**UDC**



**中华人民共和国行业标准**

**P JGJ 82－2011**

 **备案号J ×－202×**

钢结构高强度螺栓连接技术规程

Specification for high strength bolt connections of steel structures

（**局部修订条文征求意见稿**）

**202×－××－××发布 202×－××－××实施**

**中华人民共和国住房和城乡建设部**

**联合发布**

**中 华 人 民 共 和 国 国 家 档 案 局**

**局部修订说明**

本次局部修订是根据住房和城乡建设部“关于印发《2020年工程建设规范标准编制及相关工作计划》的通知”(建标函[2020]9号)的要求，由中冶建筑研究总院有限公司会同有关单位对《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82—2011进行局部修订。

本次局部修订的主要内容是：1）扩大了标准的适用范围；2）增加了GB/T 32076系列高强度螺栓材料标准，增加了M36规格的高强度螺栓；构件钢材增加了Q460牌号钢材；3）修订了高强度螺栓预拉力、摩擦面抗滑移系数和承压型高强度连接的强度设计值的取值；4）修订了高强度螺栓孔距和边距的容许间距和施工扳手的操作空间；5）完善了撬力简化计算方法；6）增加了螺栓球网格结构（网架）用高强度螺栓、单向螺栓、高强度环槽螺栓（铆钉）、12.9级高强度螺栓、热浸镀锌高强度螺栓和高强度螺栓连接钢结构用载荷指示垫圈的相关内容；7）细化了高强度螺栓连接摩擦面抗滑移系数质量验收要求。

本标准由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释，由中冶建筑研究总院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送至中冶建筑研究总院有限公司（地址：北京市海淀区西土城路33号，邮编：100088）。

本次局部修订的主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人：

|  |  |
| --- | --- |
| **主编单位：** |  |
| **参编单位：** |  |
| **主要起草人：** |  |
| **主要审查人：** |  |  |  |  |  |

**《钢结构高强度螺栓连接技术标准》JGJ 82—2011**

**修订对照表**

**（方框部分为删除内容，下划线部分为增加内容）**

| 现行《规范》条文 | 修订征求意见稿 |
| --- | --- |
| **1 总 则** | **1 总 则** |
| 1.0.1 为在钢结构高强度螺栓连接的设计、施工及质量验收中做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量，制定本规程 | 1.0.1 为在钢结构高强度螺栓连接的设计、施工及质量验收中做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量，编制本标准。 |
| 1.0.2 本规程适用于建筑钢结构工程中高强度螺栓连接的设计、施工与质量验收。 | 1.0.2 本标准适用于钢结构工程中高强度螺栓连接的设计、施工与质量验收。 |
| **1.0.3** 高强度螺栓连接的设计、施工与质量验收除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。 | 1.0.3 高强度螺栓连接的设计、施工与质量验收除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。 |
| **2 术语和符号** | **2 术语和符号** |
| **2．1 术 语** | **2．1 术 语** |
| 2.1.5 摩擦型连接 friction-type joint依靠高强度螺栓的紧固，在被连接件间产生摩擦阻力以传递剪力而将构件、部件或板件连成整体的连接方式。 | 2.1.5 摩擦型连接 friction-type joint依靠高强度螺栓的紧固预拉力，在被连接件间产生摩擦阻力以传递剪力而将构件、部件或板件连成整体的连接方式。 |
| 2.1.6 承压型连接 bearing-type joint依靠螺杆抗剪和螺杆与孔壁承压以传递剪力而将构件、部件或板件连成整体的连接方式。 | 2.1.6 承压型连接 bearing-type joint摩擦型连接摩擦面滑移以后，依靠连接件间产生摩擦阻力、螺杆抗剪和螺杆与孔壁承压以传递剪力而将构件、部件或板件连成整体的连接方式。 |
|  | 2.1.14 连接刚度比 connection stiffness ratio高强度螺栓受剪连接接头中所有螺栓公称截面面积与连接板毛截面面积之比。 |
| **3 基本规定** | **3 基本规定** |
| **3.1 一般规定** | **3.1 一般规定** |
| 3.1.1 高强度螺栓连接设计采用概率论为基础的极限状态设计方法，用分项系数设计表达式进行计算。除疲劳计算外，高强度螺栓连接应按下列极限状态准则进行设计： 1 承载能力极限状态应符合下列规定：  1）抗剪摩擦型连接的连接件之间产生相对滑移； 2）抗剪承压型连接的螺栓或连接件达到剪切强度或承压强度； 3）沿螺栓杆轴方向受拉连接的螺栓或连接件达到抗拉强度； 4）需要抗震验算的连接其螺栓或连接件达到极限承载力。 2 正常使用极限状态应符合下列规定：1）抗剪承压型连接的连接件之间应产生相对滑移；2）沿螺栓杆轴方向受拉连接的连接件之间应产生相对分离。 | 3.1.1 高强度螺栓连接设计采用概率论为基础的极限状态设计方法，用分项系数设计表达式进行计算。除疲劳计算外，高强度螺栓连接应按下列极限状态准则进行设计： 1 承载能力极限状态应符合下列规定：  1）抗剪摩擦型连接的连接件之间产生相对滑移； 2）抗剪承压型连接的螺栓或连接件达到剪切强度或承压强度； 3）沿螺栓杆轴方向受拉连接的螺栓或连接件达到抗拉强度； 4）需要抗震验算的连接其螺栓或连接件达到极限承载力。 2 正常使用极限状态应符合下列规定：1）抗剪承压型连接的连接件之间应产生设计允许的相对变形量；2）沿螺栓杆轴方向受拉连接的连接件之间应产生相对分离。 |
| 3.1.2 高强度螺栓连接设计，宜符合连接强度不低于构件的原则。在钢结构设计文件中，应注明所用高强度螺栓连接副的性能等级、规格、连接类型及摩擦型连接摩擦面抗滑移系数值等要求。 | 3.1.2 高强度螺栓连接设计应符合连接强度不低于构件的原则。在钢结构设计文件中，应注明所用高强度螺栓连接副的性能等级、规格、连接类型及摩擦型连接摩擦面抗滑移系数值等要求。 |
| 3.1.5 直接承受动力荷载重复作用的高强度螺栓连接，当应力变化的循环次数等于或大于5×104次时，应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB50017中有关规定进行疲劳验算，疲劳验算应符合下列原则：1 抗剪摩擦型连接可不进行疲劳验算，但其连接处开孔主体金属应进行疲劳验算；2 沿螺栓轴向抗拉为主的高强度螺栓连接在动力荷载重复作用下，当荷载和杠杆力引起螺栓轴向拉力超过螺栓受拉承载力30%时，应对螺栓拉应力进行疲劳验算；3 对于进行疲劳验算的受拉连接，应考虑杠杆力作用的影响；宜采取加大连接板厚度等加强连接刚度的措施，使计算所得的撬力不超过荷载外拉力值的30%；4 栓焊并用连接应按全部剪力由焊缝承担的原则，对焊缝进行疲劳验算。 | 3.1.5 直接承受动力荷载重复作用的高强度螺栓连接，应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017中有关规定进行疲劳验算，疲劳验算应符合下列原则：1 抗剪摩擦型连接可不进行疲劳验算，但其连接处开孔主体金属应进行疲劳验算；2 沿螺栓轴向抗拉为主的高强度螺栓连接在动力荷载重复作用下，当荷载和杠杆力引起螺栓轴向拉力超过螺栓受拉承载力30%时，应对螺栓拉应力进行疲劳验算；3 对于进行疲劳验算的受拉连接，应考虑杠杆力作用的影响；宜采取加大连接板厚度等加强连接刚度的措施，使计算所得的撬力不超过荷载外拉力值的30%；4 栓焊并用连接应按全部剪力由焊缝承担的原则，对焊缝进行疲劳验算。 |
|  | 3.1.8 其他钢结构用高强度紧固件连接的要求可参见本标准附录A。 |
| **3.2 材料与设计指标** | **3.2 材料与设计指标** |
| **3.2.1**　高强度大六角头螺栓（性能等级8.8s和10.9s）连接副的材质、性能等应分别符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T1228、《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T1229、《钢结构用高强度垫圈》GB/T1230以及《钢结构用高强度螺栓大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T1231的规定。 | 3.2.1 高强度大六角头螺栓（性能等级8.8s和10.9s）连接副的材质、性能等应分别符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228、《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T 1229、《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230以及《钢结构用高强度螺栓大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231的规定；亦可按现行国家标准《预载荷高强度栓接结构连接副 第1部分：通用要求》GB∕T 32076.1、《预载荷高强度栓接结构连接副 第2部分：预载荷适应性》GB∕T 32076.2、《预载荷高强度栓接结构连接副 第3部分：HR型 大六角头螺栓和螺母连接副》GB∕T 32076.3、《预载荷高强度栓接结构连接副 第6部分：倒角平垫圈》GB∕T 32076.6及《预载荷高强度栓接结构连接副 第10部分：安装技术条件》GB∕T 32076.10的规定执行。 |
| **3.2.2** 扭剪型高强度螺栓（性能等级10.9s）连接副的材质、性能等应符合现行国家标准《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T3632的规定。 | 3.2.2 扭剪型高强度螺栓（性能等级10.9s）连接副的材质、性能等应符合现行国家标准《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632的规定；亦可按照现行国家标准《预载荷高强度栓接结构连接副 第1部分：通用要求》GB∕T 32076.1、《预载荷高强度栓接结构连接副 第2部分：预载荷适应性》GB∕T 32076.2、《预载荷高强度栓接结构连接副 第8部分：扭剪型圆头螺栓和螺母连接副》GB∕T 32076.8、《预载荷高强度栓接结构连接副 第9部分：扭剪型大六角头螺栓和螺母连接副》GB∕T 32076.9及《预载荷高强度栓接结构连接副 第10部分：安装技术条件》GB∕T 32076.10的规定执行。 |
| **3.2.3**　承压型连接的强度设计值应按表3.2.3采用。表3.2.3 高强度螺栓承压型连接的强度设计值（N/mm2）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 螺栓的性能等级、构件钢材的牌号和连接类型 | 抗拉强度 | 抗剪强度 | 承压强度 |
| 承压型连接 | 高强度螺栓连接副 | 8.8s | 400 | 250 | — |
| 10.9s | 500 | 310 | — |
| 连接处构件 | Q235 | — | — | 470 |
| Q345 | — | — | 590 |
| Q390 | — | — | 615 |
| Q420 | — | — | 655 |

