

长大隧道斜井反坡排水施工技术研究

Research on the Construction Technology of Reverse Slope Drainage in Inclined Shaft of Long Tunnel

李兴龙

Xinglong Li

中铁十七局集团第五工程有限公司
中国·山西 太原 030032
China Railway 17th Bureau Group Fifth
Engineering Co., Ltd.,
Taiyuan, Shanxi, 030032, China

【摘要】论文结合工程实例,介绍排水泵站位置选择、水利计算、设备选型,对如何合理确定水泵编组及启用顺序进行说明,并测算整个排水系统耗能,为相似工程提供参考。

【Abstract】Combined with the project example, the paper introduces the location selection, water conservancy calculation and equipment selection of drainage pump station, explains how to reasonably determine the water pump grouping and operation sequence, and calculates the energy consumption of the whole drainage system, so as to provide reference for similar projects.

【关键词】反坡;排水;泵站;阶段;耗能

【Keywords】reverse slope; drainage; pumping station; stage; energy consumption

【DOI】10.36012/etr.v2i2.1090

1 工程概况

高楼山隧道位于文县尖山乡老爷庙至文县城关镇凡昌区间,隧道全长 12.52km,全段采用双向四车道高速公路标准建设,设计时速 80km/h,隧道平均埋深 300~700m,最大埋深约 1700m。

2# 斜井位于文县尚德镇渭沟内,线路全长 2.27km,坡度 11%,高差 246.5m,其中担负主洞施工 2269.9m。根据设计文件该段隧道预测最大涌水量为 15889m³/d。由于斜井距离长坡度大,小型抽水设备不能满足洞内涌水抽排,经研究决定采用两级固定抽水泵站分级分阶段抽水方案。

2 施工方案

2.1 泵站选型原则

隧道施工后主要水质除地下水的本身成分外,主要还有岩石、石屑、泥浆等成分,排水泵考虑选用高效耐磨泵,隧洞内泵站间水量递增较大,考虑在管理、操作维修上的方便,泵站间高差相近,可选用型号相同水泵,便于相互调配,只是在设备数量上相应增加,工作面移动水泵采用轻便的水泵,实际操作根据水量大小在数量上予以增减^[1]。

排水管路工作水管的能力应能配合工作水泵在 20h 内排完 24h 的正常涌水量,工作和备用水管的总能力,应能配合工作和备用水泵在 20h 内排出斜井 24h 的最大涌水量。

2.2 水力计算

2.2.1 泵站总扬程

$$H_B = \frac{H_{SY}}{\eta} \quad (1)$$

式中, H_B 为水泵所需扬程, m; H_{SY} 为侧地高度,即集水仓最低水位至排水管出口间的高度差,一般可取井底与地面标高差+3m(集水仓井底与吸水井最低水位距离); η 为管路效率,当管路在斜井中铺设,且倾角 $>30^\circ$ 时, $\eta=0.83\sim 0.8$; $\alpha=30^\circ\sim 20^\circ$ 时, $\eta=0.8\sim 0.77$; $\alpha<20^\circ$ 时, $\eta=0.77\sim 0.74$, 此处取值 0.77。

水泵总扬程 $H_B=320\text{m}$ 。

2.2.2 固定泵站小时排水量

$$Q = \frac{Q_0}{20} \quad (2)$$

式中, Q 为固定泵站总的最大小时流量, m³/h; Q_0 为洞口预估排放强度,按最大涌水量 15889m³/d 计算。

工作水泵按照 20h 内排出洞内 24h 正常涌水量的配备。

固定泵站总的最大小时流量 $Q=795\text{ m}^3/\text{h}$ 。

2.2.3 泵站主管道计算

泵站主管道计算公式:

$$D = 2 \times 1000 \times \sqrt{Q / (3600 \pi V)} \quad (3)$$

式中, D 为所需排水管道直径, mm; Q 为泵站每小时排水强度; V 为管内水流速度,根据查阅管道压力损失表按流速 3.5m/s 计算。泵站主管道总直径 $D=283\text{mm}$ 。

2.3 泵站设备选择

水泵:选择两种 MD(P)型矿用耐磨多级离心泵,一种型号为 MD(P)185-67,扬程 170m,流量 185m³/h,额定功率 132kW;另一种型号为 MD(P)280-43,扬程 170m,流量 280m³/h,额定功率 200kW。管道:考虑到单机或双机排水时管路压力损失,主管道计划采用两路 DN150mm 压力钢管。

2.4 泵站布置

斜井段总扬程为 320m, 选用抽水设备扬程为 170m, 设置两座固定泵站可满足施工需求, 隧道 $\phi 130\text{mm}$ 高压通风管作为突涌水备用管路。1# 泵站每小时计算排水总流量为 795m^3 , 管路计算直径为 283mm, 设置在斜井进洞 1.1km 处, 并联布置两组抽水机组, 总装机流量为 $930\text{m}^3/\text{h}$ 。2# 泵站每小时计算排水总流量为 601m^3 , 管路计算直径为 247mm, 设置在斜井与正洞交叉平直段, 并联布置两组抽水机组, 总装机流量为 $740\text{m}^3/\text{h}$ 。集水仓尺寸按 15min 涌水量设计, 并考虑施工和清淤方便综合确定, 水仓内设置水位警戒线触发抽水设备, 实现整个排水体系自动运行。

