



• 标准规范交流园地 •

电动汽车充电设施汽车库灭火系统设计探讨

赵煜灵 刘福光 叶志良

(广东省建筑设计研究院, 广州 510010)

摘要 推广新能源电动汽车是国家战略和产业发展的需要, 随着电动汽车数量的快速增加, 防范电动汽车火灾也日益受到重视。现阶段扑灭电动汽车火灾的有效灭火剂还在研发和筛选中, 通过分析电动汽车火灾的危险性及电池起火的主要原因, 结合国家标准和广东省相关标准对充电设施汽车库的有关消防安全要求, 探讨充电设施汽车库灭火系统的设计方案。

关键词 电动汽车火灾 热失控 过充 热冲击 电池穿刺 适用原则 防火设计

中图分类号: TU998.1 **文献标识码**: A **文章编号**: 1002-8471(2020)02-0138-07

DOI: 10.13789/j.cnki.wwel964.2020.02.028

Discussion on the design of fire extinguishing system for charging facilities garage

Zhao Yuling, Liu Fuguang, Ye Zhiliang

(Architectural Design and Research Institute of Guangdong Province,
Guangzhou 510010, China)

Abstract: The promotion of new energy electric vehicles caters the need of national strategy and industrial development. With the rapid increase in the number of electric vehicles, the prevention of electric vehicle fire is getting more and more attention. Effective extinguishing agent that can put out an electric vehicle fire is still in research at present stage. By analyzing the hazard of electric vehicle fire and the main reasons of battery fire, and combining the fire safety requirements for garage with charging facilities from national standards and related standards in Guangdong province, this paper provides a design scheme of the fire extinguishing system for the garage with charging facilities.

Keywords: Electric vehicle fire; Thermal runaway; Over-charging; Thermal shock; Battery puncture; Applicable principle; Fire prevention design

0 引言

国家标准《电动汽车分散充电设施工程技术标准》(GB/T 51313-2018, 以下简称“国标”)和广东省标准《电动汽车充电基础设施建设技术规程》(DBJ/T 15-150-2018, 以下简称“广东省标”)都已正式实施, 有关电动汽车充电设施汽车库(以下简称“充电设施汽车库”)的消防要求, 差异较大, 存在较大争议。本文分析电动汽车火灾的危险性及电池

起火的主要原因, 并就这 2 本标准的相关条文进行对比, 探讨电动汽车充电设施汽车库灭火系统的设计方案。

1 电动汽车火灾的危险性及电池起火的主要原因

1.1 电动汽车火灾的危险性

新能源汽车包括电池电动汽车、混合动力汽车以及燃料电池汽车等, 是国家战略和产业发展的需要, 以电动汽车为代表的新能源汽车在国家政策的



指导下得到快速发展,目前电动汽车动力电池的主流是锂离子电池,常用的有三元锂电池和磷酸铁锂电池。近年来新能源汽车的火灾爆炸事故时有发生,根据国家市场监督管理总局数据显示,2018 年,中国至少发生了 40 起涉及新能源汽车的火灾事故。

1.2 锂电池发生火灾的主要因素

国内外研究机构通过对锂电池火灾案例的研究证实,锂电池发生火灾的主要因素是热失控。热失控是由于各种原因导致锂电池发生放热连锁反应使其产生不可控升温的现象。热失控的触发原因可以分为内因和外因 2 种。

内因是电芯自身的问题,常见的包括电池老化和长期使用不当等造成热失控的风险会逐渐增加。内因只能通过预防、监测及时发现问题电芯,及早排除隐患。

外因是人为或外部环境外部因素引起,比如外部短路、过流充电、交通事故、异物冲击、火焰灼烧等,使得短时间内电芯温度急剧上升,进而导致短路、起火。

锂电池热失控常见原因主要有如下 4 种:

(1)过充,过充是由于充电机故障,电池管理系统(BMS)已经失控却还在充电导致。

(2)短路,因电池短路导致温度急升,电解液泄露溢出可燃气体,引起火灾、爆炸。

(3)热冲击,在高温下锂电池负极材料与电解液发生反应,产生大量可燃气体和热量。

(4)穿刺,穿刺是在车辆碰撞期间发生的另一种常见现象,锂电池被穿刺后引起电池内部短路,温度急升,电池内部活性物质发生化学反应,释放大量的热量,最终导致电池着火燃烧、爆炸。

锂离子电池热失控过程主要分为 3 个阶段,见图 1。

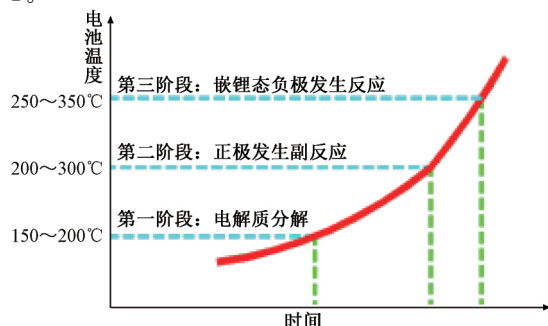


图 1 锂电池热失控过程

Fig.1 Thermal runaway process diagram lithium battery

第一阶段:电解质分解。电池温度达到 90~120 °C 时,SEI 膜开始分解,释放热量,温度升高,当温度升高至 150 °C 之上时,内部电解质开始进行分解,电池局部或整体非正常发热。

第二阶段:正极发生副反应。当电池温度达到 200 °C 之上时,正极材料分解,释放出大量热和气体,电池出现鼓胀。

第三阶段:嵌锂态负极发生反应。当电池温度达到 300 °C 之上时,嵌锂态负极开始与电解液发生反应,气体冲破电池壳体,电解质液体发生喷射,着火甚至爆炸。

消防检测研究机构的研究表明,当锂电池在外部加热的情况下,会使电芯温度急剧上升,热量积累的时间短,其触发的热失控比过充触发的热失控更剧烈,释放出的热量更多。由于外部加热比过充触发的热失控更剧烈,一旦电动汽车发生火灾,很容易引起周边电动汽车的锂电池连锁反应,火灾迅速发展甚至产生爆炸危险。

消防部门就电动车做过一次火灾的模拟试验:一辆电动车电路故障起火,30 s 后火焰温度升到 310 °C,室内温度达到 120 °C;2 min 后,火焰温度 680 °C,其他塑料件被引燃,室内温度达到 200 °C;3 min 30 s,整个电动车已经被火焰包裹,温度达到 1 200 °C,室内超过 660 °C;几分钟后很快引燃了停在旁边的另两辆电动车。起火 20 s 后,室内空气中出现剧毒硫化氢,毒烟以 1 m/s 的速度上升;30 s 后,一氧化碳、二氧化碳报警,均超过人体呼吸承受的极限。电动汽车的电池容量和电压更高,发生火灾时危险性更大,电动汽车锂电池火灾会产生更多有毒、有害气体。

到目前为止,锂电池起火后还没有能够完全扑灭火灾,且保证燃烧物不复燃的灭火剂,有效的灭火剂还在筛选和研发中。试验表明,锂电池着火可能需要 20 多小时才能完全扑灭,且电池极易死灰复燃,现阶段最有效的方案:①高压电池未着火时,可按传统车辆火灾处理方法进行灭火;②当高压电池着火时,应使用大量、持续的消防水冷却。

2 两本标准的适用范围

(1)“国标”适用于需要建设充电设施或预留建设安装条件的新建住宅停车位、大型公共建筑停车场、社会公共停车场;当新建汽车库内需要建设充电设施或



预留建设安装条件时,可参照“国标”6.1.5 条执行。

(2)“广东省标”适用于广东省新建、改建、扩建民用建筑及工业建筑需要设置充电设施的停车场、汽车库。不包括既有建筑汽车库的改造。不适用于独立建设的充电站、公交汽车专用充电站场等。

