

6 2017 NIAN ZHONGGUO XIAOFANG XIEHUI
CAILIAO FENHUI YU JIANZHU FANGHUO ZHUANYE
WEIYUANHUI XUESHU HUIYI LUNWENJI



2016、2017年 中国消防协会防火材料分会与 建筑防火专业委员会 学术会议论文集



中国消防协会防火材料分会
中国消防协会建筑防火专业委员会

编



西南交通大学出版社

2016、2017 年中国消防协会防火材料分会与 建筑防火专业委员会学术会议论文集

中国消防协会防火材料分会
中国消防协会建筑防火专业委员会 编

西南交通大学出版社
· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

2016、2017 年中国消防协会防火材料分会与建筑防火
专业委员会学术会议论文集 / 中国消防协会防火材料分
会, 中国消防协会建筑防火专业委员会编. —成都: 西
南交通大学出版社, 2017.8

ISBN 978-7-5643-5740-5

I. ①2… II. ①中… ②中… III. ①建筑材料—防火
材料—学术会议—文集②建筑设计—防火—学术会议—文
集 IV. ①TU545-53②TU892-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 222600 号

2016、2017 年中国消防协会防火材料分会与
建筑防火专业委员会学术会议论文集

中国消防协会防火材料分会 编
中国消防协会建筑防火专业委员会

*

责任编辑 李芳芳

特邀编辑 王晓刚

封面设计 何东琳设计工作室

西南交通大学出版社出版发行

四川省成都市二环路北一段 111 号西南交通大学创新大厦 21 楼

邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564

<http://www.xnjdcbs.com>

四川煤田地质制图印刷厂印刷

*

成品尺寸: 210 mm × 285 mm 印张: 32.75

字数: 975 千字

2017 年 8 月第 1 版 2017 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-5740-5

定价: 132.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

《2016、2017 年中国消防协会防火材料分会与 建筑防火专业委员会学术会议论文集》

编 委 会

赵长征 卢国建 刘军军 张泽江

何 瑾 葛欣国 张文华 冯 军

杨 郁 杨 静 颜明强 何勤理

前 言

由中国消防协会防火材料分会、中国消防协会建筑防火专业委员会主办，公安部四川消防研究所、四川天府防火材料有限公司承办的“2017年中国消防协会防火材料分会与建筑防火专业委员会年会暨第十届全国建筑防火与防火材料学术研讨会”将于2017年12月在四川成都召开，并将优秀论文集结出版。

本次会议旨在深入探讨新型长效阻燃剂、新型外墙保温防火材料、防火涂料、防火密封封堵材料、防火板材、防火门窗、防火家具、新型防火交通工具及相关领域的制备、应用科学与技术，交流在建建筑工程的火灾预防与扑救技术、高层建筑火灾逃生新技术、消防行政执法机制的探索与实践、各类新材料新制品燃烧特性标准的进步、各类建筑材料及建筑结构的耐火性能的进展、特殊空间的消防安全性能评价技术等，及时反映防火建材相关领域的基础研究与应用研究成果，促进行业之间的学术和技术交流，为行政执法单位、高校、科研院所和产业界搭建一个产学研交流平台，以提升我国防火建材领域的科学与技术水平。如何通过新理论、新技术、新工艺进一步发展环保、安全、无毒的绿色防火建材产品，也是广大防火建材及其相关领域科技、产业和应用工作者的迫切愿望。

“全国建筑防火及防火材料学术研讨会”已于2005—2016年成功举办了十二届，得到了与会者的积极响应和高度评价。现由中国消防协会防火材料分会、中国消防协会建筑防火专业委员会主办，公安部四川消防研究所、四川天府防火材料有限公司承办的“第十届全国建筑防火及防火材料学术研讨会”将如期召开。

由中国消防协会防火材料分会、中国消防协会建筑防火专业委员会主办，公安部四川消防研究所、上海高桥电缆集团有限公司承办的“2016年中国消防协会防火材料分会与建筑防火专业委员会年会暨第九届全国建筑防火与防火材料学术研讨会”已于2016年12月21—23日在四川成都召开，来自全国各地的阻燃/防火材料专家、消防科研人员、建筑消防设计人员以及消防部队、质检系统、消防产品生产企业、阻燃制品生产企业等单位的代表共160余人参加了会议。会上还针对“危险场所防火灭火关键技术”召开了专题研讨会，“防火材料及制品分会场”“防火技术分会场”和“消防实战化与职业安全健康分会场”三个分会场的与会人员分别就各自领域存在的问题、解决问题的办法、相关领域的先进技术与经验等展开了交流。但由于一些客观因素，该次会议论文集未能及

