## 广州铁路职业技术学院资助出版 高等职业院校技能型人才培养优质教材

机械制造与自动化专业群城市轨道交通机电技术专业新形态一体化教材

# 城市轨道交通车站消防与 给排水系统运行与维护 (智媒体版)

主 编 张 杨 李助军

西南交通大学出版社 ·成 都·

#### 图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通车站消防与给排水系统运行与维护:智媒体版/ 张杨,李助军主编.—成都:西南交通大学出版社,2020.12

ISBN 978-7-5643-7764-9

. 城... 张... 李... 城市铁路 - 车站 - 防火系统 - 高等职业教育 - 教材 城市铁路 - 车站 - 给排水系统 - 高等职业教育 - 教材 . U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 ( 2020 ) 第 210127 号

Chengshi Guidao Jiaotong Chezhan Xiaofang yu Jipaishui Xitong Yunxing yu Weihu (Zhimeiti Ban)

## 城市轨道交通车站消防与给排水系统运行与维护 (智媒体版)

主编 张杨 李助军

责任编辑 刘 昕 助理编辑 赵永铭 封面设计 吴 兵

出版发行 西南交通大学出版社

(四川省成都市金牛区二环路北一段 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 028-87600533

网址 http://www.xnjdcbs.com 印刷 四川森林印务有限责任公司

成品尺寸 185 mm × 260 mm

印张 14.75 字数 327 千

版次 2020 年 12 月第 1 版 印次 2020 年 12 月第 1 次

定价 42.00 元

书号 ISBN 978-7-5643-7764-9

课件咨询电话:028-81435775

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

## 本书编委会

主 任: 陈 敏 林燕波

副主任: 李助军

秘书: 刘锦龙

编 委: 张 杨 邹伟全 张晓东 万学春

翁桂鹏 陈舒萍 陈 沪 杨 进



广州铁路职业技术学院是广东省一流高职院校建设单位,机械与电子学院是广州市第三批特色学院,机电设备维修与管理专业、机电一体化专业是广东省二类品牌建设专业。这两个专业以及城市轨道交通机电技术专业主要培养城市轨道交通车站、站厂机电设备维修、维护、管理等的高技能人才,但在教学过程中一直苦于缺乏适应专业需要的教材。为了解决上述问题,促进城市轨道交通机电设备维护管理人才的培养,满足专业教学要求,我们在以往为有关企业开设机电维修、城市轨道交通机电设备订单班的基础上,顺应现代教育发展规律和在线开放课程的需要,对已有《城市轨道交通车站消防与给排水系统维护》教材重新进行改编,配套增加了相应的电子课件(PPT)微课、MOOC和动画视频,编写成新形态教材。

本书是在工作于城市轨道交通车站、工厂一线的企业员工、生产设备企业相关 专家及相关技术人员的帮助下编写完成的。本书从城市轨道交通火灾特点,给排水 系统组成、运行管理、设备操作、检修及故障处理,城市轨道交通火灾自动报警系 统、机电设备监控系统、防排烟系统、车站灭火系统,消防报警系统与其他系统的 联动,城市轨道交通安全管理等内容做了详细的介绍,主要针对城市轨道交通环控 系统从业人员的消防及给排水系统的操作、维护和管理,强调实际操作和应用。本 书可作为城市轨道交通消防及给排水系统操作和维护人员上岗前的培训教材。

本书在编写的过程中得到了学院、教务处等相关领导的大力支持和帮助。本书由张杨、李助军担任主编,李助军编写了第1章(约2万字),张杨编写了第2~10章(约29万字)。此外,陈敏、邹伟全、张晓东、万学春、翁桂鹏、陈舒萍、陈沪、杨进等同事对本书的编写提出了许多宝贵意见和建议,在此一并表示感谢。

编 者 2020年6月





职教云 MOOC 及资源库 本书教学 PPT

## 本书视频资源列表

序号	名 称	类型	页码
1	地铁火灾特点动画	二维动画视频	005
2	给水系统的组成微课	教学微视频	016
3	给水系统的分类微课	教学微视频	016
4	减压阀微课	教学微视频	031
5	安全阀微课	教学微视频	033
6	PE 管微课	教学微视频	038
7	PVC 管微课	教学微视频	038
8	复合管微课	教学微视频	039
9	水泵微课	教学微视频	040
10	气压水罐的工作过程微课	教学微视频	041
11	单罐变压式气压水罐动画	二维动画视频	042
12	阀门的维护保养微课	教学微视频	052
13	阀门的操作微课	教学微视频	052
14	阀门的常见故障与测量微课	教学微视频	052
15	火灾自动报警系统微课	教学微视频	076
16	火灾自动报警系统动画	二维动画视频	076
17	火灾探测器动画	二维动画视频	087
18	感烟式火灾探测器微课	教学微视频	088
19	感烟报警器动画	二维动画视频	089
20	感温式火灾探测器微课	教学微视频	090
21	感光式火灾探测器微课	教学微视频	091
22	复合探测器的类型微课	教学微视频	091
23	火焰探测器微课	教学微视频	092
24	可燃气体探测器微课	教学微视频	093
25	火灾报警控制器动画	二维动画视频	097
26	防烟防火阀动画	二维动画视频	116
27	火灾分类及灭火方式动画	二维动画视频	124