 | **3.2.3** 承压型连接的强度设计值应按表3.2.3采用。表3.2.3 高强度螺栓承压型连接的强度设计值（N/mm2）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 螺栓的性能等级、构件钢材的牌号和连接类型 | 抗拉强度 | 抗剪强度 | 承压强度 |
| 承压型连接 | 高强度螺栓连接副 | 8.8s | 480 | 275 | — |
| 10.9s | 600 | 310 | — |
| 连接处构件 | Q235 | — | — | 470 |
| Q355 | — | — | 590 |
| Q390 | — | — | 615 |
| Q420 | — | — | 655 |
| Q460 |  |  | 700 |

 |
| **3.2.4** 高强度螺栓连接摩擦面抗滑移系数的取值应符合表3.2.4-1和表3.2.4-2中的规定。表3.2.4-1 钢材摩擦面的抗滑移系数

|  |  |
| --- | --- |
| 连接处构件接触面的处理方法 | 构件的钢号 |
| Q235 | Q345 | Q390 | Q420 |
| 普通钢结构 | 喷砂（丸） | 0.45 | 0.50 | 0.50 |
| 喷砂（丸）后生赤锈 | 0.45 | 0.50 | 0.50 |
| 钢丝刷清除浮锈或未经处理的干净轧制表面 | 0.30 | 0.35 | 0.40 |
| 冷弯薄壁型钢结构 | 喷砂（丸） | 0.40 | 0.45 | — | — |
| 热轧钢材轧制表面清除浮锈 | 0.30 | 0.35 | — | — |
| 冷轧钢材轧制表面清除浮锈 | 0.25 | — | — | — |

注：1 钢丝刷除锈方向应与受力方向垂直；2 当连接构件采用不同钢号时，应按相应的较低值取值；3 采用其他方法处理时，其处理工艺及抗滑移系数值均应经试验确定。表3.2.4-2 涂层摩擦面的抗滑移系数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 涂层类型 | 钢材表面处理要求 | 涂层厚度(*μ*m） | 抗滑移系数 |
| 无机富锌漆 | Sa | 60～80 | 0.40\* |
| 锌加底漆（ZINGA） | 0.45 |
| 防滑防锈硅酸锌漆 | 80～120 | 0.45 |
| 聚氨酯富锌底漆或醇酸铁红底漆 | Sa2及以上 | 60～80 | 0.15 |

注：1 当设计要求使用其他涂层（热喷铝、镀锌等）时，其钢材表面处理要求、涂层厚度以及抗滑移系数均应经试验确定；2 \*当连接板材为Q235钢时，对于无机富锌漆涂层抗滑移系数值取0.35；3 防滑防锈硅酸新漆、锌加底漆(ZINGA)不应采用手工涂刷的施工方法。 | **3.2.4** 高强度螺栓连接摩擦面抗滑移系数的取值应符合表3.2.4中的规定，高强度螺栓摩擦型连接宜采用B类和C类摩擦面。表3.2.4 摩擦面抗滑移系数

|  |  |
| --- | --- |
| 摩擦面类型 | 抗滑移系数 |
| A类：喷砂 | 0.45 |
| B类：喷砂（丸）后热喷铝 | 0.45 |
| C类：喷砂（丸）后涂刷富锌类涂层 | 0.40 |
| D类：干净的轧制表面或钢丝刷清除浮锈 | 0.30 |
| E类：其它特殊处理 | 按照本标准第6.3.3条的规定经试验确定，且不大于0.55 |

注：**1** A类摩擦面表面质量要求：钢材喷砂表面处理达到Sa。**2** B类摩擦面表面质量要求：（1）钢材喷砂（丸）表面处理达到Sa；（2）热喷铝厚度不小于150*μm*。**3** C类摩擦面表面质量要求：（1）钢材喷砂（丸）表面处理达到Sa；（2）富锌类涂层厚度60～80*μm*。**4** D类摩擦面表面质量要求：（1）当表面有锈蚀、麻点或划痕等缺陷时，其深度不得不应大于0.5mm；（2）表面的锈蚀等级应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923规定的C级及C级以上等级。 |
| **3.2.5** 每一个高强度螺栓的预拉力设计取值应按表3.2.5采用。表3.2.5 一个高强度螺栓的预拉力P (kN)

|  |  |
| --- | --- |
| 螺栓的性能等级 | 螺栓规格 |
| M12 | M16 | M20 | M22 | M24 | M27 | M30 |
| 8.8s | 45 | 80 | 125 | 150 | 175 | 230 | 280 |
| 10.9s | 55 | 100 | 155 | 190 | 225 | 290 | 355 |

 | **3.2.5** 摩擦型连接和承压型连接每一个高强度螺栓的预拉力设计取值应按表3.2.5采用。表3.2.5 一个高强度螺栓的设计预拉力P (kN)

|  |  |
| --- | --- |
| 螺栓的性能等级 | 螺栓规格 |
| M12 | M16 | M20 | M22 | M24 | M27 | M30 | M36 |
| 8.8s | 50 | 90 | 140 | 165 | 195 | 255 | 310 | 450 |
| 10.9s | 60 | 110 | 170 | 210 | 250 | 320 | 390 | 570 |

 |
| **4.1 摩擦型连接** | **4.1 摩擦型连接** |
| **4.1.1** 摩擦型连接中，每个高强度螺栓的受剪承载力设计值应按下式计算： （4.1.1）式中：——系数，对冷弯薄壁型钢结构（板厚t≤6mm）取0.8；其他情况取0.9； ——孔型系数，标准孔取1.0；大圆孔取0.85；荷载与槽孔长方向垂直时取0.7；荷载与槽孔长方向平行时取0.6；——传力摩擦面数目；——摩擦面的抗滑移系数，按本规程表3.2.4-1和3.2.4-2采用； ——每个高强度螺栓的预拉力（kN），按本规程表3.2.5采用；——单个高强度螺栓的受剪承载力设计值（kN）。 | **4.1.1** 摩擦型连接中，每个高强度螺栓的抗剪承载力设计值应按下式计算： （4.1.1）式中：——系数，对冷弯薄壁型钢结构（板厚t≤6mm）取0.8；其他情况取0.9；——孔型系数，标准孔取1.0；大圆孔取0.85；荷载与槽孔长方向垂直时取0.75；荷载与槽孔长方向平行时取0.65；——传力摩擦面数目；——摩擦面的抗滑移系数，按本标准表3.2.4采用；——每个高强度螺栓的预拉力（kN），按本标准表3.2.5采用；——单个高强度螺栓的抗剪承载力设计值（kN）。 |
| **4.2 承压式连接** | **4.2承压式连接** |
| **4.2.1** 承压型高强度螺栓连接接触面应清除油污及浮锈等，保持接触面清洁或按设计要求涂装。设计和施工时不应要求连接部位的摩擦面抗滑移系数值。 | **4.2.1**  高强度螺栓承压型连接接触面应清除油污及浮锈等，保持接触面清洁或按设计要求涂装。 |
| **4.2.3** 承压型连接承受螺栓杆轴方向的拉力时，每个高强度螺栓的受拉承载力设计值应按下式计算。= (4.2.3)式中：——高强度螺栓螺纹处的有效截面面积（mm2），按表4.2.3选取。表4.2.3 螺栓在螺纹处的有效截面面积 （mm2）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 螺栓规格 | M12 | M16 | M20 | M22 | M24 | M27 | M30 |
|  | 84.3 | 157 | 245 | 303 | 353 | 459 | 561 |

 | **4.2.3** 承压型连接承受螺栓杆轴方向的拉力时，每个高强度螺栓的受拉承载力设计值应按下式计算。= (4.2.3)式中：——高强度螺栓螺纹处的有效截面面积（mm2），按表4.2.3选取。表4.2.3 螺栓在螺纹处的有效截面面积（mm2）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 螺栓规格 | M12 | M16 | M20 | M22 | M24 | M27 | M30 | M36 |
|  | 84.3 | 157.0 | 245.0 | 303.0 | 353.0 | 459.0 | 561.0 | 817.0 |

 |
| **4.2.4** 在受剪承压型连接中，每个高强度螺栓的受剪承载力，应按下列公式计算，并取受剪和承压承载力设计值中的较小者。受剪承载力设计值 (4.2.4-1）承压承载力设计值  (4.2.4-2)式中： ——螺栓受剪面数目； ——螺栓公称直径（mm）；在式(4.2.4-1）中，当剪切面在螺纹处时，应按螺纹处的有效截面面积计算受剪承载力设计值； ——在不同受力方向中一个受力方向承压构件总厚度的较小值（mm）。 | **4.2.4** 在受剪承压型连接中，每个高强度螺栓的抗剪承载力，应按下列公式计算，并取受剪和承压承载力设计值中的较小者。受剪承载力设计值  (4.2.4-1）承压承载力设计值 (4.2.4-2)式中： ——螺栓受剪面数目； ——螺栓公称直径（mm）；在式(4.2.4-1）中，当剪切面在螺纹处时，应按螺纹处的有效截面面积计算受剪承载力设计值； ——在不同受力方向中一个受力方向承压构件总厚度的较小值（mm）。 |
| **4.2.6** 轴心受力构件在高强度螺栓承压型连接处的强度应按本规程第4.1.4条规定计算。 | **4.2.6** 轴心受力构件在高强度螺栓承压型连接处的强度应按本标准第4.1.4条规定计算。 |
| **4.2.7** 在构件的节点或拼接接头的一端，当螺栓沿受力方向连接长度大于15时，螺栓承载力设计值应按本规程第4.1.5条规定乘以折减系数。 | **4.2.7** 在构件的节点或拼接接头的一端，当螺栓沿受力方向连接长度大于15时，螺栓承载力设计值应按本标准第4.1.5条规定乘以折减系数。 |
| **4.2.8** 抗剪承压型连接正常使用极限状态下的设计计算应按照本规程第4.1节有关规定进行。 | **4.2.8** 抗剪承压型连接正常使用极限状态下的设计计算应按照本标准摩擦型连接有关规定进行。 |
| **4.3连接构造** | **4.3连接构造** |
| **4.3.3** 高强度螺栓连接的构造应符合下列规定：**1** 高强度螺栓孔径应按表4.3.3-1匹配，承压型连接螺栓孔径不应大于螺栓公称直径2mm；**2** 不得在同一个连接摩擦面的盖板和芯板同时采用扩大孔型（大圆孔、槽孔）。**表4.3.3-1 高强度螺栓连接的孔径匹配(mm)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 螺栓公称直径 | M12 | M16 | M20 | M22 | M24 | M27 | M30 |
| 孔型 | 标准圆孔 | 直径 | 13.5 | 17.5 | 22 | 24 | 26 | 30 | 33 |
| 大圆孔 | 直径 | 16 | 20 | 24 | 28 | 30 | 35 | 38 |
| 槽孔 | 长度 | 短向 | 13.5 | 17.5 | 22 | 24 | 26 | 30 | 33 |
| 长向 | 22 | 30 | 37 | 40 | 45 | 50 | 55 |

