

浅谈隧洞内长距离高扬程抽排水方案的制定与实施

郝利军

(中国水利水电第五工程局有限公司,四川 成都 610066)

摘要:介绍了朝阳二标5#支洞工作面的排水特点、施工方案的总体思路、抽排水设备配置情况、计算及附属排水设施配置情况,可供类似工程参考。

关键词:朝阳二标;隧洞施工;排水方案;制定与实施

中图分类号:TV554;TV51;TV52

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2017)03-0087-04

1 工程概述

朝阳二标项目位于辽宁省北票市和朝阳市双塔区境内,主体工程为引水隧洞和地下泵站,包括压力引水隧洞、地下厂房洞室群及其附属洞室、交通洞、机电设备和金属结构安装等工程。

引水隧洞为有压洞,全长约12 km。开挖断面为圆拱斜墙,开挖面积约20 m²,属于小断面,平均坡度为0.007 6%,成洞直径3.9 m。另外,分别布置了5#、6#、7#、8#四条施工支洞,长度分别为1 245 m、880 m、1 120 m、1 215 m。支洞断面为圆拱直墙型,开挖断面尺寸为5.2 m×5.25 m(宽×高),均为倒坡,坡度约11%~13.7%。

洞室部位除中生代沉积的复成分砾岩、砾岩、砂岩、页岩外,大部分洞室部位的弱风化~新鲜状岩石均为中硬岩~坚硬岩。

工程穿越地区地下水主要为松散类孔隙水、基岩裂隙水,赋水性较差,基岩裂隙水地下水活动微弱;穿越断层破碎带等构造发育部位为构造裂

隙水,其赋水性较好,渗透性较强,易产生涌水或突水,影响洞室稳定。

2 排水特点

2.1 排水扬程大

5#支洞口底板高程为216 m,支洞与主洞交叉口底板高程为72 m,高差为144 m,支洞纵坡坡比为13.7%。考虑到排水管路的水头损失,水泵的实际扬程远大于地形扬程。

2.2 排水距离长

5#支洞长度为1 245 m,采用两级排水,两台泵水平距离超过620 m。

2.3 涌水量较大

工程穿越地区的地下水主要为松散类孔隙水、基岩裂隙水,赋水性较差,基岩裂隙水地下水活动微弱;穿越断层破碎带等构造发育部位为构造裂隙水,其赋水性较好,渗透性较强,易产生涌水或突水,影响洞室稳定。各支洞及控制主洞段渗水量见表1。

表1 各支洞及控制主洞段渗水量计算表

支洞编号	支洞段长度/m	控制隧洞总长度/m		正常出水量为 m ³ /(d·m) ⁻¹	正常出水量计算			正常出水量 合计/m ³ ·d ⁻¹	排水量 /m ³ ·h ⁻¹
		上游	下游		支洞 /m ³ ·d ⁻¹	上游 /m ³ ·d ⁻¹	下游 /m ³ ·d ⁻¹		
5#	1 245	1 229	801	0.97	1 207.65	1 192.13	776.97	3 176.75	132.4
6#	880	2 584	2 116	0.97	853.6	2 506.48	2 052.5	5 412.6	225.5
7#	1 120	1 294	1 426	0.97	1 086.4	1 255.18	1 383.2	3 724.8	155.2
8#	1 215	2 135	484	0.97	1 178.55	2 070.95	469.48	3 718.98	155

3 抽排水方案设计的总体思路

3.1 抽排水分期

根据对支洞与主洞坡度、设计出水量、供电线

路负荷及排水费用等方面考虑,朝阳二标隧洞施工主要分两个阶段安排:

第一阶段,支洞开挖排水期水量较少,可以采用两级或三级排水,采取移动泵站与固定泵站结

收稿日期:2017-04-23

合的形式进行接力排水。

第二阶段,主洞开挖排水期水量逐渐增加,采用两级排水,在支洞与主洞交叉口附近设置较大的集水坑,中部设中转集水坑,采取固定的泵站进

行接力排水。

鉴于主洞内的坡度特别缓,故抽排水方案的整体思路主要考虑支洞部分。5#支洞排水系统纵断面布置情况见图5。

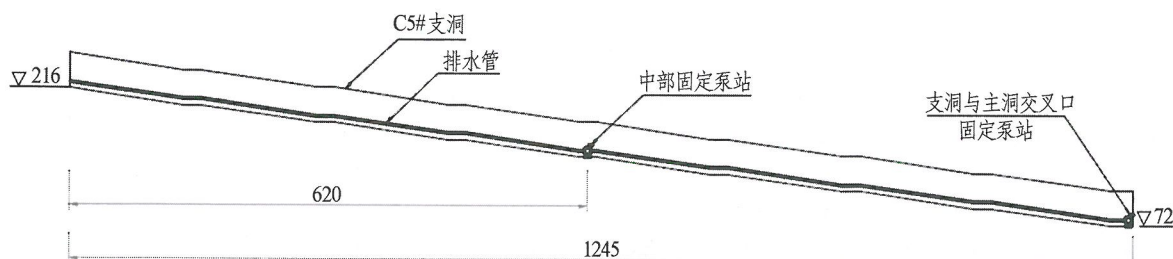


图1 5#支洞排水系统纵断面布置简图

3.2 抽排水方案选择的难点

(1)在设计过程中,每个隧洞对应的涌水值是一个估算值,实际施工时可能水量较大,若选择排水能力小则可能导致安全隐患;实际施工时,也可能水量较小,若选择排水能力大则导致施工成本增加。

(2)设计图中仅给出正常水量,而未给出最大涌水量。因此,如何确定水量的基本参数,只能根据相关工程经验。

(3)一次性投入泵站、管路及相关配件的成本大,因此,必须经过反复比选才能确定比较经济、合理的方案。

3.3 抽排水方案的比选

根据隧洞内涌水及抽水泵站位置的设计,项目部进行了方案论证比选,提出了3种不同方案,并对方案进行了经济比选。

方案一:一主一备一管路。该方案是采用一台水泵满足排水量及扬程要求;一台作为备用,只在更换、维修设备时使用,设一条排水管路。该方案的特点是泵站排水能力大,安装使用方便,但设备功率大,启动电压大,负荷集中,对变压器及供电线路要求高且浪费严重。

方案二:两泵两管路。该方案是2台水泵同时开启时满足排水量及扬程要求,每一个水泵设置一条管道。该方案的特点是1台水泵不满足要求、需2台水泵同时开启,安装时间较长,且使用时需同时关注2台泵的运行工况。在最大排水量时,如遇设备故障维修则耽误现场施工,需配备备用水泵,但该设备功率较小,启动电压低,对变压器及供电线路要求较低,前期水量较小时一台水

泵开启即可满足要求,节约用电量及水泵成本。

方案三:两泵一管路。该方案是2台水泵同时开启时满足排水量,且单台水泵开启满足扬程要求,2台水泵共用一条管道。该方案的特点是1台水泵不满足要求、需2台水泵同时开启,管道内流速较快,对安装精度及水管质量要求较高,且使用时需注意开启的先后时间;在最大排水量时,如遇设备故障维修则要耽误现场施工,需配备备用水泵,但设备功率较小,启动电压低,对变压器及供电线路要求较低,前期水量较小时,一台水泵开启即可满足要求,节约用电量及管路成本。

通过对三种方案进行经济比选,最终确定采用方案三。根据方案三的思路选择管道类型和尺寸、水泵型号、水泵扬程及排水量。

4 排水设备配置计算

4.1 抽水能力

抽水设备的抽水能力计算按照正常排水量的120%考虑。5#支洞抽水设备的抽水能力为 $1.2 \times 132.4 = 158.8 (\text{m}^3/\text{h})$ 。

4.2 水泵排水能力(流量)

水泵排水能力 Q 的计算公式为:

$$Q = c/m \times q$$

式中 c 为涌水不均匀系数,取值范围为1.3~1.5,取1.4; m 为水泵时间利用系数,取值范围为0.8~0.85,取0.85; q 为涌水量。

$Q = 1.4/0.85 \times 158.8 = 262 (\text{m}^3/\text{h})$ 。经计算,泵站总排水量需大于 $262 \text{ m}^3/\text{h}$,并有一定富裕量为宜。

4.3 水泵扬程

水泵扬程 H 的计算公式为:

$$H = (L_1 + L_2) \times \sin a (1 + K)$$

式中 L_1 为排水管长度,采用两级排水,取 $1\ 245/2 = 622.5$ (m); L_2 为吸水管长度,取 2 m; K 为管路阻力换算扬程系数,取 0.2; a 为排水管路倾角,取 6° 。

$H = (622.5 + 2) \times \sin a (1 + 0.2) = 78.33$ (m),经计算,水泵额定扬程需大于 79 m,并有一定富裕高程为宜。

