

【水利水电工程】

锦屏水电站引水隧洞群长距离通风问题研究

张东明¹, 王媛², 钱继源¹, 李元¹

(¹. 二滩水电开发有限责任公司, 四川成都 610051; ². 成都大学 城乡建设学院, 四川成都 610106)

摘要:长距离通风一直是困扰长隧洞施工的一个难题。对锦屏二级水电站4#引水隧洞通风系统在运行过程中遇到的问题进行了分析, 优化调整了掘进初期的通风方案。优化后的方案基本解决了掌子面污浊空气无法排出、新鲜风与污风相互干扰的问题, 提高了风压及进风量, 为引水隧洞的施工创造了有利条件。

关键词:引水隧洞; 通风; 优化; 锦屏水电站

中图分类号: TV672 文献标识码: A doi: 10.3969/j.issn.1000-1379.2012.06.044

Case Study on Construction Ventilation Method for Diversion Tunnels of Jinping Hydropower Station

ZHANG Dong-ming¹, WANG Yuan², QIAN Ji-yuan¹, LI Yuan¹

(¹. Ertan Hydropower Development Co. Ltd. Chengdu 610051, China;

². College of County Urban and Rural Construction, Chengdu University, Chengdu 610106, China)

Abstract: The long distance ventilation is one of the main problems in long tunnel construction. The author analyzed the ventilation problem in the 4th tunnel of Jinping Hydropower Station and optimized the original solution. After optimization, fresh air circulation in tunnel face was improved and so did the wind pressure and air intake volume. The cross term interferences between stale and fresh air was decreased. This application created favourable conditions for the construction.

Key words: diversion tunnel; ventilation; optimization; Jinping Hydropower Station

1 工程概况

锦屏二级水电站隧洞群建设规模庞大, 引水系统采用“4洞8机”布置形式, 从进水口至上游调压室的平均洞线长度约为16.67 km, 洞间中心距为60 m, 包括A、B辅助洞在内共有7条深埋特长隧洞, 其中A、B辅助洞在4条引水隧洞前贯通。引水隧洞立面为缓坡布置, 底坡坡比为0.365%, 其中2#、4#引水隧洞采取钻爆法施工, 1#、3#引水隧洞采取TBM施工。根据设计图纸, 钻爆法施工独头掘进通风距离达到12.5 km, TBM独头掘进通风距离达到14.5 km, 国内无类似规模的隧洞群通风技术和成熟经验可供参考。

2 常规通风方案存在的问题

2.1 已采用的通风方案存在的问题

现有通风方案为压入式通风, 风机采用2×135 kW轴流风机, 取风点设置在增1#横通道位置, 抽取3#洞TBM雾化除尘后的风, 通过直径2.2 m的风管直接送至4#引水隧洞掌子面。并且在4#洞内靠近掌子面1 km范围内布置2台37 kW射流风

机, 提高污风排除效率。具体布置见图1。

目前4#洞送风距离已达2.6 km。原设计方案计划在掘进2 km后采用皮带机和破碎站出渣, 但受具体条件限制, 此出渣方式尚未启用, 目前4#洞内出渣车辆增加较多, 内燃机排放废气大大超过了原设计方案的支持能力, 因此尽管目前工程仍处于施工初期, 已掘进隧洞长度较小, 但已出现通风困难、施工人员因严重缺氧而晕倒等问题。在这种难度超大且不克服就无法保证施工人员安全的多洞交叉复杂条件下, 特长隧洞群系统的通风方式亟待改进。

2.2 长距离运渣对通风系统的影响

通过将通风系统的送风距离、输风管、污染源、交叉污染、排污风系统、设备指标等主要合同条件与洞内现状进行对比, 分析长距离运渣对通风系统的影响, 见表1(影响小或没有影响的因素未列入)。