**3** 当盖板按大圆孔、槽孔制孔时，应增大垫圈厚度或采用孔径与标准垫圈相同的连续型垫板。垫圈或连续垫板厚度应符合下列规定：1） M24及以下规格的高强度螺栓连接副，垫圈或连续垫板厚度不宜小于8mm；2） M24以上规格的高强度螺栓连接副，垫圈或连续垫板厚度不宜小于10mm；3） 冷弯薄壁型钢结构的垫圈或连续垫板厚度不宜小于连接板（芯板）厚度。**4** 高强度螺栓孔距和边距的容许间距应按表4.3.3-2的规定采用。表4.3.3-2 高强度螺栓孔距和边距的容许间距

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 名 称 | 位 置 和 方 向 | 最大容许间距（两者较小值） | 最小容许间距 |
| 中心间距 | 外排（垂直内力方向或顺内力方向） | 8d0或12t | 3d0 |
| 中间排 | 垂直内力方向 | 16d0或24t |
| 顺内力方向 | 构件受压力 | 12d0或18t |
| 构件受拉力 | 16d0或24t |
| 沿对角线方向 | — |
| 中心至构件边缘距离 | 顺力方向 | 4d0或8t | 2d0 |
| 切割边或自动手工气割边 | 1.5d0 |
| 轧制边、自动气割边或锯割边 |

注：1 d0为高强度螺栓连接板的孔径，对槽孔为短向尺寸；t为外层较薄板件的厚度；2 钢板边缘与刚性构件（如角钢、槽钢等）相连的高强度螺栓的最大间距，可按中间排的数值采用。 | **4.3.3** 高强度螺栓连接的构造应符合下列规定：**1** 高强度螺栓孔径应按表4.3.3-1匹配，承压型连接应采用标准圆螺栓孔型；**2** 不得在同一个连接摩擦面的盖板和芯板同时采用扩大孔型（大圆孔、槽孔）。表4.3.3-1 高强度螺栓连接的孔径匹配(mm)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 螺栓公称直径 | M12 | M16 | M20 | M22 | M24 | M27 | M30 | M36 |
| 孔型 | 标准圆孔 | 直径 | 13.5 | 17.5 | 22 | 24 | 26 | 30 | 33 | 39 |
| 大圆孔 | 直径 | 16 | 20 | 24 | 28 | 30 | 35 | 38 | 45 |
| 槽孔 | 长度 | 短向 | 13.5 | 17.5 | 22 | 24 | 26 | 30 | 33 | 39 |
| 长向 | 22 | 30 | 37 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 |

**3** 当盖板按大圆孔、槽孔制孔时，应增大垫圈厚度或采用孔径与标准垫圈相同的连续型垫板。垫圈或连续垫板厚度应符合下列规定：**1）** M24及以下规格的高强度螺栓连接副，垫圈或连续垫板厚度不宜小于8mm；**2）** M24以上规格的高强度螺栓连接副，垫圈或连续垫板厚度不宜小于10mm；**3）** 冷弯薄壁型钢结构的垫圈或连续垫板厚度不宜小于连接板（芯板）厚度。**4** 高强度螺栓孔距和边距的容许间距应按表4.3.3-2的规定采用。表4.3.3-2 高强度螺栓孔距和边距的容许间距

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 名 称 | 位 置 和 方 向 | 最大容许间距（两者较小值） | 最小容许间距 |
| 中心间距 | 外排（垂直内力方向或顺内力方向） | 8d0或12t | 2.5d0 |
| 中间排 | 垂直内力方向 | 16d0或24t |
| 顺内力方向 | 构件受压力 | 12d0或18t |
| 构件受拉力 | 16d0或24t |
| 沿对角线方向 | — |
| 中心至构件边缘距离 | — | 4d0或8t | 1.5d0 |

注：**1** d0为高强度螺栓连接板的孔径，对槽孔为短向尺寸；t为外层较薄板件的厚度；**2** 钢板边缘与刚性构件（如角钢、槽钢等）相连的高强度螺栓的最大间距，可按中间排的数值采用。 |
| **4.3.4** 设计布置螺栓时，应考虑工地专用施工工具的可操作空间要求。常用板手可操作空间尺寸宜符合表4.3.4的要求。表4.3.4 施工扳手可操作空间尺寸

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 扳手种类 | 参考尺寸（mm） | 示意图 |
|  |  |
| 手动定扭矩扳手 | 1.5 且不小于45 | 140+ |  |
| 扭剪型电动扳手 | 65 | 530+ |
| 大六角电动扳手 | M24及以下 | 50 | 450+ |
| M24以上 | 60 | 500+ |

 | **4.3.4** 设计布置螺栓时，应考虑工地专用施工工具的可操作空间要求。常用板手可操作空间尺寸宜符合表4.3.4的要求。表4.3.4 施工扳手可操作空间尺寸

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 扳手种类 | 参考尺寸（mm） | 示意图 |
|  |  |
| 手动定扭矩扳手 | 1.5 且不小于45 | 140+ |  |
| 电动扭剪型扳手 | 55 | 400+ |
| 电动扭矩扳手 | M24及以下 | 45 | 400+ |
| M24以上 | 55 | 450+ |

