

# 超深竖井作为主隧洞施工通道运输方案的研究

林伟明, 袁 贇, 谢剑波, 张 维

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 成都 610072)

**摘 要:**新疆 KS9 勘探试验洞工程竖井设计深度约 687 m, 竖井施工完成后需继续利用 687 m 竖井作为唯一的施工通道进行 8.04 km 长的主洞施工, 因此, 竖井内提升系统的方案选择工作尤为关键。因该工程主洞的单头最大掘进长度达 4.3 km, 时间紧、任务重, 同时受竖井内长期渗水的影响, 设备运行期间的安全风险较高, 因此, 提升方案必须在安全可靠的情况下尽可能地选择提升能力较大的方案组织施工, 介绍了经比选并多次邀请专家进行论证分析、最终选择“双箕斗+单罐笼”改绞方案组织施工的过程。

**关键词:**水利工程; 687 m 深的竖井; 改绞方案; 箕斗; 吊桶

**中图分类号:** TV7; TV53; TV51; TV554

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1001-2184(2019)04-0005-04

## Study of Transportation Scheme of Ultra-deep Shaft as Construction Access of Main Tunnel

LIN Weiming, YUAN Yun, XIE Jianbo, ZHANG Wei

(Sinohydro Bureau 10 Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610072)

**Abstract:** The design depth of the shaft of the KS9 exploration test tunnel in Xinjiang is about 687m. After the completion of the shaft construction, the 687 m shaft should be used as the only construction access to carry out the construction of the main tunnel with a length of 8.04 km. Therefore, it is particularly important for the scheme selection of the hoisting system inside the shaft. Because the maximum single heading length of the main tunnel of this project is 4.3 km, and the time is tight, the task is heavy and affected by the long-term seepage in the shaft, the safety risk during the operation of the equipment is high. Therefore, the hoisting scheme must be chosen with higher lifting capacity to organize the construction under the condition of safety and reliability as far as possible. After comparison and selection, experts were invited for demonstration and analysis for several times, and finally the reequipping scheme of "double skips + single cage" was selected to organize the construction process.

**Key words:** water conservancy project; shaft with depth of 687m; reequipping scheme; skip; shaft bucket

### 1 概 述

新疆 KS9 勘探试验洞的竖井井口高程约为 1 229 m, 设计井深 687.613 m, 竖井开挖后的成型净直径为 7.2 m。竖井施工完成后将作为主洞控制段(桩号为 245+153~253+193, 全长 8.04 km)的施工通道, 其中上游控制段的长度为 3 647 m, 下游控制段的长度为 4 393 m。主洞隧洞纵坡坡比为 1/2 583, 接应洞的起点底板顶高程为 543.299 m, 末点底板顶高程为 540.186 m, 隧洞衬砌断面为马蹄形, 锚喷断面为顶拱圆心角 180°、底宽 7.5 m、直墙高度为 3.3 m 的城门洞形, 主洞开挖方量为 376 885.92 m<sup>3</sup>。

从地质情况看, KS9 竖井上游主洞控制段的围岩为 II 类, 岩性为华力西期花岗岩夹黑云母花岗岩; 下游控制段除桩号 252+183~252+437 段连续的 254 m 为 IV、V 类围岩外, 其余均为 III 类围岩, 且 III 类围岩仍以华力西期花岗岩为主, 而 IV、V 类围岩则以糜棱岩及破碎岩为主, 岩体稳定性差。地勘资料显示, 上游控制段预计总涌水量为 60 m<sup>3</sup>/h, 下游控制段预计总涌水量为 115 m<sup>3</sup>/h, 主洞预计总涌水量为 175 m<sup>3</sup>/h。KS9 勘探试验洞的工程剖面见图 1。

### 2 竖井垂直运输方案的选择

竖井垂直方案主要包括: 提升系统、罐笼系统、通风系统、排水系统、供风系统、供电系统、通



$$= (3\ 600 \times 5 \times 0.9 \times 2) / (2 \times 450)$$

$$= 36 (\text{m}^3/\text{h})$$

每天按 16 h 排渣时间计算,则正常施工期间的日排渣量为  $16 \times 36 = 576 (\text{m}^3/\text{d})$ 。根据排渣能力计算进尺,则:  $576 \text{ m}^3/\text{d} \div 1.5$  (松散系数)  $\div 48 \text{ m}^2$  (主洞平均断面面积)  $= 8 \text{ m}$ 。因此,按施工 2 个工作面考虑,吊桶方案能满足日进尺 8 m、月进尺 240 m 的开挖要求。

