

大型地下水封洞库通风措施及重要性研究

王 堃

(中国安能集团第三工程局有限公司 成都分公司,四川 成都 611130)

摘 要:对于地下洞室群施工中的通风问题,必须解决好稀释炮烟、各种燃油机械排出的废气及除尘等,以创造出良好的地下施工环境。地下洞室群的结构特点及施工过程中的复杂性决定了地下洞室群通风问题的特殊性。阐述了针对地下洞室群施工过程的不同阶段设计的不同的通风散烟系统并予以实施,不但解决了高效通风问题,而且在一定程度上优化了地下洞室群的开挖程序。

关键词:地下水封洞库;通风措施;通风量计算;方案设计

中图分类号:TV7;TV51;TV52;TV541

文献标志码: B

文章编号:1001-2184(2024)增 2-0074-04

Study on the Importance and Measures of Ventilation in Large Underground Water-sealed Caverns

WANG Kun

(Chengdu Branch of China Anneng Group Third Engineering Bureau Co., Ltd., Chengdu Sichuan 611130)

Abstract: For the ventilation in the construction of underground caverns, it is necessary to solve the problems of dilution of blasting smoke, exhaust gas and dust removal from various fuel-fired machinery, so as to create a good working environment for underground construction. Nevertheless, the specific ventilation issue of the underground cavern group is influenced by the distinctive structural features and intricate construction procedures associated with it. This paper presents various ventilation and smoke dispersion systems designed for different stages of the underground caverns construction process, taking into account the calculation of the theoretically appropriate ventilation volume. These systems aim to not only achieve efficient ventilation but also enhance the excavation procedures of underground caverns to some extent.

Key words: Water-sealed underground caverns; Ventilation measures; Ventilation calculation; Conceptual design

1 概 述

地下洞库开挖时,因洞室断面较大、开挖强度高、出渣车辆密度大而导致在其施工过程中产生了大量的爆破烟尘和有害气体,此时施工通风的质量直接关系到爆破开挖后工作面烟雾散去的时间;同时,因地下洞室埋深较深,施工通风的质量亦直接决定着地下环境是否适合进行人工作业。因此,施工通风的质量不仅严重影响到施工进度,而且直接关系到施工人员的呼吸安全^[1]。如何在有效节约成本的前提下,利用自然通风并合理设置机械通风以确保足够的通风时间和通风量,进而满足相关设计要求,保障地下施工人员的健康和地下洞室施工的工期已成为大型地下水封洞库

必须解决的问题^[2]。

地下水封洞库通常由主洞室群、施工巷道、连接巷道、竖井和水幕系统等组成。一般情况下,地下水封洞库的埋深较深,为了保证其在施工期间的通风,需要设计出适当的通道,其主要包括施工巷道、操作竖井和通风竖井。笔者以某地下水封洞库建设为例,介绍了一种行之有效的通风措施,可为大型地下洞库通风方案设计时参考。

某地下水封洞库区所处位置属于低山丘陵地貌~滨海平原台地过渡段,其场地主要位于山地丘陵地貌段,向西即为滨海平原地台。所处场地的地势整体呈现西北高、东南低的特点,最高点位于西北侧的打锣岭山脊处,高程约为 80.54 m,场地最低点位于东南侧沟谷底,高程约为 23.08 m,

收稿日期:2024-02-02

场地高程从西北侧向东南侧逐渐变小,整体起伏不大,其地面高程一般为 40.00~65.00 m。场地东南部及东侧发育有两条大的冲沟,冲沟底高程约为 25.00~30.00 m,自北向南汇入山鸡江。库区处于东亚大陆季风气候南缘,属热带季风气候并处于背风面,因其濒临北部湾,故其又具有独特的小气候,年降雨量约为 900~2 200 mm,年均均为 1 815 mm,大部分地区达 1 500 mm 以上;该地区年平均风速为 1.0~4.0 m/s。南部山区年平均风速小于 2.0 m/s,中部丘陵地区年平均风速为 2.0~2.9 m/s。鉴于该地下洞库的实际情况,如何进行通风量的确定以及所采取的通风措施成为工程建设的关键问题。

2 地下洞库采用的通风技术

2.1 计算原则

根据相关规范规定与最终采取的通风措施,开挖时的通风量需要按照以下原则分别进行计算并取最大数值作为标准:(1) 根据洞内同时工作的最多人数进行计算,每人每分钟需供给 3.0 m³ 的新鲜空气。(2) 根据爆破规定的时间将工作面的有害气体排出或冲淡至允许浓度。(3) 若洞内使用柴油机械,可按 4 m³/(kW·min) 的风量进行计算,并需加上同时工作人员所需的通风量。(4) 计算通风量时,可以根据洞室通风系统的漏风系数选择 1.20~1.45 之间的值。(5) 计算所需通风量时需参照以下公式进行计算:

施工人员所需的通风量: $VP = Vp \times m \times K$
式中: VP 为施工人员的需风量, m³/min; Vp 为巷道内每人的需风量,取 3 m³/(min·人); m 为同时作业的最多人数; K 为风量备用系数,取 1.1~1.15。

机械工作所需的通风量^[3]: $VG = VO \times P$
式中: VG 为使用柴油机械的通风量, m³/min; VO 为单位功率指标,一般为 2.8~8.1 m³/(kW·min),通常取 4 m³/(kW·min); P 为同时作业的柴油机械总功率, kW。

爆破后排除废气所需的通风量:
 $QH = 100 \times E \times Be / (e' \times t)$
式中: QH 为爆破后排除废气所需的通风量; E 为同时爆破的炸药量, kg, $E = \text{截面积} \times \text{循环进尺深}$

度 $\times$ 单位围岩用炸药量; Be 为 1 kg 炸药爆破后产生的一氧化碳,使用硝铵炸药时其为 0.04 m³; e' 为允许有害气体的浓度,一般为 0.02; t 为规定的通风时间, min,取散烟时间为 30 min。最小风速的通风量^[4]: $Qu \geq V_f \times F$ (m³/s)
式中: V_f 为最小风速, m/s,一般为 0.15 m/s; 考虑到爆破后产生的烟尘气体中一氧化碳等有害气体可能存在超标,取 0.3 m/s; F 为最大截面积, m²。

2.2 确定所需要的通风量

考虑到炮后散烟与柴油设备、施工作业人员的施工不会同时进行,因此,可以在出渣过程及喷混凝土时连续进行通风排烟,其它时段则采用间隔通风的方式。通过采用爆破排烟与冲淡柴油废气加施工人员需用风量以及最小风速要求下的通风量进行比较并分析后,笔者认为各个施工部位至少需要的排风量为:

- 施工巷道开挖: $Q_{施} = 5\,241.4 \text{ m}^3/\text{min}$;
- 水幕巷道开挖: $Q_{水} = 3\,505.55 \text{ m}^3/\text{min}$;
- 地下洞室 1 层开挖: $Q_1 = 5\,217.4 \text{ m}^3/\text{min}$;
- 地下洞室 2 层开挖: $Q_2 = 5\,231.2 \text{ m}^3/\text{min}$;
- 地下洞室 3 层开挖: $Q_3 = 5\,231.2 \text{ m}^3/\text{min}$;
- 地下洞室 4 层开挖: $Q_4 = 5\,231.2 \text{ m}^3/\text{min}$ 。

2.3 通风方案的措施

根据实际施工进度安排和地下洞室各阶段施工规划、人员、设备配置情况,整个地下洞库施工过程分为三个主要阶段并针对各阶段采取了不同的通风措施。

第一阶段主要进行施工巷道的施工。通风采用轴流风机压入式送风,风机布置在施工巷道口,排风采用巷道内的射流风机。该阶段为施工巷道开挖至进入水幕巷道前的阶段,施工巷道施工期间需要配置通风量大于 2 557 m³/min 的风机,供风距离为 2 100 m 的通风设备可以满足其施工期间的通风要求。考虑到后期施工支巷道的施工需求,主施工巷道配置了 1 台轴流通风机,功率为 132×2 kW。轴流风机的架构见图 1。将通风机布置在施工巷道进口处向工作面压风,风管为直径 1 800 mm 的涤轮基布风筒,且将风筒悬吊于洞顶下方。

