

# 深埋引水隧洞施工排水及通风设计的探讨

王胜波 张杰

中国葛洲坝集团市政工程集团有限公司, 湖北 宜昌 443000

[摘要] 相较于普通岩土隧洞工程而言, 深埋引水隧洞其工程距离长, 断面小、坡度陡、可操作空间狭小等困难, 很大程度上增加了施工难度。基于此, 文章围绕深埋引水隧洞中影响施工安全、进度重点的施工环节: 施工通风、排水; 并以实际工程案例为例展开探讨, 简要介绍了工程概况以及深埋引水隧洞主要施工方案, 详细分析了施工通风排水技术。

[关键词] 深埋引水隧洞; 排水; 通风

DOI: 10.33142/ec.v4i4.3602

中图分类号: TV672.1;TV735

文献标识码: A

## Discussion on Drainage and Ventilation Design of Deep Diversion Tunnel Construction

WANG Shengbo, ZHANG Jie

China Gezhouba Group Municipal Engineering Co., Ltd., Yichang, Hubei, 443000, China

**Abstract:** Compared with the ordinary geotechnical tunnel engineering, the deep buried diversion tunnel has many difficulties, such as long distance, small section, steep slope and narrow operation space, which greatly increases the construction difficulty. Based on this, this paper focuses on the key construction links that affect the construction safety, progress of the deep buried diversion tunnel, construction ventilation and drainage. It takes the actual project case as an example to discuss, briefly introduces the project overview and the main construction scheme of the deep buried diversion tunnel and analyzes the construction ventilation and drainage technology in detail.

**Keywords:** deep diversion tunnel; drainage; ventilation

### 引言

本文以某深埋引水隧洞工程为例展开探讨, 该工程的主要目的是为解决周边城市的缺水问题, 通过深埋引水隧洞的建设, 完成水资源的输送, 保障周边城市用水需求。根据实际工程项目要求本工程计划工期为 970 日。

### 1 工程概况

本文以山西省中部引黄工程为例, 本工程输水线路总长 384.5km, 总干线长 200.22km, 东干线全长 28.76km, 西干线全长 85.70km, 蒲大支线长 3.6km, 汾孝介支线长 14.97km, 交汾灵支线长 51.25km。本标段工程位于西干线(西 35+565.3~西 58+378.4), 主要内容包括西干隧洞(西 35+565.3~西 58+378.4)约 22.81km、西干 13#~18#施工支洞、石楼分水口、相应临时工程等。全线地下式分水闸共有 5 处, 本标的石楼分水(含退水)闸、为其中之一。每座地下闸室均布置了对外交通洞, 连接地面与闸门启闭机室的交通, 交通洞宽 5m、高 6m。中部引黄工程施工支洞为城门洞型, 宽 4.55m, 高 4m, 引水主洞为城门洞型, 宽 3.1m, 高 3.7m, 弃渣场位于就近沟道约 1 公里内。

### 2 施工通风、排水

由于本案例工程的断面较小, 而且在实际施工过程中还要进行其他设施的布置, 使得洞内剩余空间有限, 不仅会对风机等设备的大小产生一定的制约, 而还会影响实际通风量, 同时影响排水系统的布置。此外, 深埋引水隧洞的通风线路较长, 因此在实际进行挖掘施工的过程中, 想要在保障挖掘速度的同时还需要确保掌子面及洞内通风良好, 就会对通风的时间有一定的要求, 同时对于掌子面排水有着较高的要求(积水及时排完, 便于人工钻爆), 因此增加了施工的难度。最后, 由于工程项目需求, 在实际施工过程中主洞上下游及支洞的挖掘距离都相对较长, 而且受到水文地质环境影响隧洞内部容易积水, 不仅存在一定安全隐患, 而且增加了隧洞掘进的施工难度。

#### 2.1 施工通风

##### 2.1.1 通风计算

结合本工程案例需要, 为保障通风布置科学合理, 需要先进行通风计算。本标段主洞开挖工程利用本标段 13#~18#支洞作为施工通道分别向主洞上下游面掘进, 施工通风通过六个支洞洞口作为通风出口, 洞内通风线路长约 2152~3223m

左右。

结合实际情况本标段通风方案初步确定使用压入和吸出式混合通风方式。在各施工支洞洞口处布置轴流式风机压入式通风，通过风筒分别向上下游施工作业面送风。为保障满足通风需求，在洞内每隔一段距离都会设置一台大功率射流风机。通风计算主要包括以下两方面内容。

