

《大师信箱》开篇语

《钢结构(中英文)》是国内在钢结构领域最具影响力的专业期刊之一,其读者群包括从事钢结构研究、设计、制作、安装、检测鉴定、加固改造、监理咨询等全技术链的工程技术人员和高校师生。

我本人代表主编单位负责编制和管理 GB 50205《钢结构工程施工质量验收标准》二十余年,时常收到来自工程一线的疑难问题,同时也经常到工程现场处理质量事故和质量纠纷。面对我国庞大的工程规模及其复杂的工地条件,工作在一线的工程技术人员每时每刻都会有技术问题需要权威解答和快速解决,每当遇到这种场景,我都感慨个人的能量太有限,仅仅靠编制组人员的力量微不足道!

王立军大师一直从事 GB 50017《钢结构设计标准》编制和管理工作,相信一定会遇到同样的困惑。有一天我们俩不谋而合,一起提到了“大师信箱”设想。在杨颖芳社长亲自策划下,经《钢结构(中英文)》编辑部半年多精心准备,“大师信箱”栏目于 2025 年元月面世。

王大师和我本人都有数十人的大师团队,对于常规遇到的问题基本上都能给予快速解答。对于钢材、焊接、涂料等跨专业的一些技术问题,我们会充分利用中国钢结构协会专家委员会的专家资源给予答疑解惑。鉴于专栏篇幅限制,计划每年一、五、九月刊登钢结构施工内容,三、七、十一月刊登钢结构设计内容,每期最多拟解答 2 个问题,提出 1 个问题让读者思考并希望得到反馈。

作为首刊,我先提出一个问题:“抗火事关钢结构安全,钢结构防火涂装种类及其质量检测、合格判定标准都有哪些?”敬请读者朋友们思考和反馈。

侯兆新
2025 年元月

大师问题: 钢结构防火涂料涂装种类及其质量检测、合格判定标准都有哪些?

1 钢结构防火涂料涂装分类

在钢构件表面涂覆防火涂料,形成隔热防火保护层,这种方法施工简便、质量轻,且不受钢构件几何形状限制,具有较好的经济性和适应性。

钢结构防火涂料的品种较多,通常根据高温下涂层变化情况分膨胀型和非膨胀型(表 1);另外,按涂层厚薄、成份、施工方法及性能特征不同可进一步分成不同类别。GB 14907《钢结构防火涂料》根据涂层使用厚度 t 将其分为超薄型($t \leq 3$ mm)、薄型(3 mm $< t \leq 7$ mm)、厚型($t > 7$ mm)。

表 1 防火涂料涂装的分类

Table 1 Classification of fire retardant coatings

类型	代号	涂层特性	主要成份	说明
膨胀型	B	遇火膨胀,形成多孔碳化层,涂层厚度一般小于 7 mm	有机树脂为基料,还有发泡剂、阻燃剂、成炭剂等	又称超薄型、薄型防火涂料
非膨胀型	H	遇火不膨胀,自身有良好的隔热性,涂层厚为 7~50 mm	无机绝热材料(如膨胀蛭石、飘珠、矿物纤维)为主,还有无机黏结剂等	又称厚型防火涂料

2 施工质量检测 and 验收所依据的标准

钢结构防火涂料涂装施工质量应符合设计要

求,当设计无要求时,应按照下列标准顺序执行,首先执行上层标准,当上层标准没有规定时,执行下一层标准,以此类推:

- 1) 全文强制性国家规范: GB 55006—2021《钢结构通用规范》;
- 2) 施工质量验收国家标准: GB 50205—2020《钢结构施工及质量验收标准》;
- 3) 专业技术国家标准: GB 51249—2017《建筑钢结构防火技术标准》;
- 4) 产品国家标准: GB 14907—2018《钢结构防火涂料》;
- 5) 其他标准。

3 涂层厚度检测方法和合格判定标准

涂层厚度偏差及检查数量应符合 GB 55006—2021《钢结构通用规范》第 7.3.2 条的要求:膨胀型防火涂料的涂层厚度应符合耐火极限的设计要求。非膨胀型防火涂料的涂层厚度,80% 及以上面积应符合耐火极限的设计要求,且最薄处厚度不应低于设计要求的 85%。检查数量按同类构件数抽查 10%,且均不应少于 3 件。

