

# 液压升降台车在特大断面隧洞施工中的应用

吴桃, 李东强, 陈俊宏, 周伟

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 都江堰 611830)

**摘要:**特大断面引水隧洞施工时,采用分层开挖,由于不同围岩类别开挖尺寸不同,混凝土衬砌方式也不同。同时,隧洞轴线高程不在同一条线上,不同围岩类别开挖时,开挖台车往往只能满足一两种围岩开挖高度要求。经过现场改进优化后,升级为液压升降台车,就能适应各种围岩开挖高度,因而缩短开挖支护时间,增加工作效率,降低施工成本。

**关键词:**特大断面隧洞;分层开挖;液压升降台车

**中图分类号:** TG315.4;U455.41+2;TV672+.1

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1001-2184(2023)05-0137-04

## Application of Hydraulic Lifting Platform Truck in Construction of Extra-large Section Tunnels

WU Tao, LI Dongqiang, CHEN JunHong, ZHOU Wei

(Sinohydro Bureau 10 Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 611830)

**Abstract:** During the construction of extra-large cross-section headrace tunnel, the excavation in layers is adopted. Due to different surrounding rock types, the excavation dimensions and the concrete lining methods are different. At the same time, the tunnel axis elevations are not on the same line, and for different surrounding rock types, the excavation truck can only meet the requirements of one or two types of surrounding rock excavation heights. After on-site improvement and optimization, it is upgraded to a hydraulic lifting truck, which can adapt to various surrounding rock excavation heights, shortening excavation and support time, increasing work efficiency and reducing construction costs.

**Key words:** Extra-large section tunnels; Excavation in layers; Hydraulic lifting platform truck

### 1 概述

近年来,大型水电站建设中引水隧洞主要以大断面、特大断面长隧洞为主,特大断面隧洞施工时往往采取分层开挖<sup>[1]</sup>方式,根据不同水电站地质条件不同,采取的断面尺寸、衬砌方式也不同。

巴拉水电站位于四川省阿坝藏族羌族自治州马尔康市境内脚木足河上,其中引水隧洞工程(隧)1+592.430~(隧)6+307.430,全长4 715.0 m,引水隧洞为圆形断面,Ⅱ类、Ⅲ类围岩开挖断面直径为14 m、Ⅳ类围岩开挖断面直径为12.9 m、Ⅴ类围岩开挖断面直径为13.4 m,属于特大断面隧洞。引水隧洞主洞开挖采用分层开挖,先施工上半洞,上半洞施工完成后再施工下半洞,其中Ⅱ、Ⅲ类围岩上半洞开挖高度9.1 m,Ⅳ类围岩上半洞开挖高度7.65 m,Ⅴ类围岩上半洞开挖高度7.9 m。

引水隧洞控制段主洞Ⅱ类围岩顶拱270°范

围采用喷10 cm厚混凝土作为永久支护,底拱90°范围浇筑C25F100W6混凝土,混凝土衬砌厚度60 cm;Ⅲ类围岩顶拱270°范围采用喷20 cm厚混凝土作为永久支护,底拱90°范围浇筑C25F100W6混凝土,混凝土衬砌厚度60 cm;Ⅳ类、Ⅴ类围岩均为全断面衬砌混凝土,混凝土强度为C25F100W6,其中Ⅳ类围岩混凝土衬砌厚度80 cm;Ⅴ类围岩混凝土衬砌厚度100 cm。

### 2 工程地质

此段隧洞为燕山早期中粒黑云母二长花岗岩,隧洞围岩划分主要是以隧洞沿线的地形地貌、隧洞埋深、构造裂隙的发育程度、风化夹层分布密度、优势结构面走向与隧洞轴线的夹角以及地下水活动状态等工程地质条件,隧洞上覆岩体厚一般为160.0~350.0 m,围岩以灰白色中粒黑云母二长花岗岩为主,次为青灰色中细粒黑云母二长花岗岩,岩质坚硬,该洞段岩体风化夹层分布几率总体较低。分布于火烧坝2号沟上游的F<sub>x1</sub>断

