

纵向诱导通风系统在地铁车辆段中的应用分析

朱建华

杭州地铁集团有限责任公司 浙江 杭州 310000

【摘要】在目前国内各城市地铁车辆段结合上盖物业开发的趋势背景下，本文从系统形式、通风效果及全生命周期经济性的角度对比分析了纵向诱导通风系统与传统风管通风系统两种方案在杭州地铁某车辆段高大库房中的应用差异。

【关键词】纵向诱导通风系统；地铁车辆段；高大库房；应用分析

引言

在轨道交通高速发展的第一阶段（04 ~ 14 年），各种高工艺品质的新型通风设备的出现、气候变化引起的夏季温度逐渐攀升等因素促使了大空间通风系统设计由自然通风向机械通风的转变，期间出现了一些诸如屋顶通风换气设备（各种形式的屋顶风机）、集中布置的风管系统等机械通风形式。

近年来，地铁车辆段与上盖物业开发大量结合，导致盖下高大库房通风的工程条件恶化，屋顶通风换气设备要求上盖大量开孔，对物业开发影响较大基本不再适用。而随着人体舒适度、室内空气品质等建筑环境学概念逐步受到重视，传统的风管通风系统形式在高大库房中的应用也显现出诸多问题……

纵向诱导通风系统以其成熟的设备工艺、先进的通风原理已在工业、民建厂房等高大库房的通风应用中取得了较好的效果，成为新型机械通风系统的代表。本文以杭州地铁 4 号线二期勾庄车辆段运用库、联合检修库为研究对象，结合其他城市地铁车辆段对纵向诱导通风系统的前期应用成果，对比分析了该系统与传统风管通风系统在地铁车辆段高大库房中的应用差异。

1 工程概况

杭州地铁 4 号线二期勾庄车辆段运用库建筑面积 48000m²，由停车列检库、周月检库及辅助用房组成，库长 289m，净高 10.8m；联合检修建筑面积 22000m²，由清扫库、静调库、定临修库、架修库、转向架检修间、部件检修间和辅助用房组成，库长 260m，净高 14.3m。

2 方案介绍

单以运用库为例，按照丁类厂房 1 次/h 的通风换气次数计算，阐述两种系统不同的通风方案：

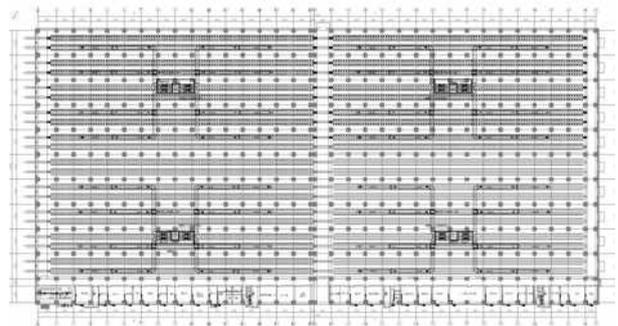


图 1 风管通风系统平面图

风管通风系统常规是与库内控烟区域划分相结合，排风机兼作排烟风机。每个控烟区域上盖设置机房集中布置风机，机房内部设置排风兼排烟竖井，通过车库纵向两端库门或横向侧墙开窗自然进风。本运用库按“田”字划分为四个控烟区域，每个区域中心盖上设机房，内部配备 4 台排风机，风管根据柱网间距均匀散开布置。

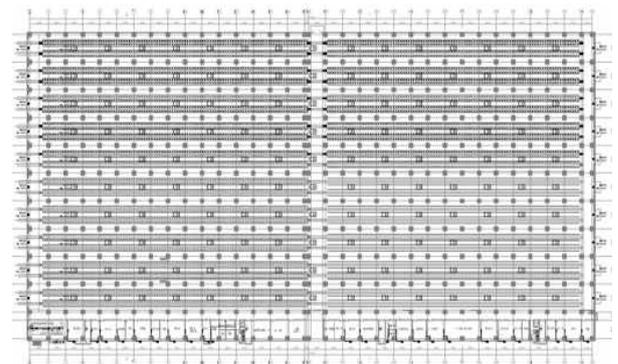


图 2 纵向诱导通风系统平面图

纵向诱导通风系统形式相对分散灵活，纵向库门上方的进风机将室外空气送入库内，经推射运载器推送至另一端库门由排风机排出。推射运载器可在两条相邻股道之间布置，一般为前后间距 30m 即可满足要求。送排

