

地铁通风系统组合风阀存在问题及建议

闫家伟¹ 杜霞²

(1 天津市公安消防局, 2 公安部天津消防研究所)

摘要: 地铁的排烟系统和防止烟气在风管内蔓延的分隔设施, 是减少地铁人员伤亡和财产损失的重要设施。本文简要介绍了地铁通风和排烟系统的特点、组合风阀的设置部位和用途, 归纳和分析了组合风阀使用中存在的主要问题, 重点对组合风阀的性能要求提出了具体建议。

关键词: 地铁 通风和排烟系统 组合风阀 性能要求

1 引言

迄今为止, 国外已发生多起地铁火灾及群死群伤的惨痛事故。根据国内外火灾统计资料, 建筑发生火灾时造成的人员伤亡中绝大多数是因为烟气中毒和窒息所致。地铁是特殊的地下公共建筑, 贯穿城市的很多区域, 规模庞大、日客流量大, 内部设施庞大而复杂, 运营管理工况繁杂。因其空间封闭、通道狭长, 一旦发生火灾, 通风散热不良, 新鲜空气很难迅速补充, 易使人缺氧, 可燃物不完全燃烧产生大量的一氧化碳, 高温热烟气很难自然排除, 容易积聚和蔓延, 而且地铁联通地面的出口少、逃生路径长, 人流密集, 疏散条件有限且扑救困难, 火灾中烟气对生命安全造成的威胁比一般民用建筑更大。及时排除烟气的排烟系统和防止烟气在风管内蔓延的分隔设施, 是减少地铁人员伤亡和财产损失的重要设施。

本文简要介绍了地铁通风和排烟系统的特点、组合风阀(以下简称风阀)的设置部位和用途, 归纳和分析了风阀使用中存在的主要问题, 为使风阀更合理地适应地铁通风系统和通风兼排烟系统的防火需要, 重点对风阀的性能要求提出了具体建议。

2 地铁通风、排烟系统的特点

地铁通风和防排烟系统不尽相同, 总体可分为两类: 一类是通风和排烟系统合为一个系统(通风兼排烟系统), 即通风和排烟系统的风机、消音器、风口、风道和风亭共用, 由风机的风叶进行正转或反转, 实现系统的送风或者排烟。另一类是通风和排烟系统分别为独立的系统。

地铁的对外通风井多为正常与事故用合用风井或多系统合用风井, 如区间活塞风井为正常通风与事故通风合用风井, 排风井/新风井为多系统共用风井、也

是正常与事故的合用风井。为了避免火灾工况下各通风系统的相互干扰，当地铁内部任一处发生火灾、负责该区域的防排烟系统启动时，与该系统共用风井的通风系统及与此相邻的风井内通风系统应停止运作，确保排烟畅通，防止烟气通过共用风井蔓延至其它区域。

图 1 例举的是地铁区间隧道通风兼排烟系统的原理示意图之一，该系统由风机和风阀等组成。如图 1 所示，站台两端均安装两台大型轴流风机（F-a，F-b），互为备用。正常运营时，风阀 A1、B1 均处于开启状态，风机前后的风阀 A2、A3、B2、B3 处于关闭状态，由于列车在进站时，会产生活塞风，将隧道中不清洁的空气通过 A1 和 B1 压出活塞风井，当列车离站时又将外面新鲜的空气吸入地铁隧道中，形成自然的通风换气。当区间隧道发生火灾时，对应区间的大型轴流风机 F-a（或 F-b）会向所辖区间送风或排风（烟），此时风阀 A1（或 B1）会关闭，对应的 A2 和 A3（或者 B2 和 B3）开启，实现对区间烟气的控制。同时，风机 F-a、F-b 也会参与车站站台层的排烟。当站台发生火灾时（特别是站台轨区），风阀 A1，B1 会关闭，A2 和 A3（或者 B2 和 B3）会打开，通过风机将站台内的烟气由风口吸入风道，经风道尽端的风亭排到地面。

