

超长距离、大断面引水隧洞钻孔灌浆 施工机械化研究与应用

张刚武, 殷国权, 王天西, 李德兵

(中国水利水电第七工程局成都水电建设工程有限公司, 四川 成都 611130)

摘要:隧洞在施工时往往要兼顾交通的作用。长距离隧洞钻孔灌浆施工组织、机具的选择决定其与开挖支护、衬砌等施工的干扰程度,施工协调难度大。以锦屏二级水电站1#、2#引水隧洞钻孔灌浆施工为例,介绍了超长距离、大断面引水隧洞钻孔灌浆施工机械化研究与应用。

关键词:引水隧洞;钻孔灌浆;施工;机械化;锦屏二级水电站

中图分类号:TV7;TV53;TV51

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2013)06-0001-04

1 工程概述

锦屏二级水电站工程枢纽主要由首部低闸、引水系统、尾部地下厂房等永久性建筑物组成,为一低闸、长隧洞、大容量引水式电站。电站地处深山峡谷地区,地质条件复杂,工程规模巨大,技术难度高,尤其是四条长16.7 km、最大深埋2 525 m、开挖直径为12.4~13 m的引水隧洞,其设计、施工技术水平处于世界前列,为世界最大规模水工隧洞。

其中1#、2#引水隧洞的钻孔灌浆总量超过110万m³,且合同要求2012年1#引水隧洞充水发电,2013年2#引水隧洞充水发电。鉴于锦屏二级水电站引水隧洞的特殊性,要让现有投入的设备发挥出更高的效率,就必须要有相应配套的辅助设施,提高钻孔灌浆施工机械化程度。

2 工程重点、难点分析

2.1 工程重点分析

固结灌浆压力最大达9.5 MPa,这在国内尚无先例,因此而成为本工程的技术难题之一;引水隧洞灌浆施工战线长十余公里,施工组织、水泥浆液输送、资源配置、施工保障等难度均较大;隧洞断面大,与开挖支护、衬砌等施工均有干扰,施工协调难度大;高压固结灌浆为引水隧洞施工最后一道工序,工程量大、施工强度高。故采取何种有效的措施保障固结灌浆在满足围岩加固和防渗质量要求的条件下按期完成是本工程的重点之一。

2.2 工程难点分析

该工程钻孔灌浆工程量之大属国内少有。灌浆工程的及时完成,是引水隧洞尽早实现充水过水的必要条件,其进度保证是本工程的一大重点。本标钻孔灌浆工作范围遍布整个引水隧洞(全洞段覆盖),受洞内混凝土衬砌进度制约,大量灌浆开展的相对较晚,工程后期施工时间极短,工期安排异常紧张;灌浆实施期间,与洞内运输及混凝土衬砌工序间的相互干扰严重。综合各方面原因可知,灌浆工程的进度保证同样是本工程的一大难点。

3 解决方案与对策

3.1 存在问题及对应策略

针对钻孔、灌浆工作而言,结合引水隧洞的特点和现场施工的实际情况,亟待解决以下几个方面的问题:

(1)采用何种辅助设施才能满足高度为11.2 m的钻孔、灌浆高度且覆盖洞室腰线(含腰线水平孔)以上所有范围;

(2)由于1#、2#引水隧洞内的施工总量里只有部分平底洞室,其余均为圆形洞室,钻孔、灌浆辅助设施如何避让土建施工单位的各种施工设备(如钢筋运输车辆、混凝土运输车辆、装载机、吊车等);

(3)如何满足多工作面的同时施工作业以及钻孔设备、灌浆设备的安装、拆除及钻孔施工作业的便捷性;

(4)采用何种辅助设施,才能更加有效地控制目标成本,提高经济效益。

收稿日期:2013-10-25

该工程的难度在于高达 11.2 m 的高位钻孔、多种角度的孔位布置以及小于 $\pm 1.5^\circ$ 的钻孔精度控制。在既要保证钻孔与灌浆质量的前提下,又要提高施工进度,还要控制目标成本,那就需要寻找一种合理的施工方式来解决。根据施工现场的实际情况,施工方式可以通过以下几种方案解决施工难度:

(1) 采用大型、行走式的全液压钻机(如多臂钻)钻孔,辅以一种灌浆平台进行灌浆作业;

(2) 各工作面采用大面积的排架施工方式进行钻孔和灌浆作业;

(3) 设计一种或多种能自行行走的台车,辅以公司现有的岩芯钻机、湘豹全液压钻机以及 Atlas ROC D7、汤姆洛克 700-2 全液压露天钻机,分别进行顶拱、腰线、底板的钻孔作业,配以一种灌浆平台进行灌浆作业。

