，金属锌在干膜中的重量比不低于80%。

2)中间漆 环氧云铁中间漆 110μm，体积固体含量不低于75%。

3)面漆 聚硅氧烷60μm，体积固体含量应大于70%。

B 对于有防火要求的构件

1)底漆 水性无机富锌底漆，干膜厚度不小于70μm，金属锌在干膜中的重量比不低于80%

2)中间漆 环氧云铁中间漆 110μm，体积固体含量不低于75%。

3)防火涂料

(4.5.3)防腐涂料其它要求

(4.5.3.1)涂层附着力

为了保证钢结构防腐涂料各层之间良好的粘接性能，各涂层之间及整个防腐涂装系统的附着力应大于5MPa，采用国家标准《色漆和清漆拉开法附着力试验》（GB/T5210-2006）。

(4.5.3.2)耐磨性

应保证钢结构防腐涂料具有良好的耐磨性能，面漆的耐磨性能不大于60mg/1000r，采用国家标准《色漆和清漆 耐磨性的测定 旋转橡胶砂轮法》GB/T 1768-2006。

(4.5.3.3)漆膜硬度与柔韧性

面漆漆膜划伤硬度应不低于3H～4H，采用国家标准《色漆和清漆 铅笔法测定漆膜硬度》GB/T 6739-2006。同时，面漆漆膜还应具有良好的柔韧性，投标单位应提供面漆在25°C温度下经过4星期固化后面漆不产生裂纹的最小弯曲原棒直径。

(4.5.3.4)耐冲击性

底漆、中间漆和面漆的耐冲击性能均应不小于50cm，采用国家标准《漆膜耐冲击测定法》GB/T 1732-2020。

(4.5.3.5)底漆（封闭漆）太阳辐射吸收系数

底漆（封闭漆）的太阳辐射吸收系数不大于0.60。

(4.5.4)涂料产品施工性能

为了确保防腐涂装的施工质量，应对涂料产品的施工性能详细说明。在以下部位禁止涂刷底漆：高强螺栓摩擦接触面、埋入或与混凝土接触的表面及工地焊接部位及两侧100mm的范围内。封闭箱形构件内部可不涂底漆。

(4.5.4.1)混合性能

混合比率（重量比）

稀释剂类别

粘度（20℃）

适用期（小时）

(4.5.4.2)涂覆方法（高压无气喷涂、空气喷涂、刷涂、滚涂）

每遍涂层干漆膜厚度的允许偏差

标准涂布量（g/m2，m2/升）

损耗系数

边角覆盖率

(4.5.4.3)施工环境要求

应说明涂装时的环境温度与相对湿度、露点要求，是否要求在室内涂装。涂装时构件表面不应有结露；涂装后4小时内应避免雨淋。

(4.5.4.4)干燥性能

涂料应具有良好的干燥性能，并提出涂料的相应干燥时间（干膜厚度30μ）。

当底漆与面漆涂装间隔时间较长时需要采取的保护措施。

(4.5.4.5)施工安全性

应详细说明在涂装工程施工中的注意事项与防护措施，产品应有明显的安全提示标志。

(4.5.4.6)现场修补性能

涂料应具有良好的可复涂性，在施工现场修补应保证不出现可视的色差，使用过程中的修补不应出现过明显的色差。

(4.5.4.7)包装与运输

钢结构构件涂装后，防止在堆放、运输、吊装过程中的损坏，并采取有效的保护措施。

(4.5.4.8)各类钢结构装饰构件均采用与主体结构相同的涂装体系。带有外覆建筑装饰薄钢板的部位可以仅涂装底漆与封闭漆，此时应保证外包板材的拼接位置具有良好的密闭性，以防止渗漏造成主体钢结构损坏。