其一，通风距离最大工作面所需风量的计算。在本标段中，15#支洞上游工作面最终通风距离最大，按照 3233m 进行计算。其中风量的计算包括三个方面，即施工人员所需风量、按洞内允许最低风速所需风量以及排除爆破炮烟所需风量。

施工人员所需风量公式为： $V_p = v_p M k$ ，其中 $V_p$ 为施工人员计算风量，单位为 $m^3/min$ ； $v_p$ 为洞内每人所需新鲜空气量，一般按 $3.0m^3/min$ 计； $M$ 为洞内同时工作的最多人数； $k$ 为风量备用系数，取用 $1.10\sim 1.15$ 。洞内同时工作最多人数按照 40 进行计算，得出 $V_p = v_p M k = 3 \times 40 \times 1.15 = 138m^3/min$ 。

洞内允许最低风速所需风量公式为： $V_d \geq 60v_{min} S_{max}$ ，其中 $V_d$ 为保证洞内最小风速计算风量，单位为 $m^3/min$ ； $v_{min}$ 为洞内允许最小风速，小断面隧洞掘进最小风速按照 $0.25m/s$ 计算； $S_{max}$ 为隧洞最大面积，开挖的最大净面积按 $12.54m^2$ 进行计算，得出 $V_d = 60v_{min} S_{max} = 60 \times 0.25 \times 12.54 = 188m^3/min$ 。

压入式通风单断面通道排除爆破炮烟所需风量计算公式为： $V_y = \frac{21.4}{t} \sqrt{QSL}$ ， $V_y$ 为压入式排除爆破炮烟计算风量，单位为 $m^3/min$ ； $t$ 为通风时间，单位为 $min$ ，依断面大小按 $15\sim 30min$ 进行计算； $Q$ 为起爆药量，单位为 $kg$ ； $s$ 为断面面积，单位为 $m^2$ ； $L$ 为隧洞长度，单位为 $m$ 。在使用该公式进行计算的过程中，需要针对不同情况进行分类讨论，需要先比较隧洞长度 $L$ 与从开挖面至稀释炮烟到安全浓度的距离 $L'$ 的大小，并将数值相对较小的带到公式当中，其中 $L'$ 按照 $L' = 400 \frac{Q}{S}$ 进行计算。结合本工程实际数据，按照炸药单耗 $1.09kg/m^3$ 、循环进尺 $3.0m$ 计，同时起爆最大设计药量约 $40kg$ 进行计算，经计算 $L' < L$ ， $V_y = 571m^3/min$ 。

经过上述计算之后，可知最远的工作面至少要配备通风能力 $755m^3/min$ 的风机压入式通风，才能够满足施工通风需要。

除此之外，为保障洞内浑浊空气能够及时排除，还需要具备相应的风压，按照本工程区段实际情况进行计算得到结果如表 1 所示。

表 1 最终通风距离最大工作面压入式风机风压计算结果

通风长度/m	风筒类型	动压/Pa	沿程压力损失/Pa	局部压力损失/Pa	风机需供最小风压/Pa
3233	直径 1.0m	50	2930	580	3560

### 2.1.2 通风布置

结合上述计算结果以及施工现场实际情况，在本标段内，每一个支洞洞口处安置一台（三级电机）轴流式风机压入式通风设备，使用 $\phi 1000mm$ 的柔性风筒。此外在主洞之内每间隔 $500m$ 到 $600m$ 左右距离，设置一台大功率射流风机。除此之外，为进一步确保污浊空气的有效排除，还可以配合使用其他设施以确保洞内环境，一方面可以通过加强施工机械净化，例如使用电动扒渣机进行作业的方式减少污染，另一方面可以在距掌子面 $30m$ 位置设置水幕降尘器，此外还需要借助先进的监测设备加强对于洞内空气环境的监测，进行辅助治理<sup>[1]</sup>。

### 2.2 施工排水

结合本案例工程实际情况以及深埋引水隧洞其本身的特点可知，在施工过程中洞内积水情况相对较为棘手，严重威胁到了施工安全、施工进度及施工质量，因此做好洞内排水工作尤为关键，同样良好的给水系统也是引水隧洞施工当中必不可少的部分。