 |
| **5 连接接头设计** | **5 连接接头设计** |
| **5.2受拉连接接头** | **5.2受拉连接接头** |
| **5.2.3** 计算不考虑撬力作用时，T形受拉连接接头应按下列规定计算确定T形件翼缘板厚度与连接螺栓。**1** T形件翼缘板的最小厚度按下式计算：  （5.2.3-1）式中： *b* ——按一排螺栓覆盖的翼缘板（端板）计算宽度（mm）；——螺栓中心到T形件翼缘边缘的距离（mm）；——螺栓中心到T形件腹板边缘的距离（mm）。**2** 一个受拉高强度螺栓的受拉承载力应满足下式要求： （5.2.3-2）式中： —— 一个高强度螺栓的轴向拉力（kN）。 | **5.2.3** 当T形件翼缘板的厚度大于等于时，计算可不考虑撬力作用，T形受拉连接接头设计应符合下列规定。**1** T形件翼缘板的最小厚度按下式计算： （5.2.3-1）式中： *b* ——按一排螺栓覆盖的翼缘板（端板）计算宽度（mm）；——螺栓中心到T形件翼缘边缘的距离（mm）；——螺栓中心到T形件腹板边缘的距离（mm）。**2** 一个受拉高强度螺栓的抗拉承载力应满足下式要求： （5.2.3-2）式中： —— 一个高强度螺栓的轴向拉力（kN）。 |
| **5.2.4** 计算考虑撬力作用时，T形受拉连接接头应按下列规定计算确定T形件翼缘板厚度、撬力与连接螺栓。**1** 当T形件翼缘厚度小于时应考虑橇力作用影响，受拉T形件翼缘板厚度按下式计算：  (5.2.4-1)式中： ——撬力影响系数， ；  ——翼缘板截面系数，；——系数，当时，取1.0；当时，=，且满足；——系数，；——系数，  。  **2** 撬力Q按下式计算： (5.2.4-2)式中： ——系数， 。 **3** 考虑撬力影响时，高强度螺栓的受拉承载力应按下列规定计算：1）按承载能力极限状态设计时应满足下式要求：  (5.2.4-3)  2）按正常使用极限状态设计时应满足下式要求：  （5.2.4-4） | **5.2.4** 计算考虑撬力作用时，T形受拉连接接头设计应符合下列规定。 1 当T形件翼缘厚度小于时应考虑橇力作用影响，螺栓撬力的最大允许值按式（5.2.4-1）计算，T形件翼缘板最小厚度按式（5.2.4-2）计算 （5.2.4-1） （5.2.4-2）且满足：≥0式中：——一个高强度螺栓所受的轴向最大拉力； P——一个高强度螺栓的设计预拉力值； ；为螺栓边距，且应符合的要求。2 T形件翼缘厚度*t*应按照式（5.2.4-3）的规定确定： *t0 ≤ t* ≤  (5.2.4-3) |
| **5.3外伸式端板连接接头** | **5.3外伸式端板连接接头** |
| **5.3.2** 外伸式端板连接接头的构造应符合下列规定：**1** 端板连接宜采用高强度螺栓摩擦型连接；**2** 端板的厚度不宜小于16mm，且不宜小于连接螺栓的直径；**3** 连接螺栓至板件边缘的距离在满足螺栓施拧条件下应采用最小间距紧凑布置；端板螺栓竖向最大间距不应大于400mm；螺栓布置与间距除应符合本规程第4.3.3条规定外，尚应满足≤1.25的要求； **4** 端板直接与柱翼缘连接时，相连部位的柱翼缘板厚度不应小于端板厚度；**5** 端板外伸部位宜设加劲肋；**6** 梁端与端板的焊接宜采用熔透焊缝。 | **5.3.2** 外伸式端板连接接头的构造应符合下列规定：**1** 端板连接宜采用高强度螺栓摩擦型连接；**2** 端板的厚度不宜小于16mm，且不宜小于连接螺栓的直径；**3** 连接螺栓至板件边缘的距离在满足螺栓施拧条件下应采用最小间距紧凑布置；端板螺栓竖向最大间距不应大于400mm；螺栓布置与间距除应符合本标准第4.3.3条规定外，尚应满足≤1.25的要求；**4** 端板直接与柱翼缘连接时，相连部位的柱翼缘板厚度不应小于端板厚度；**5** 端板外伸部位宜设加劲肋；**6** 梁端与端板的焊接宜采用熔透焊缝。 |
| **5.3.3** 计算不考虑撬力作用时，应按下列规定计算确定端板厚度与连接螺栓。计算时接头在受拉螺栓部位按T形件单元（图5.3.1阴影部分）计算。**1** 端板厚度应按本规程公式（5.2.3-1）计算。2 受拉螺栓按T形件（图5.3.1阴影部分）对称于受拉翼缘的两排螺栓均匀受拉计算，每个螺栓的最大拉力应符合下式要求： ≤ (5.3.3-1)式中：端板连接处的弯矩；——端板连接处的轴拉力，轴力沿螺栓轴向为压力时不考虑（=0）； ——对称布置于受拉翼缘侧的两排螺栓的总数（如图5.3.1中＝4）；—— 梁上、下翼缘中心间的距离。 **3** 当两排受拉螺栓承载力不能满足公式（5.3.3-1）要求时，可计入布置于受拉区的第三排螺栓共同工作，此时最大受拉螺栓的拉力应符合下式要求： ≤ (5.3.3-2)式中： ——第三排受拉螺栓的数量（如图5.3.1中＝2）；——第三排螺栓中心至受压翼缘中心的距离（mm）。**4** 除抗拉螺栓外，端板上其余螺栓按承受全部剪力计算，每个螺栓承受的剪力应符合下式要求：  ≤  (5.3.3-3)式中： ——抗剪螺栓总数。 | **5.3.3** 计算不考虑撬力作用时，应按下列规定计算确定端板厚度、撬力与连接螺栓。计算时接头在受拉螺栓部位按T形件单元（图5.3.1阴影部分）计算。**1** 端板厚度应按本标准公式（5.2.3-1）计算。**2**  受拉螺栓按T形件（图5.3.1阴影部分）对称于受拉翼缘的两排螺栓均匀受拉计算，每个螺栓的最大拉力应符合下式要求： ≤ (5.3.3-1)式中：——端板连接处的弯矩；——端板连接处的轴拉力，轴力沿螺栓轴向为压力时不考虑（=0）； ——对称布置于受拉翼缘侧的两排螺栓的总数（如图5.3.1中＝4）；----- 梁上、下翼缘中心间的距离。**3** 当两排受拉螺栓承载力不能满足公式（5.3.3-1）要求时，可计入布置于受拉区的第三排螺栓共同工作，此时最大受拉螺栓的拉力应符合下式要求： ≤ (5.3.3-2)式中： ——第三排受拉螺栓的数量（如图5.3.1中＝2）；——第三排螺栓中心至受压翼缘中心的距离（mm）。**4** 除抗拉螺栓外，端板上其余螺栓按承受全部剪力计算，每个螺栓承受的剪力应符合下式要求：  ≤  (5.3.3-3)式中： ——抗剪螺栓总数。 |
| **5.3.4** 计算考虑撬力作用时，应按下列规定计算确定端板厚度、撬力与连接螺栓。计算时接头在受拉螺栓部位按T形件单元（图5.3.1阴影部分）计算。**1** 端板厚度应按本规程式（5.2.4-1）计算；**2** 作用于端板的撬力Q应按本规程式（5.2.4-2）计算； **3** 受拉螺栓按对称于梁受拉翼缘的两排螺栓均匀受拉承担全部拉力计算，每个螺栓的最大拉力应符合下式要求： （5.3.4） 当轴力沿螺栓轴向为压力时，=0。**4** 除抗拉螺栓外，端板上其余螺栓可按承受全部剪力计算，每个螺栓承受的剪力应符合式（5.3.3-3）的要求。 | **5.3.4** 计算考虑撬力作用时，应按下列规定计算确定端板厚度、撬力与连接螺栓。计算时接头在受拉螺栓部位按T形件单元（图5.3.1阴影部分）计算。**1** 端板厚度应按本标准式（5.2.4-1）计算；**2** 作用于端板的撬力Q应按本标准式（5.2.4-2）计算； **3** 受拉螺栓按对称于梁受拉翼缘的两排螺栓均匀受拉承担全部拉力计算，每个螺栓的最大拉力应符合下式要求： （5.3.4） 当轴力沿螺栓轴向为压力时，=0。**4** 除抗拉螺栓外，端板上其余螺栓可按承受全部剪力计算，每个螺栓承受的剪力应符合式（5.3.3-3）的要求。 |
| **5.4栓焊混用连接接头** | **5.4栓焊混用连接接头** |
| **5.4.2** 梁、柱、支撑等构件的栓焊混用连接接头中，腹板连（拼）接的高强度螺栓的计算及构造，应符合本规程第5.1节以及下列规定：**1** 按等强方法计算拼接接头时，腹板净截面宜考虑锁口孔的折减影响；**2** 施工顺序宜在高强度螺栓初拧后进行翼缘的焊接，然后再进行高强度螺栓终拧；**3** 当采用先终拧螺栓再进行翼缘焊接的施工工序时，腹板拼接高强度螺栓宜采取补拧措施或增加螺栓数量10%。 | **5.4.2** 梁、柱、支撑等构件的栓焊混用连接接头中，腹板连（拼）接的高强度螺栓的计算及构造，应符合本标准第5.1节以及下列规定：**1** 按等强方法计算拼接接头时，腹板净截面宜考虑锁口孔的折减影响；**2** 施工顺序宜在高强度螺栓初拧后进行翼缘的焊接，然后再进行高强度螺栓终拧；**3** 当采用先终拧螺栓再进行翼缘焊接的施工工序时，腹板拼接高强度螺栓宜采取补拧措施或增加螺栓数量10%。 |
| **5.5栓焊并用连接接头** | **5.5栓焊并用连接接头** |
| **5.5.4** 在既有摩擦型高强度螺栓连接接头上新增角焊缝进行加固补强时，其栓焊并用连接设计应符合下列规定：**1** 摩擦型高强度螺栓连接和角焊缝焊接连接应分别承担加固焊接补强前的荷载和加固焊接补强后所增加的荷载； **2** 当加固前进行结构卸载或加固焊接补强前的荷载小于摩擦型高强度螺栓连接承载力设计值25%时，可按本规程第5.5.3条进行连接设计。 | **5.5.4** 在既有高强度螺栓摩擦型连接接头上新增角焊缝进行加固补强时，其栓焊并用连接设计应符合下列规定：**1** 高强度螺栓摩擦型连接和角焊缝焊接连接应分别承担加固焊接补强前的荷载和加固焊接补强后所增加的荷载；**2** 当加固前进行结构卸载或加固焊接补强前的荷载小于高强度螺栓摩擦型连接承载力设计值25%时，可按本标准第5.5.3条进行连接设计。 |
| **6 施 工** | **6 施 工** |
| **6.2 连接构件的制作** | **6.2 连接构件的制作** |
| **6.2.1** 高强度螺栓连接构件的栓孔孔径应符合设计要求。高强度螺栓连接构件制孔允许偏差应符合表6.2.1的规定。表6.2.1 高强度螺栓连接构件制孔允许偏差(mm)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 公称直径 | M12 | M16 | M20 | M22 | M24 | M27 | M30 |
| 孔型 | 标准圆孔 | 直径 | 13.5 | 17.5 | 22.0 | 24.0 | 26.0 | 30.0 | 33.0 |
| 允许偏差 | +0.43 | +0.43 | +0.52 | +0.52 | +0.52 | +0.84 | +0.84 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 圆度 | 1.00 | 1.50 |
| 大圆孔 | 直径 | 16.0 | 20.0 | 24.0 | 28.0 | 30.0 | 35.0 | 38.0 |
| 允许偏差 | +0.43 | +0.43 | +0.52 | +0.52 | +0.52 | +0.84 | +0.84 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 圆度 | 1.00 | 1.50 |
| 槽孔 | 长度 | 短向 | 13.5 | 17.5 | 22.0 | 24.0 | 26.0 | 30.0 | 33.0 |
| 长向 | 22.0 | 30.0 | 37.0 | 40.0 | 45.0 | 50.0 | 55.0 |
| 允许偏差 | 短向 | +0.43 | +0.43 | +0.52 | +0.52 | +0.52 | +0.84 | +0.84 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 长向 | +0.84 | +0.84 | +1.00 | +1.00 | +1.00 | +1.00 | +1.00 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 中心线倾斜度 | 应为板厚的3%，且单层板应为2.0mm，多层板叠组合应为3.0mm |

 | **6.2.1** 高强度螺栓连接构件的栓孔孔径应符合设计要求。高强度螺栓连接构件制孔允许偏差应符合表6.2.1的规定。表6.2.1 高强度螺栓连接构件制孔允许偏差(mm)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 公称直径 | M12 | M16 | M20 | M22 | M24 | M27 | M30 | M36 |
| 孔型 | 标准圆孔 | 直径 | 13.5 | 17.5 | 22.0 | 24.0 | 26.0 | 30.0 | 33.0 | 39.0 |
| 允许偏差 | +0.43 | +0.43 | +0.52 | +0.52 | +0.52 | +0.84 | +0.84 | +1.00 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 圆度 | 1.00 | 1.50 |
| 大圆孔 | 直径 | 16.0 | 20.0 | 24.0 | 28.0 | 30.0 | 35.0 | 38.0 | 45.0 |
| 允许偏差 | +0.43 | +0.43 | +0.52 | +0.52 | +0.52 | +0.84 | +0.84 | +1.00 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 圆度 | 1.00 | 1.50 |
| 槽孔 | 长度 | 短向 | 13.5 | 17.5 | 22.0 | 24.0 | 26.0 | 30.0 | 33.0 | 39.0 |
| 长向 | 22.0 | 30.0 | 37.0 | 40.0 | 45.0 | 50.0 | 55.0 | 60.0 |
| 允许偏差 | 短向 | +0.43 | +0.43 | +0.52 | +0.52 | +0.52 | +0.84 | +0.84 | +1.00 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 长向 | +0.84 | +0.84 | +1.00 | +1.00 | +1.00 | +1.00 | +1.00 | +1.00 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 中心线倾斜度 | 应为板厚的3％，且单层板应为2.0mm，多层板叠组合应为3.0mm |

 |
| **6.2.5** 按本规程第6.2.4条检查时，凡量规不能通过的孔，必须经施工图编制单位同意后，方可扩钻或补焊后重新钻孔。扩钻后的孔径不应超过1.2倍螺栓直径。补焊时，应用与母材相匹配的焊条补焊，严禁用钢块、钢筋、焊条等填塞。每组孔中经补焊重新钻孔的数量不得超过该组螺栓数量的20%。处理后的孔应作出记录。 | **6.2.5** 按本标准第6.2.4条检查时，凡量规不能通过的孔，必须经施工图编制单位同意后，方可扩钻或补焊后重新钻孔。扩钻后的孔径不应超过1.2倍螺栓直径。补焊时，应用与母材相匹配的焊条补焊，严禁用钢块、钢筋、焊条等填塞。每组孔中经补焊重新钻孔的数量不得超过该组螺栓数量的20％。处理后的孔应作出记录。 |
| **6.3 高强度螺栓连接副和摩擦面抗滑移系数检验** | **6.3 高强度螺栓连接副和摩擦面抗滑移系数检验** |
| **6.3.1** 高强度大六角头螺栓连接副应进行扭矩系数、螺栓楔负载、螺母保证载荷检验，其检验方法和结果应符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T l231规定。高强度大六角头螺栓连接副扭矩系数的平均值及标准偏差应符合表6.3.1的要求。表6.3.1 高强度大六角头螺栓连接副扭矩系数平均值及标准偏差值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 连接副表面状态 | 扭矩系数平均值 | 扭矩系数标准偏差 |
| 符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T l231的要求 | 0.110～0.150 | ≤0.0100 |