28	常用灭火器的分类和用途动画	二维动画视频	124
29	消火栓灭火系统动画	二维动画视频	125
30	移动灭火设备使用动画	二维动画视频	126
31	室外消防给水系统动画	二维动画视频	127
32	湿式自动喷水灭火系统微课	教学微视频	134
33	湿式喷淋灭火系统微课	教学微视频	134
34	湿式消防系统动画	二维动画视频	134
35	干式自动喷水灭火系统微课	教学微视频	139
36	预作用自动喷水灭火系统微课	教学微视频	142
37	预作用报警系统动画	二维动画视频	142
38	水喷雾灭火系统动画	二维动画视频	148
39	泡沫灭火系统动画	二维动画视频	152
40	气体灭火系统微课	教学微视频	159
41	气体灭火系统动画	二维动画视频	159
42	自动消防水炮灭火系统动画	二维动画视频	171
43	火灾自动报警系统联动动画	二维动画视频	181
44	地铁火灾逃生动画	二维动画视频	215

	第1章	城市轨道交通消防概述 0013
		.1 城市轨道交通火灾的原因及特点 0013
		.2 燃烧的基本条件与灭火方法 0019
		.3 城市轨道交通消防系统分类和组成024
		.4 城市轨道交通消防系统基本要求027
	第2章	城市轨道交通车站消防给排水系统 ······ 0 <b>错误!未定义书签</b> 。
		.1 给水系统 ·················· 0 <b>错误!未定义书签。</b>
		2 排水系统 ·················· 0 <b>错误!未定义书签。</b>
		3 消防系统 ·················· 0 <b>错误!未定义书签。</b>
		4 给排水系统主要设备 ················ 0 <b>错误!未定义书签。</b>
	第3章	城市轨道交通给排水系统运行管理 ······ 0 错误!未定义书签。
		6.1 运行管理的主要任务 ·············· 0 <b>错误!未定义书签。</b>
		3.2 运行管理的有关规程和制度 ········0 错误!未定义书签。
		3.3 维护内容和维修周期·························· 0 <b>错误!未定义书签。</b>
	第4章	城市轨道交通给排水系统设备操作、检修及故障处理() 错误!未定义书
签。		
		1.1 工具及仪器仪表的使用 ·············· 0 <b>错误!未定义书签。</b>
		1.2 给排水系统设备维护保养 ············· 0 <b>错误!未定义书签。</b>
		Ⅰ.3 系统设备维保操作流程 ············· 0 <b>错误!未定义书签。</b>
		.4 给排水系统故障排除 ············· 0 <b>错误!未定义书签。</b>
		l.5 应急预案 ···················· 0 <b>错误!未定义书签。</b>
	第 5 章	城市轨道交通火灾自动报警系统 ········· 0 <b>错误!未定义书签。</b>
		5.1 火灾自动报警系统现状和发展趋势·0 错误!未定义书签。
		5.2 火灾自动报警系统工作原理及作用·0 错误!未定义书签。
		5.3 火灾自动报警系统组成 ·············· 0 错误!未定义书签。
		5.4 火灾自动报警系统的运行方式 ······ 0 <b>错误!未定义书签。</b>

	5.5	火灾自动报警系统设置范围0 错	误!未定义书签。
	5.6	常用火灾探测器及应用范围 ·······0 错	误!未定义书签。
	5.7	火灾报警控制器 ······· 0 <b>错</b>	误!未定义书签。
第6章		5轨道交通机电设备监控系统 ········ <b>错</b>	
	6.1	系统构成 · · · · · · 错	
	6.2	EMCS(BAS)系统设备构成及功能·错	
	6.3	EMCS 运行模式 ····· 错	
	6.4	EMCS 系统的运行管理 ······ 错	误!未定义书签。
第7章	城市	5轨道交通防排烟系统 ······ <b>错</b>	误!未定义书签。
<i>7</i> 13 / <del>*</del>	7.1	防火分区和防烟分区 错	
	7.2	火灾烟气的危害和防排烟系统的作用 错	
	7.3	防排烟系统的分类 错	
	7.4	防排烟系统的组成 ······ 错	
	7.5	防排烟系统的控制原理 ············ 错	
	7.6	城市轨道交通车站、隧道通风排烟系统	
	,,,		400000000000000000000000000000000000000
第8章	城市	5轨道交通车站灭火系统 ······· <b>错</b>	误!未定义书签。
	8.1	消火栓系统 ······错	误!未定义书签。
	8.2	自动喷水灭火系统 ······ 错	误!未定义书签。
	8.3	水喷雾灭火系统 ······ 错	误!未定义书签。
	8.4	泡沫喷雾灭火系统 ······ <b>错</b>	误!未定义书签。
	8.5	气体灭火系统 ······ <b>错</b>	误!未定义书签。
	8.6	干粉灭火系统 ······ 错	误!未定义书签。
	8.7	自动消防水炮灭火系统 ······ <b>错</b>	误!未定义书签。
	8.8	消防系统常用设备 ······ 错	误!未定义书签。
	8.9	城市轨道交通常用消防设备简介 ······ <b>错</b>	误!未定义书签。
第9章	消[	防报警系统与其他系统的联动⋯⋯⋯ <b>错</b>	误!未定义书祭。
71. 2 T	9.1	消防联动控制器 ······· <b>错</b>	
	9.2	消防报警主机与水消防系统的联动关系	
	9.3	防灾报警系统与防排烟系统设备的联动党	• • • • • • • • •
	9.4	火灾工况下 FAS 与 EMCS (BAS) 的运行	
	9.5	其他系统联动关系 错	
	9.6	电气火灾监控系统 ············ 错	• • • • • • • • • •
			· · · · · · · ·

第 10 章 城市轨道交通消防安全管理 ······ 错误!未定义书签。

10.1 城市轨道交通消防系统的安装、调试和维护错误!未定义书签。

- 10.2 城市轨道交通消防安全管理…… 错误!未定义书签。
- 10.3 火灾救援、自救与逃生方法……错误!未定义书签。
- 10.4 火灾自动报警系统常见故障及日常维护错误!未定义书签。