(2) 箕斗方案。将以上参数带入公式,则:

$$T_1 = 2[v_{mB}/a + (H - 80)/v_{mB}] + \theta$$

$$= 2 \times [5.22/0.5 + (687 - 80)/5.22] + 100$$

$$= 353 (\text{s})$$

$$A_T = 3\ 600 \times Z \times 0.9 V_{ch} / KT_1$$

$$= 3\ 600 \times 5 \times 0.9 \times 2 / (2 \times 353)$$

$$= 45 (\text{m}^3/\text{h})$$

每天按 16 h 排渣时间计算,则正常施工期间的日排渣量为  $16 \times 45 = 720 (\text{m}^3/\text{d})$ ,根据排渣能力计算进尺,则:  $720 \text{ m}^3/\text{d} \div 1.5$  (松散系数)  $\div 48 \text{ m}^2$  (主洞平均断面面积)  $= 10 \text{ m}$ 。因此,按施工 2 个工作面考虑,箕斗方案能满足日进尺 10 m、月进尺 300 m 的开挖要求。

通过理论计算,在不考虑其它外界因素影响的情况下,箕斗方案的排渣能力将大于吊桶方案。

### 2.3.2 经济性比较

(1) 提升设备及材料成本。根据相应的提升方案进行设备配置,箕斗方案非标准件采购及加工预计将发生费用 304 万元,标准件及设备采购预计将发生费用 529 万元,两项合计后箕斗提升方案中的设备费用约需 833 万元;而吊桶方案非标准件采购及加工预计将发生费用 251 万元,标准件及设备采购预计将发生费用 416 万元,两项合计后吊桶方案的提升设备费用约为 667 万元。经比较,吊桶方案较为经济,预计将节约成本 166 万元。

(2) 人工成本。根据施工方案安排,箕斗方案实施时间约为 92 d,吊桶方案实施时间约为 60 d,吊桶方案将节约人工成本 50 万元。

(3) 施工成本。该工程主洞开挖的总方量约为 37 万  $\text{m}^3$ ,在其它施工条件相同的情况下,根据出渣效率计算工期,采用箕斗方案将比吊桶方案

提前 4.3 个月完成。按照已实施的实际施工成本每月 150 万元预计,工期提前后采用箕斗方案将节约施工成本约 645 万元。

综合以上分析得知:虽然箕斗方案在施工期间施工成本相对于吊桶方案有所增加,但出渣效率提高后,主洞施工工期将得到一定程度的提前,工期的提前将大幅度降低主洞的施工成本,因此,从总体上分析箕斗方案较为经济。

### 2.4 方案的选择

根据工程实际情况并经专家论证、分析后该工程最终选择采用“双箕斗+单罐笼”的提升方案组织施工,其方案具有的优点主要为:

(1) 出渣效率有所提高。按照现有配置的提升机进行理论计算得知:原投标吊桶方案能满足主洞开挖 240 m/月的出渣要求,而箕斗方案经计算后在提升机工况相同的情况下,能满足主洞开挖 300 m/月的出渣要求,箕斗方案较吊桶方案出渣效率提高 25%。

(2) 施工成本降低。根据经济性分析,箕斗方案在安装施工期间相对于吊桶方案将增加施工成本约  $166 + 50 = 216$  (万元),但由于出渣效率较高,主洞施工工期的提前将节约施工成本约 645 万元,因此,从总体分析箕斗方案仍将节约施工成本约 429 万元,故采用箕斗方案有利于降低施工成本。

(3) 更加稳定可靠。原吊桶方案全部采用钢丝绳稳绳系统,每个吊桶配置稳绳 2 根。而箕斗方案在井筒内仍然采用钢丝绳稳绳系统,但每个箕斗稳绳数量将增加至 4 根,同时,井口上下平台处均采用钢桁架罐道。因此,就运行安全性而言,箕斗方案较吊桶方案更加稳定可靠,而且对于工期较长的项目其优势将更加明显。

### 3 竖井提升设备的选择

主提升机型号为 2JKZ-3.6/12.97,卷筒直径为 3.6 m,卷筒宽 1.85 m;钢丝绳最大静张力为 20 t,最大静张力差为 18 t。最大提升高度(以直径 39 mm 钢丝绳计算):一层:454 m,二层 925 m,三层 1 396 m,减速机型号为 ZLYQ-1810,传动比为 12.97,电动机型号为 YR800-12/1430-800。

副提升机采用JKZ-3.2×3绞车,卷筒直径为3.2 m,卷筒宽3 m,钢丝绳最大静张力为18 t,最大静张力差为18 t。最大提升高度(以直径43 mm钢丝绳计算):一层为641 m,二层为1 295 m,减速机型号为ZZL1120D,传动比为18.4,电动机型号为YR630-10 1 250 kW 6 kV。主、副提升机的主要技术参数见表1。