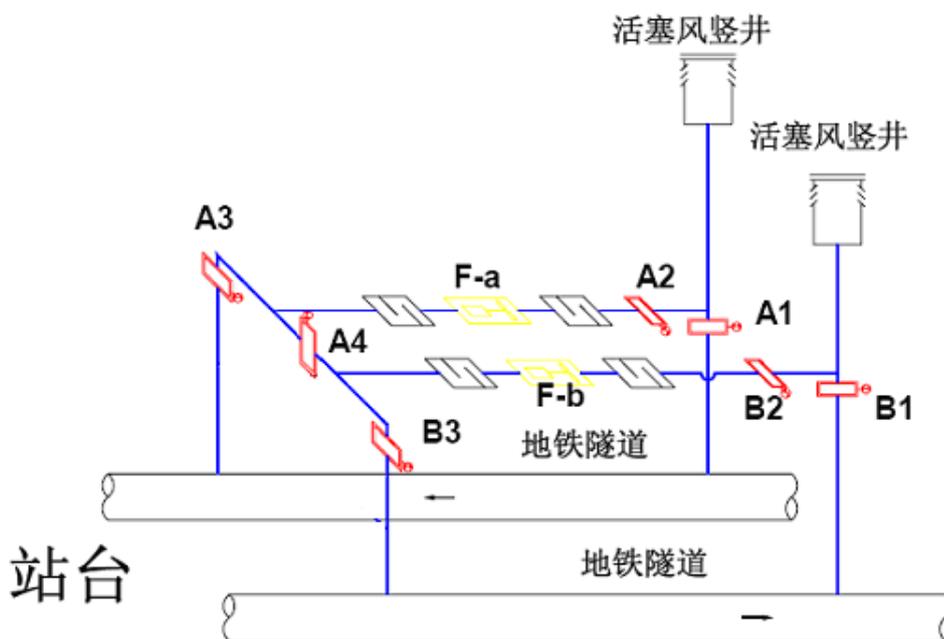


图 1： 地铁隧道通风原理示意图

地铁车站区间隧道和公共区（站厅、站台）正常运营的通风量和事故排烟量很大，通风系统和通风兼排烟系统的规模和设施庞大，系统承受的压力大，逻辑控制复杂，系统管道和阀门等的尺寸远大于一般民用建筑。

3 风阀的设置部位、用途和使用中存在的主要问题

3.1 设置部位

风阀设置在地铁地下车站两端通风系统和通风兼排烟系统风道、风机房风道,是地铁和公路隧道通风系统和通风兼排烟系统特有的阀门,主要由底框、多个单体阀、传动机构及执行器组成。单体阀一般包含阀框、叶片、连杆及叶片轴等部件。

风阀安装在楼板或钢筋混凝土隔墙上,有水平和垂直两种安装方式。

3.2 用途

用途之一是风道开关,是实现各种通风模式和事故通风转换的主要部件。通过控制不同位置的风阀开关状态以改变气流路径,实现系统功能切换,满足正常和事故(阻塞和火灾)工况的转换要求。在通风兼排烟系统中,当车站及区间发生火灾事故时,通过风机的运转、风阀开或关的转换,实现强制的事故排烟,从正常通风模式快速转换为排烟运行模式,保证人员安全撤离。

风机与对应的风阀存在启停联动关系,开启时风阀先于风机开,关闭时风机先于风阀关,避免风机有超负荷的危险。

用途之二同防火构件,需满足一定的耐火极限要求。当火灾发生时,关闭的风阀在一定时间内阻止火和烟通过风管(道)传入其他防火隔断或楼层。与70℃熔断关闭的防火阀不同之处在于,国内外地铁风阀是通过电动或气动快速动作,不是靠易熔合金的感温元件达到70℃熔断关闭。与排烟防火阀不同之处在于,当系统接到报警信号并控制风阀按照预先设定的系统模式完成开启或关闭动作之后,就不再根据火场情况再次变动,即关闭的风阀始终保持关闭,开启的风阀不会因温度达到280℃而关闭。

3.3 使用中存在的主要问题

目前国内生产风阀、防火阀、排烟阀的企业众多,产品质量参差不齐,一些已用于工程项目的风阀能否经得住火灾考验,令人担心。

某些厂家生产的风阀存在密封材料易老化,不耐高温的情况。有些密封材料因时间长老化,出现密封不严密及透光现象;有些密封材料不耐高温。风阀是由若干个单体阀组合而成,一般区间隧道的风阀面积很大,约为10-20m²,需要多个单体阀组合成一个风阀,密封材料用量大,叶片之间、叶片与框体之间、单体阀之间主要靠密封材料降低漏风量,若密封材料密封不严密和火灾中不抗烧变形,风阀漏风量会大大增加,大大降低系统的通风和排烟效果,火灾时难以保持墙体

或楼板开口处的防火、防烟能力。

某些风阀执行器不耐高温，采取的隔热保护措施不合理，可靠性不高。风阀的执行器一般不应设置在排烟道内，但地铁风道大，若不可避免设置在排烟道内时，应采取隔热保护措施，与风机保持同样的耐温性能。而实际应用中，发现有的风阀执行器根本就未采取隔热保护措施或者采取的隔热保护措施不合理，耐久性差。有的风阀执行器可靠性不高，出现接到控制信号后风阀不能开启或关闭的现象，一旦发生火灾形同虚设。