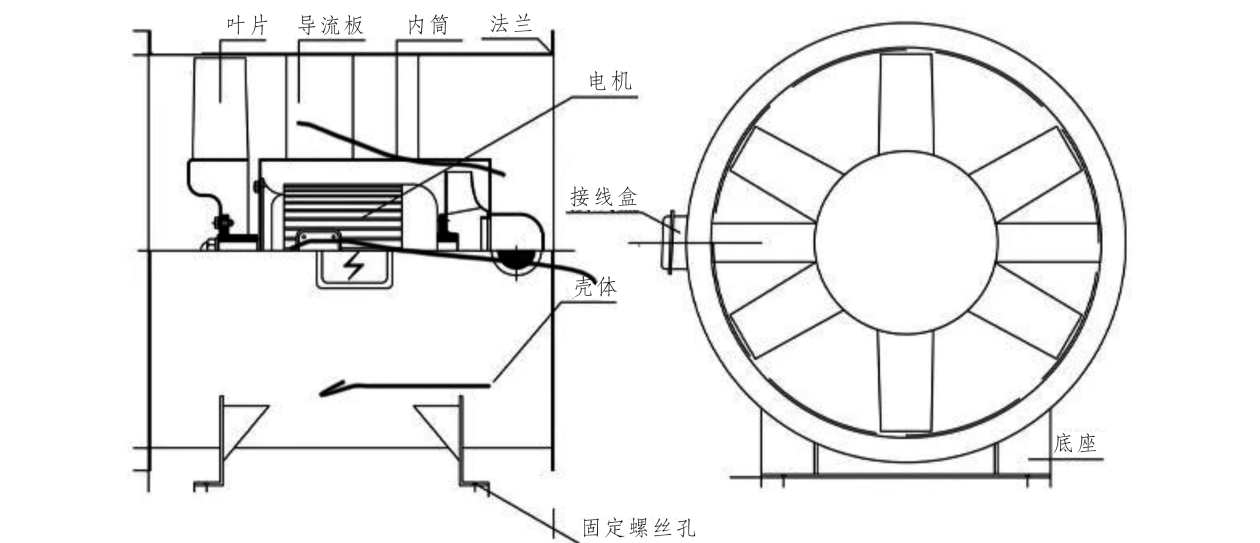


图 1 轴流风机架构图

第二阶段主要进行水幕系统的施工。根据施工进度安排,当挖掘工作进行并达到与水幕巷道连接的地方时,在水幕巷道开启两个作业面。该施工阶段通风分为两个小阶段,即 A 阶段和 B 阶段。A 阶段系指施工巷道的挖掘工作直至进入储油洞室前以及水幕巷道的挖掘阶段。在 A 阶段,从主施工巷道进入水幕巷道开辟了了两个作业面,配置了 1 台 $200\times 2\text{ kW}$ 轴流风机,铺挂 1 趟 2.0 m 直径软风管至施工巷道与水幕巷道交叉口后,连接 2 趟直径 1.5 m 的软风管分别向水幕巷道供风;B 阶段为施工巷道开挖至进入储油洞室前,在水幕巷道开挖的同时施工巷道继续向前开挖,从主施工巷道开辟 1 个支施工巷道开挖面,增加配置 1 台 $200\times 2\text{ kW}$ 轴流风机,增加铺挂 1 趟直径 2.0 m 的软风管。

①施工巷道。在该阶段,项目部仍然选择使用一台功率为 $13\times 2\text{ kW}$ 的轴流风机进行施工巷道的通风。通风机安置在施工巷道进口处,用于向工作面提供正压风力。风管采用直径 $1\,800\text{ mm}$ 的涤轮基布风筒,且将供风距离延伸至终点,这一点是在第一阶段基础上进行的改进。

②水幕巷道通风。根据通风量计算结果和水幕巷道采用的施工方式,针对该阶段需要选择有针对性的通风设备,其通风量应大于 $1\,876\text{ m}^3/\text{min}$,并且能够将风供应到 $2\,200\text{ m}$ 远的位置。施工高峰期时有 2 个工作面,将使用单台风机提供 2 个工作面的用风。根据设备选型并兼顾一期施

工风机设备,最终选用了 1 台风量为 $3\,700\text{ m}^3/\text{min}$ 的 SDDY-Ⅱ-15 轴流风机,入洞段采用直径为 $2\,000\text{ mm}$ 的涤轮基布风筒,将通风机布置在水幕巷道工作面实施压风;转至水幕巷道支线时,采用风管直径为 $1\,500\text{ mm}$ 的涤轮基布风筒,并将风筒悬吊于洞顶下方。

③施工支巷道。由于要进行支巷道的施工,故需增加一个工作面。项目部在原有施工巷道上设置了岔口,分别用于施工巷道和支巷道的施工,其风筒被悬挂在洞顶下方。

第三阶段主要进行的是主洞室施工。按照施工计划安排,在进行主洞室一层开挖时,通风竖井已经建设完成。此时,可以通过通风竖井向三个主洞室供风。同时,水幕系统已完成全面水压试验。正在运行的通风系统为施工巷道和主洞室的开挖提供通风,共设有四个作业面,其中主洞室的开挖通风由通风竖井供风。

①该阶段仍采用第一阶段布置在施工巷道进口的 1 台 SDDY-Ⅱ-13 轴流通风机向工作面压风,风机功率为 $132\times 2\text{ kW}$,风管为直径 $1\,800\text{ mm}$ 的涤轮基布风筒。