表1 主、副提升机主要技术参数表

技术特征		主提升(2JKZ-3.6/12.97)	副提升(JKZ-3.2×3)
	数量/个	2	1
卷筒	直径/mm	3 600	3 200
	宽度/mm	1 850×2	3 000
负荷	最大静张力/kN	196	176
	最大静张力差/kN	176	176
钢丝绳	最大直径/mm	39	43
	最大提升高度/m	1 000	1 000
	钢丝绳速度/m·s <sup>-1</sup>	7	5.3
电动机	额定转速/rpm	481	591
	功率/kW	2×800	1 250

#### 4 结 语

新疆KS9勘探试验洞工程竖井设计深度约687 m,竖井施工完成后将继续利用竖井作为唯一的施工通道进行8.04 km长的主洞施工。由于目前国内水利行业尚无成熟的经验可以借鉴,因

此,项目部以该工程为依托,针对竖井开挖深度深、主洞开挖断面大、岩石坚硬、工期紧的特点,合理地选择了“双箕斗+单罐笼”的箕斗提升方案并组织施工。笔者希望通过该工程提升方案的应用、归纳、总结,能够为今后类似水利工程建设提供参考,以便创造出更大的社会价值。

#### 参考文献:

- [1] 贾稳宏,李基林,朱大铭.吊桶提升的竖井改绞工艺在工程建设中的应用[J].中小企业管理与科技,2015,26(32):113-114.
- [2] 张彦华,韦同芳.浅析葫芦素煤矿风井箕斗罐笼联合提升临时改绞方案[J].能源技术与管理,2011,36(6):91-93.
- [3] 杜利平.岩巷机械化配套快速施工技术应用[J].中州煤炭,2010,32(8):84-85,87.
- [4] 刘东晓,王 乐.JKZ-3.2×3提升机的安装和调试[J].煤矿机械,2015,36(5):243-244.
- [5] 李 勇.立井防坠罐笼运行全程监测技术研究与应用[J].中华民居,2012,5(16):85-86.

#### 作者简介:

林伟明(1978-),男,黑龙江绥化人,高级工程师,从事水利水电工程施工技术与管理;袁 赞(1985-),男,湖北宜昌人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理;谢剑波(1976-),男,四川西充人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理;张 维(1989-),男,四川阆中人,助理工程师,从事水利水电工程施工技术与管理。

(责任编辑:李燕辉)

## 水电七局两项科研成果获电建企协及电建集团科技进步三等奖

2019年上半年,由水电七局一分局承担的科研项目“基于分布式模块化构架体系设计的起重设备防碰撞预警系统开发”获得中国电力建设企业协会科学技术进步三等奖;“连续梁拱组合桥优质高效施工关键技术”获得电建集团科技进步三等奖。以上两项科技成果均由水电七局一分局承担。做为水电七局的主力施工单位,该分局集中力量进行技术攻关,目前有23项在研科技项目,科技创新能力有了质的飞跃,培育了分局核心技术品牌;依托在建水利水电项目全力开展的高边坡开挖支护、混凝土双曲拱坝、碾压混凝土重力坝等关键施工技术;依托杨房沟大坝、乌弄龙项目、分局设备运营中的科研项目开展的缆机群、门塔机施工及安全运行技术总结及信息化结合的技改理论研究;依托已建及在建桥梁工程开展的钢管拱混凝土连续梁、悬索自锚式桥梁、斜拉式桥梁及钢桁架桥梁施工技术研究;依托成都地铁18号线工程开展的高瓦斯地铁隧道油气田区隧道施工技术研究。(水电七局一分局 供稿)

## 成都轨道交通18号线龙泉山高瓦斯隧道全线贯通

2019年3月30日,由水电七局一分局承建的成都轨道交通18号线龙泉山高瓦斯隧道全线贯通。作为国内地铁工程最长的高瓦斯隧道(长约10 km),沿途地质条件多变、瓦斯富集,施工方法受限、洞内交通组织困难,龙泉山隧道的施工建设一直备受关注。龙泉山高瓦斯隧道穿越油气田高瓦斯地层,安全风险比所有工程都高,水电七局一分局项目部先后克服了围岩破碎、隧道进口土质复杂、地下水富存等多重困难,经受了隧道瓦斯涌出量大、浓度高、瓦斯溢出频繁等考验,先后成功穿越龙泉山断层、马鞍山断层、高瓦斯涌出地段、双筒高速公路张万沟大桥库等多个高风险地段,实现了安全贯通的目标,为成都轨道交通18号线土建向站后转序奠定了良好的基础。(水电七局一分局 供稿)