收稿日期: 2011-12-06

作者简介: 张东明(1980—), 男, 内蒙古巴彦淖尔人, 高级工程师, 硕士, 主要从事水工建筑物施工技术方面的研究工作。

E-mail: zhangdongming@ehdc.com.cn

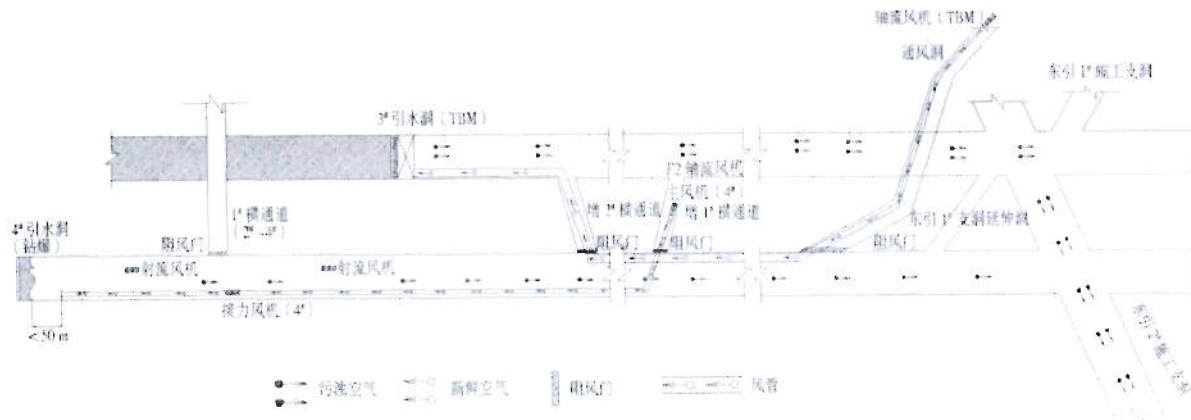


图1 现有通风方案

表1 长距离运渣对通风系统的影响

项目	合同条件	洞内现状
送风距离	采用巷道式通风,最大送风距离均在2 km以内	目前送风距离已达2.6 km,超出合同基础条件30%
输风管	1 800 Pa 正压风管	2 200 Pa 负压风管
污染源	合同规定的机械设备数量在不超过2 km 洞段内运转	超量机械设备在全洞段往复作业,对通风系统要求非常高
交叉污染	经横通道取3#洞雾化除尘后的余风,不存在交叉污染	增开的2#~4#横通道直接造成了两洞之间的交叉污染
排污风系统	利用东引1#、2#施工支洞,形成环向通风循环系统排污	在运行成本高、噪声污染、交叉干扰等原因下,环向系统经常停运
设备指标	根据合同边界条件,风机风管等性能参数指标能满足2 km 长度送风需求	风量、风压、风损等指标已经不能满足现状需要

3 方案优化

3.1 方案选用

任何掌子面通风问题的解决方法,归根到底都是把足够风量和风压的新鲜空气输送至施工掌子面,并且提高污风排除效率。结合工程实际,目前主要依靠机械通风,通风方式按风道类型一般分为巷道式和管道式两种,其中后者按送风方式不同又可分为压入式、吸出式和混合式三种^[2]。管道式通风方案的优缺点见表2。

表2 管道式通风方案的优缺点

通风方式	布置形式	优点	缺点
压入式		能很快排除工作面的污浊空气,拆装简单	污浊空气流经全洞
吸出式		工作面净化较快,洞内空气较好	风机移动频繁,噪声大,管道漏风可造成循环污染
混合式		洞内空气好,净化快	噪声大,交通影响大,受空间限制

超长距离通风解决方案及优缺点分析见表3。经分析比较,混合式通风更适合目前长距离无轨运输施工通风,它能很快将足够的新鲜空气送至工作面,实现快速掘进。考虑到柴

油机废气污染,风机选型要求大风量、高风压,风管要求选用大直径柔性风管,风机要安设在洞外开阔处向洞内送风,以避免循环污染^[2]。

表3 超长距离通风方案比选

解决方案	主要内容	优、缺点分析
更换设备	更换进口大功率风机,全程换装大直径负压风管或硬通风管	优点:从根本上解决问题;缺点:成本高、周期长、影响面大
增铺管路	在现有通风系统基础上,增铺一条通风管路,组成双路通风	优点:施工干扰小,效果明显;缺点:成本高,新鲜风源受限
复合式通风	增铺一条抽排污风管路,靠近掌子面位置设阻风门	优点:效果好,不受环境限制;缺点:成本高,施工干扰大
加辅助系统	洞内增设射流风机形成辅助通风系统,使风流加速	优点:机动灵活,交叉干扰小;缺点:能耗高,治标不治本
加装接力风机	在现有管路上加装接力风机,进行风量、风压的损失补偿	优点:操作简便,干扰小、能耗低;缺点:需部分改装管路,沿程效果与前几项方案相比较差