3.2 对应策略的对比分析

(1) 采用大型的行走式全液压钻机钻孔。

根据目前的市场调查,可以完成 11.2 m 高度钻孔作业的大型全液压钻机比较稀少且价格昂贵。由于 1#引水隧洞施工工期短,施工强度大以及施工战线长等因素,大量投入大型的全液压钻机进行施工不太现实,况且大型液压钻机在圆形洞室钻孔作业会与中铁十八局的土建施工形成互相干扰的情况,对于整体施工部署不利;

(2) 采用大面积、多工作面排架施工。

①东端 1#引水隧洞总长 16.644 km,灌浆孔分布自引(1)2+500 至引(1)16+644.291 处,钻孔、灌浆总量超过 40 万 m,工作面分布超过 20 个,如果全部采用排架施工,架管与扣件的使用总量将不可估算;

②搭设排架需要大量的辅助人员和时间,对于整体施工部署不利;

③排架的搭设、拆卸过程还将与合作单位的施工形成互扰,将导致总体施工进度减缓;

④排架搭设完毕,还需要投入大量的竹夹板或马道板,这些投入不仅加大了成本投入,还将浪费大量的木材资源;

⑤排架搭设完成后不能移动,对于如此长的施工战线来说,无法实现不间断作业;

⑥安全方面,由于脚手架的搭设存在诸多不利因素,如扣件质量、紧固力矩以及施工人员的操

作习惯等因素,对于钻孔、灌浆的操作手以及排架下方通过的施工人员和设备都会造成安全隐患;

(3) 采用台车施工方案。

①台车加工、制作方便,可以根据工作面的分布情况确定台车数量;

②台车的安装、拆卸简单,占用施工通道时间短,可以避免与合作施工单位发生施工矛盾;

③台车投入使用后,全部钻孔、灌浆设备不需要单独转场,可以通过在洞室内安装的轨道快速地到达任意施工单元并立即开展施工作业,从而有效减少转场时间,提高施工进度;

④台车的平台可以很好地为施工人员提供安全施工的有利环境,也避免了对台车下方通过的施工人员和施工设备造成安全隐患;

⑤台车的安装拆卸只需要少量工作人员即可完成,进而可以减少人力资源的浪费;

⑥台车投入使用后,只需要少量的竹夹板和脚手架,从而可以避免资源浪费,降低总体成本。

4 钻孔工艺组合及钻灌平台开发

综上所述,采用大型的行走式全液压钻机钻孔方案与排架施工的方法不但不能提高整体施工功效,而且在总体成本控制以及安全施工等方面都存在很多困难。课题研究小组成员在短时间内多次前往施工现场勘察,实地了解各类钻机的综合性能并计算了施工现场钢筋运输车辆、混凝土运输车辆、装载机的通过频率、测量了各类车辆的实际尺寸、荷载重量等,研发了组合式钻孔工艺及钻灌平台。

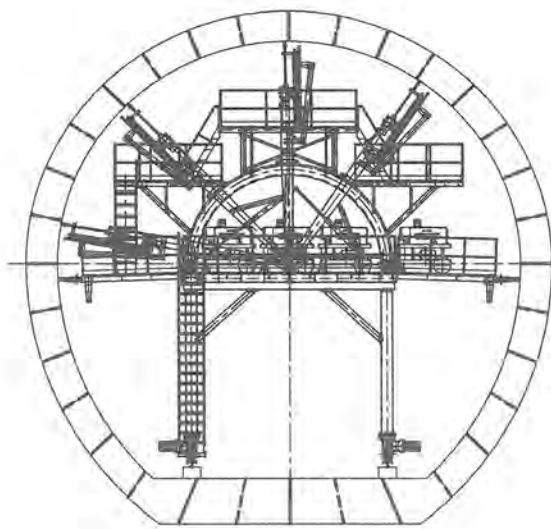
4.1 全液压自行式隧道钻孔台车

根据现场施工环境,结合圆形洞室的施工条件,既要满足钻机的钻孔高度及覆盖范围,又要达到台车下方能通过钢筋运输车辆、混凝土运输车辆的目的(图 1)。

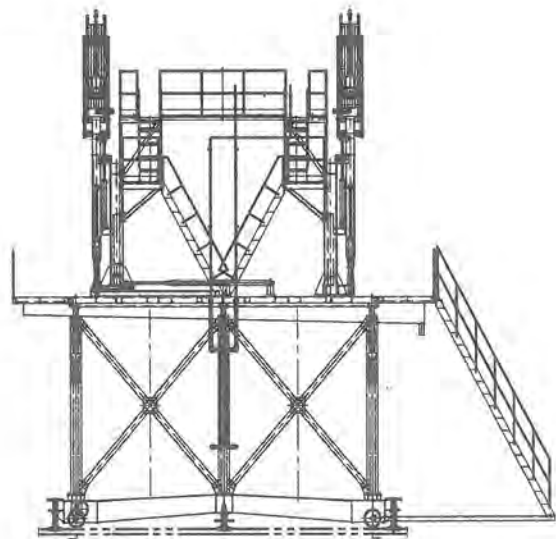
4.2 全液压自行式栈桥台车

(1) 根据现场施工环境,结合圆形洞室的施工条件,既要满足 Atlas Roc D7、汤姆洛克 700-2 全液压露天钻机在台车上钻孔、调头,又要满足钢筋、混凝土车辆的通过,达到钻机与其他设备错车的目的(图 2)。

