

大空间钢结构的防火设计与防火涂料选用

石永久,白音,王元清

(清华大学结构和振动教育部重点实验室,北京 100084)

摘要 2008 北京奥运会及 2010 上海世博会为我国大空间钢结构建筑提供了良好的发展机遇,然而此类结构形式的建筑防火设计与防火保护问题也随之凸现出来。结合大空间钢结构特点,对防火性能化设计方法和防火涂料选用进行了分析,简要总结了国内外超薄型防火涂料的发展和研究现状,对国内市场上常用的几种超薄型防火涂料进行了经济性指标对比。

关键词 大空间钢结构;防火性能化设计;超薄型钢结构;防火涂料

中图分类号 TU393.3;TU545

文献标识码 B

文章编号 1001-702X(2005)040054-04

1 概述

钢结构由于自重轻、延性好等特点,已成为大空间建筑最主要的结构形式。近年来,大空间钢结构在我国得到了迅速而蓬勃的发展,2008 北京奥运会的全部体育场馆均采用钢结构的结构形式,必将对我国大空间钢结构应用和发展产生巨大推动作用。与此同时,其防火设计问题也越来越受到工程界的关注。

钢材虽然为非燃烧材料,但耐火性能较差,在火灾高温作用下,其力学性能如屈服强度、弹性模量等会明显降低,温度达到 600℃时,会基本丧失全部强度和刚度。无防火保护措施的钢柱、钢梁等耐火极限通常只有 15~30 min,一旦发生火灾,结构很容易遭到破坏,造成严重的损失,因此必须进行防火保护。钢结构的防火保护措施主要有以下 3 种:

(1) 用混凝土或耐火砖包裹。此方法主要采用混凝土或耐火砖完全封闭钢构件。其优点是强度高、抗冲击、耐久性好,缺点则是要占用较大的空间,施工也较麻烦,特别是当其位于钢梁、斜撑上时,施工十分困难。

(2) 包覆防火板。此方法采用纤维增强水泥板、石膏板、硅酸钙板、蛭石板等将钢构件包覆起来。防火板由工厂加工,

表面平整、装饰性好,施工为干作业。用于钢柱防火具有占用空间较少、综合造价较低的优点,但施工速度较防火涂料慢。

(3) 涂覆防火涂料。此方法为将防火涂料涂覆于钢材表面,这种方法施工简便、质量轻、耐火时间长,且不受钢构件几何形状限制,具有较好的经济性和实用性。

以上 3 种措施中,最为常用且易于施工的方法为使用防火涂料保护。钢结构防火涂料从涂层厚度分类包括厚涂型钢结构防火涂料(H)、薄涂型钢结构防火涂料(B)和超薄型钢结构防火涂料(CB)。表 1 结合文献^[1-3]等进行简要说明和对比。

1 大空间钢结构防火性能化设计

1.1 大空间钢结构防火性能化设计基本概念

我国现阶段绝大多数结构防火设计是基于指令性的建筑防火设计规范进行。指令性规范中详细规定了防火设计必须满足的各项设计指标或参数(如我国《建筑设计防火规范》中对于各种建筑构件燃烧性能和耐火极限的规定等),设计人员只需要按照规范条文的要求进行设计即可。然而,随着各种结构体系复杂、多功能、大空间建筑的迅速增多,基于指令性规范的设计方法已经暴露出越来越多的缺陷,在这种背景下,一种新型的防火系统设计思路——防火性能化设计逐渐成为防火设计的发展趋势。

性能化防火设计是建立在更加理性条件上的全新的设计方法。它不是根据确定的、一成不变的模式进行设计,而是运用消防安全工程学的原理和方法首先制定整个防火系统

收稿日期:2004-11-30

作者简介:石永久,男,1962 年生,黑龙江鸡东人,教授,博导。地址:清华大学土木水利学院,联系电话:13810028775(白音),E-mail:bai-bowen99@mails.tsinghua.edu.cn。