风机的选型风量满足库内通风换气次数的要求，推射运载器的驱动风量满足工作区域的平均风速要求。

3 方案对比

总结两种通风方案系统设备对比如下表：

表 1 两种通风方案系统设备对比（对比时不考虑车库排烟）

| 通风方案 | 换气量 (m ³ /h) | 单台设备风量 (m ³ /h) | 单台设备功率 (kW) | 设备数量 (台) | 干管截面 (宽 × 高) | 总配电需求 (kW) |
|-------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------|-------------------------|----------------|---------------------------------|
| 风管通风系统 (风机 + 风管, 自然进风) | 518400 | 32400 | 11.0 | 16 | 1600mm × 800mm | 11 × 16=176.0 |
| 纵向诱导通风系统 (送排风机 + 推射运载器) | | 送、排风机 34560 | 送、排风机 3.0/推射运载器 0.71 | 送风机 15+排风机 15+推射运载器 150 | / | 3 × 21+3 × 21+0.71 × 150+=232.5 |

从上表的设备对比可知，风管通风系统总配电需求低于纵向诱导通风系统。但无法实现区域排风控制，不方便运营按工作需求进行调整，开启全部风机时系统能耗较高。风机设备体量庞大、风管截面过大占用层高、机房和竖井以及设备噪声影响盖上物业开发等缺点尤为明显。

纵向诱导通风系统实现了库内通风与排烟的拆分，减小了风管截面积。推射运载器设备小巧，在各股道间与排烟管灵活交错布置可有效减小对库高的占用。系统还可通过控制实现分股道、分区域开启设备，提高运营灵活性，降低运行能耗。但设备数量较多，配电及控制相对复杂。

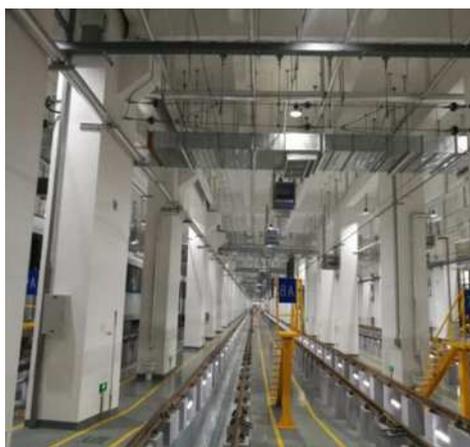


图 3 纵向诱导通风系统设备布置

4 通风效果分析

传统的机械通风系统受制于风速在垂直高度的衰减，库内库中部位置人员工作区域风速基本衰减为 0m/s；空间整体的置换较慢且不均匀，工作区域 CO₂ 浓度过高且空气龄较大。

纵向诱导通风系统的进风机送入库内的新鲜空气通过推射运载器（诱导风机）加压形成空气射流，赋予前进方向周边空气以前进的动能，形成纵向动量传递，不断推送库内污浊空气至排风机处排至库外，至此形成完整的纵向诱导通风模式。

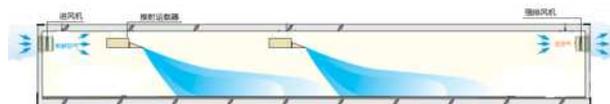


图 4 纵向诱导通风系统在高大库房中的工作原理示意图

根据 CFD 模拟结果，相对传统通风方案，在同样的通风换气次数下，纵向诱导通风系统通风方案人员呼吸区（高度 1.6m）及全局平均空气龄明显降低一个数量级，改善室内呼吸区的流场，提高呼吸区的通风效果。

2016 年 9 月 8 日中午，室外温度 35℃，对福州地铁 1 号线新店车辆基地的停车列检库纵向诱导通风系统进行了通风效果测试。测试对象为 16A-B 通道，测试点位于风机正下方以及相邻两台风机的中间人员工作区域，车库中的 A、B 段分别是车辆入库方向的顺序，A 段为图 3 的右半部分。



图 5 系统通风效果测试布点图

16A 通道的风机开启，工作区的平均风速为 1.1m/s。最大风速可达到 2m/s 以上。16A 通道的工作区体感温度温度，通道的平均体感温度 29.5℃左右，低于室外温度 35℃，工作人员感觉舒适，反映该系统有效改善了工作环境。