注：每套连接副只做一次试验，不得重复使用。试验时，垫圈发生转动，试验无效。 | **6.3.1** 高强度大六角头螺栓连接副应进行扭矩系数、螺栓楔负载、螺母保证载荷检验，其检验方法和结果应符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T l231规定。高强度大六角头螺栓连接副扭矩系数的平均值为0.110～0.150，扭矩系数标准偏差应小于或等于0.0100。亦可按照国家标准《预载荷高强度栓接结构连接副 第3部分：HR型 大六角头螺栓和螺母连接副》GB∕T 32076.3和《预载荷高强度栓接结构连接副 第2部分：预载荷适应性》GB∕T 32076.2的相关规定执行。 |
| **6.3.2** 扭剪型高强度螺栓连接副应进行紧固轴力、螺栓楔负载、螺母保证载荷检验，检验方法和结果应符合现行国家标准《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632规定。扭剪型高强度螺栓连接副的紧固轴力平均值及标准偏差应符合表6.3.2的要求。表6.3.2 扭剪型高强度螺栓连接副紧固轴力平均值及标准偏差值

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 螺栓公称直径 | M16 | M20 | M22 | M24 | M27 | M30 |
| 紧固轴力值（kN） | 最小值 | 100 | 155 | 190 | 225 | 290 | 355 |
| 最大值 | 121 | 187 | 231 | 270 | 351 | 430 |
| 标准偏差（kN） | ≤10.0 | ≤15.4 | ≤19.0 | ≤22.5 | ≤29.0 | ≤35.4 |

注：每套连接副只做一次试验，不得重复使用。试验时，垫圈发生转动，试验无效。 | **6.3.2** 扭剪型高强度螺栓连接副应进行紧固轴力、螺栓楔负载、螺母保证载荷检验，检验方法和结果应符合现行国家标准《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632规定，扭剪型高强度螺栓连接副的紧固轴力平均值及标准偏差应符合表6.3.2的要求。亦可按照国家标准《预载荷高强度栓接结构连接副 第8部分：扭剪型圆头螺栓和螺母连接副》GB∕T 32076.8和《预载荷高强度栓接结构连接副 第9部分：扭剪型大六角头螺栓和螺母连接副》GBT 32076.9的相关规定执行。表6.3.2 扭剪型高强度螺栓连接副紧固轴力平均值及标准偏差值

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 螺栓公称直径 | M16 | M20 | M22 | M24 | M27 | M30 | M36 |
| 紧固轴力值（kN） | 最小值 | 110 | 170 | 212 | 247 | 320 | 393 | 572 |
| 最大值 | 121 | 189 | 233 | 270 | 353 | 432 | 630 |
| 标准偏差（kN） | ≤10.0 | ≤15.4 | ≤19.0 | ≤22.5 | ≤29.0 | ≤35.4 | ≤35.4 |

注：每套连接副只做一次试验，不得重复使用。试验时，垫圈发生转动，试验无效。 |
| **6.3.3** 摩擦面的抗滑移系数（图6.3.3）应按下列规定进行检验：**1** 抗滑移系数检验应以钢结构制作检验批为单位，由制作厂和安装单位分别进行，每一检验批三组；单项工程的构件摩擦面选用两种及两种以上表面处理工艺时，则每种表面处理工艺均需检验；**2** 抗滑移系数检验用的试件由制作厂加工，试件与所代表的构件应为同一材质、同一摩擦面处理工艺、同批制作，使用同一性能等级的高强度螺栓连接副，并在相同条件下同批发运；**3** 抗滑移系数试件宜采用图6.3.3所示型式 (试件钢板厚度2t2≥t1)；试件的设计应考虑摩擦面在滑移之前，试件钢板的净截面仍处于弹性状态；图6.3.3 抗滑移系数试件**4** 抗滑移系数应在拉力试验机上进行并测出其滑动荷载；试验时，试件的轴线应与试验机夹具中心严格对中；**5** 抗滑移系数应按下式计算，抗滑移系数的计算结果应精确到小数点后2位。  (6.3.3)式中： ——滑动荷载； ——传力摩擦面数目，=2； ——为高强度螺栓预拉力实测值（误差小于等于2%），试验时控制在0.95P～1.05P范围内；——与试件滑动荷载一侧对应的高强度螺栓预拉力之和。**6** 抗滑移系数检验的最小值必须等于或大于设计规定值。当不符合上述规定时，构件摩擦面应重新处理。处理后的构件摩擦面应按本节规定重新检验。 | **6.3.3** 摩擦面类型为A类、B类、C类和D类的可不进行摩擦面抗滑移系数检验，摩擦面类型为E类的抗滑移系数（图6.3.3）应按下列规定进行检验：**1** 抗滑移系数检验应以钢结构制作检验批为单位，由制作厂和安装单位分别进行，每一检验批三组；单项工程的构件摩擦面选用两种及两种以上表面处理工艺时，则每种表面处理工艺均需检验；**2** 抗滑移系数检验用的试件由制作厂加工，试件与所代表的构件应为同一材质、同一摩擦面处理工艺、同批制作，使用同一性能等级的高强度螺栓连接副，并在相同条件下同批发运；**3** 抗滑移系数试件宜采用图6.3.3所示型式 (试件钢板厚度2t2≥t1)；试件的设计应考虑摩擦面在滑移之前，试件钢板的净截面仍处于弹性状态；同时试件接头连接刚度比应控制在0.3。图6.3.3 抗滑移系数试件**4** 抗滑移系数应在拉力试验机上进行并测出其滑动荷载；试验时，试件的轴线应与试验机夹具中心严格对中；**5** 抗滑移系数应按下式计算，抗滑移系数的计算结果应精确到小数点后2位。  (6.3.3)式中： ——滑动荷载； ——传力摩擦面数目，=2；——为高强度螺栓预拉力实测值（误差小于等于2%），试验时控制在0.95P～1.05P范围内；——与试件滑动荷载一侧对应的高强度螺栓预拉力之和。**6** 抗滑移系数检验的最小值必须等于或大于设计规定值。当不符合上述规定时，构件摩擦面应重新处理。处理后的构件摩擦面应按本节规定重新检验。 |
| **6.4 安装** | **6.4 安装** |
| **6.4.1** 高强度螺栓长度应保证在终拧后，螺栓外露丝扣为2～3扣。其长度应按下式计算： (6.4.1)式中： ——连接板层总厚度(mm)；——附加长度(mm)，；——高强度螺母公称厚度(mm)；——垫圈个数；扭剪型高强度螺栓为1；大六角头高强度螺栓为2；——高强度垫圈公称厚度（mm）；——螺纹的螺距（mm）。当高强度螺栓公称直径确定之后，可按表6.4.1取值。但采用大圆孔或槽孔时，高强度垫圈公称厚度（s）应按实际厚度取值。根据式6.4.1计算出的螺栓长度按修约间隔5mm进行修约，修约后的长度为螺栓公称长度。表6.4.1 高强度螺栓附加长度 (mm)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 螺栓公称直径 | M12 | M16 | M20 | M22 | M24 | M27 | M30 |
| 高强度螺母公称厚度 | 12.0 | 16.0 | 20.0 | 22.0 | 24.0 | 27.0 | 30.0 |
| 高强度垫圈公称厚度 | 3.00 | 4.00 | 4.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 |
| 螺纹的螺距 | 1.75 | 2.00 | 2.50 | 2.50 | 3.00 | 3.00 | 3.50 |
| 大六角头高强度螺栓附加长度 | 23.0 | 30.0 | 35.5 | 39.5 | 43.0 | 46.0 | 50.5 |
| 扭剪型高强度螺栓附加长度 | - | 26.0 | 31.5 | 34.5 | 38.0 | 41.0 | 45.5 |

 | **6.4.1** 高强度螺栓长度应保证在终拧后，螺栓外露丝扣为2～3扣。其长度应按下式计算： (6.4.1)式中： ——连接板层总厚度(mm)；——附加长度(mm)，；——高强度螺母公称厚度(mm)；——垫圈个数；扭剪型高强度螺栓为1；大六角头高强度螺栓为2；——高强度垫圈公称厚度(mm)；——螺纹的螺距(mm)。当高强度螺栓公称直径确定之后，可按表6.4.1取值。但采用大圆孔或槽孔时，高强度垫圈公称厚度（s）应按实际厚度取值。根据式6.4.1计算出的螺栓长度按修约间隔5mm进行修约，修约后的长度为螺栓公称长度。表6.4.1 高强度螺栓附加长度 (mm)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 螺栓公称直径 | M12 | M16 | M20 | M22 | M24 | M27 | M30 | M36 |
| 高强度螺母公称厚度 | 10 | 14 | 18 | 19 | 21 | 23 | 25 | 31 |
| 高强度垫圈公称厚度 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 |
| 螺纹的螺距 | 1.75 | 2 | 2.5 | 2.5 | 3 | 3 | 3.5 | 4 |
| 大六角头高强度螺栓附加长度 | 21 | 28 | 33.5 | 34.5 | 38 | 42 | 45.5 | 55 |
| 扭剪型高强度螺栓附加长度 | 18 | 24 | 29.5 | 30.5 | 34 | 37 | 40.5 | 49 |

 |
| **6.4.13** 大六角头高强度螺栓的施工终拧扭矩可由下式计算确定： (6.4.13)式中： ——高强度螺栓公称直径(mm)；——高强度螺栓连接副的扭矩系数平均值，该值由第6.3.1条试验测得；——高强度螺栓施工预拉力(kN)，按表6.4.13取值；——施工终拧扭矩(N·m)。表6.4.13 高强度大六角头螺栓施工预拉力(kN)