时出版,因此,组委会决定将征集到的论文和本次会议征集到的论文一并出版,即《2016、2017年中国消防协会防火材料分会与建筑防火专业委员会学术会议论文集》。

至今共征集到全国各地的论文 115 篇。经过编委会评审出 95 篇获奖论文,现将通过评审的论文编撰为论文集以飨读者,入编论文的原创性由作者本人负责。

本次学术活动及论文集的汇编,得到了各成员单位、消防专家、学者及消防专业技术人员共同关注,得到了上海高桥电缆集团有限公司和四川天府防火材料有限公司的大力支持,在此谨表示崇高的敬意和真诚的谢意!

由于时间仓促,论文集难免存在疏漏之处,敬请广大读者批评指正并见谅。

二〇一七年八月

目 录

专论与综述

公路隧道火灾国内外研究现状分析	梅秀娟, 张泽江, 韦 涛	3
水性膨胀型钢结构防火涂料综述	何世家, 张泽江, 刘军军, 戚天游, 唐胜利, 尹 航, 尹朝露, 李碧英, 毛朝君, 何勤理, 金素艳	6
建筑火灾图像去烟技术现状及发展趋势探讨	李国辉, 赵力增, 李 森	10
水上固定漂浮物的火灾危险性研究	李文勇	14
建筑构件耐火极限标准探讨	饶 平, 孙 浩	19
超高层建筑电梯辅助疏散国内外规范研究	何学超, 袁 满	24
阻燃聚丙烯复合材料研究进展	李平立, 葛欣国, 尹朝露, 黄 浩, 颜明强, 张秉浩	30
含纤维混凝土高温作用后性能演化及其机理研究进展	杜晓普	36

建筑防火

电子洁净厂房消防系统研究	莫东桦	43
高层住宅建筑的消防安全现状和对策探讨	吴庆驰	56
基于 G1 分析法的古镇型民俗村火灾风险评估及防火对策研究	刘晓鹏	60
化学合成草铵麟工艺及消防安全对策	钟国军	67
高层建筑人员安全疏散对策研究	张家明	72
高危场所火灾危险评价方法	胡忠日, 李 萍	79
高层建筑新型救生系统可行性试验分析	韩 峥, 赵景灿	87
超高层建筑防排烟系统分析	韩 峥	92
气膜建筑的火灾危险性 & 防控技术的探讨	张文华	96
大型展览建筑人员疏散策略研究	李 乐	100
某体育馆的消防安全性能化分析与设计	王东奎	106
螺旋隧道火灾数值模拟方法及缩尺实验验证	张泽江, 梅秀娟, 韦 涛	114
交通隧道火灾数值模拟研究现状综述	何勤理	121
装配式钢结构建筑的发展现状及火灾防控技术探讨	颜明强	124
城市交通枢纽工程内“疏散缓冲区”消防安全设计研究	黄 浦	128
建筑消防性能化设计评估工作探讨	乔珊珊	134
新形势下超高层建筑的特殊消防设计	王镇洲	137
多家联建建筑二次装修消防设计探讨	刘 霞	143
地铁站地下商业开发形式及消防设计概述	马仕贤, 王 刚	146

商业综合体中 IMAX 影厅的消防设计研究	马仕贤, 高 平	152
地铁站火灾烟气流动及控制研究综述	彭青松	157
大型室内水乐园的防火分隔技术研究	任海生, 江梦梦	163
浅谈公路隧道的性能化防火设计	任海生	170
电气火灾成因分析与预防对策	孙广迪	176
关于地铁灭火救援的思考	何 荣	180
剪刀楼梯间在住宅建筑中的设置研究	唐 锋	184
广西石油化工行业消防安全现状分析及对策	罗 晖	190
浅谈如何提升少数民族村寨火灾防控能力	万绍杰	194
高层建筑火灾风险分析及应对措施探讨	马千里	199
论乐山大佛景区的“智慧消防”建设与文物古建筑防火的有机结合	王 磊	203
模糊综合评价法在公众聚集场所消防安全风险评价中的应用	刘宏慢	211
空气再生生命保障系统在高层避难区应用初探	王 舫, 魏立志, 孙 宇, 李 苗, 王多铭	217
高层建筑消防安全问题的探讨	吴 蓉	223
论地铁火灾危险性及防控对策	吴 蓉	226
障碍物对于隧道火灾影响的 FDS 模拟研究	王万军, 江梦梦	229