参考文献 ····· 错误!未定义书签。

# 第1章

## 城市轨道交通消防概述

## 1.1 城市轨道交通火灾的原因及特点

近年来,随着城市化进程的不断加快,经济发达地区城市的客流量不断增大。城市轨道 交通以其方便、安全、舒适和快捷等特点得到青睐。

截至 2020 年 1 月,北京、上海、台北、高雄、香港、广州、深圳、天津、重庆、南京、杭州、成都、武汉、哈尔滨、长春、沈阳、西安、苏州、宁波、无锡、郑州、长沙、福州、大连、东莞、昆明、南昌、青岛、合肥、南宁、贵州等 43 座城市投入城市轨道交通建设,建成线路达到 201 条,总里程约 6 491.3 km。"十三五"期间,社会经济得到平稳、快速增长,城市化进程继续加快、产业结构深入调整,城市轨道交通产业结构调整、产业升级。因此,未来 10 年仍是城市轨道交通的大发展时期。表 1-1 是我国一些城市轨道交通通车里程。

排名	城市	通车里程/km	开通线路	首条线路开通时间
1	上海	705.00	17	1995年4月10日
2	北京	689.00	22	1969年1月15日
3	广州	491.00	14	1997年6月28日
4	南京	378	10	2005年4月10日
5	武汉	335	9	2004年7月28日
6	重庆	331	10	2004年11月6日
7	深圳	304	8	2004年12月28日
8	成都	302	7	2010年9月27日
9	天津	231	6	1984年12月28日
10	香港	230.80	11	1979年10月1日

表 1-1 我国一些城市轨道交通通车里程

11	青岛	174	4	2015年9月1日
12	苏州	166	4	2012年4月28日

续表

排名	城市	通车里程/km	开通线路	首条线路开通时间
13	西安	162	5	2011年9月16日
14	大连	158	4	2002年10月1日
15	台北	153	8	1996年3月28日
16	郑州	151	5	2013年12月28日
17	杭州	136	4	2012年11月24日
18	长沙	102	4	2014年5月1日
19	长春	100	5	2002年10月30日
20	宁波	96	4	2014年5月30日
21	合肥	94	3	2016年12月26日
22	沈阳	89	3	2010年9月27日
23	昆明	88	4	2012年6月28日
24	南宁	81	3	2016年6月28日
25	厦门	72	2	2017年12月31日
26	无锡	61	2	2014年7月1日
27	南昌	60	2	2015年12月26日
28	福州	56	2	2016年5月18日
29	温州	54	1	2019年1月23日
30	济南	48	2	2019年4月1日
31	石家庄	46	2	2017年6月26日
32	高雄	43	2	2008年3月9日
33	东莞	38	1	2016年5月27日
34	桃园	36	1	2017年3月2日
35	贵阳	35	1	2017年12月28日
36	常州	34	1	2019年9月21日
37	哈尔滨	32	2	2013年9月1日
38	乌鲁木齐	28	1	2018年10月25日
39	兰州	26	1	2019年6月23日
40	呼和浩特	23	1	2019年12月29日
41	徐州	22	1	2019年9月28日

42	佛山	21.50	1	2010年11月3日
43	澳门	9	1	2019年12月10日

(数据来源: MetroMan 地铁通和维普百科)

## 1.1.1 国内外城市轨道交通重大火灾情况

城市轨道交通具有运输大、运行舒适、准时、能耗低和污染少等优点,是城市首选的交通工具,但是随着城市轨道交通线路长度和客运量的不断增大,火灾事故也在不断增多,造成了巨大的人员伤亡和财产损失。表 1-2 是国内外城市轨道交通发生的一些重大火灾。

时间	地点	起火原因	人员受伤
1991年4月	瑞士苏黎世	地铁机车电线短路起火	重伤 58 人
1995年3月	日本东京地铁	投放沙林毒气	死亡 12 人,受伤 5512 人
1995年4月	韩国大邱地铁	煤气泄漏	死亡 103 人,受伤 200 人
1995年10月	阿塞拜疆巴库地铁	电气老化	死亡 558 人,受伤 269 人
2000年11月	奥地利地铁	电暖空调过热	死亡 155 人, 受伤 18 人
2003年1月	英国伦敦地铁	列车与隧道相撞	受伤 32 人
2003年2月	韩国大邱地铁	纵火	死亡 198 人, 受伤 146 人
2004年2月	莫斯科地铁	爆炸	死亡 40 人, 受伤 120 人
2006年7月	芝加哥地铁	列车出轨	受伤 100 人
1961年11月	北京地铁	电动机短路诱发火灾	6 人死亡, 200 多人受伤
2004年1月	香港地铁	人为纵火	14 人不适送院
2005年8月	北京地铁 2 号线	车厢顶部风扇线路短路	无人员伤亡,2号线停运37分
			钟
2006年2月	北京地铁 13 号线	用于防盗的电缆槽着火	无人员伤亡,列车停运1小时
2011年1月	广州地铁 5 号线	车厢突然出现明火	无人员伤亡

表 1-2 国内外城市轨道交通重大火灾

## 1.1.2 城市轨道交通火灾发生的原因

城市轨道交通在运营期间可能发生的灾害分为自然灾害和人为灾害两大类。从世界城市 轨道交通一百多年的历史教训来看,城市轨道交通灾害中发生频率最高、造成损失最大的是 火灾事故。在城市轨道交通系统的众多危险因素里,火灾的危险度是最高的,火灾对地铁来 说可谓"第一天敌"。所以,对以地铁为主的城市轨道交通系统来说,消防安全非常重要。

