

武汉市某地下环路通风方案设计

张清琳

中冶南方工程技术有限公司 湖北武汉 430200

摘要: 随着城市地下空间的开发与利用,地下环路掀起了一股建设热潮。地下环路的通风方案设计作为地下隧道设计的重要设计内容之一,往往对隧道方案设计有着重大的影响。文章以武汉市某地下环路工程为依托,结合环路走向和洞口周边环境条件,作者提出了全射流纵向通风、半横向送风+重点排烟^[1]两种地下环路通风方案,并从地下环路隧道污染物排放、通风排烟效果、初投资、运行费、环保和景观等多方面进行了比选,推荐采用半横向送风+重点排烟的通风方案。该方案已获实用新型专利授权^[1]。该方案可为今后的地下环路通风系统的优化设计提供一定的参考。

关键词: 地下环路;通风方案;污染物排放

前言

近年来,为扩展道路容量,缓解交通压力,共享周边地块的停车位资源,地下环路(又称地下车库联络道)掀起了一股建设热潮^[2~3]。地下环路的通风方案设计作为地下隧道设计的重要设计内容之一,往往对地下环路隧道方案设计有着重大的影响。然而对于地下环路的通风系统,目前尚无详细的设计规范和统一的设计方法。地下环路通常为环形或更复杂的环状网络结构,常规的公路隧道全射流纵向通风设计法难以有效组织气流排除隧道内的有害气体或高温烟气,且往往会导致通风方向和行车方向相反,加剧火灾危险性^[4~5]。所以如何设计经济、合理的地下环路通风系统是目前地下环路工程所面临的一大重点问题。

本文结合武汉市某地下环路项目,提出了三种通风方案,通过对比分析探索更为合理的地下环路通风设计方案。

一、项目概况

1.1 地下环路隧道概况

(1) 武汉市某地下环路项目连接C01、C02、C03、C04等4个地块。地下环路主线设计起点(K0+000),设计止点(K1+006.167),设计止点与设计起点重合,整个地下环路主线闭合成环。地下环路道路主线全长1006.167m,地下环路主线设计内净宽7.5m,机动车道宽3.25m,单向2车道,机动车道两侧各设置0.5m设施带。

地下环路入口匝道全长136.343m。匝道采用单向两车道设计,设计内净宽7.5m,机动车道宽3.25m,机动车道两侧各设置0.5m设施带,因受环路用地限制,入口匝道在与主线汇合前,由单向两车道合并为单向1车道。

地下环路出口匝道全长216.55m。匝道采用单向两车道设计,设计内净宽7.5m,机动车道宽3.25m,机动车道两侧各设置0.5m设施带。C04地块车库入口匝道全长95m。匝道采用单向1车道设计,设计内净宽4.5m,机动车道宽3.5m,机动车道两侧各设置0.5m设施带。

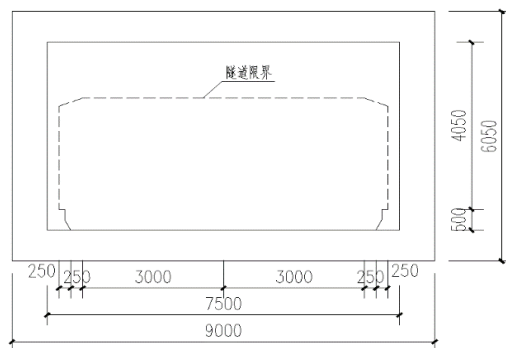


图1 隧道标准横断面图

- (2) 道路等级: 地下车库联络道;
- (3) 设计行车速度: 20km/h;
- (4) 隧道建设规模: 单向两车道;
- (5) 隧道建筑限界:

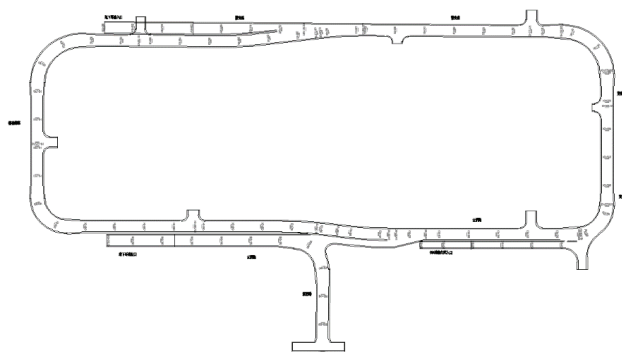


图2 隧道平面图

- I) 行车道宽: 7.5m; 路缘带宽: 左右侧各 0.5m;
II) 隧道建筑限界宽度为 7.0m, 限界高度为 3.2m;
(5) 2035 年远期高峰小时预测交通量 (折合成标准车) 暂按 1274 (pcu/h) 计算。