|  |  |
| --- | --- |
| 螺栓性能等级 | 螺栓公称直径 |
| M12 | M16 | M20 | M22 | M24 | M27 | M30 |
| 8.8s | 50 | 90 | 140 | 165 | 195 | 255 | 310 |
| 10.9s | 60 | 110 | 170 | 210 | 250 | 320 | 390 |

 | **6.4.13** 大六角头高强度螺栓的施工终拧扭矩可由下式计算确定： (6.4.13)式中： ——高强度螺栓公称直径(mm)；——高强度螺栓连接副的扭矩系数平均值，该值由第6.3.1条试验测得；——高强度螺栓施工预拉力(kN)，按表6.4.13取值；——施工终拧扭矩(N·m)。表6.4.13 高强度大六角头螺栓施工预拉力(kN)

|  |  |
| --- | --- |
| 螺栓的性能等级 | 螺栓规格 |
| M12 | M16 | M20 | M22 | M24 | M27 | M30 | M36 |
| 8.8s | 50 | 90 | 140 | 165 | 195 | 255 | 310 | 450 |
| 10.9s | 60 | 110 | 170 | 210 | 250 | 320 | 390 | 570 |

 |
| **6.4.14** 高强度大六角头螺栓连接副的拧紧应分为初拧、终拧。对于大型节点应分为初拧、复拧、终拧。初拧扭矩和复拧扭矩为终拧扭矩的50％左右。初拧或复拧后的高强度螺栓应用颜色在螺母上标记，按本规程第6.4.13条规定的终拧扭矩值进行终拧。终拧后的高强度螺栓应用另一种颜色在螺母上标记。高强度大六角头螺栓连接副的初拧、复拧、终拧宜在一天内完成。 | **6.4.14** 高强度大六角头螺栓连接副的拧紧应分为初拧、终拧。对于大型节点应分为初拧、复拧、终拧。初拧扭矩和复拧扭矩为终拧扭矩的50％左右。初拧或复拧后的高强度螺栓应用颜色在螺母上标记，按本标准第6.4.13条规定的终拧扭矩值进行终拧。终拧后的高强度螺栓应用另一种颜色在螺母上标记。高强度大六角头螺栓连接副的初拧、复拧、终拧宜在一天内完成。 |
| **6.4.15** 扭剪型高强度螺栓连接副的拧紧应分为初拧、终拧。对于大型节点应分为初拧、复拧、终拧。初拧扭矩和复拧扭矩值为0.065×*Pc*×*d*，或按表6.4.15选用。初拧或复拧后的高强度螺栓应用颜色在螺母上标记，用专用扳手进行终拧，直至拧掉螺栓尾部梅花头。对于个别不能用专用扳手进行终拧的扭剪型高强度螺栓，应按本规程第6.4.13条规定的方法进行终拧(扭矩系数可取0.13)。扭剪型高强度螺栓连接副的初拧、复拧、终拧宜在一天内完成。表6.4.15 扭剪型高强度螺栓初拧（复拧）扭矩值（N·m）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 螺栓公称直径 | M16 | M20 | M22 | M24 | M27 | M30 |
| 初拧扭矩 | 115 | 220 | 300 | 390 | 560 | 760 |

 | **6.4.15** 扭剪型高强度螺栓连接副的拧紧应分为初拧、终拧。对于大型节点应分为初拧、复拧、终拧。初拧扭矩和复拧扭矩值为0.065×*Pc*×*d*，或按表6.4.15选用。初拧或复拧后的高强度螺栓应用颜色在螺母上标记，用专用扳手进行终拧，直至拧掉螺栓尾部梅花头。对于个别不能用专用扳手进行终拧的扭剪型高强度螺栓，应按本标准第6.4.13条规定的方法进行终拧(扭矩系数可取0.13)。扭剪型高强度螺栓连接副的初拧、复拧、终拧宜在一天内完成。表6.4.15 扭剪型高强度螺栓初拧（复拧）扭矩值(N·m)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 螺栓公称直径 | M16 | M20 | M22 | M24 | M27 | M30 | M36 |
| 初拧扭矩(Nm) | 80 | 150 | 200 | 250 | 370 | 500 | 850 |

 |
| **6.4.16** 当采用转角法施工时，大六角头高强度螺栓连接副应按本规程第6.3.1条检验合格，且应按本规程第6.4.14条规定进行初拧、复拧。初拧（复拧）后连接副的终拧角度应按表6.4.16规定执行。表6.4.16 初拧（复拧）后大六角头高强度螺栓连接副的终拧转角

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 螺栓长度L范围 | 螺母转角 | 连接状态 |
| L≤4  | 1/3圈（120°） | 连接型式为一层芯板加两层盖板 |
| 4＜L≤8 或200mm及以下 | 1/2圈（180°） |
| 8＜L≤12或200mm以上 | 2/3圈（240°） |

注：1 螺母的转角为螺母与螺栓杆之间的相对转角；2 当螺栓长度L超过12倍螺栓公称直径时，螺母的终拧角度应由试验确定。 | **6.4.16** 当采用转角法施工时，大六角头高强度螺栓连接副应按本标准第6.3.1条检验合格，且应按本标准第6.4.14条规定进行初拧、复拧。初拧（复拧）后连接副的终拧角度应按表6.4.16规定执行。表6.4.16 初拧（复拧）后大六角头高强度螺栓连接副的终拧转角

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 螺栓长度L范围 | 螺母转角 | 连接状态 |
| L≤4 | 1/3圈（120°） | 连接型式为一层芯板加两层盖板 |
| 4＜L≤8 或200mm及以下 | 1/2圈（180°） |
| 8＜L≤12或200mm以上 | 2/3圈（240°） |

注：**1**  螺母的转角为螺母与螺栓杆之间的相对转角；**2**  当螺栓长度L超过12倍螺栓公称直径时，螺母的终拧角度应由试验确定。 |
| **6.5 紧固质量检验** | **6.5 紧固质量检验** |
| **6.5.1** 大六角头高强度螺栓连接施工紧固质量检查应符合下列规定：**1** 扭矩法施工的检查方法应符合下列规定：1） 用小锤(约0．3kg)敲击螺母对高强度螺栓进行普查，不得漏拧；2） 终拧扭矩应按节点数抽查10%，且不应少于10个节点；对每个被抽查节点应按螺栓数抽查10％，且不应少于2个螺栓；3）检查时先在螺杆端面和螺母上画一直线，然后将螺母拧松约60°；再 用扭矩扳手重新拧紧，使两线重合，测得此时的扭矩应在0.9～1.1范围内。应按下式计算： (6.5.1)式中： ——高强度螺栓预拉力设计值 (kN)，按本规程表3.2.5取用；——检查扭矩(N·m)。4） 如发现有不符合规定的，应再扩大1倍检查，如仍有不合格者，则整个节点的高强度螺栓应重新施拧；5） 扭矩检查宜在螺栓终拧1h以后、24h之前完成；检查用的扭矩扳 手，其相对误差应为±3％。**2** 转角法施工的检查方法应符合下列规定：1） 普查初拧后在螺母与相对位置所划的终拧起始线和终止线所夹的角度应达到规定值；2) 终拧转角应按节点数抽查10%，且不应少于10个节点；对每个被 抽查节点按螺栓数抽查10％，且不应少于2个螺栓；3） 在螺杆端面和螺母相对位置划线，然后全部卸松螺母，再按规定的初拧扭矩和终拧角度重新拧紧螺栓，测量终止线与原终止线划线间的角度，应符合本规程表6.4.16要求，误差在±30°者为合格。4） 如发现有不符合规定的，应再扩大1倍检查，如仍有不合格者，则整个节点的高强度螺栓应重新施拧； 5） 转角检查宜在螺栓终拧1h以后、24h之前完成。 | **6.5.1** 大六角头高强度螺栓连接施工紧固质量检查应符合下列规定：**1** 扭矩法施工的检查方法应符合下列规定：**1）** 用小锤(约0．3kg)敲击螺母对高强度螺栓进行普查，不得漏拧；**2）** 终拧扭矩应按节点数抽查10%，且不应少于10个节点；对每个被抽查节点应按螺栓数抽查10％，且不应少于2个螺栓；**3）** 检查时先在螺杆端面和螺母上画一直线，然后将螺母拧松约60°；再用扭矩扳手重新拧紧，使两线重合，测得此时的扭矩应在0.9～1.1范围内。应按下式计算： (6.5.1)式中： ——高强度螺栓预拉力设计值 (kN)，按本标准表3.2.5取用；——检查扭矩(Nm)。**4）** 如发现有不符合规定的，应再扩大1倍检查，如仍有不合格者，则整个节点的高强度螺栓应重新施拧；**5）** 扭矩检查宜在螺栓终拧1h以后、24h之前完成；检查用的扭矩扳手，其相对误差应为±3％。**2** 转角法施工的检查方法应符合下列规定：**1）** 普查初拧后在螺母与相对位置所划的终拧起始线和终止线所夹的角度应达到规定值；**2）** 终拧转角应按节点数抽查10%，且不应少于10个节点；对每个被抽查节点按螺栓数抽查10％，且不应少于2个螺栓；**3）** 在螺杆端面和螺母相对位置划线，然后全部卸松螺母，在按规定的初拧扭矩和终拧角度重新拧紧螺栓，测量终止线与原终止线划线间的角度，应符合本标准表6.4.16要求、误差在±30°者为合格。**4）** 如发现有不符合规定的，应再扩大1倍检查，如仍有不合格者，则整个节点的高强度螺栓应重新施拧；**5）** 转角检查宜在螺栓终拧1h以后、24h之前完成。 |
| **6.5.2** 扭剪型高强度螺栓终拧检查，以目测尾部梅花头拧断为合格。对于不能用专用扳手拧紧的扭剪型高强度螺栓，应按本规程第6.5.1条的规定进行终拧紧固质量检查。 | **6.5.2** 扭剪型高强度螺栓终拧检查，以目测尾部梅花头拧断为合格。对于不能用专用扳手拧紧的扭剪型高强度螺栓，应按本标准第6.5.1条的规定进行终拧紧固质量检查。 |
| **7 质量验收** | **7 质量验收** |
| **7.1 一般规定** | **7.1 一般规定** |
| **7.1.1** 高强度螺栓连接分项工程验收应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205和本规程的规定执行。 | **7.1.1** 高强度螺栓连接分项工程验收应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205和本标准的规定执行。 |
| **7.1.3** 当高强度螺栓连接分项工程施工质量不符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205和本规程的要求时，应按下列规定进行处理：**1** 返工或更换高强度螺栓连接副的检验批，应重新进行验收；**2** 经有资质的检测单位检测鉴定能够达到设计要求的检验批，应予以验收；**3** 经有资质的检测单位检测鉴定达不到设计要求，但经原设计单位核算认可能够满足结构安全的检验批，可予以验收；**4** 经返修或加固处理的检验批，如满足安全使用要求，可按处理技术方案和协商文件进行验收。 | **7.1.3** 当高强度螺栓连接分项工程施工质量不符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205和本标准的要求时，应按下列规定进行处理：**1** 返工或更换高强度螺栓连接副的检验批，应重新进行验收；**2** 经有资质的检测单位检测鉴定能够达到设计要求的检验批，应予以验收；**3** 经有资质的检测单位检测鉴定达不到设计要求，但经原设计单位核算认可能够满足结构安全的检验批，可予以验收；**4** 经返修或加固处理的检验批，如满足安全使用要求，可按处理技术方案和协商文件进行验收。 |
| **7.2 检验批的划分** | **7.2 检验批的划分** |
| **7.2.3** 摩擦面抗滑移系数验收检验批划分宜遵循下列原则：**1** 与高强度螺栓连接分项工程检验批划分一致；**2** 以分部工程每2000t为一检验批；不足2000t者视为一批进行检验；**3** 同一检验批中，选用两种及两种以上表面处理工艺时，每种表面处理工艺均需进行检验。 | **7.2.3** E类摩擦面抗滑移系数验收检验批划分宜遵循下列原则：**1** 与高强度螺栓连接分项工程检验批划分一致；**2** 以分部工程每2000t为一检验批；不足2000t者视为一批进行检验；**3** 同一检验批中，选用两种及两种以上表面处理工艺时，每种表面处理工艺均需进行检验 |
|  | **附录A：其他钢结构用高强度紧固件连接技术要求** |
|  | **A1 螺栓球网格结构（网架）用高强度螺栓连接** |
|  | **A1.0.1** 用于螺栓球网格结构（网架）节点连接（受拉杆件节点和受压杆件节点）的高强度螺栓可选用9.8级和10.9级。 |
|  | **A1.0.2** 网架杆件受拉节点用高强度螺栓抗拉承载力设计值应按下式计算： （A1.0.2）式中：——高强度螺栓经过热处理后的抗拉强度设计值：对10.9级取为430N/$mm^{2}$；对9.8级取为385N/$mm^{2}$；——高强度螺栓的有效截面积，可按表A1.0.2选取。当螺栓上钻有键槽或钻孔时，值取螺纹处或键槽、钻孔处两者中的较小值。表A1.0.2 常用高强度螺栓在螺纹处的有效截面面积*A*eff和承载力设计值