城市轨道交通火灾发生的主要原因有机车车辆故障、电气设备故障、人为因素和地铁施 工四大类。此外,环境因素也是引起火灾的重要原因。

#### (1) 机车车辆故障。

1991 年,瑞士苏黎世地铁总站因地铁机车电线短路,导致地铁机车最后两节车厢发生火灾,火灾中有58人受重伤。

2007 年巴黎地铁 13 号线发生一起车厢着火事件,有 35 人被浓烟呛到,15 人被送到医院救治。

#### (2) 电气故障。

城市轨道交通系统电力和电气设备很多,系统的用电量也是很大的,导致电气火灾约占火灾的 50%。电气设备故障引起的火灾具有一定的隐蔽性。由于通常漏电与短路都发生在电气设备及电缆电线的内部,着火时一般看不到起火点,普通的烟感和温感探测器很难实现对电气火灾的早期报警,只有当火灾已形成并发展成大火后才能被发现,而此时扑救已十分困难,且电气火灾一般不能用水来扑救。因此,电气故障是日常工作中需要重点排查和防范的因素。

## (3)人为因素。

引起火灾的人为因素包括:工作人员违章操作,行车隧道施工维修中进行焊接、切割作业,生产生活中用火用电不慎引燃可燃物;乘客违反规定携带易燃易爆危险品,乘客在地铁内吸烟用火;以及一些人的极端行为、人为纵火等。

#### (4)地铁施工。

最近 20 年,随着地铁建设的不断推进,时有地铁施工火灾的发生。究其原因主要是施工中煤气泄漏、施工人员切割产生的焊渣引燃防火材料、电缆等杂物所引起的。

#### (5)环境因素。

引发火灾的环境因素主要包括:城市轨道交通内部潮湿、高温、粉尘大、鼠害等;城市轨道交通内部通风不畅、隧道散热不良等原因导致温度过高;隧道内漏水情况比较普遍,地下湿气不易排出,导致地下空间湿度大;老鼠等小动物啃咬电缆电线。上述环境因素可能造成电气设备、线路绝缘性能下降,导致电气设备因短路引起火灾。

## 1.1.3 城市轨道交通火灾发生的危险性

城市轨道交通系统是由车站、地下隧道区间、设备用房、控制中心、主变电站和车辆段等部分组成,其中控制中心、主变电站和车辆段一般位于地上,车站站厅、站台、车站控制室、车站变电所等设备用房和地下隧道区间都位于地下。由于地铁大部分工程处于地下,只有室内空间,且空间连续性强,所以防火分隔困难。地铁内人员密集,空间相对狭小,地铁

工程出入口少,在火灾发生的混乱时刻,其各项功能必受影响和牵制。

由于车站位于地下,通风不畅,氧气供应量不足,火灾发生时不完全燃烧会产生大量浓烟,致使一氧化碳、二氧化碳、二氧化硫等有毒气体的浓度迅速升高,高温烟气的扩散流动,使地铁内环境迅速恶化,能见度降低,给人员的逃生造成更大障碍。人员逃生的唯一出路就是地铁的各个出入口,但出入口在火灾时却会成为喷烟口。因为高温浓烟的流动方向与人员逃生的方向一致,都是自下而上,且烟气的扩散速度比人的逃生速度要快得多,使得人长时间笼罩在高温浓烟中,会造成更多伤亡。

## 1.1.4 城市轨道交通地下车站火灾的特点



(1)城市地铁建筑与地面建筑不同,火灾防范难度大。

地铁火灾特点动画

由于地下车站出入口少,通道狭窄,疏散距离长,人员多,易发生挤、踩事故,因此地下车站火灾造成的后果比在地面建筑物中发生同样的情况时严重得多。地铁建筑由地铁的干线、候车大厅、站台、控制室等部分组成,空间连续性强,防火困难;地铁工程的出入口少,一旦发生火灾,出入口还必须具有排烟、散热、人员疏散和消防队员扑救的入口功能;整个地铁都使用人工采光,系统用电量很大,电气设备发生的火灾也不容忽视;地铁空间湿度大,容易造成因电气设备受潮导致的火灾;地铁的鼠害也不容忽视,它们咬破电缆等很容易造成电气线路短路起火。

(2)浓烟积聚不散,给人员逃生和火灾扑救带来很大障碍。

地下车站内部封闭的环境使物质不易充分燃烧,火灾发生时可燃物的发烟量很大,形成浓烟和热浪,同时产生大量的有毒气体,烟雾的控制和排除都比较复杂。特别是在机械通风系统发生故障时,很难依靠自然通风补救,这对于人员疏散是非常不利的。

烟气对人的眼睛、喉咙、气管有刺激。

地铁火灾容易形成气浪。

浓烟使疏散指示器照明减弱,甚至失去指示功效。

烟气流动方向与疏散方向相同,疏散人员需要与烟气进行"你死我活"的赛跑。

地铁火灾后,新鲜空气补充较慢,易使气体"中性带"降低,结果底层烟量增大, 有毒气体增多,致使疏散迟误者中毒身亡。

(3)火灾发生后温度上升快,峰值高。

发生火灾之后,大量的热量积聚,无法散去,空间温度很快升高,火势猛烈阶段温度可达到 1000°C以上。高温有时会造成气流方向的变化,对逃生人员影响很大,而且会对车站结构造成很大破坏。