风阀承压性能达不到实际需要。在地铁安装屏蔽门及列车运行最高时速为120km/h的情况下，会产生2000Pa以上的交变压差，风阀应能适应实际工况，承受不低于2000Pa的动态压差，即在2000Pa条件下，风阀叶片应启闭自如而不影响其泄漏率，阀体要有一定的结构强度，驱动装置应能正常工作。为确保风阀在应有的使用寿命（一般为20~30年）期间当承受运行条件下的最大压差时，仍能正常启闭，对于风阀的承压尚需考虑一定的安全系数。有的厂家为了降低制造成本，节省风阀产品的叶片、叶片支承轴承、底框材料，导致其结构强度和刚度不够，承压能力差，有的风阀使用几年后，出现阀体锈蚀、叶片变形、关不严、打不开、动作不灵活或启闭时间延长等，远达不到设计和使用寿命要求。

风阀产品检测及消防验收缺少相应依据，一直以来存在不同的理解和做法。由于目前国内没有风阀具体的检测标准支撑，风阀没有纳入消防验收设备中，地铁风阀在进行消防验收时，往往参照现行国家标准《建筑通风和排烟系统用防火阀门》GB 15930的各项指标验收，然而，虽然该标准的适用范围是“适用于工业与民用建筑、地下建筑的通风和空气调节系统中设置的防火阀，工业与民用建筑、地下建筑的机械排烟系统中设置的排烟防火阀、排烟阀”，但是其具体内容针对的是一般建筑的阀类产品（防火阀、排烟防火阀、排烟阀），对于地铁和公路隧道特有的风阀，标准中类似检测内容的指标太低，且缺少必要的性能检测要求，如风阀（含执行器）的耐高温运行测试，因此不适用于风阀。而且各厂家均是根据自己的理解选择检测内容、进行产品测试及用于实际应用中，或者检测的风阀结构、使用材料及零部件不符合实际使用情况，或者实际应用中的风阀结构、使用材料及零部件与产品检测情况不相符，例如，检测时的安装位置不正确，把风阀安装在靠近墙体的风管中进行测试；实际应用中出现以下问题：安装方向不正确，把通过垂直安装测试的风阀用于水平楼板中；低耐火极限的风阀代替高耐火极限的风阀，把1.5 h耐火极限的风阀用于2 h、4 h的墙体或2 h的楼板中；单

体阀尺寸超过检测的产品尺寸。

4 提高风阀产品质量的具体建议

地铁火灾时对烟气的有效控制，是防止发生重大事故的重要手段，而风阀是地铁通风系统和通风兼排烟系统中通风模式转换和阻烟阻火的设施，在风管系统中的防火作用很关键，它的性能好坏，直接影响到地铁火灾时烟火的蔓延程度。地铁是涉及到公共利益的特殊建筑，火灾发生后群死群伤的危险大、社会影响大，是消防重点保卫对象，因此，要满足地铁的消防需要和适应地铁的实际运行工况，风阀仅仅达到一般民用建筑的防火阀、排烟阀的性能是不够的，特别是几个关键的性能指标，如环境温度及高温下的漏风率、承压能力、风阀耐火性能和风阀（含执行器）在环境温度和高温下快速启闭的可靠性等，应高于一般民用建筑的防火阀、排烟阀。

4.1 应规范风阀产品的性能要求

产品标准中的功能和性能要求是产品鉴定和验收时的主要依据，是产品完成预定用途最直接要达到的要求，制定风阀的产品标准，或在一般民用建筑的防火阀、排烟阀产品标准中补充风阀产品的功能和性能要求，是提高风阀产品质量的最主要的手段，是对地铁的国家现行有关标准相关内容的必要支撑，也是当务之急。建议风阀产品标准明确以下内容：

明确试验安装条件，且应能反映实际应用的安装情况。在实际应用中，有些风阀安装在垂直的墙体中，有些安装在水平的楼板中。因此，风阀的试验装置应反映出实际的使用情况，应考虑水平和垂直两种安装方式，并且应安装在试验装置的墙体或楼板的开口处，而不是安装在靠近墙体的风管中。

明确试验承压要求。在一般民用建筑中，空调箱的压头可达到 500-1000Pa，安装在空调机房隔墙上的防火阀承压最大可达 1000Pa；排烟风机的压头可达 1000-1500Pa，安装在排烟风机入口端的排烟防火阀承压最大可达 1500pa。地铁风阀的承压更高，一般在 2000Pa 以上。现行国家标准《建筑通风和排烟系统用防火阀门》GB 15930 对一般建筑的防火阀或排烟防火阀承压的要求偏低，更反映不了地铁风阀的实际承压情况。明确地铁风阀应能承受相关车站、区间隧道风机风压及周期性活塞风风压，至少不应低于 2000Pa。