二、隧道通风设计标准

(1) 一氧化碳 (CO) 允许浓度

根据现行《城市地下道路工程设计规范》, 城市地下道路当采用全横向通风和半横向通风方式时, 其 CO 设计浓度取 $100\text{cm}^3/\text{m}^3$; 交通阻滞时, 阻滞段平均 CO 设计浓度可取 $150\text{cm}^3/\text{m}^3$, 经历时间不超过 20min, 阻滞段长不宜超过 1km。

(2) 烟雾允许浓度: 隧道内采用 LED 灯光源

正常交通时: 烟雾浓度 $k \leq 0.012 (\text{m}^{-1})$

局部阻滞时 (1km): 烟雾浓度 $k \leq 0.012 (\text{m}^{-1})$

(3) 隧道内进行养护维修时, 洞内 CO 设计浓度不应大于 $30\text{cm}^3/\text{m}^3$;

(4) 隧道内换气频率: 换气次数取 4 次/h;

(5) 车辆火灾释放功率按 5MW 计算;

(6) 自然风压产生的洞内风速 2.5m/s;

(7) 环境空气质量标准

隧道沿线区域执行国家环境二级标准。

其中 CO: 小时平均 $10\text{mg}/\text{m}^3$; 日平均 $4\text{mg}/\text{m}^3$ 。

(8) 本工程计算需风量

将本工程分别计算不同行车速度下, CO 及烟雾的需风量与稀释异味的换气需风量, 进行比较并选取最大值作为地下环路隧道通风的设计需风量。2035 年 (估算数值) 见下表 1。

表 1 不同车速下地下环路通风需风量表

2035 年		
设计车速. (km/h)	CO 需风量 (m^3/s)	烟雾需风量 (m^3/s)
20	21.37	13.17
10 (阻滞)	48.53	26.33
换气需风量 (m^3/s)	30.83	
计算设计需风量 (m^3/s)	通风风量: 48.53	

所以本工程地下环路隧道通风最小需风量为 $48.53\text{m}^3/\text{s}$ 。

三、地下环路隧道通风方案设计

3.1 方案一: 全射流纵向通风方案

3.1.1 方案设计

由于纵向通风要保证火灾工况隧道断面风速大于 $3\text{m}/\text{s}$, 采用全射流纵向通风时, 地下环路设计排烟需风量为 $83.25\text{m}^3/\text{s}$ 。

将环路分为左右两侧, 受地下环路高度限制, 共设 24 台带单向消声器的隧道轴流风机, 环路设 12 台, 各进出口和支路各设 2 台, 环路两侧各设 2 台备用轴流风机。叶轮直径 710mm, 出口流速 $38\text{m}/\text{s}$, 轴向推力 660N, 电机功率 20Kw。南侧支路端部设一个自然补风井。平面布置图如下:

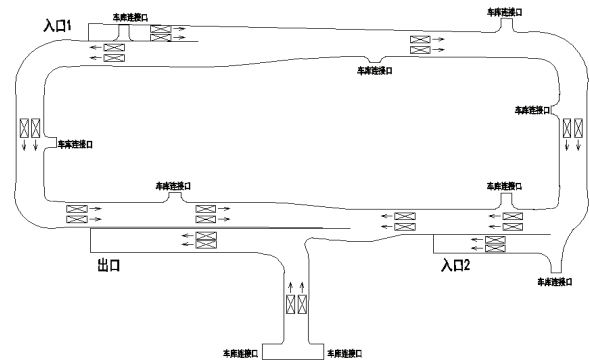


图3 方案一: 纵向通风方案平面布置图

3.1.2 控制方式

(1) 正常营运工况隧道通风

正常营运工况, 根据 CO 值及 VI 值联锁控制地下环路全射流纵向通风的轴流风机启停运行, 控制隧道内的有害物质浓度。平时工况地下环路和各车库之前的防火卷帘打开, 隧道可通过环路各出入口和车库补风和排风^[5-7]。

(2) 火灾工况隧道排烟方案

火灾工况下, 地下环路和各车库之前的防火卷帘关闭, 纵向通风的轴流风机均开启, 隧道通过环路各入口和南侧补风井补风, 通过隧道出口排烟。

3.2 方案二: 半横向送风+重点排烟方案

3.2.1 方案设计

方案二采用半横向送风+重点排烟方案, 沿环路在隧道顶部设置送风和排烟风道, 并在环路的两端设置两个送风机房及两个排烟机房^[1]。平时工况采用半横向送风方式, 送风设计需风量为 $48.53\text{m}^3/\text{s}$ 。排烟工况采用重点排烟方式, 本工程火灾设计规模按 5MW 计, 计算排烟量为 $17.35\text{m}^3/\text{s}$ 。