3 防火设计

充电设施停车场因消防设施设置要求比较简单,不在本文论述范围,下面将着重探讨充电设施汽车库的防火技术措施。

3.1 防火设计的差异

“国标”和“广东省标”对充电设施汽车库防火技术措施的要求不一致,差异较大,争议较多。

“国标”适用范围不太明确,消防措施方面的描述很少,针对性不强。充电设施汽车库防火技术措施主要还是按现行《汽车库、修车库、停车场设计防火规范》(GB 50067,以下简称《汽车库规范》)的要求设置。但《汽车库规范》适用对象为内燃机驱动的汽车,电动汽车不在该规范的适用范围内,而且现行《汽车库规范》4.1.8 条规定,“地下、半地下汽车库不应设充电间”,在工程设计中不好把握。

“广东省标”对充电设施汽车库在建筑防火设计、火灾自动报警系统、防排烟系统、自动灭火系统、消防应急照明和疏散指示标志等都作了加强措施。

3.2 基本要求

“国标”和“广东省标”除执行该标准外,消防设计还应符合《建筑设计防火规范》《汽车库规范》《消防给水及消火栓系统技术规范》等现行国家标准的相关规定。“国标”按该标准的 6.1.1 条和 6.1.2 条执行,“广东省标准”按该标准的 4.9.1 条和 4.9.2 条执行。

3.3 充电设施的设置要求

3.3.1 国标对汽车库配建充电设施的要求

根据“国标”6.1.5 条,新建汽车库内配建的充电设施在同一防火分区内应集中布置,且应布置在如下楼层:①应布置在耐火等级为一、二级汽车库的 1~3 层;②地下或半地下车库,宜布置在地下 1 层;

③不应布置在地下汽车库 4 层及以下的。

从“国标”6.1.5 条文中可以理解,充电设施不应布置在地面汽车库的 4 层及 4 层以上,也不应布置在地下汽车库 4 层及以下的。但对地下汽车库的 2、3 层,规范条文不太清晰,按 6.1.5 条第 2、3 款,可能会出现下面 2 种解读:第一种,不宜布置在地下汽车库的 2 层、3 层;第二种,可布置在地下汽车库的 2 层、3 层。出现了地下汽车库的 2 层、3 层能不能设置充电设施的争议,不好把握。

3.3.2 “广东省标”对汽车库配建充电设施的要求

“广东省标”对充电设施的布置范围不受楼层限制,汽车库布置充电设施时,按该标准 4.9.3 条和 4.9.4 条的规定执行。

3.4 建筑防火

前面讲到电动汽车火灾潜在危险性高,且火灾扑救困难,汽车库要布置充电设施时,必然要在现有规范基础上加强防火技术措施,加强措施有如下 2 种途径:

(1)被动防火,通过设置防火单元等,控制火灾在一定范围稳定燃烧或减缓火焰的传播。

(2)主动防火,通过设置消防设施来降低火灾发生后造成的后果。

3.4.1 防火分区

“国标”对充电设施汽车库防火分区的布置,没有相关条文,防火分区最大允许建筑面积还是按现行《汽车库规范》5.1.1 条和 5.1.2 条执行(见表 1)。

“广东省标”规定充电设施汽车库耐火等级为一、二级,内充电设施区域的防火分区最大允许建筑面积按该规范 4.9.3 条执行(见表 1),其防火分区最大允许建筑面积与《汽车库规范》的规定一致,但充电设施汽车库防火分区最大允许的建筑面积在设置自动灭火系统时不得增加。

3.4.2 防火单元

“国标”和“广东省标”对充电设施汽车库防火单元的设置要求(见表 2),两者最大的区别是:国标按

表 1 汽车库内充电设施区域的防火分区最大允许建筑面积

Tab.1 Maximum allowable building area for fire protection zones in garage charging facility area

耐火等级		单层汽车库/m ²	多层汽车库半地下汽车库/m ²	地下汽车库高层汽车库/m ²
一、二级		3 000	2 500	2 000
区别	“国标” “广东省标”	按《汽车库规范》5.1.1 和 5.1.2 条执行,设置自动灭火系统时,最大允许建筑面积可增加 10 倍 ① 除机械式汽车库外;② 设置自动灭火系统时,最大允许建筑面积不得增加		