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 性能等级 | 规格*d* | 螺距*p*/mm | 有效截面面积*A*eff /mm2 | 抗拉极限承载力/kN |
| 10.9级 | M12 | 1.75 | 84 | 36.1 |
| M14 | 2 | 115 | 49.5 |
| M16 | 2 | 157 | 67.5 |
| M20 | 2.5 | 245 | 105.3 |
| M22 | 2.5 | 303 | 130.5 |
| M24 | 3 | 353 | 151.5 |
| M27 | 3 | 459 | 197.5 |
| M30 | 3.5 | 561 | 241.2 |
| M33 | 3.5 | 694 | 298.4 |
| M36 | 4 | 817 | 351.3 |
| 9.8级 | M39 | 4 | 976 | 375.6 |
| M42 | 4.5 | 1120 | 431.5 |
| M45 | 4.5 | 1310 | 502.8 |
| M48 | 5 | 1470 | 567.1 |
| M52 | 5 | 1760 | 676.7 |
| M564 | 4 | 2144 | 825.4 |
| M604 | 4 | 2485 | 956.6 |
| M644 | 4 | 2851 | 1097.6 |

注：螺栓在螺纹处的有效截面积。**A1.0.3** 网架受压杆件的连接螺栓直径，可对其内力设计值取绝对值后按照受拉杆件的连接螺栓计算，并可按照表A1.0.3选取比求得的螺栓直径小1~3档的螺栓直径。 |
|  | **A2 钢结构用高强度单向螺栓连接** |
|  | **A2.0.1** 单向高强螺栓连接节点不宜用在设防烈度在8度以上或直接承受动力荷载作用需进行疲劳验算的结构。 |
|  | **A2.0.2**  每一个自锁式单向高强螺栓的预拉力设计取值应按表A2.0.2采用，嵌套式单边高强螺栓的预拉力按表3.2.5采用。表A2.0.2 一个高强度螺栓的预拉力P (kN)

|  |  |
| --- | --- |
| 螺栓的性能等级 | 螺栓规格 |
| M12 | M16 | M20 |
| 8.8s | 40 | 70 | 110 |
| 10.9s | 50 | 100 | 140 |

 |
|  | **A2.0.3** 单个单向螺栓的承载力值应按表A2.0.3采用。表A2.0.3 单个单向螺栓的承载力值（kN）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 螺栓规格 | 螺栓的性能等级 | 抗拉承载力设计值 | 抗剪承载力设计值（摩擦型） | 抗剪承载力设计值（承压型） |
| M12 | 8.8s | 40 | 5 | 45 |
| 10.9s | 48 | 10 | 50 |
| M16 | 8.8s | 70 | 10 | 55 |
| 10.9s | 85 | 15 | 65 |
| M20 | 8.8s | 105 | 25 | 80 |
| 10.9s | 140 | 30 | 100 |

 |
|  | **A2.0.4** 单向螺栓的使用范围应符合表A2.0.4要求。表A2.0.4 单向螺栓的使用范围

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 型号 | 最小螺栓中距/mm | 最小螺栓内边距/mm | 最小螺栓外边距/mm | 安装扭矩/$N∙m$ |
| 8.8级 | 10.9级 |
| M12 | 50 | 18 | 25 | 175 | 270 |
| M16 | 55 | 20 | 32.5 | 400 | 500 |
| M20 | 70 | 25 | 33 | 750 | 900 |

 |
|  | **A2.0.5** 单向高强螺栓连接节点需根据荷载工况进行抗拉承载力、抗弯承载力和抗剪承载力验算。**A2.0.6** 当梁柱连接区域的柱管壁较薄，可采用局部增厚技术对节点区柱管壁局部加厚，或采用柱管壁内部设置加劲肋。 |
|  | **A2.0.7** 采用端板与矩形钢管构件连接时，端板的厚度不宜大于连接部位的柱壁厚度。 |
|  | **A2.0.8** 端板单向螺栓连接节点，在一侧梁端可设垫板。垫板平面尺寸可与梁端板尺寸一致，垫板螺栓孔径可取端板孔径加1．5mm～2.0mm，厚度宜为3mm、6mm、9mm、12mm系列，垫板的最大厚度不应大于端板的厚度和螺栓直径的1/2，垫板材质应与梁端板相同。 |
|  | **A2.0.9** 端板单向螺栓连接节点现场不得扩孔。 |
|  | **A2.0.10**  单向螺栓孔的直径应符合表A2.0.10的规定。表A2.0.10 单向螺栓孔径（mm）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 单向螺栓型号 | M12 | M16 | M20 |
| 螺栓孔径 | 20±0.2 | 26±0.2 | 33±0.2 |

**A2.0.11** 单向螺栓连接节点中，单向螺栓所连接的两块板应平整。 |
|  | **A3 钢结构用高强度环槽螺栓（铆钉）连接** |
|  | **A3.0.1** 环槽铆钉连接副的材质性能等级应符合现行国家标准《环槽铆钉连接副 技术条件》GB/T36993的规定。 |
|  | **A3.0.2** 每一个高强度环槽铆钉的预拉力设计取值应按表A3.0.2 采用。表A3.0.2 一个环槽铆钉预拉力*P*（kN）

|  |  |
| --- | --- |
| 环槽铆钉性能等级 | 公称直径*d* （mm） |
| 12 | 16 | 20 | 22 | 24 | 27 | 30 |
| 8.8R | 53.6 | 85.4 | 126.3 | 174.6 | — | — | — |
| 10.9R | 65.4 | 116 | 181 | 220.5 | 256.9 | 333.9 | 408.1 |

 |
|  | **A3.0.3** 摩擦型和承压型高强度环槽铆钉连接的设计方法参照本标准第4章、第5章的规定执行。 |
|  | **A3.0.4** 高强度环槽铆钉连接副应采用专用铆接工具进行施拧。 |
|  | **A4 钢结构用12.9级高强度螺栓连接** |
|  | **A4.0.1**性能等级12.9s高强度螺栓的材料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的规定，钢材化学成分极限和最低回火温度宜按表A4.0.1采用。表A4.0.1 12.9s高强度螺栓材料化学成分极限和最低回火温度

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 材料和热处理 | 化学成分极限（熔炼分析） | 回火温度℃min |
| C | P | S | B |
| min | max | max | max | max |
| 合金钢淬火并回火 | 0.30 | 0.50 | 0.025 | 0.025 | 0.003 | 425 |
| 添加元素的碳钢（如硼或锰或铬或钼）淬火并回火 | 0.28 | 0.50 | 0.025 | 0.025 | 0.003 | 380 |

 |
|  | **A4.0.2** 螺栓、螺母、垫圈的型式尺寸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、《紧固件机械性能 螺母》GB/T 3098.2和《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230的规定。螺栓、螺母、垫圈的使用配合应按表A4.0.2采用。使用12.9级高强度螺栓时，应仔细考虑紧固件制造能力、表面处理、服役条件和扳拧方法对紧固件应力腐蚀开裂的影响。表A4.0.2　螺栓、螺母、垫圈的使用配合

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 类别 | 螺栓 | 螺母 | 垫圈 |
| 型式尺寸 | 按GB/T 3098.1规定 | 按GB/T 3098.2规定 | 按GB/T 1230规定 |
| 性能等级 | 12.9s | 12H | 35HRC~45HRC |

 |
|  | **A4.0.3**  螺栓的机械和物理性能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的规定，主要机械性能参数应按表A4.0.3采用。表A4.0.3　螺栓的机械性能

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 性能等级 | 抗拉强度 *R*m / MPa | 规定非比例延伸强度*R*p0.2 / MPa | 断后伸长率 *A*/% | 断后收缩率 *Z*/% |
| 不小于 |
| 12.9s | 1220 | 1100 | 8 | 44 |

 |
|  | **A4.0.4** 螺母的机械性能应符合现行国家标准《紧固件机械性能 螺母》GB/T 3098.2的规定，螺母的保证荷载应按表A4.0.4-1采用，螺母的硬度应按表A4.0.4-2采用。表A4.0.4-1　螺母的保证荷载