层规模较大,断层带宽约 10.0~15.0 m,影响带宽度约 25.0 m,产状  $N30^{\circ}\sim 40^{\circ}W/SW(NE)$   $\angle 75^{\circ}\sim 85^{\circ}$ 。此外,小断层、挤压破碎带等软弱结构面时有出露,但规模均较小,破碎带宽度一般 $< 1.0$  m,产状与  $F_{x1}$  断层基本相同,走向与洞轴线夹角较大。该洞段岩体风化卸荷微弱,节理面一般新鲜、闭合无充填,裂隙间距多大于 40 cm,岩体较完整,呈块状一次块状结构,围岩以 III 类为主,IV、II 类次之,少量 V 类,成洞条件较好。但局部发育的断层、挤压破碎带和风化夹层等软弱结构面强度较低,主要为 IV 类或 V 类围岩,稳定性差。

### 3 开挖台车的优化

隧洞施工过程中,隧洞开挖台车均采用自制台车。根据设计施工蓝图,II、III 类围岩开挖高度比 IV 类围岩开挖高度高 1.45 m,V 类围岩比 IV 类围岩开挖高度高 0.25 m,由于引水隧洞地质原因,围岩变化较快,施工中经常出现 III 类、IV 类围岩交替情况,正常情况下开挖台车制作按 IV、V 类围岩高度考虑,II、III 类围岩开挖时需要将开挖渣料回填约 1.5 m 才能满足开挖和支护要求,此工序往往会耽搁 1~2 h,严重影响施工进度,同时,增加了机械和人工成本。

#### 3.1 原隧洞开挖台车

原隧洞开挖台车主要按照 IV、V 类围岩高度考虑,IV 类围岩上半洞开挖高度 7.65 m,V 类围岩上半洞开挖高度 7.9 m。台车高度为 5.9 m,长 6.0 m。台车门架(含侧翼)主要由立柱、横梁、斜撑及侧翼组成,均采用 I20 a 规格的工字钢。操作平台采用焊接的钢筋网片铺设,钢筋网片使用  $\Phi 14$  钢筋,间距为 80 mm(钢筋网纵向每隔 500 mm 再焊接  $\Phi 22$  的钢筋进行加固),并焊接牢固。台车护栏使用  $\Phi 48$  的钢管焊接,平台护栏高 1.2 m。

#### 3.2 优化后的液压升降台车

为确保不同围岩类别情况下上半洞开挖时底部开挖高程的连续性,项目管理团队根据工程的施工特点及现场实际条件对此进行专题研究,重新设计开挖支护台车。优化后的液压升降台车整体框架保持不变,主要增加实心轮胎以及液压升降系统(含配套设施)。

优化后的液压升降台车主要由门架、操作平台、实心轮胎及液压升降系统组成。门架主要由

立柱、横梁和斜撑组成,均采用 I20 a 规格的工字钢焊接。

#### 3.2.1 门架

门架由立柱及横梁焊接组成,焊接处使用三角钢板  $0.3\text{ m}\times 0.3\text{ m}\times 1\text{ cm}$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 厚)加强固定,台车共 4 樑门架,门架立柱高 3.96 m,横梁长 6.2 m,立柱与横梁转角处采用斜撑进行加固,斜撑采用 I20 a 工字钢,中心位置长 2.2 m,与立柱及横梁形成标准的直角三角形。