表 2 防火单元设置要求

Tab.2 Requirements for fire protection unit settings

项目	“国标”	“广东省标”
相关条文	防火单元按国标 6.1.5 条执行:① 防火单元的最大建筑面积应符合表 6.1.5 的规定;② 防火单元采用防火隔墙、防火卷帘、防火分隔水幕等设施分隔,耐火极限不小于 2 h;③ 防火隔墙上相互连通的门为耐火等级不低于乙级防火门	防火单元按广东省标 4.9.4 条执行:① 地下、高层汽车库停车数量 ≤ 20 辆;半地下、单层、多层汽车库停车数量 ≤ 50 辆;② 防火单元采用耐火极限不小于 2 h 的防火隔墙、防火分隔水幕或乙级防火门等设施分隔;③ 行车通道应采用具有停滞功能的特级防火卷帘
区别	防火单元按面积划分	防火单元按停车数量划分

表 3 充电设施区防火单元最大允许建筑面积

Tab.3 Maximum allowable building area of fire protection unit in charging facility area

耐火等级	单层汽车库/ m^2	多层汽车库 半地下汽车库/ m^2	地下汽车库 高层汽车库/ m^2
一、二级	1 500	1 250	1 000

面积划分,广东省标按停车数量划分。

“国标”充电设施汽车库防火单元最大允许建筑面积见表 3。即使设置有自动灭火系统,本防火单元的最大允许建筑面积也不得增加。

“广东省标”轨道行车通道上采用具有停滞功能的防火卷帘,有利于人员疏散及有效防止烟气扩散,同时可兼做人员疏散出口。需要注意的是,防火卷帘有可能影响室内消火栓的布置,防火卷帘两侧的消火栓不宜跨越防火卷帘的互通使用。

3.5 灭火设施

3.5.1 消防设施设置要求

充电设施汽车库消防设施设置,“国标”和“广东省标”存在较大差别,见表 4。“广东省标”明确充电设施汽车库应设置消防给水系统和自动灭火系统等灭火设施。“国标”规定地下、半地下和高层的充电设施汽车库必须设置自动灭火系统,其他楼层没有规定。

3.5.2 消防给水及消火栓系统

执行“国标”时,由于“国标”没有相关规定,充电设施汽车库的消防给水及消火栓系统按国家现行标准《水消规》和《汽车库规范》有关规定执行。

执行“广东省标”时,充电设施汽车库消防给水系统设置,应符合国家现行标准《水消规》及《汽车库

表 4 消防设施设置要求

Tab.4 Requirements for fire fighting facilities

项目	“国标”	“广东省标”
相关条文	6.1.5 当地下、半地下和高层汽车库内配建分散充电设施时,应设置火灾自动报警系统、排烟设施、自动喷水灭火系统、消防应急照明和疏散指示标; 6.1.6 未设置火灾自动报警系统、排烟设施、自动喷水灭火系统、消防应急照明和疏散指示标志的地下、半地下和高层汽车库内不得配建分散充电设施	4.9.2 配建充电基础设施的汽车库均应设置火灾自动报警系统、防排烟系统、消防给水系统、自动灭火系统、消防应急照明和疏散指示标志
区别	地下、半地下和高层的充电设施汽车库必须设置,其他楼层没有规定	充电设施汽车库都要设置

规范》的有关规定,并满足“室内消火栓系统应设置独立的分区,其分区的室内消防给水管网应设置供消防泡沫车连接的水泵接合器”的要求。“广东省标”强调充电设施汽车库的室内消火栓系统应设置独立分区和水泵接合器,是考虑到目前扑灭锂电池火灾最有效的办法是对锂电池持续喷水冷却,但将来更有效的灭火剂研发出来后,可以通过消防车向充电设施汽车库的区域供水、泡沫或新型灭火剂等,避免与其他区域串通。