半横向送风系统设两个通风区段, 每个通风区段设一套送风系统负担区域长度约 500m 的地下环路隧道。每个送风机房内设 1 台送风机。送风风道面积约 2.04m^2 , 送风口间距 30m。排风依靠地下环路隧道正压由地下车库或环路的出入口排至室外。送风机单台风量 $26.72\text{m}^3/\text{s}$, 风压 1350Pa, 电机功率 55KW。

重点排烟系统在地下环路的两端共设 2 处排烟机房。两处排烟机房内各设 2 台排烟风机, 一用一备。火灾时两端机房各开启一台排烟风机。排烟风机单台风量

17.22m³/s, 风压1100Pa, 电机功率37KW。平面布置图及原理图如下:

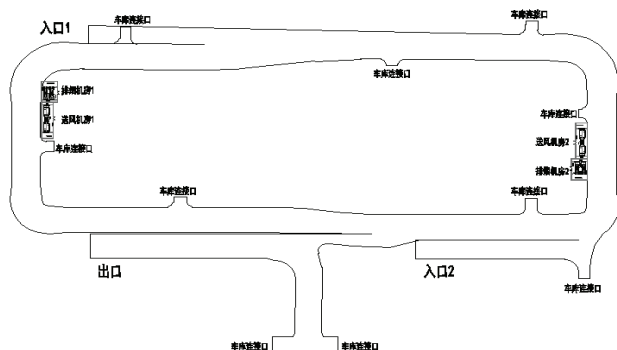


图4 方案二:半横向送风+重点排烟方案平面布置图

3.2.2 控制方式

(1) 正常营运工况隧道通风

正常营运工况,根据CO值及VI值联锁控制对应通风区段的送风机运行。平时工况地下环路和各车库之前的防火卷帘打开,隧道可通过环路各出入口和车库排风。

(2) 火灾工况隧道排烟方案

火灾工况下,地下环路和各车库之前的防火卷帘关闭,排烟系统开启火灾点附近的6个高密闭型风口,且两端各开启一台排烟风机,将烟气通过排烟道排出。补风通过3个直通室外的出入口进行自然补风。本工程全线按同一时间只发生一处火灾考虑。

3.3 方案综合比选

方案一及方案二的比选结果见下表2:

表2 方案综合比选表

序号	对比类型	方案一:全射流纵向通风方案	方案二:半横向送风+重点排烟方案
1	通风排烟效果	隧道内气流难组织,通风排烟效果较差	较好
2	防灾救援	隧道左侧行车方向与纵向通风方向相反,对防灾救援不利	较好
3	控制调解	复杂	简单
4	污染物排放方式	由洞口和与车库的连接口分散排放	平时由洞口和与车库的连接口分散排放;火灾由排烟风井集中排放
5	装机功率	480kW	258KW
6	设备初投资	100万元	95万元
7	年运行费用	65万元	38万元
8	其它	地下环路车速低,纵向通风风力较小,纵向通风不占优势	平时通风污染物由各出入口和与车库的连接口分散排放,各洞口污染物排放浓度较低

由上表可看出,常规的方案一隧道纵向通风方案并不适合地下环路隧道,不推荐采用;方案二半横向送风+重点排烟的地下环路通风方案的通风排烟效果、装机功率、设备初投资及运行费用均优于前两个方案,因此本项目推荐采用半横向送风+重点排烟的地下环路通风方案。

结论

本文结合武汉市某地下环路项目,对地下环路通风设计方案进行了研究,主要得出了以下几个结论:

(1) 对于地下环路项目,常规的公路隧道全射流纵向通风设计法难以有效组织气流排除隧道内的有害气体或高温烟气,往往会导致通风方向和行车方向相反,加剧火灾危险性,不适用于地下环路的通风设计。

(2) 正常工况下,地下环路采用半横向送风方案充分利用了各行车出入口和与地下车库的连接通道分散排污,各排出口的污染物浓度均较低,对周边环境的影响较小。

(3) 火灾工况下,地下环路采用重点排烟方案,烟气就近排入排烟风道,避免了烟气在隧道内的蔓延,排烟效果好。

(4) 相对于方案一,地下环路采用半横向送风+重点排烟的地下环路通风方案设备初投资及运行费用均较低。

(5) 地下环路的通风设计尚无详细的设计规范和统一的设计方法,如何优化通风设计方案还有待进一步的研究。

参考文献

- [1] 张清琳, 陈龙, 赵丹丹. 一种用于城市地下环路的通风系统[P]. 中国专利: ZL202122741258.5, 2021-11-10;
- [2] 章华金. 因地制宜的商务核心区地下车行环路[J]. 交通与运输, 2017(5): 16-18;
- [3] 付祖良, 济南市中央商务区地下环路设计[J]. 中国市政工程, 2018, 12(6): 29-32;
- [4] 车轮飞. 公路隧道通风系统设计工程实录[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015;
- [5] 陈玉远. 城市公路隧道多匝道通风系统计算方法探讨[J]. 现代隧道技术, 2011, 48(5): 97-100;