防火技术

喷淋保护下防火玻璃防火分隔性能试验研究	李 乐	237
防火门产品耐火性能不合格原因分析及改进措施	王 琳, 周 扬	241
厚型钢结构防火涂料往复大变形下抗开裂性能测试	陈建刚, 陈明铮, 王桂银, 刘 棋, 吴润泽	247
厚型钢结构防火涂料高周疲劳荷载下抗开裂性能测试	陈明铮, 陈建刚, 王桂银, 张 斌, 吴润泽	255
水性超薄型钢结构防火涂料的研究现状及发展	申月琴	261
浅谈膨胀型防火涂料的研究进展	陈红海	266
GC/MS 法分析生物柴油燃烧残留物组分研究	张 怡, 阳世群, 祝兴华, 彭 波, 王立芬, 高 鹏, 赵长征	270
轨道交通车辆消防设计探讨	肖振清	277
电动车火灾的预防与扑救设施应用	张秋霞	281
以南宁市电动自行车火灾为例初探电动自行车火灾原因分析及对策	唐 婕, 黄 靖	285
钢结构防火涂料一致性的现场快速检定方法	宋文琦, 薛 岗, 陶鹏宇	289

阻燃技术

DMMP/TCPP 阻燃体系对硬泡聚氨酯高温下热降解行为的影响	刘 微, 葛欣国, 张泽江, 颜明强, 高 宁	297
高岭土对硅橡胶成瓷性能和力学性能的影响研究	葛欣国, 张秉浩, 刘 微, 李平立, 尹朝露, 赵乘寿	305

云母粉对硅橡胶成瓷性能和力学性能的影响研究

..... 葛欣国, 张秉浩, 刘 微, 尹朝露, 李平立, 赵乘寿	311
PVC 材料氧指数检测影响因素分析	王 琳 318
老化对 XPS 泡沫阻燃性能的影响研究	赵成刚 324
体育场馆用无卤阻燃聚丙烯座椅制品的制备及性能研究	李碧英, 朱 剑, 颜明强, 文桂英 327
A 级聚苯乙烯防火保温板的制备及性能研究	李碧英, 张泽江, 朱 剑, 颜明强, 文桂英 332
影剧院的火灾危险性及影剧院公共座椅用阻燃泡沫的研制	王新钢 336
常用外墙保温材料燃烧性能及阻燃、生烟机理分析	张洪涛, 聂来聪, 王灵玺 341
橡塑保温材料的单体燃烧试验研究	朱 剑 346
软垫座椅用织物的阻燃性能对大型客车火灾的影响	谢乐涛 353
用元素分析技术测试含氯材料氯含量的方法研究	
..... 甘子琼, 刘军军, 唐胜利, 胡忠日, 何 瑾, 郭海东	358
阻燃抗静电聚丙烯研究	尹朝露 361
无机不燃保温外墙系统研究	张少晨, 张元祥, 安英居, 葛运亭 366
汽车内饰件产品质量安全风险监测分析	傅敬伟, 李泽刚, 李佳隆 372
由一起亡人火灾事故调查透析外墙保温材料危险性及其现状对策	赵曰兴 377
阻燃硅橡胶泡沫的制备与研究	董淑量, 段佳巍, 严 玉, 克 磊 381