3.5.3 自动灭火系统

“国标”6.1.5 条、6.1.6 条明确规定:地下、半地下和高层充电设施汽车库应设置自动喷水灭火系统。那么单层或多层充电设施汽车库是否可以不设置自动喷水灭火系统?根据《汽车库规范》7.2.1 条,“除敞开式汽车库、屋面停车场外,下列汽车库、修车库应设置自动喷水灭火系统:(1) ①、②、③类地上汽车库;(2) 停车数超过 10 辆的地下汽车库;(3) 机械式汽车库;(4) 采用汽车专用升降机作汽车疏散出口的汽车库”对于自动灭火系统的设置,《汽车库规范》比“国标”更严格,充电设施汽车库自动喷水灭火系统设置应按《汽车库规范》的规定设置。

“广东省标”明确“充电设施汽车库自动喷水灭火系统应采用泡沫—水喷淋系统,泡沫混合液连续供给时间不应小于 10 min,泡沫混合液与水连续供给时间之和不应小于 90 min,每个车位上方至少设置一个喷头”与现行国家标准《泡沫灭火系统设计规



范》(GB 50151—2010,简称《泡沫规范》)的差别是连续供给时间。“广东省标”规定泡沫混合液与水连续供给时间之和不应小于 90 min,主要考虑 2 方面因素:① 锂电池火灾需要长时间持续喷水冷却;② 充电设施汽车库楼板的耐火等级一般为 1.5 h,火灾 1.5 h 后管道有可能因楼板受损而破坏。

3.5.4 灭火器配置

充电设施汽车库应按现行国家标准《建筑灭火器配置设计规范》(GB 50140—2010)的规定配置灭火器。但“国标”和“广东省标”有所不同,“国标”建议采用干粉灭火器;“广东省标”建议采用 A、B、E 类水基型灭火器,同时在充电设施汽车库内,宜增加配置灭火剂充装量不小于 60 L 的推车式水基型灭火器,推车式灭火器最大保护距离 30 m。

电动汽车其他部位起火时,可采用干粉灭火器,但干粉灭火器对锂电池火灾基本不起作用,主要还是通过水冷却,所以,充电设施汽车库配置 A 类、B 类、E 类水基型灭火器更合理。

3.6 有关泡沫—水喷淋系统的争议及设计探讨

泡沫—水喷淋系统,适用于具有非水溶性液体泄漏火灾危险以及存放量不超过 25 L/m^2 或超过 25 L/m^2 但有缓冲物的水溶性液体的室内场所。

3.6.1 争议

关于充电设施汽车库设置泡沫—水喷淋系统的争议,有一种观点认为:对于电动汽车火灾,泡沫—水喷淋系统与自动喷水灭火系统的作用没有太大的差别,增加了投资成本却无实质意义。

目前锂电池着火只能通过使用大量、持续的消防水降温,但充电设施汽车库火灾不仅仅是锂电池着火,其火灾往往是一种混合火灾(可能 A、B、C、E 类火灾同时存在),主要考虑以下几种因素:

(1)电动汽车与其他类型汽车混合停放的情况,充电设施汽车库混合停放的情况非常普遍,尤其住宅汽车库。

(2)不同类型汽车火灾,如燃油汽车、电动汽车等。

(3)汽车不同部位起火。燃油汽车起火或电动汽车其他部位起火时,有可能因热辐射导致相邻电动汽车锂电池受热起火,前面讲到,锂电池外部加热触发的热失控更剧烈,短时间内释放出的热量更多。

因此,充电设施汽车库应按《汽车库规范》7.2.3 条执行,并在此规定的基础上适当采取加强措施,设置闭式泡沫—水喷淋系统。

泡沫—水喷淋系统作用:① 对保护物体冷却;② 对着火部位相邻的其他汽车降低热辐射;③ 对疏散的液体初期火灾起扑灭和控制。根据消防实战的经验,对这一类火灾,泡沫—水喷淋系统灭火效力更好,能迅速扑灭 A、B 类火灾,减少热辐射。10 min 前喷放泡沫混合液能迅速控制和扑灭初期火灾,10 min 后通过持续喷水能起到冷却降温、控制火灾的作用。