4.4 水泵的选择

通过上述计算并考虑到洞内水泵的运行环境及维修更换方便程度,在支洞与主洞交叉口的较大集水坑和中部中转集水坑各配置 4 台 55 kW 离心泵(扬程 103 m,流量 $112\ \text{m}^3/\text{h}$,效率 70%),其中 1 台备用;2 台 37 kW 离心泵(扬程 87 m,流量 $60\ \text{m}^3/\text{h}$,效率 70%),其中 1 台备用。

4.5 排水管的选择

3 台 55 kW 水泵和 1 台 37 kW 水泵为一组,并联一根排水管,水泵效率取值 0.7。

排水管 $D = 232\ \text{mm}$,选取 $\varphi 250$ 排水管。

若出现超出最大涌水量的情况,可以考虑利用供风管应急排水。抽水设备随主洞施工进度、涌水量的增加,逐步由小到大配置到位,以满足施工抽排水的需要。

根据隧洞宽度及风水管布置高度与宽度情况,考虑到在洞内施工时、特别是行车出渣对管路的影响以及重复利用率,最终选择采用螺旋焊接管作为排水管路。

5 附属排水设施

5.1 水泵自动化装置

水泵自动化装置主要采用三相微电脑水位控制器控制水泵运行,其具有的主要功能与优点:

(1)集水坑水深达到设定高度水泵自动启动,水位下降到一定高度水泵自动停止运行。

(2)集水坑有两台水泵时,在设定第一水位时,较小功率水泵运行,或者两台较大功率水泵自动轮换工作。一台工作水泵出故障时自动切断电源,另一台水泵自动投入工作。当水位上升到设定的第二水位时,两台水泵自动启动,同时工作。

(3)具有短路、过流、过热等保护装置。

(4)具有各种工作状态、水位及各种事故信号。

(5)自动化系统安全可靠,节省劳动力,提高抽水效率。

5.2 集水坑的设置

(1)支洞与主洞交叉口集水坑的设置。考虑到周边钢支撑防护,预留不少于 50 cm 的保护距离,开挖长条形集水坑,深度不小于 2 m,储水容积按照设计出水量 30 min 计算, $132 \times 0.5 = 66$ (m^3),设计尺寸为 $8\ \text{m} \times 3\ \text{m} \times 3\ \text{m}$ (长×宽×高),设计容量为 $72\ \text{m}^3$;中转集水坑储水容积按照设计出水量 15 min 计算, $132 \times 0.25 = 33$ (m^3),设计尺寸为 $6\ \text{m} \times 3\ \text{m} \times 2.5\ \text{m}$ (长×宽×高),设计容量为 $45\ \text{m}^3$ 。

(2)根据洞内宽度及行车要求,集水坑占用了行车宽度。为解决上部通车问题,特别设计了集水坑保护盖板(型钢骨架作为支撑,上部铺设 0.8 cm 厚钢板防护盖板,钢板上部焊接螺纹钢做防滑处理),防护盖板靠近水泵一侧上部安装了型钢及钢筋篦子,以便于安装吸水管、水泵自动化装置并观察集水坑使用状态。

(3)集水坑周围设置防护栏杆、安全警示标志及警示彩带。

(4)为便于后期清理、避免淤泥堵塞水泵进水口,集水坑按照 3 级沉淀池设计。

5.3 排水管路的安全保证措施

(1)钢管连接采用法兰盘加橡胶密封垫。

(2)排水管每隔 300 m 设置闸阀及止回阀并预留抽排水接口,以备超大涌水时使用。

(3)洞内风水管路在集水坑处预留排水接口,以备应急使用。

5.4 供电保证措施

(1)备用一趟铝芯电缆 $2 \times 240 + 120$,以备超大涌水时供电使用。

(2)在支洞与主洞交叉口集水坑前部设置三相全自动补偿电力稳压器 SBW-500 kVA 一台,当电压降低至 304 V 时仍能维持稳定输出电压 380 V,保证大功率用电器稳定电力的供应。