消防管理

关于消防管理社会化的研究	莫雄琳 389
关于城镇化进程中乡镇消防队建设的调查与思考	王海祥 411
基层消防科技工作者的现状分析及改进措施	王海祥 416
对建筑装修材料消防监督标准规范的几点思考	刘 平, 王 凡 422
消防产品二维码防伪溯源鉴别技术	傅 峥 426
关于加强建设工程消防设计与规划管理衔接工作的思考	姜子港 430
“智慧消防”建设与应用路径选择	鲁广斌 434
城市综合体消防监督管理探讨	吴 靖 439
浅谈城市消防指挥中的虚拟现实技术应用	唐胜利, 常 磊, 卢国建, 梅秀娟 442
浅谈新形势下如何依托基础化工作和信息化手段提高建筑消防设施维保监管效率	宋萌萌 446
加强和改进兴安盟地区消防装备建设的分析与思考	王占成 449
由一起火灾事故调查引发对化工企业本质安全及监管的思考	赵曰兴 456
一起电镀厂火灾调查及思考	吴庆驰 460
住宅小区建筑消防设施维护管理现状分析与探讨	谢 伟 464
浅谈如何构建我国注册消防工程师制度的法律框架	赵艳红 469
居民住宅小区人员消防安全素养调查分析	刘志坚 475
浅析公共安全视角下消防安全与法制教育同行的重要性	赵 静 484
火灾预防与保险	沈永刚 487

信息获取和识别技术在建筑消防工程图中的运用研讨	应 科	491
浙江省消防产业发展现状及发展建议	李海学	494
地铁突发事件应急管理体系优化探究	王祎龙, 李善麒	500
发挥综治网格优势 构建消防区域联防	张秋霞	503
探讨“终身负责制”监管的利弊与对策	王 磊	507
刍议建筑设计消防审核关键技术	张菲菲	510

专论与综述

公路隧道火灾国内外研究现状分析*

梅秀娟¹, 张泽江¹, 韦 涛^{2, 3}

(1. 公安部四川消防研究所, 四川 成都 610036; 2. 广西广科消防技术服务有限公司, 广西 南宁 530000;
3. 西南交通大学, 四川 成都 610031)

【摘 要】 为了验证火灾数值模拟分析方法对螺旋隧道火灾特性研究的适用性, 从控制方程、数值模拟离散化方程、湍流模型、燃烧模型和辐射模型等方面概述了隧道火灾数值模拟理论基础, 利用 CFX 模拟软件建立了相应的螺旋曲线公路隧道火灾缩尺模型, 然后将数值计算结果和对应的试验结果进行对比分析, 验证了采用 CFX 软件进行数值模拟计算分析的准确性和可行性。

【关键词】 螺旋隧道; 隧道火灾; 数值模拟; 缩尺实验

1 前 言

随着现代公路隧道的迅速发展, 国内外大量的公路隧道在为人们的生活带来交通便利的同时, 隧道火灾也给人们的生命财产安全带来了严重威胁。据日本全国统计, 每年公路隧道发生的火灾事故在 4 000 ~ 5 000 起, 居各类灾害事故之首。特别是城市公路隧道, 随着行车速度的提高, 以及各种载有可燃物质车辆通过隧道的数量和频率的增长, 隧道火灾发生的概率呈上升趋势。隧道内一旦发生火灾, 往往造成灾难性事故, 损失惨重。

由于公路隧道火灾的严重性, 其防治问题一直是国内外火灾科学研究一个不可或缺的热点和难点, 同时也是消防部队探索和研究灭火救援技术、战术的重要课题。公路隧道火灾在其发展、蔓延、控制和扑救过程中, 都涉及多种火灾科学问题, 许多国内外学者分别对其进行了大量研究。近年来, 国内外还特别重视山岭长大公路隧道、水下公路隧道和螺旋曲线公路隧道等隧道火灾的研究。

2 隧道火灾国内研究现状

我国对隧道火灾的研究起步相对较晚。近三十年来, 在隧道火灾情况下的通风数值仿真、烟雾流场数值模拟、火灾后衬砌承载能力可靠性评估、隧道内火灾温度场分布、压力场分布、CO 浓度设计限值的研究、水消防技术在隧道中的控制应用、隧道火灾事故发生的成因及预防、救援预案等方面做了大量工作。

在隧道火灾试验研究方面, 国内主要以在实验室进行的模型试验为主, 研究内容着重于通风控制火灾时隧道的温度、烟气的流向及流速、隧道火灾的消防方法、救援预案等, 对火灾时的火焰动态特

* 基金项目: 国家“十三五”科技支撑计划课题“高效复合防排烟技术和关键装置”(2016YFC0800603)及子课题“城市交通隧道防排烟关键技术研究”(2016YFC080060304); 四川省 2016 年科技计划项目(应用基础类)“公路盾构隧道竖向疏散救援技术研究”(2016JY0169); 公安部四川消防研究所基本科研业务费专项资金资助项目“城市公路隧道防烟分区及新型防烟分隔技术研究”(20168813Z)。