3.6.2 闭式泡沫—水喷淋系统设计要点

供给强度 $\geq 6.5\text{ L}/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$;作用面积 $\geq 465\text{ m}^2$;喷头布置间距 $\leq 3.6\text{ m}$,每只喷头保护面积 $\leq 12\text{ m}^2$;在 8 L/s 的流量下,自系统启动至喷泡沫的时间 $\leq 2\text{ min}$;V 系统设计流量按最有利水力条件处作用面积内喷头同时喷水计算。

3.6.3 喷水强度选择

关于闭式泡沫—水喷淋系统的供给强度的选择,业内存在一些争议。有一种观点认为:按“《泡沫规范》”闭式泡沫—水喷淋系统的供给强度不应小于 $6.5\text{ L}/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$,但根据《自喷规范》,在自动喷水灭火系统中,汽车库火灾危险等级为中危险②级,喷水强度不应小于 $8\text{ L}/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$,所以喷水强度应按不小于 $8\text{ L}/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$ 计算。”甚至还有一种观点:“泡沫—水喷淋系统,在喷泡沫的前 10 min 按不小于 $6.5\text{ L}/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$ 计算,10 min 后喷水时应按不小于 $8\text{ L}/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$ 计算。”

虽然喷水强度按不小于 $8\text{ L}/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$,可同时满足《泡沫规范》和《自喷规范》的要求,但个人认为上述观点都不对:

其一,从规范理解,现行《自喷规范》已经删除了“自动喷水—泡沫联用系统”的相关条文,闭式泡沫—水喷淋系统的设计参数应按《泡沫规范》执行,在《泡沫规范》7.3.5 条已经明确规定,闭式泡沫—水喷淋系统供给强度不小于 $6.5\text{ L}/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$ 。《自喷规范》的设计基本参数只针对自动喷水灭火系统,当《泡沫规范》未作规定时,泡沫—水喷淋系统可按《自喷规范》执行。

其二,自动喷水灭火系统和泡沫—水喷淋系统的



设计参数,都是在各自条件下,通过火灾试验研究、工程应用及国外相关标准制定的。喷水强度和作用面积相互关联,两者要同时考虑。根据火灾试验研究,闭式泡沫—水喷淋系统在喷水强度不小于 $6.5 \text{ L}/(\text{min} \cdot \text{m}^2)$ 和作用面积 465 m^2 的条件下,可以控制和扑灭汽车库火灾。同理,自动喷水灭火系统在喷水强度不小于 $8 \text{ L}/(\text{min} \cdot \text{m}^2)$ 和作用面积 160 m^2 的条件下,可以扑灭汽车库大部分初期火灾。

3.6.4 作用面积

作用面积是一次火灾中系统按喷水强度保护的面积。根据《泡沫规范》7.3.4条,“闭式泡沫—水喷淋系统的作用面积应符合下列规定:(1)系统的作用面积应为 465 m^2 ;(2)当防护区面积小于 465 m^2 时,按防护区实际面积确定;(3)当试验值不同于本条第1款、第2款的规定时,可采用试验值”。

很多人认为,闭式泡沫—水喷淋系统的作用面积 465 m^2 比自动喷水灭火系统的作用面积 160 m^2 大很多,不合理。有人提出,汽车库采用闭式泡沫—水喷淋系统是在自动喷水灭火系统基础上采取的加强措施,既然汽车库中自动喷水灭火系统的作用面积为 160 m^2 ,那么闭式泡沫—水喷淋系统的作用面积是否也可按 160 m^2 考虑?