(4)人员疏散难度大。

人员从地下车站内到地面开阔空间的疏散是一个垂直上行的过程,这处过程比下行要耗费更多的体力,从而影响疏散速度。同时,自下而上的疏散路线与车站内浓烟和热气流自然

流动的方向一致,这就要求人员的疏散必须在浓烟和热气流的扩散速度超过步行速度之前完成。由于这一时间差很小,又难以控制,故而给人员的疏散带来很大的困难。

#### (5) 扑救困难。

由于地下空间的限制及浓烟、高温缺氧、有毒、视线不清、通信中断等原因,救援人员很难了解现场情况,大型灭火设备很难进入现场,进入火场的人员要进行特殊防护。这就造成救人、灭火困难大。消防队员在进行灭火救援时,同样会受到烟气的威胁。烟气严重妨碍消防员的行动;弥漫的烟雾影响视线,使消防队员很难找到起火点,也不易辨别火势发展的方向,灭火行动难以有效地开展。同时,烟气中某些燃烧产物还有造成新的火源和促使火势发展的危险;不完全燃烧物可能继续燃烧,有的还能与空气形成爆炸性混合物;带有高温的烟气会因气体的热对流和热辐射而引燃其他可燃物,导致火场扩大,给扑救工作增大了难度。

由于浓烟或停电造成一片漆黑,使得火场指挥员无法迅速确定起火点。

地铁是长通道空间,而每个呼吸器使用时间有限,消防救护人员佩戴呼吸器进行一次性活动的范围受到限制。

在地铁内的消防队员,既要经受热辐射的照射,又要经受高温气浪的冲击,接近火 点相当困难。

灭火剂的使用。一般来说,卤代烷 1211、1301 和  $CO_2$  的灭火效果是非常理想的,但是地下空间发生火灾时,不宜使用上述灭火剂。

地铁进口少,消防队员之间难以进行战术配合。

#### (6) 易发生电气设备火灾。

城市轨道交通车站是由车辆、信号、通信、供电、自动售票机、空调通风系统、给排水系统、调度等十个机电系统设施和设备组成的庞大复杂的空间,具有数量多且复杂的各种强电设备、弱电设备、电子设备,供电线路、数据通信线路、控制线路。轨道区间存在迷流等危害,一旦绝缘不良就容易发生短路,从而引发电气火灾,并沿线路迅速蔓延。绝缘层燃烧会产生大量有毒有害气体,引起人员中毒、窒息。

## (7) 主动排烟、排热差。

地下隧道空间狭小,热交换能力差,发生火灾时不能像地面建筑那样有80%的烟可以通过窗户、门等渠道扩散到大气中,而是集聚在站内空间,无法扩散,空间温度骤升,较早出现爆燃。烟和有毒气体若不能控制或及时排除,会在通道和站台空间四处扩散,短时间内充满整个地下空间,给现场遇险人员和救援人员带来极大的生命威胁。

## 1.1.5 城市轨道交通地下区间隧道火灾的特点

地铁隧道区间深埋在地下,除空间封闭、通道狭长、通风不良等客观因素外,还存在电器设备故障、管理不善、乘客行为违规、人为恐怖破坏等安全隐患因素。这就决定了地铁隧道区间内一旦发生火灾等事故,事故很难得到控制,人员疏散及救援将十分困难。与地面公

共建筑相比,地铁隧道区间火灾的特点主要包括以下几个方面:

- (1)突发性强。地铁线路长,客流量大,火灾发生的时间和地点都不确定,火灾往往突然发生。
- (2)列车在隧道中行驶,有很大的活塞风效应,一旦列车发生故障引起火灾,风助火势, 蔓延迅速,并伴有大量浓烟。地铁隧道风机的自然通风较差,烟雾排出量远远小于生成量, 导致烟雾很难在短时间内排除,给人员逃生和火灾扑救带来很大的困难。
- (3)列车上的电气部件、装饰材料以及地铁区间隧道内敷设的电气设备的绝缘外皮等材料一旦燃烧,会产生大量氯气等有毒气体,增加了烟气中有毒物质的含量,增大了危险性。
- (4)地铁隧道相对封闭,与外界地面连接仅靠几个排风口和进风口。地铁隧道区间面积较大,单段区间长度可达数千米,但仅有区间相邻车站的出入口或活塞风井与地面连接。封闭空间内一旦发生火灾事故,产生的烟气难以通过自然排烟的方式排出地面。再加上燃烧需要消耗大量的氧气,导致地铁区间隧道内含氧量急剧下降,造成物质的不充分燃烧,会比有氧燃烧条件下产生更多的浓烟,也会产生大量的一氧化碳等有毒气体。人员容易窒息而亡。
- (5)火势蔓延迅速,人员疏散困难。虽然地铁隧道区间内大部分设施为非燃烧体,但隧道内敷设有大量电缆,火易沿着电缆敷设走向迅速蔓延,特别是一旦塑料电缆和充油电缆着火,火势蔓延会更加迅速。再加上列车在隧道内运行时产生活塞效应,将进一步加快火势扩散。此外,大量的热烟积聚使得空间温度迅速提高,会较早地出现爆燃。烟气充满地下隧道区间后,人的视觉能见度降低,无法辨别疏导通道和车站的正确位置,疏散所需的时间随之大大增加。同时,高温烟气会对人的生理、心理造成强烈的刺激,造成心理恐慌。这种环境下,人的行动能力大大降低,往往会失去理智,一拥而上地涌向通道,造成混乱拥挤,严重影响疏散。
- (6)火灾扑救困难。由于车站及隧道建筑深埋地下,直通地面的出入口数量有限,消防人员只能通过有限的安全疏散通道进入车站,再通过车站进入隧道区间,这往往会与车站向外疏散的人流相冲突,严重影响救援速度,耽误了灭火救援的最佳时机。地铁隧道区间是一个封闭体,突发火灾事故后,通信信号受到影响,致使地下、地面联络比较困难,这也给消防员的火灾扑救行动带来了巨大困难,所以初期火灾以乘客自救为主。