#### 3.2.2 操作平台

改进后的液压升降台车从下往上主要分为四层操作平台,其中第一层至第三层主要为台车侧翼操作平台,第四层为一个整体操作平台。

第一层操作平台主要为台车两侧的操作平台,此操作平台宽度为 2.9 m,距离地面高度 2.35 m。操作平台下方设置伸缩杆,伸缩杆采用 DN80 无缝钢管,钢管插入侧翼焊接好的带有圆孔钢板中就可以手动对钢管进行伸缩。为便于后期插入伸缩杆,将在侧翼(I20 a 工字钢)上焊接边长为 175 mm,厚为 10 mm 的正方形钢板,为更好地贴合工字钢边缘将钢板剪去约为长 47 mm、宽 22 mm 的长方形,并在剪好角的钢板上钻半径为 45 mm 的圆形孔,该圆孔与钢板上边缘相切。第一层圆孔钢板间距 725 mm,第二层圆孔钢板间距 667 mm。

第二层操作平台同样为台车两侧的操作平台,此操作平台宽度为 2.1 m,距离第一层操作平台高度 2.2 m。第一、二层操作平台均可以通过伸缩杆进行折叠收缩,操作平台上铺设的钢筋网片也制作成可折叠形式。为方便现场施工及台车行走,同时确保操作平台稳定性,在两侧操作平台横梁与立柱之间增加斜撑,斜撑采用 I20 a 工字钢。第一层操作平台斜撑工字钢高的中心位置长 1.5 m,第二层操作平台斜支撑工字钢高的中心位置长 1.0 m,斜撑与门架立柱形成  $60^{\circ}$  夹角,第一、二层操作平台圆孔钢板示意图见图 1。

第三、四层操作平台为一个整体,位于液压油缸上方,组成整个升降平台。升降平台钢架与台车门架相对应,升降平台分三层工字钢(I20 a)焊接。从下往上,第一层工字钢全长 7.6 m,并从两端往中间焊接与第一、二层侧翼相同的正方形圆孔钢板,间距 1.0 m,从两端往中间数第四个钢板

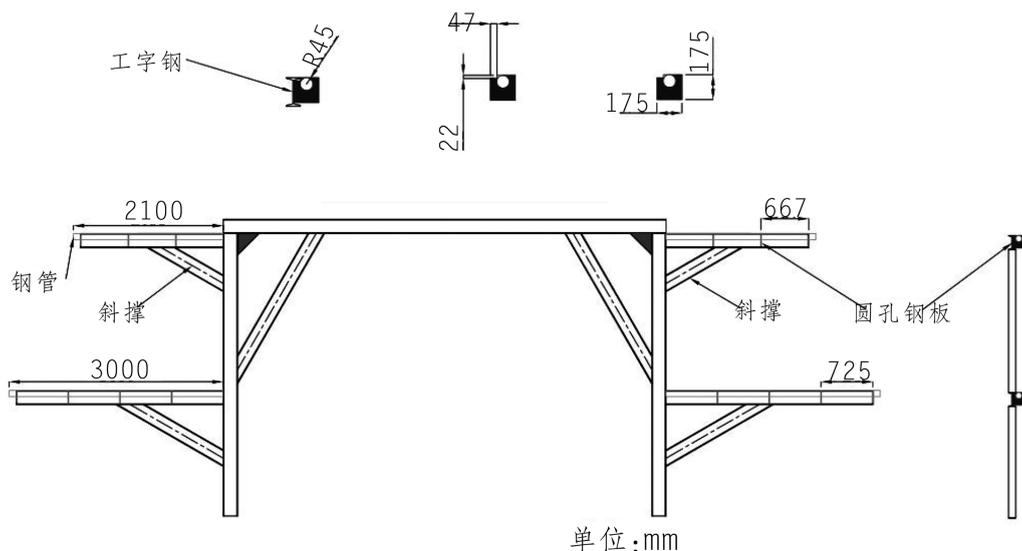


图 1 第一、二层操作平台圆孔钢板示意图

不打孔,用于伸缩杆的挡板,防止过度收杆;第二层使用两块高为 300 mm 的垫块(I20 a 工字钢立放)焊接位置在第三层工字钢(长 5.2 m)两端。第三层操作平台两侧宽度均为 1.0 m。