性以及隧道火灾增长发展的规律研究较少。

国内在“八五”期间,由原铁道部组织铁道部科学研究院西南分院、广州铁路局、兰州铁道学院、长沙铁道学院等单位对长隧道的火灾报警与消防方法进行了研究,在四川华蓥山矿务局救护大队的训练巷道开展了 1:3 断面模拟试验和消防方法论证等工作。

在隧道火灾数值模拟研究方面,中国科学技术大学、西南交通大学、清华大学对此做了较多的工作:主要是使用 CFD 通用软件、FLUENT 软件、PHOENICS 软件进行数值计算,或者以国外软件为基础开发程序,研究火灾时的烟气流动状况。

3 隧道火灾国外研究现状

20 世纪 80 年代以来,国外对隧道车辆的燃烧特性,模拟通风对车辆燃烧的影响,烟气增长,用木垛火与庚烷火模拟正常火灾荷载并比较,烟气中有毒成分生成量分析,隧道衬砌在火灾中的表现,消防救援方法与策略及自救原则等,特别是驾驶人员在隧道内的心理与行为,隧道内火灾增长和烟气运动数值模拟技术,隧道通风及烟气控制技术等方面做了系统的研究。由于隧道火灾规模对烟气控制的影响很大,研究工作主要集中于不同火灾场景时对热释放速率的确定,以及临界风速与热释放速率关系式的拟合。

世界各国对于隧道火灾的研究都非常重视。国际道路协会 PIARC (World Road Association) CS 技术委员会 (PIARC Committee on Road Tunnels) 下设有 Working Group No.6-Fire and Smoke Control 工作组,开展隧道火灾方面的研究工作。

美国消防协会 (National Fire Protection Association, NFPA) 制定了防火规范、标准、推荐操作、规程、手册、指南及标准法规等。其宗旨是推行科学的消防规范和标准,开展消防研究、教育和培训;减少火灾和其他灾害,保护人类生命财产和环境安全,提高人们的生活质量。

瑞典 LUND 大学运用场模型对隧道火灾烟气流动和安全疏散的相互作用进行了研究,研究重点为隧道内物质燃烧时温度、烟气在隧道纵横断面上的分布随时间和空间的变化情况。

日本开展了一系列的隧道火灾研究。20 世纪 60 年代,日本以矿山巷道为模型进行了火灾模型试验,目的主要针对采矿安全,制定防护措施,试验检测内容为火灾性状,包括燃烧的温度、燃烧传播速度、火灾带长度和防火带长度等。

英国 LEEDS 大学在流层的速度为热气流层和冷气流层速度之和的一半、隧道断面不变且平滑、假设质量和能量守恒、压力差很小、混合气羽流沿中心线呈正态分布的条件下,开发了隧道内火灾增长和烟气流动模型 FASIT。

4 国内外公路隧道火灾统计分析研究

20 世纪 80 年代初期,为改善公路隧道的消防状况,波恩联邦运输部委托进行了一次综合性的调查。在这一项研究中,他们对过去 15 年间 (1970—1985) 世界范围内 85 个城市中的隧道火灾情况进行了调查,而且对其频率、起因、范围、类似现象、消防方法及造成的损失调查了大量的文献,并进行了统计分析,制定了相应的对策。

就全世界来说,欧洲在公路隧道的安全评价分析研究方面走在了前列。从 1999 年开始,每年进行 1 次广泛的欧洲公路隧道安全评价,安全评价结果对于减少各种事故的发生起到很大促进作用。但是

欧洲的隧道安全评价方法缺乏系统性以及层次性,没有对火灾事故进行消防安全专项评估,同时其影响安全的关键性指标不突出。日本在隧道安全方面也做了大量工作,在考虑隧道的长度以及交通量的情况下,提出了隧道安全等级的划分标准,但是该标准对于交通量很低的特长隧道以及刚建成通车交通量还不饱满的特长隧道则缺乏说服力。因此,欧洲和日本的公路隧道评价方法存在一定的缺陷。