膨胀型防火涂料采用涂层厚度测量仪,检测方法应符合 GB 50205—2020《钢结构施工及质量验收标准》第 13.2.3 条的规定:每个构件检测 5 处,每处的数值为 3 个相距 50 mm 的测点,测点应在检测区域内均匀分布,且测点部位涂层应与钢材附着良好。

读者问题: 钢结构连接设计施工时应如何选用高强度大六角头螺栓连接副和扭剪型高强度螺栓连接副?两者在造价、承载力、施工操作方面有何异同?

1 高强度螺栓连接副组成与外观

高强度螺栓连接副从外形上可分为高强度大六角头螺栓连接副和扭剪型高强度螺栓连接副。

扭剪型高强度螺栓连接副为一个螺栓、一个螺母和一个垫圈(图 1)。我国有 10.9S 性能等级的,常用直径有 M16/20/22/24 四种。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 GB/T 3632《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》的规定。



图 1 扭剪型高强度螺栓连接副

Fig. 1 Torsion-shear type high-strength bolt connection pair

高强度大六角头螺栓为粗牙普通螺纹,我国有 8.8S 和 10.9S 两种等级,常用直径有 M12/16/20/22/24/27/30 七种,一个连接副为一个螺栓、一个螺母和两个垫圈(图 2)。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 GB/T 1228《钢结构用高强度大六角头螺栓》等的规定。



图 2 高强度大六角头螺栓连接副

Fig. 2 High-strength large hexagon bolt connection pair

2 钢结构设计时如何选用

两种类型的高强度螺栓连接副产品在设计指标上相同,在摩擦型连接、承压型连接、受拉型连接的设计承载力方面没有区别。设计人员只需要规定螺栓的等级(10.9S 和 8.8S)、螺栓直径以及产品标准即可,无需指定是采用高强度大六角头螺栓连接副

合格判定标准应符合 GB 50205—2020《钢结构施工及质量验收标准》第 13.4.3 条的规定:厚度允许偏差应为-5%。

非膨胀型防火涂料应采用 GB 50205—2020《钢结构施工及质量验收标准》附录 E 的方法检测。

还是扭剪型高强度螺栓连接副。

3 钢结构施工时如何选用

施工单位应结合自身的技术经验、管理能力、紧固工具、检测能力、市场采购以及价格等因素,选择是采用高强度大六角头螺栓连接副还是扭剪型高强度螺栓连接副。

高强度大六角头螺栓连接副采用扭矩法施工或者转角法施工,目前国内采用扭矩法施工较为普遍,其关键是管控扭矩系数,确定施工扭矩。转角法施工在国外采用更多,其关键是对现场施工的角度管控。高强度大六角头螺栓初拧可使用冲击型电动扳手或扭矩可调电动扳手,终拧则使用扭矩型电动扳手以便更好地控制扭矩值或者角度值。高强度大六角头螺栓连接副在终拧后需通过扭矩扳手等工具进行扭矩检测,以确保拧紧程度符合要求。

扭剪型高强度螺栓连接副采用扭矩法施工,其施工紧固扭矩由螺杆与螺栓尾部梅花头之间的切口直径决定,即靠其扭断力矩来控制。初拧同样可使用冲击型电动扳手或扭矩可调电动扳手,但终拧必须使用扭剪型电动扳手,直至拧掉螺栓尾部梅花头。扭剪型高强螺栓连接副终拧时梅花头的拧断可作为终拧完成的直观标志,便于施工人员进行质量检查。

4 经济性对比

由于扭剪型高强度螺栓连接副属于固定扭矩的产品,工厂质量控制更为严格,同一企业生产相同规格、性能的高强度大六角头螺栓连接副比扭剪型高强度螺栓连接副市场价低 5% 左右。从施工全过程的角度,虽然单个扭剪型高强度螺栓连接副、扭剪型电动扳手价格较高,但在大型工程中扭剪型高强度螺栓连接副安装效率更高、施工更便捷、验收方法更简单,整体造价反而会低一些。