前面文述及系统的喷水强度和作用面积的数据,是研究人员通过火灾试验研究、工程应用及国外相关标准制定的。虽然闭式泡沫—水喷淋系统的作用面积很大,争议很多,但在没有相关试验值的情况下,不应根据个人的意愿选择。当有可靠的试验值时,闭式泡沫—水喷淋系统的作用面积可采用试验值,但在没有相关试验的条件下,充电设施汽车库布置闭式泡沫—水喷淋系统时,作用面积应不小于 465 m^2 ,喷水强度不应小于 $6.5 \text{ L}/(\text{min} \cdot \text{m}^2)$ 。

3.6.5 比例混合器布置

泡沫—水喷淋系统应满足系统管道充水时,在 8 L/s 的流量下,自系统启动至喷泡沫的时间不应大于 2 min 。要满足这一规定,就需要将比例混合器布置在喷头作用区域附近,使在 8 L/s 计算流量下,配水管网需要排出水的容积不大于 960 L 。该容积等于作用面积内的配水管网及其上游至比例混合器管段的总容积(注意:不是比例混合器后所有管网的容积)。

3.6.6 系统优化

根据闭式泡沫—水喷淋系统的作用面积和喷水强度,理论上系统的设计流量为 $6.5 \times 465 \div 60 = 50.4 \text{ (L/s)}$ 。由于闭式泡沫—水喷淋系统作用面积差不多是自动喷水灭火系统作用面积的3倍,而且闭式泡沫—水喷淋与自动喷水灭火系统设计流量计算方法不同,泡沫—水喷淋系统按最有利水力条件处作用面积内喷头同时喷水计算,自动喷水灭火系统设计流量按最不利水力条件处作用面积内喷头同时喷水计算。两者因作用面积和水力计算条件不同,在实际工程中,闭式泡沫—水喷淋系统设计流量比自动喷水灭火系统设计流量大很多,使泡沫—水喷淋系统的供水设备、管道管径、泡沫液储量等都非常大,在设计时很有必要对系统进行优化,系统可以通过如下2个途径进行:

(1)喷头布置。当系统采用标准覆盖面积喷头时,喷头布置应符合下列规定:每只喷头的保护面积不大于 12 m^2 ;喷头间距不大于 3.6 m ;任意4个相邻喷头合围保护面积内的平均供给强度不小于设计供给强度,且不宜大于设计供给强度的1.2倍。

汽车库内喷头的布置往往会受到结构梁影响,通过调整喷头布置间距,减少作用面积内喷头的数量,对控制系统的设计流量具有积极意义。比如,当汽车库结构布置为十字梁时,如果采用等距的矩形布置,可能会出现喷头间距较小的情况,可采用梁间不等距的布置方式,减少喷头数量,如图2所示。

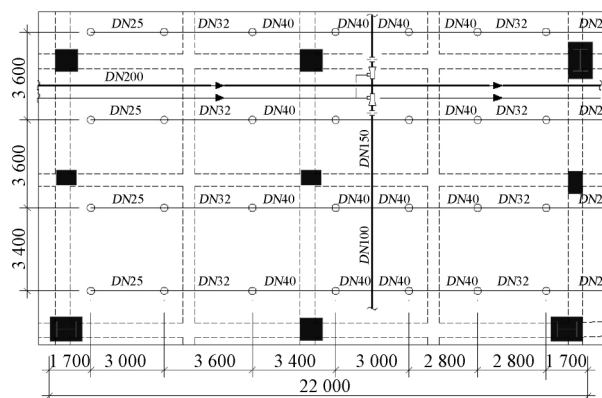


图2 车库梁间喷头不等距布置

Fig.2 Non-equidistant arrangement of sprinkler head between beams of garage

(2)喷头工作压力。喷头流量与喷头工作压力的平方根成正比比例增减,泡沫—水喷淋系统比例混合器的进水口压力为 $0.6 \sim 1.2 \text{ MPa}$,比例混合器的



压力损失可按进水口压力的 35% 计算。为了满足比例混合器的进水口压力的要求,泡沫—水喷淋系统的供水管压力很高,使得配水管网上喷头的工作压力高、流量大。要减少泡沫—水喷淋系统的设计流量就要控制喷头的工作压力,可以采取如下措施:① 控制比例混合器的进水口压力,建议取值 0.6~0.8 MPa;② 在比例混合器的出口管段设置减压孔板,以降低喷头的工作压力,见图 3。