根据现场实际情况,确定采用混合式通风方案,即污风排出方式取消现有的射流风机,改为抽出式。选择比送风风机风量和风压小的风机抽出掌子面的污风,抽风机设置在距离送风管端头100 m 以外的位置(向下游方向),并且抽风管端头距离接力风机所在位置200 m 以外(向下游方向)。当通风距离增加至4 km 时,再增设1 台接力风机,即3 台风机串联,另外增设1 台抽风机,即2 台抽风机串联。优化通风方案见图2。

3.2 送风系统的设计计算

根据有关施工通风手册及专家审查意见,应计算超长距离压入式通风的有关参数,然后根据这些参数来选择风机类型。

计算允许最小风速、施工需要的风量、稀释爆破生成的有害气体及内燃机排放废气中有害气体的浓度,取上述风量中的最大值作为设计风量。经计算,本项目中稀释内燃机排放废气中有害气体浓度所需风量最大,为2 828.8 m³/min,因此其作为设计风量。

据风管厂提供的技术指标,采用直径1.8 m 的PVC 增强型纤维布风管材料,百米漏风率正常时可控制在1.6% 以内。

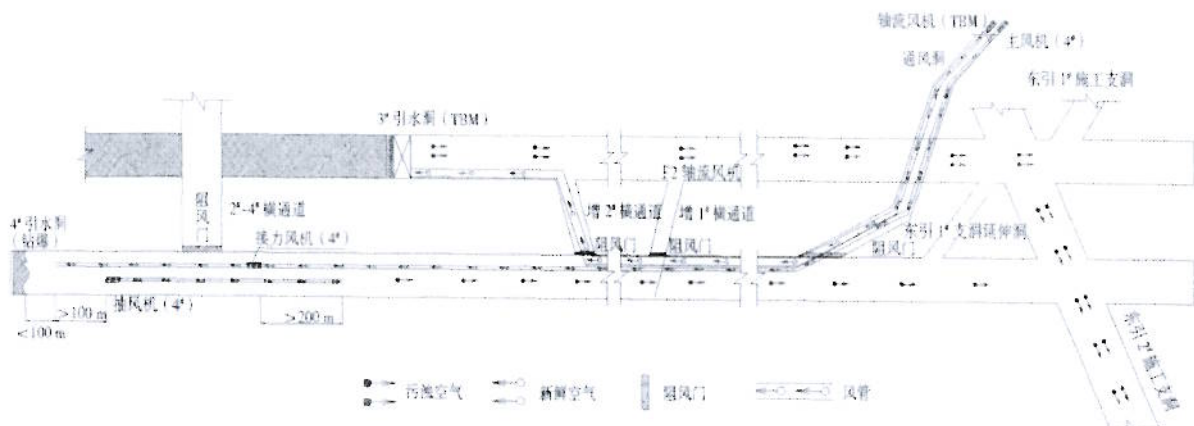


图2 优化方案

该方案串入管路的接力风机补偿送风距离考虑 1 500 m, 据此计算漏风系数 p_L , 则主风机的供风量应不小于 4 112 m³/min。

从理论上讲, 通风系统克服通风阻力后在风管末端风流具有一定的动压, 克服阻力则取决于系统静压, 动压与静压之和即为系统需供风压, 即 $h_{系统} = h_{动} + h_{静}$ 。计算得到串联接力风机需要提供不低于 1 744 Pa 的风压补偿。通风管径越大, 则系统阻力越小, 根据掘进时的断面尺寸及施工机械、掘进钻爆台车的尺寸, 设计时风管直径按 1.8 m 计算。

3.3 抽风系统计算

抽风机抽风量不能大于送风量, 并且需要满足洞内作业空气需求量, 因此综合计算抽风量为 $Q_{抽} = 2 014 \text{ m}^3/\text{min}$ 。计算得到抽风机需要提供不低于 878 Pa 的风压补偿。同样考虑掘进时断面尺寸、施工机械和掘进钻爆台车的尺寸, 设计时风管直径按 1.8 m 计算。