表 1 钢结构防火涂料性能比较

项 目	厚涂型钢结构防火涂料	薄涂型钢结构防火涂料	超薄型钢结构防火涂料
化学组分	一般以无机材料为主	一般以有机材料为主	一般以有机材料为主
施工工艺	一般分层喷涂直至要求厚度	喷涂(刷涂)底涂料、喷涂中涂料、刷涂面涂料	一般可涂刷涂料至要求厚度
涂层厚度/mm	7~50	3~7	≤3
涂层外观	表面粗糙 ,装饰性差	表面光滑 ,可调出各种颜色 ,装饰性好	装饰性更好 ,颜色丰富 ,可达一般建筑涂料的效果
与钢材的粘结性	较差	较好	较好
耐久性	较好	较差	较差
耐火极限/h	0.5~3	一般不大于 2	一般不大于 2
高温下有毒气体释放	否	有可能	有可能
适用范围	建筑物中隐蔽部位钢结构、高层全钢结构、多层钢结构厂房及对涂层外观要求不高的部位	裸露钢网架、钢屋架及屋顶承重结构 ,对装饰效果要求较高且规范规定耐火极限在 1.5 h 以下的钢构件	与薄型钢结构防火涂料基本相同 ,对于装饰效果要求非常高的钢结构宜优先采用

应该达到的性能目标 ,并针对各类建筑物的实际状态 ,应用所有可能的方法对建筑的火灾危险和将导致的后果进行定性、定量的预测与评估 ,以期得到最佳的防火设计方案和最好的防火保护^[2]。

对于大部分大空间钢结构建筑(如机场、车站等) ,由于功能上的需要 ,无法满足现有规范对于防火分区等方面的要求 ;同时 ,由于此类建筑对造型美观要求较高 ,部分构件(如索网等)防火保护实施起来也非常困难 ,并且如果完全按照现行指令性规范进行防火涂料涂刷 ,其用量将非常惊人 ,防火保护的费用将达到建筑总造价的 1/3。因此 ,在征得消防部门同意的前提下 ,性能化防火便成了此类结构防火设计的首选方法。一般来说 ,其设计步骤可按图 1 所示程序进行。

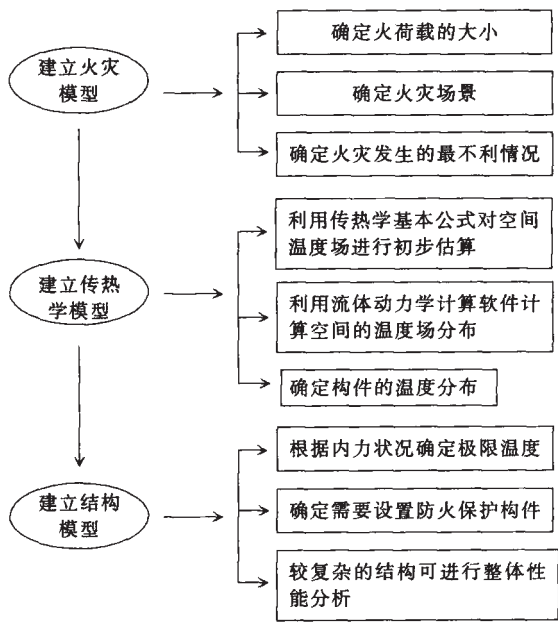


图 1 大空间钢结构防火性能化设计主要程序

1.2 大空间钢结构防火设计及涂料的选用

对大空间钢结构而言 ,可根据其建筑用途的不同 ,确定合适的防火保护措施(见表 2)。

表 2 大空间钢结构建筑的防火保护措施

建筑用途		防火保护措施的选择
生产、仓储(工业厂房、仓库等)		火灾荷载较高 ,但美观要求较低 ,以上 3 种防火保护措施均可选用。当选用防火涂料时 ,多采用厚涂型防火涂料。
公共建筑	商场、超市等	火灾荷载较高 ,一般多采用厚涂型防火涂料保护 ,对美观要求稍高的 ,可采用薄型防火涂料。
	机场、体育馆、展览中心、影剧院等	火灾荷载较低 ,但美观要求很高 ,一般需首先进行防火性能化设计确定防火保护的 范围 ,对局部进行防火设计 ,多采用薄型或超薄型防火涂料。

近年来由于奥运工程与世博会的推动作用 ,用于公共建筑的机场、体育馆等大空间钢结构发展迅猛 ,其结构形式新颖 ,对于构件美观要求较高 ,是国内研究工作的重点。此类建筑结构内部面积和高度均较大 ,而火荷载密度却相对较低。因此 ,火灾的发展状态与一般室内(通常指体积大小数量级约为 100 m³ ,且长宽比不大的空间)火灾有很大的差异^[4-5] ,基本上不会出现轰燃现象 ,从而火灾过程中结构构件的温度相对较低 ,非常适宜采用超薄型钢结构防火涂料。其既能够满足防火安全的要求和防火规范的相关规定 ,施工后又能得到相当美观的效果 ,且容易得到建筑师的认同 ,施工操作也较为简便易行。