第四层操作平台为最上层操作平台,尺寸为 5.2 m×6.0 m(宽×长)。此平台可通过液压升降系统将其升降至合适的高度,满足现场施工要求。

### 3.2.3 增加实心轮胎

原开挖支护台车底板滑动采用两根纵向 I20 a 工字钢,使用装载机推动行走,如遇底板不平整,行走较困难。同时,底板摩擦力较大,装载机推行也比较耗时,对机械本身磨损较大。

优化后的台车在台车四周增加 4 组直径为 700 mm 实心轮胎<sup>[2]</sup>,实心轮胎 2 个为一组。前后车轮轴距为 5.3 m,左右车轮轴距为 6.0 m。台车的门架立柱与实心轮胎组上的工字钢焊接。采用实心轮胎主要有两个优点:

(1)台车行走速度更快,加快施工工序衔接,增加施工效率;

(2)台车推动更加省力,减少机械磨损,间接降低施工成本。

### 3.2.4 增加液压升降系统

液压升降系统主要通过在台车立柱上增加四个液压油缸的方式。液压油缸操作系统由厂家配套提供,液压油缸采用 140/70-1100 型,缸径 140 mm,杆径 70 mm,液压泵站压力等级 16 MPa,速比为 1.33,最大推力为 246 kN,即 24.6 t。根据现

场实测,升起或降低最大高度所需时间约 2 min。

液压油缸主要固定在台车框架最边缘四个立柱上,通过液压系统操作杆对其进行升降工作。液压系统操作设备主要固定在第一层操作平台上。改进后,液压升降台车收缩状态和液压升降台车升起状态分别见图 2、3。

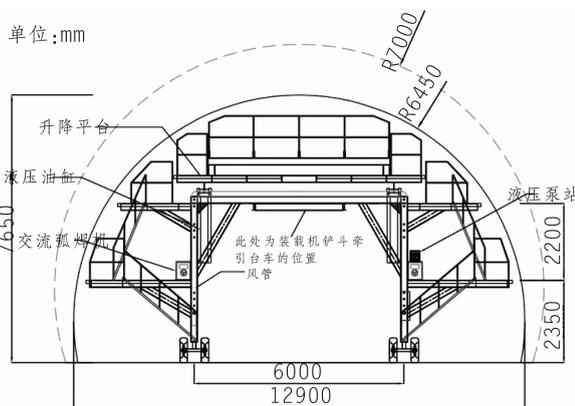


图 2 液压升降台车收缩状态

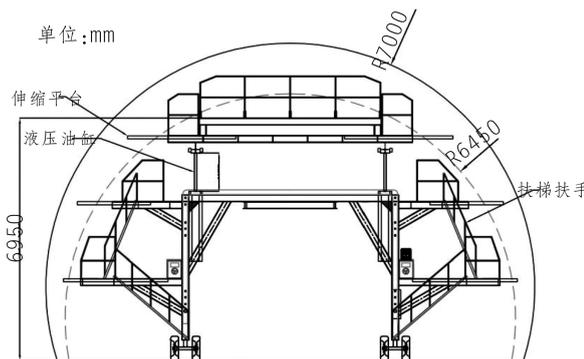


图 3 液压升降台车升起状态

### 3.2.5 风水管安装

为方便后续施工,台车设计要考虑风水管搭接。第1榀台车门架安装风管,主要设置在第一层操作平台下方立柱上,此处设置一个外接风管阀门,另在外接风管阀门旁设置1个主风管阀门接口,另一侧立柱上设置2个副风管阀门接口;第一层操作平台与第二层操作平台之间同样设置一个主风管阀门接口,4个副风管阀门接口,其中顶部两个副风管阀门接口主要用于液压升降台车升高后风管与手风钻连接。第2榀台车门架安装水管,其水管阀门接口位置与风管一致。

### 3.2.6 液压升降台车优劣

与原隧洞开挖台车相比,液压升降台车主要有以下优缺点:

(1)缺点:液压升降台车投入使用后,需定期对液压升降台车的液压升降系统进行检查,发现问题及时进行处理;使用液压升降台车的施工人员必须进行安全学习和培训后方可操作。

(2)优点:相对于原台车方案,液压升降台车通过四个液压油缸能够灵活调整操作平台高度,操作简单,推行方便,升降行程平稳。

①Ⅱ、Ⅲ类围岩开挖高度比Ⅳ类围岩开挖高1.45 m,由于引水隧洞围岩变化较快,施工中经常出现Ⅲ类、Ⅳ类围岩交替情况,正常情况下台车制作按Ⅳ、Ⅴ类围岩高度考虑,Ⅱ、Ⅲ类围岩开挖时需要垫渣才能满足施工高度要求,严重影响施工进度。液压升降台车通过顶升或收缩四个液压油缸使顶层施工平台可以灵活调整施工高度,Ⅳ、Ⅴ类围岩开挖时液压油缸处于收缩状态,Ⅲ类围岩开挖时顶升液压油缸,调整至适合开挖高度,这样,使施工操作方便、灵活,大大节约施工工序和时间,从而缩短施工工期。

②升降操作平台主要是通过液压油缸的压力传动从而实现升降的功能,其液压结构重量轻、体积小、运动惯性小、反应速度快,使升降机起升有较高的稳定性、宽大的作业平台和较高的承载能力,使施工作业范围更大并适合多人同时作业,它使高空作业效率更高,更能保障施工安全。

## 4 相关技术要求

(1)工字钢焊接不允许有裂纹、气孔、焊渣<sup>[3]</sup>等,其焊接质量须满足相关规范要求。

(2)对所有入场材料,必须检验核对质保资料,并取样进行试验,填写试验报告。按验收程序收货后分类保管,做好标记保管好样品。质量检查记录和试验报告要随样品一起保存备查。对检查验收不合格的材料、成品和半成品,不得用于本工程中;焊接工序严格执行“三检制”制度,确保焊接质量满足要求。

(3)台车操作平台高度均为属于高空作业<sup>[4]</sup>范畴,施工过程中做好安全保障措施。

(4)液压升降系统需定期进行维护、保养<sup>[5]</sup>,确保使用安全。

(5)液压升降台车需派专人进行操作。

## 5 结语

巴拉水电站引水隧洞工程通过将原来传统的开挖台车改为液压升降台车,解决了由Ⅱ、Ⅲ类与Ⅳ、Ⅴ类围岩之间因开挖高度差较大(1.45~1.20 m)造成增加施工工序的问题,优化后的液压升降台车使Ⅱ、Ⅲ类围岩及与Ⅳ、Ⅴ类围岩渐变段开挖时每个洞挖支护循环减少时间约1~2 h,大大提高工作效率,降低施工成本,同时,增加施工安全保障。液压升降台车已在巴拉水电站引水隧洞开挖、支护中成功运用,为后续类似隧洞工程提供参考和借鉴。

### 参考文献:

- [1] 吴海平,常彦斌.三板溪水电站泄洪洞特大断面隧洞开挖技术[J].贵州水力发电,2005,19(2):45-47.
- [2] 国家电网公司,国网新源控股有限公司,河北丰宁抽水蓄能有限公司.一种用于隧洞开挖的轮式移动台车[P].中国专利:201410575542.1.2015.04.08.
- [3] GB/T 33814-2017 焊接H型钢[S].
- [4] JGJ 80-2016 建筑施工高处作业安全技术规范[S].
- [5] 郝丙杰,王晓军.液压油缸日常维护及保养[J].城市建设理论研究,2014,(26):2137-2137.

### 作者简介:

吴桃(1988-),男,四川成都人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工

作;李东强(1983-),男,河南长垣人,高级工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工

作;陈俊宏(2002-),男,四川都江堰人,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工

作;周伟(1992-),男,山西太原人,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:卓政昌)