## 1.1.6 城市轨道交通施工中火灾的特点

地铁施工中火灾主要是施工中人为不慎引起的火灾,其特点是:

- (1)地铁施工中,施工人员电焊、氧割不慎掉落的飞渣引燃可燃物造成火灾。
- (2)施工中,施工人员不小心挖断市政燃气、煤气管道引发大火。

## 1.2 燃烧的基本条件与灭火方法

## 1.2.1 燃烧的基本条件

燃烧是可燃物质与氧化剂作用发生的一种放热发光的剧烈化学反应,通俗地说燃烧就是放热发光的化学反应过程。《消防词汇 第1部分通用术语》(GB/T 5907.1—2014)规定:燃烧是可燃物与氧化剂发生作用的放热反应,通常伴有火焰、发光和发烟现象。可燃物在燃烧过程中,生成了与原来物质完全不同的新物质。

燃烧需要一定的条件,如果不具备一定的条件,燃烧就不会发生。任何物质要发生燃烧,必须具备下列三个基本条件(亦称三要素):可燃物、助燃物(氧化剂)和着火源。

## 1. 可燃物

凡能在空气、氧气或其他氧化剂中发生燃烧反应的物质,都称为可燃物。如木材、氢气、汽油、煤炭、纸张、硫等。可燃物如果按其化学组成,可分为无机可燃物和有机可燃物两大类。从数量上讲,绝大部分可燃物为有机物,少部分为无机物。按其所处的状态,又可分为可燃固体、可燃液体和可燃气体三大类。对于这三种状态的可燃物来说,其燃烧难易程度是不同的,一般是气体比较容易燃烧,其次是液体,最后是固体。可燃物是燃烧不可缺少的一个条件,是燃烧的内因,没有可燃物,燃烧便不能发生。

## 2. 助燃物(氧化剂)

凡是与可燃物质相结合并能帮助、支持和导致着火或爆炸的物质,称为助燃物。助燃物,实质上是氧化剂,氧化剂是一种能使其他物质氧化而本身被还原的物质。氧化剂的种类很多,最常见的就是氧气。空气、氯、溴、氯酸钾、过氧化钠等都是氧化剂,都能帮助和支持燃烧。

人们通常所说的助燃物是指空气,因为空气中存在约五分之一(约 21%)体积的氧,故一般可燃物在空气中遇到着火源都能燃烧。燃烧时,可燃物与氧化剂发生剧烈地氧化还原反应,在反应中,可燃物被氧化,氧化剂被还原。

#### 3. 着火源

凡是能够使可燃物与助燃物发生燃烧反应的能量来源统称为着火源。这种能量 既可以是热能、光能、电能、化学能,也可以是机械能。着火源温度越高,越容易 引起可燃物燃烧。根据点火源产生能量的来源不同,着火源一般可分为直接火源和 间接火源。

地下车站可能产生的火源有:

(1) 生产用火:加热用火、维修用火。

- (2)生活用火:暖炉、火柴、电炉、吸烟、加热用具。
- (3)干燥装置:用电加热干燥装置、温度开关。
- (4) 电器设备:配电装置、开关、电路、变压器、电器设备的老化。
- (5) 机械设备:发动机的发热、机械摩擦。
- (6)高温表面:不易散热的电器设备。
- (7)自燃:乘客携带的化学用品、易燃易爆物品。
- (8) 其他不易发现的火源。

## 4. 燃烧的充分条件

要发生燃烧必须同时具备燃烧的三个要素,缺一不可(见图 1-1)。但是在某些情况下,虽然具备了燃烧的三个要素,也不一定能发生燃烧,如可燃物的数量不够、氧气不足,或着火源的热量不大、

如可燃物的数量不够、氧气不足,或着火源的热量不大、 温度不够。所以 ,要发生燃烧 ,除了上述三个基本条件外 , 还必须具备以下充分条件。

## (1)一定数量的可燃物。

首先,要发生燃烧,必须有足够数量的可燃物质。如 图 1-1 火灾燃烧三角形果在空气中的可燃气体或蒸汽的浓度不够,燃烧就不会发生。例如:在一般气温下用火柴去点汽油和柴油时,汽油立即燃烧起来,而柴油却不能燃烧。为什么柴油不能燃烧呢?这是因为柴油在一定气温下挥发到空气中的蒸气数量很少,还没有达到燃烧的浓度。也就是说,虽有可燃物质,但其浓度不够,即使有空气(氧)和着火源的接触,也不能发生燃烧。

【助燃物】

基本要素

着火源

### (2)一定比例的助燃物。

要使可燃物质燃烧,必须供给足够的助燃物,否则,燃烧就会逐渐减弱,直至熄灭。也就是说助燃物质的数量不够,也不能发生燃烧。例如:点燃的蜡烛用玻璃钟罩罩起来,不让周围的空气进入,这样经过较短的时间,蜡烛就会熄灭。通过对玻璃罩内的气体的分析,发现这些气体中还含有16%的氧气,这说明一般可燃物在空气中的含氧量低于16%的条件下不能发生燃烧。

## (3)一定能量的着火源。

要发生燃烧,着火源必须有一定的温度和足够的热量,否则燃烧也不能发生。例如:从烟囱冒出来的火星温度约为600°C,如果这些火星落在易燃的干草或刨花上,就能引起燃烧,说明这些火星所具有的温度和热量能引燃这些物质。如果这些火星落在大块木材上,就会很快熄灭,不能引起燃烧,这说明落在大块木材上的火星虽有相当高的温度,但缺乏足够的热量,因此不能引起大块木材燃烧。