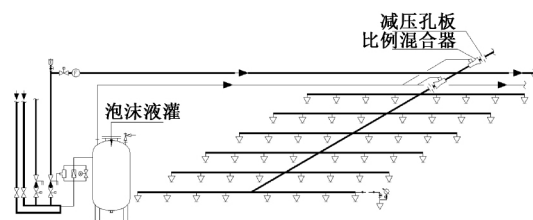


图 3 泡沫—水喷淋系统

Fig.3 Foam-water spray sytem diagram

通过上述调整喷头的布置和工作压力的办法,在确保系统喷水强度和喷头工作压力满足规范要求下,系统设计流量可控制在 65~80 L/s。

4 小结

前文分析了电动汽车火灾的危险性及电池起火主要原因,指出锂电池发生火灾的主要因素是热失控。对电动汽车锂电池火灾,目前还没有能够完全扑灭火灾,且保证燃烧物不复燃的灭火剂。由于电动汽车的火灾危险性很高,且火灾扑救困难,充电设

施汽车库需要在现行《汽车库规范》的基础上,从建筑防火分隔和消防设施两个方面加强防火技术措施,以尽量保证充电设施汽车库的消防安全。通过对“国标”和“广东省标”充电设施汽车库消防安全相关条文对比分析,对其中差异较大、争议较多的问题,提出了意见和建议。

参考文献

- [1] GB 50016—2014(2018 年版)建筑设计防火规范[S].
- [2] GB 50067—2014 汽车库、修车库、停车场设计防火规范[S].
- [3] GB/T 51313—2018 电动汽车分散充电设施工程技术标准[S].
- [4] DBJ/T 15—150—2018 电动汽车充电基础设施建设技术规程[S].
- [5] 吴忠华,李海宁.电动汽车的火灾危险性探讨[J].消防科学与技术,2014,(11):1340—1343.



※ 作者简介:赵煜灵,女,生于 1966 年,山西太原人,大学本科,高级工师,从事建筑给排水设计工作。

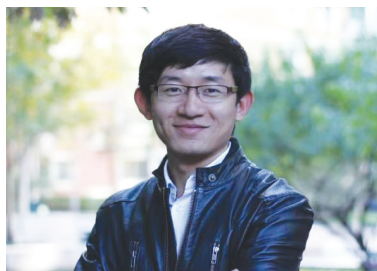
E-mail:zyling@gdadri.com

收稿日期:2019-08-28

(上接第 137 页)

- [26] Diemert S, Wang W, Andrews R C, et al. Removal of halo-benzoquinone (emerging disinfection by-product) precursor material from three surface waters using coagulation[J]. Water Research, 2013, 47(5):1773—1782.
- [27] Kosaka K, Nakai T, Hishida Y, et al. Formation of 2,6-dichloro-1,4-benzoquinone from aromatic compounds after chlorination[J]. Water Research, 2017, 110:48—55.
- [28] Ge F, Xiao Y, Yang Y, et al. Formation of water disinfection byproduct 2,6-dichloro-1,4-benzoquinone from chlorination of green algae[J]. Journal of Environmental Sciences, 2018, 63(1):1—8.
- [29] 赵世督.饮用水中消毒副产物 2,6-二氯-1,4-苯醌的形成过程与控制技术研究[D].杭州:浙江工业大学,2016.
- [30] Du P, Zhao H, Cao H, et al. Transformation of halobenzoquinones with the presence of amino acids in water: Products, pathways and toxicity[J]. Water Research, 2017, 122:299—307.
- [31] 丁春生,肖毛虎,赵世督,等.高铁酸钾去除饮用水中 2,6-二

氯-1,4-苯醌的研究[J].浙江工业大学学报,2018,46(3):337—341.



§ 作者简介:王永京,男,出生于 1983 年,博士,副教授,研究方向:饮用水安全保障技术研究。

通讯作者:任连海

电话:(010)68984923

E-mail:renlh@th.btbu.edu.cn

收稿日期:2019-06-01

修回日期:2020-01-06