②由于主洞室顶层开挖前通风竖井已完工,项目部通过在通风竖井顶部附近架设的 3 台 SDDY-Ⅱ-15 轴流风机进行通风作业,风机功率为 $200\times 2\text{ kW}$,分 3 条直径为 $2\,000\text{ mm}$ 的涤轮基布风筒由通风竖井、施工巷道、施工支巷道、一层连接巷道将风引至第一层开挖面,并将风筒悬吊于洞

顶下方。

3 通风管的布置

为了在洞顶下方悬挂通风管,在洞顶上方安装了一根长 1.5 m 的锚杆用于固定钢绞线。对于一般区域,使用硬管和软管进行通风^[5]。当系统风压达到 3 000 Pa 时,在靠近压入式风机约 20 m 处以及通风巷道内靠近负压风机的通风管道中,采用硬管以消除气锤效应并减少风阻。对于通风管道弯曲部分则采用高强度、低风漏率的钢骨架风管(34 涤轮基布,抗拉强度为 3 000 N / 5 cm)进行连接。风管的连接方式为拉链式,每节长 20~30 m,其具有阻燃、抗静电、抗老化和防霉变功能。

项目部技术人员对通风机管路的布置从以下几个方面进行了考虑:

(1)降低风压损失。根据相关规定及工程技术人员积累的施工经验得知:管道通风时,其压力损失与风管直径成反比(具体而言,其与风管直径的五次方成反比)。因此,若要实现长距离大流量通风,最有效的措施就是采用直径较大的风管,其既可以减少通风机的数量,延长送风距离,还可以大幅度降低通风能耗。

(2)降低管道摩阻损失。管道摩阻损失产生的主要因素为管道的光滑程度、管道接头、管道的曲折程度。为了降低管道的摩阻损失并考虑成本问题,该工程选用了一种名为涤轮基布的简易风管。该风管具有风阻小、安装与拆卸方便、耐用、易于维修、防水阻燃、耐腐蚀、抗静电且成本低廉等多个优点。在其加工过程中,采用 20~30 m 一节的长度以减少接头并降低风阻,进而方便其安装与拆卸。隧洞内的通风管被设置在洞顶上,要求整条管路平整、平坦、呈直线且没有扭曲或褶皱,以最大程度地减少风阻。

(3)降低管道漏风损失。造成风管漏风损失的主要原因为:管道接头漏风、管道缝纫针眼漏风和管道破损漏风。为了减少管道接头漏风损失,除了增大管道节长以减少接头之外,还可以采用

拉链式接头用于增强其密封性。加工风管时,可以采用对折缝纫法,并在缝纫处涂刷胶粘剂以减少缝纫针眼的漏风。对于施工过程中出现的管道损坏问题,项目部技术人员主要依靠加强现场管理,及时发现并修补的措施避免漏风损失的发生。通风系统使用的主要材料特性见表 1。

表 1 通风系统主要材料特性表

序号	施工项目	单位	工程量	备注
1	风机基座钢结构	t	40	钢结构
2	风机基座混凝土	m ³	30	
3	风管固定锚杆	t	30	Φ25, k L=1.5 m
4	钢绞线	m	18 000	
5	通风管道	m	9 500	

4 结 语

在大型地下洞库群施工过程中,施工通风对施工巷道的开挖进度、文明施工和员工健康有直接的影响。首先应根据洞库内施工人员、机械有害气体置换和爆破后的排废气等实际条件,以通风需求最大值为原则明确各个阶段所需要的有效通风量;其次,必须针对不同施工阶段的施工特点,有针对性地制定出有效的通风措施,创建良好的通风施工环境,进而为大型地下洞库群的平稳安全建设奠定良好的基础。该大型地下洞库秉承以上原则并付诸实施,取得了非常好的效果。

参考文献:

[1] 李晓真,郑军伟.大型地下洞库全自动通风排烟系统研究与应用[J].施工技术,2018,47(增刊 1):670-673.

[2] 刘更宏,赵晓.地下水封石油洞库施工期通风方案初探[J].科技视界,2015,5(27):142,210.

[3] 全国水利水电施工技术信息网,组编.水利水电工程施工手册[M].北京:中国电力出版社,2005.

[4] 吴焕通,崔永军.隧道施工及组织管理指南[M].北京:人民交通出版社,2005.

[5] 郭志武.隧道施工通风压入式风管管口射流射程计算方法探讨[J].隧道建设,2003,23(5):42-45.

作者简介:

王 堃(1990~),男,甘肃陇南人,项目工程管理部部长,工程师,从事工程建设施工技术与管理工

(编辑:李燕辉)