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 螺纹规格 | M12 | M16 | M20 | M22 | M24 | M27 | M30 | M36 |
| 性能等级 | 12H | 保证荷载 /N | 100300 | 186800 | 294000 | 363600 | 423600 | 550800 | 673200 | 980400 |

表A4.0.4-2　螺母的硬度

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 性能等级 | 螺纹规格Dmm | 洛氏硬度 HRC | 维氏硬度 HV |
| min | max | min | max |
| 12H | M12≤*D*≤M16 | 29 a | 36 | 295 a | 353 |
| M16<*D*≤M36 | 26 | 272 |
| a 对高螺母(2型)的最低硬度值：272 HV (26 HRC) |

 |
|  | **A4.0.5**  螺栓、螺母的表面缺陷、试验方法、标志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、《紧固件机械性能 螺母》GB/T 3098.2的规定。 |
|  | **A4.0.6** 螺栓、螺母、垫圈、连接副的检验规则应符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231的规定。 |
|  | **A4.0.7** 12.9级高强度螺栓宜应用于承压型连接，且可对螺栓进行初拧或者按照50%终拧扭矩施宁。 |
|  | **A4.0.8** 12.9级高强度螺栓连接设计参数见表A4.0.8。表A4.0.8 12.9级高强度螺栓连接设计参数

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 螺栓规格 |
| M12 | M16 | M20 | M22 | M24 | M27 | M30 | M36 |
| 设计预拉力（kN） | 60 | 115 | 180 | 225 | 260 | 340 | 415 | 600 |
| 大六角头螺栓施工预拉力a（kN） | 60 | 115 | 180 | 225 | 260 | 340 | 415 | 600 |
| 承压型连接的抗拉强度（N/mm2） | 720 |
| 承压型连接的抗剪强度（N/mm2） | 365 |

 |
|  | **A5 钢结构用热浸镀锌高强度螺栓连接** |
|  | **A5.0.1** 钢结构用热浸镀锌高强度大六角头螺栓连接副的材质、性能等应符合现行国家标准《HR型大六角头螺栓和螺母连接副》GB/T 32076.3、《平垫圈》GB/T 32076.5和《倒角平垫圈》GB/T 32076.6的规定。**A5.0.2** 钢结构用热浸镀锌扭剪型高强度螺栓连接副的材质、性能等应符合现行国家标准《扭剪型圆头螺栓和螺母连接副》GB/T 32076.8、《扭剪型大六角头螺栓和螺母连接副》GB/T 32076.9和《倒角平垫圈》GB/T 32076.6的规定。 |
|  | **A5.0.3** 钢结构用热浸镀锌高强度螺栓连接副订货时应满足以下要求： **1** 大六角头高强度螺栓应按国家标准《HR型大六角头螺栓和螺母连接副》GB/T 32076.3标准订货，并明确：1）表面处理：热浸镀锌；2）连接副扭矩系数平均值应为0.110～0.150，扭矩系数标准差应小于等于0.0100。**2** 扭剪型高强度螺栓应按国家标准《扭剪型圆头螺栓和螺母连接副》GB/T 32076.8或《扭剪型大六角头螺栓和螺母连接副》GB/T 32076.9订货，并明确：1）表面处理：热浸镀锌；2）连接副梅花头拧掉时的轴力值变异系数不应大于0.10。 |
|  | **A5.0.4** 钢结构用热浸镀锌高强度螺栓宜采用8.8级高强度螺栓，当采用10.9级高强度螺栓时，应进行专项论证。 |
|  | **A5.0.5** 钢结构用热浸镀锌高强度大六角头螺栓宜采用转角法进行施工，并应分为初拧和终拧。初拧施工预拉力宜为设计预拉力的10%，初拧扭矩值和终拧转角角度应通过试验确定。 |
|  | **A6 高强度螺栓连接钢结构用载荷指示垫圈** |
|  | **A6.0.1**  高强度螺栓连接钢结构用载荷指示垫圈的尺寸（图A6.0.1）可按表A6.0.1采用。载荷指示垫圈的强度级别应与高强度螺栓连接副相匹配。图A6.0.1 载荷指示垫圈尺寸（以6个凸出物示例）*d*1-内径；*d*2-外径；*d*3-凸出物外切圆直径；*d*4-凸出物内接圆直径*h*1-垫圈材料厚度（不包括凸出物）；*h*2-总高度（包括凸出物）；*h*3-凸出物高度表A6.0.1 载荷指示垫圈的尺寸（mm）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 公称尺寸 *d* | *d*1 | *d*2 | *h*1 | *h*2 | *h*3 | *d*3 | *d*4 |
| min | max | min | max | min | max | min | max | min |
| M12 | 12.75 | 12.85 | 26.0 | 32.5 | 2.5 | 5.5 | 0.8 | 20.0 | 13.85 |
| M16 | 16.75 | 16.85 | 35.0 | 36.8 | 3.0 | 6.0 | 0.8 | 25.0 | 17.85 |
| M20 | 20.95 | 21.05 | 41.0 | 46.0 | 3.5 | 6.5 | 0.8 | 29.0 | 22.05 |
| M22 | 23.05 | 23.15 | 46.5 | 50.6 | 4.0 | 7.0 | 0.8 | 33.0 | 24.15 |
| M24 | 25.15 | 25.25 | 50.0 | 55.2 | 4.0 | 7.0 | 0.8 | 38.0 | 26.25 |
| M27 | 28.30 | 28.40 | 54.0 | 62.1 | 4.0 | 7.0 | 0.8 | 43.0 | 29.40 |
| M30 | 31.45 | 31.55 | 59.0 | 69.0 | 4.0 | 7.0 | 0.8 | 46.5 | 32.55 |
| M36 | 37.75 | 37.85 | 78.0 | 83.0 | 4.0 | 7.5 | 0.8 | 56.0 | 38.85 |

注：钢结构中常用的载荷指示垫圈厚度为3～4 mm。 |
|  | **A6.0.2**  连接副的所有零件包括载荷指示垫圈、高强度螺栓、螺母、垫圈应由同一家厂商供应，并应提供合格检验报告。载荷指示垫圈的表面处理应与螺栓和螺母相同。 |
|  | **A6.0.3**  对带有载荷指示垫圈的大六角头高强度螺栓连接副，在计算螺栓长度时应增加载荷指示垫圈的厚度，厚度可按表A6.0.3取值。表A6.0.3 考虑载荷指示垫圈厚度的螺栓计算长度

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 螺栓公称直径 | M12 | M16 | M20 | M22 | M24 | M27 | M30 | M36 |
| 螺栓增加长度，mm | 2.5 | 3.0 | 3.5 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 |

 |
|  | **A6.0.4** 载荷指示垫圈应正确装配（图A6.0.4），装配时应与淬硬的平垫圈配合使用，凸出物应朝向淬硬的平垫圈，严禁与旋转零件直接接触。(a) 载荷指示垫圈放在螺栓头下 (b) 载荷指示垫圈放在螺母下图A6.0.4 带载荷指示垫圈高强度螺栓连接副装配图1-载荷指示垫圈；2-螺栓面止转垫圈；3-螺母面止转垫圈；4-螺母；5-螺栓；6-间隙 |
|  | **A6.0.5** 带有载荷指示垫圈的高强度螺栓连接副施工时，临时螺栓及冲钉的应用、高强度螺栓的安装时间、穿入方向、拧紧顺序、初拧、复拧、外露丝扣、拧紧检查等应满足大六角头高强度螺栓的相关规定。螺栓连接副拧紧后，可通过测量间隙的方法确定是否达到设计预拉力，测量间隙宜采用0.4 mm的塞尺（图A6.0.5）。图A6.0.5 塞尺检查间隙示意图 |
|  | **A6.0.6** 载荷指示垫圈的工厂检验及进场验收应按批进行，检验批的划分宜遵循下列原则：**1**  同一种材料（碳钢或不锈钢）、同一炉号、规格、凸出物个数、热处理及表面处理的载荷指示垫圈为同批；**2**  同批的最大数量为20000件；**3**  每批抽取8件，合格判定数*A*c = 0。**A6.0.7** 载荷指示垫圈出厂时应进行检验，拧紧螺栓组件，当载荷指示垫圈凸出物高度被压缩到0.4 mm时，压缩载荷应满足表A6.0.7的要求。表A6.0.7 在0.40 mm间隙时测试的压缩载荷（kN）

|  |  |
| --- | --- |
| 公称直径*d* | 压缩载荷 |
| 强度级别 H8 | 强度级别 H10 |
| min | max | min | max |
| M12 | 47 | 56 | 59 | 71 |
| M16 | 88 | 106 | 110 | 132 |
| M20 | 137 | 164 | 172 | 206 |
| M22 | 170 | 204 | 212 | 254 |
| M24 | 198 | 238 | 247 | 296 |
| M27 | 257 | 308 | 321 | 385 |
| M30 | 314 | 377 | 393 | 472 |
| M36 | 458 | 550 | 572 | 688 |

注：根据国家标准《预载荷高强度栓接结构连接副 第2部分：预载荷适应性》GB/T 32076.2，表中最小值等于0.7 *f*ub×*A*s。 |
|  | **A6.0.8** 载荷指示垫圈进场时应按国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205的要求进行紧固轴力（预拉力）检验，检验结果应符合表A6.0.7的要求。 |
|  | **A6.0.9** 带有载荷指示垫圈的高强度螺栓连接施工紧固质量检查应符合下列规定：**1**  检查数量 按总节点数抽查10%，且不少于10个节点；对同一个载荷指示垫圈，应检查所有间隙（图A6.0.9）。**2**  检查方法 0.4 mm塞尺检查。**3** 合格判定 合格间隙的最少个数应符合表A6.0.9的要求。 图A6.0.9 间隙测量 (以六个凸出物示例)1 - 塞尺插不进，间隙合格；2 - 塞尺插进，间隙不合格表A6.0.9 合格间隙的最少个数

|  |  |
| --- | --- |
| 载荷指示垫圈凸出物个数 | 合格间隙的最少个数 |
| 4 | 3 |
| 5 | 3 |
| 6 | 4 |
| 7 | 4 |
| 8 | 5 |
| 9 | 5 |

 |