(4)要发生燃烧,必须使燃烧的三个要素相互结合、相互作用,否则燃烧就不能发生。譬如,在我们房间内有桌椅、窗等可燃物质,有充满空间的空气,有火源、电源,

构成了燃烧的三个要素,可是并没有发生燃烧现象。这就是因为这些条件没有互相作用, 火源没有点燃桌椅板凳等可燃物质,火也就烧不起来。

在人们生活、生产中,可燃物和空气是客观存在的,绝大多数可燃物即使暴露在空气中,若没有着火源作用,也是不能着火或爆炸的。从这个意义上说,控制和消除着火源是防止火灾的关键。

根据不同情况,控制火源的产生和使用范围,采取严密的防范措施,严格动火、用火制度,对于防火防爆十分重要。

## 1.2.2 灭火方法

火灾是指在时间和空间上失去控制的燃烧所造成的灾害。火灾具有极大的危害性,主要表现在两个方面:一是人员伤亡,二是财物损失。灭火的基本原理和一切防火措施都是为了破坏已经产生的燃烧条件或者使燃烧反应中的游离基消失,以迅速熄灭或阻止物质的燃烧,最大限度地减少损失。火灾通常都有一个从小到大、逐步发展、直到熄灭的过程。火灾过程一般可以分为初起、阴燃、燃烧和熄灭四个阶段,如表 1-3 所示。在火灾初起阶段(一般为着火后 5~7 min),燃烧面积不大,火焰不高,辐射热不强,是扑救的最好时机,如图 1-2 所示。

火灾发生的阶段 扑救难度 物质预热、气化,环境温度变化不大, 火灾报警或火灾扑救的最佳 初起阶段 火灾危害小的特点 时期,扑救难度最小 环境温度变化刚开始上升,有浓烟产生、 火灾扑救最佳时期,扑救难 阴燃阶段 有着火点出现火灾危害小 度小 室内温度急剧升高并伴有强烈的火焰, 燃烧阶段 火灾危害大且扑救难度大 烟雾减少 可燃物燃烧殆尽,室内温度下降,火焰 熄灭阶段 扑救失去意义 消失,烟雾较少

表 1-3 室内火灾发展阶段及特点

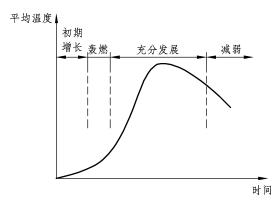


图 1-2 室内火灾发展过程平均温度与时间的关系

根据燃烧条件和同火灾作斗争的实践经验,灭火要从这三个方面入手:

- (1)控制可燃物。如以难燃或不燃材料代替易燃材料,对性质相互抵触的化学危险物品采用分仓、分堆存放等。
  - (2)隔绝助燃物。如对密闭容器抽真空,在容器内充入惰性气体等。
- (3)消除火源。如在易燃易爆场所严禁烟火,在有火灾危险的场所严格控制电焊、气割等动火作业。

常见灭火的基本方法有四种,即主要采取隔离、窒息、冷却、抑制的办法,除掉造成燃烧的三个条件中的任何一个条件,使火熄灭。

#### 1. 隔 离

隔离就是将正在燃烧的物质与未燃烧的物质隔开或疏散到安全地点,使燃烧因缺乏可燃物而停止。这是扑灭火灾比较常用的方法,适用于扑救各种火灾。

隔离灭火,根据不同情况,可具体采取下列方法:

关闭可燃气体、液体管道的阀门,以减少和阻止可燃物质进入燃烧区;将火源附近的可燃、易燃、易爆和助燃物品搬走;排除生产装置、容器内的可燃气体或液体;设法阻挡流散的液体;拆除与火源毗连的易燃建(构)筑物,形成阻止火势蔓延的空间地带;用高压密集射流封闭的方法扑救井喷火灾等。

## 2. 窒 息

窒息就是隔绝空气或稀释燃烧区的空气含氧量,使可燃物得不到足够的氧气而停止燃烧。它适用于扑救容易封闭的容器设备、房间、洞室和工艺装置或船舱内的火灾。

窒息灭火,根据不同情况,可具体采取下列方法:

用干砂、石棉被、帆布等不燃或难燃物捂盖燃烧物,阻止空气流入燃烧区,使已燃烧的物质因得不到足够的氧气而熄灭;用水蒸气或惰性气体灌注容器设备稀释空气;条件允许时,也可用水淹没密闭起火的建筑、设备的孔洞和洞室的窒息方法灭火;用泡沫覆盖在燃烧物上使之得不到新鲜空气而窒息。

## 3. 冷 却

冷却就是将灭火剂直接喷射到燃烧物上,将燃烧物的温度降到低于燃点,令燃烧停止;或者将灭火剂喷洒在火源附近的物体上,使其不受火焰辐射热的威胁,避免形成新的火点,迅速控制火灾并将其消灭。最常见的方法,就是用水来冷却灭火。比如,一般房屋、家具、木柴、棉花、布匹等可燃物质都可以用水来冷却灭火。二氧化碳灭火剂的冷却效果也很好,可以用来扑灭精密仪器、文书档案等贵重物品的初期火灾。还可用水冷却建(构)筑物、生产装置、设备容器,以减弱火焰辐射热的影响。但采用水冷却灭火时,要遵循"不见明火不射水"这个防止水渍损失的原则,即当明火焰熄灭后,应不再大量用水灭火,防止水渍损失。同时,对不能用水扑救的火灾,切忌用水灭火。