1.3 大空间钢结构防火性能化设计实例

我国目前已有大空间钢结构工程采用了性能化防火设计方法的案例 ,如北京新保利大厦、中青旅大厦和首都机场 3 号航站楼等。在防火设计中 ,均根据计算得到的火灾过程中

空间温度场的分布情况,首先确定出无需施加防火保护的构件,如新保利大厦集束钢缆、中青旅大厦中庭采光钢结构、首都机场3号航站楼屋面结构等均不需要施加防火保护。再对其余部位进行防火涂料施涂。

2 国内外超薄型防火涂料的研制

2.1 国内外超薄型钢结构防火涂料的研制和应用

国外钢结构防火涂料的研究和开发比我国早20年左右,20世纪90年代中期,以德国为首的国际市场就涌现出超薄膨胀型钢结构防火涂料。由于该类防火涂料涂层超薄,工程中使用量较厚型、薄型钢结构防火涂料大大减少,从而降低了工程总费用,又使钢结构得到了有效的防火保护,已在西欧、日本和北美地区得到越来越广泛的应用。目前国际上知名品牌产品均具备耐火性高、粘结性好、施工方便快捷,且装饰性良好等性能特点。其代表生产厂家有英国Nullifire公司、德国Permatex公司、加拿大AD防火有限责任公司等^[6-7]。

尽管我国研究超薄型钢结构防火涂料的时间相对于国外较短,但对此类涂料的防火性能及理化性能研究进展较快。北京航空材料研究院研制的GJ-3超薄型钢结构防火涂料经改进后性能接近于德国的“佑民生”38091,相当于英国Nullifire的S605,耐火性能已达到0.65 mm/52 min、1.01 mm/70 min、2.20 mm/110 min^[8]。不过我们也应清醒认识到,

国内企业目前所生产的超薄型钢结构防火涂料不仅在相同防火极限下在涂覆厚度方面稍逊一筹,在涂料本身的耐久性、涂覆后的装饰效果、颜色光泽等方面与国外知名品牌更是不可同日而语。

我国生产的超薄型钢结构防火涂料与国外先进产品存在的差距还表现在国内产品绝大多数为溶剂型,即以有机溶剂作分散介质,存在易燃、对人体产生危害等安全隐患,并容易对环境造成污染。而国外的许多知名企业现在都致力于水性涂料的研究,如德国“佑民生”38320水性涂料,已达到涂层2.63 mm厚,耐火极限63 min的水平^[9],英国的“Nullifire”S607水性涂料也能够达到最高90 min的耐火极限^[10],且都具有一定的耐候性能和较好的装饰效果。水性超薄型钢结构防火涂料将是奥运场馆建设的首选,也是未来大空间建筑选用的主要防火涂料^[11]。而我国在这方面的研究工作还相对滞后。

2.2 我国常用超薄型钢结构防火涂料品牌的经济性能指标比较

目前,我国市场上超薄型钢结构防火涂料价格从每千克几十元到上千元不等,其性能方面也有相当的差异。本文通过向生产厂家或其代理商进行咨询,对北京市场上常见的“天宁”、“三旗”及“佑民生”3种品牌的相关产品,就其性能和经济指标作一对比(见表3)。

表3 国内常用钢结构超薄型防火涂料性能比较

项 目	涂料型号		
	天宁 TN-GB	三旗 BTCB-1	佑民生(Unitherm)38091
生产公司	北京城建天宁消防有限责任公司	北京市建筑涂料厂	德国帕玛泰克斯公司(现属美国杜邦公司)
施工工艺	可刷涂、喷涂,喷涂效果较好,刷涂较为节省材料	干燥较快,可刷涂、喷涂,施工方便	可刷涂、喷涂,喷涂效果较好,刷涂较为节省材料
涂层厚度/mm	1.70(1.5 h)、2.20(2.0 h)	1.68(1.5 h)、2.32(2.0 h)	1.02(1.5 h)、1.84(2.0 h)
溶剂类型	溶剂型	溶剂型	溶剂型
技术标准	满足 GB 14907—2002	满足 GB 14907—2002	满足 GB 14907—2002
涂层外观	装饰效果较好,可调配成多种颜色,可直接在上面做面层进行装修,但光泽较为黯淡	装饰效果较好,可调配成多种颜色,可直接在上面做面层进行装修	装饰效果非常好,提供多种颜色的面漆,也可做出具有金属光泽的效果
粘结性	较好	较好	很好
耐久性	主要用于室内	主要用于室内	室内外均可使用30年,质保
高温下有毒气体释放	无	无	无
零售价格	价格较便宜	价格较便宜	价格很高
工程应用举例	北京城铁轻轨车站、北京西站某站房、北京站改造工程、天津世乒赛场馆	首都博物馆、北京国展网架、北京金宸公寓	广州白云机场、北京首都机场、国家网球场、体操馆、上海大剧院、广州会展中心