(4.5.5)防火涂料要求

(4.5.5.1)设计规范、依据

本工程设计执行国家现行建筑设计规范及昆明市有关规定。

建筑设计防火规范(2018年版)GB50016-2014

《建筑工程设计文件编制深度规定》（2021版）

《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249-2017

《钢结构防火涂料》GB 14907-2018

(4.5.5.2)钢结构防火设计

钢结构防火原则如下：

建筑为耐火等级一级：

钢柱耐火极限不小于3小时。

钢梁耐火极限不小于2小时。

屋面钢结构承重构件耐火极限不小于1.5小时。

建筑为耐火等级二级：

钢柱耐火极限不小于2.5小时。

钢梁耐火极限不小于1.5小时。

屋面钢结构承重构件耐火极限不小于1.0小时。

(4.5.5.3)防火涂料技术要求

防火涂料应为绿色环保型，如为水性产品，同时应符合《民用建筑工程室内环境污染控制标准》GB 50325-2020对于室内用水性处理剂中规定的各项有害物质的限量指标。

防火涂料要求按《钢结构防火涂料》GB 14907-2018中规定室内超薄型钢结构防火涂料（NCB）（1~2小时），粘结强度不小于1.3兆帕；室内厚型钢结构防火涂料（N H）（3小时），粘结强度不小于0.3兆帕。其涂层厚度及耐火极限要求除满足规范要求外，也需满足4.2.1中的相关要求。防火涂料需考虑与底层防腐涂料及面层装饰漆的材料相容问题，施工方应提供相应的材料相容性试验报告。

所使用的涂料应经具资质的检测部门进行第三方检测，并进行涂层附着力、防腐油漆的机械性能（柔韧性能、耐磨性能、耐冲击力性能）、环保性能、锌粉（或金属锌）含量测试。

防火涂料须与防腐涂料匹配，并经试验确认。

(4.5.7)其他问题

(4.5.7.1)承包人应针对现场焊缝位置、易积水（灰）等部位的防腐，提出防腐涂装的专项方案，报监理审批后实施。

(4.5.7.2)防腐涂料供应商应协助涂装单位制定涂装具体参数、控制质量、对现场进行全过程指导，对表明处理、涂装情况、涂层厚度等进行日常检查和必要的检测，并将相关资料提供给监理。

(4.6)钢筋桁架楼承板

(4.6.1)钢筋桁架楼承板做法详《JG/T368-2012钢筋桁架楼承板》。

(4.6.2)钢筋桁架楼承板要求

(4.6.2.1)压型钢板质量应符合现行国家标准《建筑用压型钢板》(GB/T 12755-2008)的要求，用于冷弯压型钢板的基板应选用热浸镀锌钢板，不宜选用镀铝锌板。镀锌层应符合现行国家标准《连续热镀锌和锌合金镀层钢板及钢带》(GB/T 2518-2019)的规定。

(4.6.2.2)底板钢板的强度标准值应具有不小于95%的保证率，其材质应按下列规定选用：Q235冷轧钢板或不低于S250GD+Z牌号镀锌钢板，参考标准：《连续热镀锌和锌合金镀层钢板及钢带》(GB/T 2518)。

(4.6.2.3)本工程钢筋桁架楼承板选用底板的屈服强度标准值不低于250N/mm2。

(4.6.3) 组合楼板施工要求

(4.6.3.1)钢筋桁架楼承板施工阶段挠度不应大于板跨的1/180，且不应大于20mm。

(4.6.3.2)当组合楼板的混凝土强度未达到设计强度75%前，不得拆除临时支撑，对裂缝控制严格的，组合楼板或悬挑部位，临时支撑应在混凝土强度未达到设计强度100%后方可拆除。

(4.6.3.3)楼板混凝土浇筑前，必须清除楼承板上的杂物（包括栓钉上的瓷环）及灰尘、油脂等，在人员、小车走动频繁的楼承板区域应铺设脚手板。压型钢板在运输、安装及在其上绑扎钢筋，浇灌混凝土过程中不可强力碰撞。

(4.6.3.4)楼板混凝土强度未达到设计强度75%前，不得在楼面上附加任何其他荷载。

(4.6.3.5)钢筋桁架楼承板开洞或切割宜采用等离子切割压型钢板，不得采用火焰切割。

(4.6.3.6)钢筋桁架楼承板与钢梁通过栓钉可靠连接。栓钉焊接后，为防止压型钢板在自然环境中温度变化中产生影响，要求钢筋桁架楼承板安装完毕后不迟于14天将混凝土浇灌完成。