4 通风系统设备参数选用

通风系统选用的风机参数见表 4。

表 4 风机参数

名称	型号	风量 Q (m ³ ·min ⁻¹)	全压 P Pa	功率 P kW	风管直径 d m	安装位置
主风机	SDF-NO. 12.5	4 800	3 000	2 × 135	2.5	增 1#横通道
接力风机	SDF _(C) No12.5	2 912	5 355	2 × 110	1.8	2#-4#横通道
抽风机	SDF-NO. 11.5	2 285	1 200	2 × 75	1.8	距离掌子面 300 m

4.1 送风系统设计

在现有风机基础上, 新增一台串联在通风管路之中的接力风机。接力风机选择风量较大、多级变速的节能风机, 既可适应不同施工阶段的需求, 也可避免电能虚耗和大风机启动时风压较高而硬管设置距离较长的问题, 实现大风机、大风管的合理匹配。

(1) 接力风机选型。设备选型关系到整个方案的成败, 是通风系统运行良好的基本保证。在立足现有国产设备的基础上, 接力风机选用 SDF_(C) No12.5 型轴流式风机, 其功率为 2 × 110 kW, 双级高速风量达 2 912 m³/min, 全压 5 355 Pa。它具有空气流动性能好、效率高、节省能量、噪音低、结构紧凑、安装方便等特点。

(2) 主风机选型。主风机选用 SDF-NO. 12.5 型对旋式轴流通风机, 设计风量为 4 800 m³/min, 全压为 3 000 Pa, 电动机功率为 2 × 135 kW, 双级调速。采用串联接力方案, 该风机能

够满足需求。

(3) 主通风管路。为主风机至接力风机之间的管路, 主要采用直径 2.5 m 的高强抗拉低漏风率的正压风管。当系统风压 $\geq 3 000 \text{ Pa}$ 时, 在靠近风机 30 m 距离内采用 2 mm 厚度的铁皮自行卷压制作硬通风管, 以消除气锤作用。

在靠近接力风机端, 为避免接力风机吸力负压损伤软管, 在机口 50 ~ 100 m 距离根据风压大小设 2 mm 厚镀锌铁皮制作的硬风管, 管路套接箍带加强, 采用玻璃胶密封。

(4) 接力通风管路。接力风机至施工掌子面通风管路采用直径 1.8 m 的 PVC 增强塑纤布正压风管。为减少管路漏风, 每节软风管的长度计划订制为 50 m 加长型。

4.2 抽风系统设计

取消现有的射流风机, 改用抽风机。接力风机选择多级变速的节能风机, 既可适应不同施工阶段的需求, 也可避免电能虚耗和大风机启动时风压较高而硬管设置距离较长的问题。

(1) 抽风机选型。选用 SDF-NO. 11.5 型对旋式轴流通风机, 设计风量为 2 285 m³/min, 全压为 1 200 Pa, 电动机功率为 2 × 75 kW, 双级调速。

(2) 抽风管路。主要采用直径 1.8 m 的高强抗拉低漏风率正压风管。

5 结语

锦屏水电站 4 条引水隧洞、2 条交通洞、1 条排水洞合计 7 条隧洞同时施工, 导致在各个不同工程建设阶段对施工通风的要求有所不同, 通风质量的好坏已经成为制约锦屏电站隧洞群建设的一个瓶颈。对 4#引水隧洞通风方案的优化, 基本解决了掌子面污浊空气无法排出、新鲜风与污风相互干扰的问题, 提高了风压及进风量, 为引水隧洞的施工创造了有利条件, 并为后续进一步研究隧洞群通风奠定了基础。

参考文献:

[1] 尹德文, 汪雪英. 南水北调西线工程深埋长隧洞施工通风研究 [J]. 人民黄河, 2007, 29(10): 71-72.
[2] 谢道党, David J Reddish. 世界深埋长隧洞建设中的问题及应对措施 [J]. 人民黄河, 2004, 26(10): 37-39.

【责任编辑 张华岩】