1996年,为改善公路隧道消防运营安全,交通部委托杨其新等进行了一次综合性的调查,即“国内外隧道消防方法及火灾实例调研”,在这一项研究中,他们对过去近50年间(1949—2002)世界范围内隧道火灾情况及造成的损失调查了大量的文献,总结了隧道火灾的原因、特点及其危害性,但未对公路隧道火灾频率、起因、消防安全等进行数理统计分析。由于不同安全等级的公路隧道对应的消防救援对策和消防设备不同,因此,确定公路隧道消防安全等级是制定隧道消防救援预案研究的重要前期工作。然而,目前国内在这个方面的研究非常欠缺。2006年,杜益文、韩直、杭力等对公路隧道安全进行了模糊评价研究,但主要是针对隧道整体的运营安全而言。

5 结 语

随着我国公路隧道建设的逐年增长,公路隧道火灾形势更加严峻。我国公路隧道的建设与国外相比较晚,公路隧道火灾防范技术与火灾研究也远远落后于国外。为了提高公路隧道的消防安全水平,不仅要加强公路隧道火灾理论的研究,还要重视公路隧道火灾防火、灭火实用技术的研究,以保证公路隧道的整体消防安全水平。同时,为了保障公路隧道的消防运营安全,还应加强对公路隧道火灾统计分析的研究,通过数理统计分析,掌握公路隧道的火灾频率、起火位置、起火原因等相关数据,对公路隧道安全进行可靠地评价。从而,为公路隧道的消防安全运营和应急救援预案的制定提供科学的依据。

参考文献

- [1] 张泽江. 公路隧道消防[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2014.
- [2] 王少飞, 林志, 余顺. 公路隧道火灾事故特性及危害[J]. 消防科学与技术, 2011, 30(4): 339-339.
- [3] 中国公路网. 中国开启水下公路隧道新时代[EB/OL]. <http://www.chinahighway.com/news/2011/485387.php>, 2011.
- [4] Ju-seogKo, Chan-hoon Yoon, Sung-wook Yoon, Jin Kim. Determination of the applicable exhaust airflow rate through a ventilation shaft in the case of highway tunnel fires[J]. Safety Science, 2010, 48:722-728.
- [5] 彭锦志. 坡度对特长公路隧道火灾烟气蔓延特性影响研究[D]. 长沙: 中南大学, 2011.

水性膨胀型钢结构防火涂料综述*

何世家, 张泽江, 刘军军, 戚天游, 唐胜利,
尹航, 尹朝露, 李碧英, 毛朝君, 何勤理, 金素艳

(公安部四川消防研究所 四川 成都 610036)

【摘要】 本文简述了水性膨胀型钢结构防火涂料的特点, 综述了水性膨胀型钢结构防火涂料的国家产业导向、国家扶持政策、国内外发展水平、国内外发展技术水平以及所面临的技术问题。

【关键词】 水性防火涂料; 防火涂料; 钢结构防火涂料

1 前言

按分散介质的种类, 钢结构防火涂料可分为溶剂型钢结构防火涂料和水性钢结构防火涂料。随着科技进步和人们对健康、环保的追求, 传统的溶剂型防火涂料受到越来越多的挑战。水性膨胀型钢结构防火涂料(以下简称水性防火涂料)因涂层薄、涂覆量少、黏结性、柔性和装饰性优异等特点, 是目前国内外使用量最大、涂覆面积最多、最广泛的一种防火涂料。水性防火涂料的有机挥发物少, 对环境污染低, 是一种环境友好型防火涂料。近些年来, 我国水性防火涂料发展迅猛, 但因我国水性防火涂料市场的混乱状态、水性防火涂料原材料供应水平和水性防火涂料技术工艺所限, 我国水性防火涂料在整个防火涂料中的比例仍很小, 与美国水性防火涂料占其整个防火涂料生产规模的 2/3 相比, 还有很大差距^[1]。因此, 水性防火涂料在我国防火涂料市场前景极其广阔。膨胀型防火涂料是目前国内外使用最广泛的一种防火涂料, 其中水性膨胀型防火涂料代表了防火涂料的发展方向^[2]。从节能环保和保护人身安全的角度来看, 水性防火涂料的研发与推广将是今后的必然趋势^[3]。

2 水性防火涂料的特点

传统溶剂型防火涂料的环境污染问题为公众所诟病。近些年来, 虽然国家投入了大量的人力、物力和财力治理空气污染, 但全国爆发的雾霾频率和程度没有显著改善。这是因为, 在所有雾霾爆发原因之中, 有机溶剂的挥发对雾霾作用不可忽视。水性防火涂料同传统的溶剂型钢结构防火涂料比较, 特点如下:

2.1 防火涂料的环保特性

成都市环科院研究了环境的影响因素, 发现溶剂挥发形成的 PM_{2.5} 是造成灰霾的重要因素。因为溶剂分子本身可以形成颗粒物, 而可吸入颗粒物 (PM₁₀) 和细粒子 (PM_{2.5}) 是空气污染的重要因素。水性膨胀型钢结构防火涂料能降低有机溶剂等 VOC (挥发性有机物) 的排放。比起传统的溶剂型防火

* 基金项目: “十三五”国家重点研发计划课题 (2016YFC0800604)。

涂料,在 1.5 h 防火时间下,每平方米钢结构表面积上至少可以降低 530 g 有机溶剂的排放。这还不包括清洗工具和设备使用的有机溶剂。

例如,某建筑项目涂装面积约 4 万 m^2 ,合计约可减少有机溶剂排放量 $0.53 \text{ kg} \times 40\,000 = 21\,200 \text{ kg} \approx 21 \text{ t}$ 。若采用溶剂型防火涂料,相当于 21 t 的有机溶剂慢慢倾倒入大气中。而该溶剂对人类有危害,甚至含有可能致癌的苯类溶剂。

2.2 防火涂料的安全特性

水性防火涂料以水为分散介质,不含有机溶剂,属于不易燃材料,现场施工的时候,没有着火的风险,不会因为挥发的溶剂导致火灾和爆炸。因此,水性防火涂料在生产、包装、贮存、运输和施工过程中都是安全的,没有火灾隐患。溶剂型防火涂料从涂料生产到施工一系列过程中,都有有机溶剂,都有造成火灾的风险。我国曾经有多起溶剂型防火涂料厂因操作不当而引起火灾的事故。

2.3 防火涂料的舒适特性

水性防火涂料以水为分散介质,不含有机溶剂,气味非常小,在任何阶段涂装施工,都不会导致周围环境产生恶臭。溶剂型防火涂料因涂料成膜过程中,有机溶剂要慢慢挥发到空气当中,这些溶剂会带来令人不舒服的气体。

2.4 防火涂料的施工特性

溶剂型防火涂料施工成膜时,溶剂从树脂中挥发速度较慢,一般需要 60 天以上才能挥发干净。因此,溶剂型防火涂料养护期一般为 60 天左右。水性防火涂料以水为分散介质,涂料成膜过程中,水要从涂料中释放出来,一般表干时间为 2 h,完全干燥时间约为 3 天,养护期为 3 天。这大大节约了涂料从施工到投入使用的时间。

3 水性防火涂料的产业导向及政策

2013 年 2 月 16 日国家发展改革委第 21 号令公布《产业结构调整指导目录(2011 年版)(修正)》,在第十五条第 8 项中将溶剂型钢结构防火涂料纳入限制类,在三十九条第 47 项中将水性钢结构防火涂料纳入鼓励类。根据国家有关规定,自 2011 年 1 月 1 日至 2020 年 12 月 31 日,以相关鼓励类产业目录中规定的产业项目为主营业务,且其当年度主营业务收入占企业收入总额 70% 以上的企业,经企业申请,主管税务机关审核确认后,可减按 15% 税率缴纳企业所得税。

2013 年广州市将溶剂类的涂料企业强制搬离至 200 km 以外,2014 年北京市将制造业搬离北京 300 km 以外,上海市(包括其郊区)强制停止溶剂类涂料的生产,深圳和杭州等经济较发达地区也采取类似政策。

为贯彻国家的方针政策,自 2013 年起,公安部消防产品合格评定中心已经停止溶剂型钢结构防火涂料新办企业的申请。

因膨胀型钢结构防火涂料在附着力和装饰效果方面表现优异,而且重量轻,不加重荷载,所以在防火涂料中的比重举足轻重。如果以水代替有机溶剂制备膨胀型钢结构防火涂料,那么制备的防火涂料不仅兼有膨胀型防火涂料的所有优点,且具有环保、安全与舒适的效果。为此,20 多年前,北京、上海、广州、浙江和江苏等经济较发达地区的防火涂料企业和一些科研院所就看好水性膨胀型钢结构防