## 4. 抑 制

这种方法基于燃烧是一种连锁反应的原理,使灭火剂参与燃烧的连锁反应,使燃烧过程中产生的游离基消失,从而使燃烧反应停止,达到灭火目的。采用这种方法的灭火剂,目前主要有 1211、1301 等卤代烷灭火剂和干粉。但卤代烷灭火剂对环境有一定污染,对大气臭氧层有破坏作用,已被明令禁止使用,各国正在研制灭火效果好且无污染的新型高效灭火剂来代替它。

在火场上究竟采用哪种灭火方法,应根据燃烧物质的性质、燃烧特点和火场的具体情况以及消防器材装备的性能进行选择。有些火场,往往需要同时使用几种灭火方法, 比如采用干粉灭火时,还要采用必要的冷却降温措施,以防复燃。

## 1.3 城市轨道交通消防系统分类和组成

城市轨道交通消防系统按照建筑形式和布置可分为:地下车站消防系统、地下区间消防系统、地面和高架车站消防系统、地面和高架区间消防系统、停车场消防系统、主变电站消防系统和控制中心消防系统(见图 1-3)。

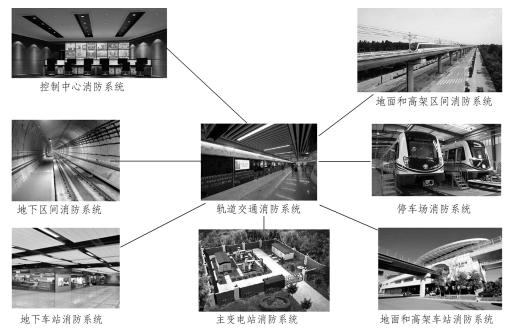


图 1-3 城市轨道交通消防系统的分类

城市轨道交通消防系统按消防对象可分为:公共区域消防系统、设备用房消防系统和管理用房消防系统。设备用房又分为一般设备用房和重要设备用房。

城市轨道交通消防系统包括消防报警系统(Fire Alarm System, FAS) 警报系统、机电设备监控系统(Electrical and Mechanical Control System/Building Automation System, EMCS/BAS) 固定灭火系统(消防栓系统、水喷淋系统、细水雾灭火系统和气体灭火系统)移动灭火系统(如手提式灭火器) 防排烟系统等组成。

## 1. 地下车站消防系统的组成

地下车站消防系统的组成如图 1-4 所示。

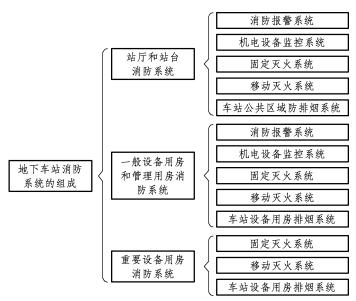


图 1-4 地下车站消防系统的组成

- (1)站厅和站台消防系统:消防报警系统、机电设备监控系统、固定灭火系统(消火栓、水喷淋、气体灭火、细水雾灭火)、移动灭火系统、车站公共区域防排烟系统。
- (2)一般设备用房和管理用房消防系统:消防报警系统、机电设备监控系统、固定灭火系统(消防栓、水喷淋、气体灭火、细水雾灭火) 移动灭火系统、车站设备用房排烟系统。
  - (3) 重要设备用房消防系统:固定灭火系统、移动灭火系统、车站设备用房排烟系统。
  - 2. 地下区间消防系统的组成

地下区间消防系统包括控制中心消防报警系统、机电设备监控系统、车站消防报警系统、 车站机电设备监控系统、车站和区间水消防系统、车站区间防排烟系统。

3. 地面和高架车站消防系统的组成

地面和高架车站消防系统包括站台和站台消防系统包括:车站消防报警系统、车站机电 设备监控系统、车站固定消防系统和移动灭火系统。站台和站厅不设防排烟和水喷淋系统。

4. 地面和高架区间消防系统的组成

地面和高架区间仅设固定消防系统(消防栓系统)。

5. 停车场消防系统的组成

停车场有停车库、检修库、车辆段和管理用房,停车场消防系统包括停车场消防报警系统、停车场固定消防系统。

## 6. 主变电站消防系统的组成

主变电站消防系统包括主变电站消防报警系统、相邻车站消防报警系统、主变电站机电设备监控系统、主变电站相邻车站机电设备监控系统、气体灭火系统主变电站防排烟系统和 移动灭火系统。建设在地面的主变电站一般不设防排烟系统。

## 7. 控制中心消防系统的组成

控制中心消防系统包括控制大楼消防系统、各线路控制中心级消防系统。

## 1.4 城市轨道交通消防系统基本要求

为了确保城市轨道交通消防安全,采用先进、可靠、安全和功能完备的消防系统十分关键。一旦发生火警,消防系统和设备必须做到可靠运行,必须满足以下基本要求。

- (1)消防报警系统在有火情发生时,能及时、准确地探测和发出火警信号,并显示火情发生的地点、时间等内容。
  - (2)消防报警系统能及时联动防排烟系统、固定灭火系统,显示各系统运行状态。
- (3)除报警功能外,消防报警系统应具有自动检测、故障报警、监视和控制、事件记录 等功能。
- (4) 机电设备监控系统、固定灭火系统、防排烟系统在收到 FAS 报警信号后,应能正确按照各系统运行状态和相应联动工况要求,控制和监测相应设备,显示各系统运行状态等,同时能将各系统运行状态或结果反馈给消防报警系统。
  - (5)消防报警系统和机电设备监控系统应具有中央监控级、车站监控级和现场控制级。
- (6)消防设备必须具有备用电源,当主电源失电时,能及时启动备用电源,确保消防系统正常运行。
- (7)消防控制室(或车站综合控制室)的消防控制设备除自动控制外,对重要的消防设备还应能手动直接控制。