3 阶段抽水耗能测算

第一阶段: 斜井进洞 450m, 最大渗水量 $79\text{m}^3/\text{h}$, 不设泵站, 采用潜水泵抽水即可, 掘进工期 150d, 本段总电耗 $19.5\text{kW}\times 20\text{h}\times 150\text{d}=58500\text{kW}\cdot\text{h}$ 。

第二阶段: 斜井进洞 1100m, 最大渗水量 $160\text{m}^3/\text{h}$, 1# 泵站建设完毕启动 1-1 机组水泵 1 台, 掘进工期 210d, 本段总电耗 $0.75\times 132\text{kW}\times 20\text{h}\times 210\text{d}=415800\text{kW}\cdot\text{h}$ 。

第三阶段: 斜井掘进至主洞(2270m), 最大渗水量 $330\text{m}^3/\text{h}$,

1# 泵站 1-1 机组全功率启用, 2# 泵站建设完毕启用 2-1 机组水泵 1 台, 掘进工期 390d。

本段总电耗 $298\text{kW}\times 20\text{h}\times 390\text{d}=2324400\text{kW}\cdot\text{h}$ 。

第四阶段: 主洞掘进 1400m, 1# 泵站计算排水量 $535\text{m}^3/\text{h}$, 1-1 机组全功率启用+1-2 机组水泵 1 台; 2# 泵站计算排水量 $370\text{m}^3/\text{h}$, 2-1 机组全功率启用, 掘进工期 460d。

本段总电耗 $596\text{kW}\times 20\text{h}\times 460\text{d}=5483200\text{kW}\cdot\text{h}$ 。

第五阶段: 至主洞掘进结束, 为 1#、2# 泵站全功率启用阶段, 掘进距离 689m, 掘进工期 230d。

本段总电耗 $1192\text{kW}\times 20\text{h}\times 230\text{d}=5483200\text{kW}\cdot\text{h}$

2# 斜井总掘进工期 48 个月, 排水总电耗 $13765100\text{kW}\cdot\text{h}$, 平均每天电耗 $9560\text{kW}\cdot\text{h}$ 。

4 结论

本文从设备选型到数量确定做了详细介绍, 对整个排水系统的耗能进行了提前预算, 有助于隧道洞口布置、临电设计及成本测算。

参考文献

[1] 崔庆毕. 排水系统中水泵扬程的分析计算[J]. 选煤技术, 2016(4): 11-12.

(上接第 25 页)

道前移→锚固轨道→释放前支座千斤顶→前支座完全作用在轨道上→解除后锚, 让反扣轮作用在轨道上→安装顶推千斤顶→挂篮前移→安装吊杆→内、外模后侧导梁滑移至前段箱梁预埋孔位置→调整挂篮和模板系统的位置和标高。

8 挂篮合龙段施工

本工程中跨合龙段在秦淮新河上方, 采用挂篮施工。边跨及边跨合龙段在两侧岸边较为平坦处, 采用支架现浇法施工。合龙顺序: 先边跨合龙段施工, 再中跨合龙。

中跨挂篮合龙施工流程: 70# 墩北侧挂篮后退拆除, 69# 墩南侧挂篮前移至合龙段位置作为合龙段的施工吊架→合龙段两侧配重→安装中跨合龙段钢筋、模板、劲性骨架→浇筑中跨合龙段混凝土→养护→预应力施工→拆除劲性钢骨架及挂篮。

9 挂篮拆除

悬浇梁施工完毕后, 进行菱形挂篮拆除。拆除顺序为: 箱内支架→侧模系统→底模系统→主桁架。挂篮后退: 挂篮准备

后退时安装边吊架, 边吊架安装完成(螺栓紧固)后, 现场将两侧边吊架连接耳座与主构架杆件连接成整体, 之后依次放松侧模、内模、底模悬灌吊杆, 然后将侧模整体下放至底模横梁上, 后退时采用(穿心式)千斤顶或倒链, 两侧同步缓慢移动。挂篮后退时密切关注外侧吊杆与梁面距离, 并及时调整轨道摆放位置, 务必保证后退过程中后退吊杆不与梁面接触。最后通过卷扬机安全下落构件至地面拆解后采用汽车吊装车运输到指定地点做好回收利用。

10 结语

本项目悬浇变截面预应力混凝土连续箱梁采用由菱形挂篮施工, 发挥了菱形挂篮结构稳定, 作业空间大, 操作方便的优势。施工过程中通过精心组织施工, 确保了连续作业, 保证了施工进度和工程质量安全, 取得了较好的经济效益。本项目成功的施工经验表明菱形挂篮是大跨度连续箱梁施工的首选方案。

参考文献

[1] 张继尧. 悬臂浇筑预应力混凝土连续梁桥[M]. 北京: 人民交通出版社, 2004.