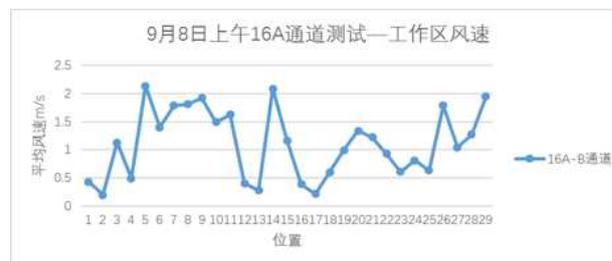


图 6 16A 通道各测点风速值

上海 9 号线金桥车辆段停车列检库在采用纵向诱导通风系统后，也对工作区域风速进行了现场测试。

测点风速均保证在 0.5 ~ 2.5m/s 范围内, 平均风速达到 1 ~ 1.5m/s, 实际风感明显, 工作区域体感温度舒适, 通风效果改善明显。车底检修区域也有风感, 实际风速在 0.5m/s 左右。

5 全生命周期经济性分析

杭州地铁 4 号线二期勾庄车辆段运用库建筑面积为 48000m²、联合检修库建筑面积为 22000m², 合计 70000m², 在此工程背景下对传统轴流风机通风兼排烟系统和纵向诱导通风系统(结合侧向风管排烟)进行全生命周期经济性对比分析。

表 2 两种通风方案全生命周期经济性对比分析

| | 类 别 | 方案一 | 方案二 | 备注 |
|----------|-----------------|-------------------|---------------------|--------------|
| | | 传统轴流风机通风兼排烟系统(万元) | 纵向诱导通风+侧向风管排烟系统(万元) | |
| 初期投资 | 通风排烟设备投资 | 288.0 | 1350.0 | |
| | 抗震支吊架 | 210.0 | 140.0 | 项 |
| | 其它设备投资 | 401.0 | 483.0 | 配电、控制等系统 |
| | 土建投资 | 510.0 | 0.0 | |
| | 小计 | 1409.0 | 1973.0 | |
| 年耗费用 | 设备年费(按 20 年折算) | 45.0 | 98.7 | |
| | 土建年费(按 100 年折算) | 5.1 | 0.0 | |
| 初投资折合年费用 | | 50.1 | 98.7 | |
| 年运营费用 | 年耗电费用 | 138.8 | 25.2 | 8h/天, 0.8元/天 |
| | 年运行维护费用 | 1.6 | 2.0 | |
| | 年运营费小计 | 140.4 | 27.2 | |
| 年综合费用合计 | | 190.4 | 125.9 | |
| 折合比例 | | 1.0 | 0.7 | |

由此分析数据可得出:

(1)纵向诱导通风系统有效简化了通风系统构成,

节省土建投资, 为上盖开发创造有利条件;

(2)纵向诱导通风系统初投资增加约 40% 左右;

(3)纵向诱导通风系统可通过分股道开启提高运营的灵活性, 降低了运行能耗。以此两大库为例, 年均节省电费 113.6 万元, 4.96 年即收回初投资增加费用, 17.38 年即收回全部初投资成本(1973 万)。

6 结论

针对与上盖物业开发相结合的车辆段高大车库, 本文以杭州地铁 4 号线二期勾庄车辆段运用库、联合检修库为研究对象, 通过纵向诱导通风系统与传统机械通风系统对比分析, 得出如下结论:

(1)纵向诱导通风系统对土建要求较小, 系统运行噪声较小, 可通过控制实现分股道、分区域开启设备, 提高运营灵活性, 降低运行能耗。但设备数量较多, 配电及控制相对复杂。

(2)采用纵向诱导通风系统的通风方案能明显缩短呼吸区的平均空气龄, 显著提高库内工作区域风速, 降低体感温度;

(3)纵向诱导通风系统的初投资较高, 但节能效果显著且回收期较短。

【参考文献】

- [1] 齐万明. 关于地铁车辆空调通风设计问题的几点思考 [J]. 民营科技, 2016(11).
- [2] 王以娟. 地铁车站形式对空调通风工程造价的影响 [J]. 铁路工程造价管理, 2004(01).
- [3] 付成仁. 地铁车辆空调中新风量控制的探讨 [J]. 科技信息, 2010(28).
- [4] 王文安. 轨道交通工程空调通风设计与降低工程造价 [J]. 中国高新技术企业, 2007(08).