明确漏风率（或漏烟率）要求。在环境温度条件下和火灾高温条件下，以及在风阀叶片两侧至少保持 2000Pa 压差条件下，明确风阀的漏风率（或漏烟率）要求。因风阀尺寸很大，漏风率（或漏烟率）应比一般民用建筑的规定值严格，

才能在火灾中收到较好的阻烟阻火及系统烟气排放的效果。为保证风阀的低泄漏，需考虑侧密封、叶间密封等，建议参照国内外工程经验和欧美有关标准如 UL 555S《排烟阀》的要求确定该指标。

明确耐火极限要求（不含执行器）。风阀的耐火能力只有与所在墙体或楼板的耐火能力相当，才能保持该墙体或楼板的耐火稳定性和耐火完整性。水平安装的风阀的耐火极限建议为 1.5h 和 2.0h，垂直安装的风阀的耐火极限建议为 2.0h、3.0h 和 4.0h，与国家现行有关地铁规范分别对楼板和墙体的耐火极限要求一致。

明确高温运行（含执行器）要求。现行国家标准《地铁设计规范》GB 50157 要求区间隧道（地下车站站厅、站台和设备及管理用房）排烟风机及烟气流经的辅助设备如风阀及消声器等，应保证在 150℃（250℃）时能连续有效工作 1h，但国内没有风阀相关的具体测试标准支撑。建议明确风阀（含执行器）高温运行测试要求，尽可能与工程建设标准协调一致，使风阀（含执行器）在一段时间内如 1 小时、在一定温度情况下如 150℃（250℃）仍可正常启闭。

明确可靠性要求。UL 555《防火阀》标准对电动、气动、液压动作的防火阀，要求实际承压情况下反复动作 2 万次。同时要求，具有风量调节功能或特殊执行器在无承压情况下反复动作 10 万次。建议参照 UL 555《防火阀》，对地铁风阀在承压条件下和无承压条件下开启和关闭的可靠性作出明确要求。

4.2 在地铁工程建设相关标准中进一步明确有关内容

明确风阀应安装在通风系统和通风兼排烟系统风道、风机房风道的楼板上或风机前后的隔墙上。现行国家标准《建筑通风和排烟系统用防火阀门》第 7.13.1.1“在试验炉与阀门之间有一段用厚度不小于 1.5mm 的钢板制造的联结管道，其开口尺寸与阀门的进口尺寸相对应，长度大于 0.3m”或《建筑与空调工程施工质量验收规范》GB 50243 第 6.2.5 条“防火阀分区隔墙两侧的防火阀，距墙表面不应大于 200mm”的规定，与地铁风阀的实际安装情况不符，若不作出明确规定，会在实际应用和产品检测中出现不一致和引起歧义。

明确风阀的耐火极限。应与其所在的楼板和隔墙的耐火极限一致，引导风阀产品标准及产品适应实际工程需要。目前国内仅有耐火极限为 90 分钟的防火阀，应用于地铁 2 h 的楼板、3h 和 4h 的隔墙，耐火极限偏低。

明确设备监控系统或火灾自动报警系统应能控制风阀的开关并接收其状态信息。欧美国家风阀的电动执行器普遍采用弹簧复位执行器，气动执行器普遍采用弹簧复位气动执行器，平常通电（或通气），开启状态的风阀接到控制信号后，

可远程控制关闭。假设执行器有故障、电线被老鼠咬断或者火灾时被烧断，风阀也能自动关闭，处于监控状态。此外，欧美国家对尺寸较大的风阀要求采用 2 个独立的执行器，达到 100% 的可靠动作。而国内平常开启状态的风阀，执行器不通电，不处于监控状态，难以察觉风阀是否有故障，发生火灾时若线路是断开的，不能远程控制风阀的关闭。

5 结语

国内地铁目前已设置的通风、排烟设施的实际能力至今没有经过火灾的实践检验，通过调研和分析，笔者认为地铁风阀存在较严重的问题。为提高风阀产品质量，避免设计、施工和验收中存在一些问题，本文从制定和完善产品检测标准、工程建设标准的角度提出了具体建议。建议产品检测标准明确风阀的功能和承压、泄漏率、耐火性能、高温运行、执行器可靠性等性能要求，技术指标高于一般建筑的防火阀和排烟阀；建议有关地铁工程建设标准对风阀的安装部位、耐火极限等提出明确要求。

——本文发表于《消防科学与技术》（2012 年第 12 期）