3 结 语

(1) 钢结构防火涂料主要包括厚涂型、薄涂型和超薄型3

种。大空间钢结构应根据其建筑用途、安全等级以及建筑美学的要求,确定合适的防火保护方法。

(2) 用于机场、体育馆等公共用途的大空间钢结构,由于

硅溶胶苯丙复合涂料的研究

曾丽娟, 蓝仁华

(华南理工大学化工研究所, 广东 广州 510640)

摘要 :以无机系硅溶胶为主,有机高分子乳液为辅,二者共混改性硅溶胶苯丙复合涂料,该涂料具有无机涂料和有机涂料的特性,又弥补了二者的不足,是非常有前途的环保型涂料。介绍最佳共混条件的优化选择,以及颜填料、助剂的选用对涂料性能的影响。

关键词 :硅溶胶,苯丙乳液,硅烷偶联剂,复合涂料

中图分类号 :TU56

文献标识码 :A

文章编号 :1001-702X(2005)04-0057-04

0 前言

硅溶胶亦称硅酸溶胶,又称胶体二氧化硅,是以 SiO_2 为基本单位在水中的分散体。其胶团颗粒细微,粒径范围一般在5~40 nm,与一般粒径为0.1~10 μm 的乳液相比要小得多。硅溶胶用于涂料的一个最突出优点就是具有一旦成膜就不会再溶解的特性,因而使用硅溶胶作基料生产的涂料通常具有很好的耐水性。

由于成膜助剂能够降低乳液聚合物的玻璃化温度,帮助

乳液较好地成膜,硅烷偶联剂含双功能团,一端可与有机树脂反应,另一端可与无机物表面的—OH基团反应形成硅氧键,将有机官能团和无机物联结起来。硅烷偶联剂具有较强的交联作用,可以提高涂料的附着力,增强韧性等。为了解决硅溶胶固体含量低、干燥收缩大而引起涂膜开裂的问题,硅溶胶涂料的配方中常常复合一定数量的合成树脂乳液。所以本文采用成膜助剂Texanol酯醇和硅烷偶联剂KH-560分别对苯丙乳液和硅溶胶进行改性,然后配成有机无机硅溶胶苯丙复合涂料(以下简称复合涂料)。

1 实验

1.1 实验原料

苯丙乳液:巴斯夫公司产品。具有较好的耐水性,优良的

收稿日期:2004-11-22

作者简介:曾丽娟,女,1978年10月生,湖南郴州人,硕士研究生。电话:020-87113503-805, E-mail: znfs007@21cn.com。

其结构形式的特殊性,宜优先采用防火性能化设计方法确定防火保护的施加位置,结合此类结构中火灾发展特点,并考虑到其对美观要求较高,适宜采用超薄型钢结构防火涂料。

(3)我国目前超薄型钢结构防火涂料的生产工艺已经取得了相当的进步,有些甚至已接近国际先进水平。但在涂层效果、耐候性上与国外先进产品还有较大的差距,环保安全的水性超薄型钢结构防火涂料也基本没有研究成果问世。因此,我国相关企业与研究机构应加快速度,力争取得进一步的发展。

参考文献:

- [1] 钢结构防火涂料通用技术条件, GB 14907—2002.
- [2] 李引擎.建筑防火工程.北京:化学工业出版社,2004.

- [3] 覃文清,李凤.材料表面涂层防火阻燃技术.北京:化学工业出版社,2004.
- [4] 李国强,蒋首超,林桂祥.钢结构抗火计算与设计.北京:中国建筑工业出版社,1999.
- [5] 白音,石永久,王元清.大空间钢结构的防火设计方法.钢结构,2004(增刊).
- [6] 甘子琼,戚天游,肖华荣.钢结构防火涂料现状及其发展.涂料工业,2004(3).
- [7] 庾莉萍,江怀.关注钢结构建筑的防火问题.中国房地信息月刊,2004(7).
- [8] 张泽江.超薄型钢结构防火涂料.消防技术和产品信息,1998(8).
- [9] 海丛.防火涂料的现状及其发展.上海建材,2004(1).
- [10] Application Instructions—Nullifire S607 Waterborne Basecoat, Nullifire Ltd website.
- [11] 胡工,向群.奥运场馆涂料市场机遇引发激烈竞争.建材发展导向,2004(1).