(3)在洞口配置备用发电机组,发电机容量不小于 630 kW,与主变压器设置自动转换开关,紧急停电时,以方便及时转换为备用发电。

(4)所有电源启动均采用相匹配的启动柜和开关柜,所有水泵采用一泵、一线、一箱、一闸、一漏和三项五线制。

5.5 排水沟

按照设计图纸布置排水沟,尺寸为 $400\ \text{mm} \times 150\ \text{mm}$ (宽×深),排水管路及集水坑布置在排水

沟一侧,所有排水沟最终均与集水坑相连。

6 注意事项

(1)排水系统由专人负责运行、维护、管理,24 h 值班。要求水泵厂家专业技术人员做专门培训,合格后方可上岗并定期现场指导服务。

(2)做好抽排水泵站的设备保养及集水坑日常清理工作,定期检查、维修水泵及管路。

(3)对水泵进水口包裹铁窗纱,距集水坑底板高度不小于 50 cm,可以防止污泥及杂物进入而发生堵塞。

(4)定期检查抽排水供电线路,尽量避免因供电线路问题导致的抽水中断,抽排水人员随时关注用电安全。

(5)施工时随时存在突发大涌水的可能,应有足够的移动式潜水泵,随时准备应急。

(6)洞外应设置三级沉淀池,洞内抽排出的污水经沉淀后排放。

(7)应做好突发涌水的应急预案并进行应急演练,加强施工人员的安全培训。

7 结语

朝阳二标项目隧洞施工排水方案采用移动泵
 =====
 (上接第 47 页)

装下节钢管;而用支腿运输钢管,则只需将钢管拖运出拼装工位就能进行下一节钢管的拼装,进而提高了钢管安装速度。钢管就位后,支腿可不拆除而用于钢管的底部支撑,从而减少了支撑的安装时间。滑支腿三维结构见图 5。

3.4 部分弯管管节就位方式——翻转就位

部分弯管采用竖拼,其运输靠近已装管节,不能直接就位,遂采用翻转的方法将钢管就位,在已装管节的底部焊接支撑板,作为钢管翻转的支点。在需就位的钢管底部用千斤顶向上顶升,在需就位的钢管和已装钢管顶部间加装手拉葫芦对拉,使钢管翻转,在钢管翻转接近向下倾翻前,在钢管顶部加装顶杆装置,防止钢管在翻转时突然下坠而造成人员、设备发生安全事故。

4 结语

江苏溧阳抽水蓄能电站上水库进/出水口隧洞段压力钢管布置型式新颖、体型结构复杂、外形尺寸大、地质条件差,给钢管的安装带来了一定难度。但通过采用钢管分瓣吊装进洞、洞内竖拼、滑

站与固定泵站相结合、分期分段多种方式相结合的抽排方式,对洞内排水系统提前筹划、为主洞正常施工提供了有利保障,同时很好地保证了施工安全,满足了施工进度要求。目前朝阳二标 5#支洞施工已完成,正在施工主洞。支洞出水量约为 30 m³/h,小于设计给出的 50 m³/h 渗水量,仅开启一台 37 kW 水泵即可满足抽排水要求。目前看:施工排水系统水泵排水能力设计富裕量偏大,但抽排水系统发挥作用明显。隧洞内抽排水方案既需要理论计算,也要参考类似工程经验,排水能力既不能过大,也不能过小,隧洞抽排水必须备用一定量的水泵以备更换维修或突然涌水时使用。

参考文献:

- [1] 铁道部第二工程局. 铁路工程施工技术手册[M]. 北京:中国铁道出版社,1995.
- [2] 铁路隧道辅助坑道技术规范,TB10109-95[S].
- [3] 铁路隧道防排水技术规范,TB10119-2000[S].

作者简介:

郝利军(1982-),男,山西浑源人,项目总工程师,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工

(责任编辑:李燕辉)

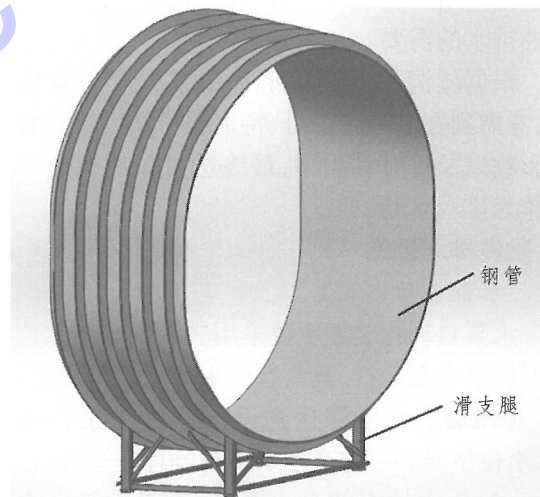


图 5 滑支腿三维结构图

支腿水平运输、翻转就位等技术,使钢管安全、顺利、按期安装完成,从而为此类型的钢管安装积累了经验,同时对类似工程具有一定的参考意义。

作者简介:

陈 林(1977-),男,重庆江北人,高级工程师,从事水电站机组安装、金属结构制作及安装技术与管理工

(责任编辑:李燕辉)