在进行排水设计的过程中，为满足施工排水要求，保障施工安全、质量、进度，需要结合实际情况合理进行设计。本案例工程的隧洞的施工支洞坡度陡、距离长、断面小的问题，掌子面底板处极易堆积淤泥等杂物，导致了每次钻爆施工掌子面下部炮孔极易卡住钻杆或堵塞等情况，致使无法进行钻爆施工。对此，为钻爆工作顺利推进，保障支洞排水效果，每隔 $30m$ 在边墙开挖一小型临时集水坑，同时每隔 $10m$ 左右将底板水流引入靠近边墙设置的边沟，通过边沟流入集水坑；同时需要在施工支洞内每隔约 $200m$ （根据施工支洞的坡度、水泵的扬程及地质条件可适当调整）设置一个不小于 $50$ 立方的集水井（根据洞内出水量进行设计，原则上集水井设置较大为好，便于污水沉淀，延长水泵使用寿命，同时水泵有效工作时间和不可避免的中断较好控制），通过潜水泵将临时集水坑等水流排入永久集水井中，随后通过大型离心式水泵（水质含泥砂较多时可选用渣浆泵）逐级排向洞外。由于深埋引水隧洞的挖掘深度较长，因此，为保障排水功能，需要采用接力排水的方式，逐级进行抽排，并且需要结合实际情况搭配水泵进行排水。此外，对于主

洞排水而言也需要每隔一段距离设置集水井,并搭配水泵使用,由于施工过程中,随着挖掘深度的不断增加,集水井的设置逐渐增多,但是由于地理位置不同,岩石构造差异等原因,不同位置的水量情况存在一定差异,对于水量较大的位置,在实际施工时可以酌情增加集水井的数量或者适度添加水泵,保障排水质量,此外,与支洞相比,主洞的排水量相对更大,因此在实际设置集水井的过程中,要适当增加水井的容积,同样,主洞的排水系统也需要采用接力的方式进行排水。连接集水井的排水管为软管,但是主洞两侧汇入支洞的集水井需要使用钢管进行排水。

在将污水引出隧洞之后,不能够将其随意排放,需要设置污水处理系统,当废水处理满足排放标准时才能够将其排放出去。因此,需要在各个洞口设置污水处理系统,在洞内污水排放出来之后,需要依次经过沉淀池、过滤池以及净化池,并且在设计的过程中要尽量将这三个处理水池进行集中设置,采用半地下式结构,根据施工现场实际情况以及地势,将三个处理池的尺寸设计为 $5\times 9\times 4\text{m}$ ,地下部分高3m,地上部分高1m,水池表面使用水泥砂浆进行抹面处理。此外,还需要根据不同处理水池的作用和功能合理设计其进出水口,例如,对于沉淀池而言,其主要作用在于将水中的固体杂质沉淀出去,因此,需要将进水口设计在水池上部,并从上部进行出水,以此确保沉淀效果,沉淀后的水直接从过滤池的上部进入,并在过滤池中从上到下设置过滤层,上层为废纸,中层为河砂,然后是细石,最底层为碎石,水从过滤池的下部排出,进入到净化池的上部,在净化池中种植水生植物等进行净化,并在处理之后排放到自然河沟<sup>[2]</sup>。



图1 施工支洞的布置

### 3 结语

综上所述,由于深埋引水隧洞其本身的特殊性,给实际施工过程带来了一定困难和问题,不仅工程距离长、坡度陡、施工断面小,因此实际施工过程中需要结合工程要求以及施工现场具体情况合理进行通风排水设计,不仅要做好前期理论研究,还需要良好把控施工过程中的各个细节,进一步保障施工质量。相信随着对通风排水技术的深入研究,我国深埋引水隧道施工水平也会得以提升。

#### [参考文献]

[1]林一苗.水利枢纽工程引水隧洞开挖工程施工技术探讨[J].华东科技(综合),2019(8):190-191.

[2]李延浩.富水围岩引水隧洞斜井施工排水智能控制技术[J].国防交通工程与技术,2019,17(1):47-50.

作者简介:王胜波(1988.10-)男,2009年杨凌职业技术学院-水利工程,2013年西北农林科技大学-土木工程,中国葛洲坝集团市政工程有限公司,山西中部引黄工程项目部负责人,工程师;张杰(1989.8-)男,安阳师范学院,工程管理专业,中国葛洲坝集团市政工程有限公司,项目部副总经济师,中级工程师。