(2) 充分利用现有的 Atlas Roc D7、汤姆洛克 700-2 全液压露天钻机钻孔设备,用以满足洞室腰线以下的钻孔作业。



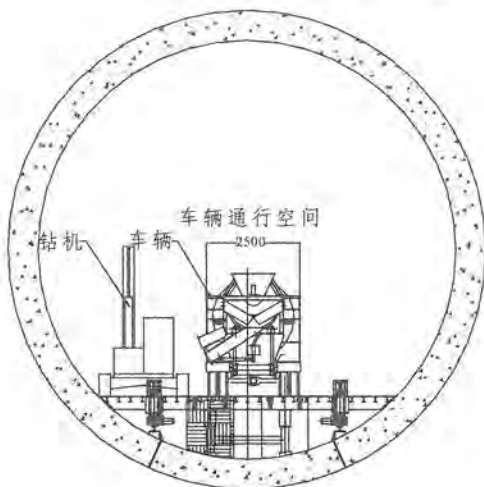
隧道钻孔台车 (立面正视)



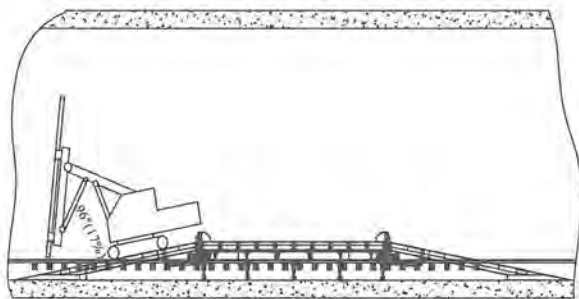
隧道钻孔台车 (立面侧视)

图1 隧道钻孔台车示意图

(1) 根据现场施工环境, 结合圆形洞室的施工条件, 既要满足灌浆作业的高度及覆盖范围, 又要达到台车下方能通过钢筋运输车辆、混凝土运输车辆的目的(图3);



栈桥台车 (立面正视)



栈桥台车 (立面侧视)

图2 自行式灌浆台车示意图

(3) 台车的构造要简单、合理, 安拆简便、操作方便, 能有效承受各种荷载, 整体承重可靠。

4.3 自行式灌浆台车

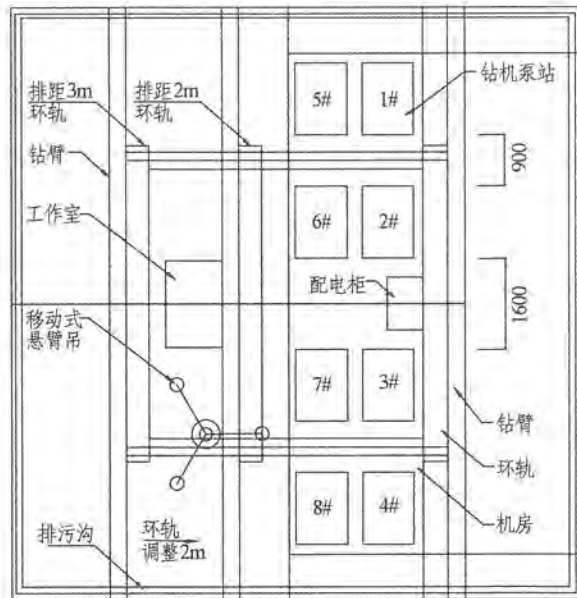


图3 自行式灌浆台车俯视图

(2) 结合现有灌浆设备, 充分利用灌浆台车平台的有限空间, 多摆放设备, 增加灌浆孔数量, 提高单台台车的灌浆量;

(3) 台车的构造要简单、合理、安装简便、操作方便。

5 研究成果及应用

(1) 综合性能:“隧道钻孔台车”、“栈桥台车”、“灌浆台车”在安装完毕并投入使用后,得到了现场监理、设计及施工人员的一致好评。

(2) 隧道钻孔台车与灌浆台车配合使用,达到了前面钻孔、后面灌浆,钻孔和灌浆互不干扰的合理工作程序。

(3) 安装、拆卸简单、方便、快捷。隧道钻孔台车在设计时,充分考虑了洞室内的施工环境,其所有构件均满足 12 t 吊车的起重范围,也满足普通运输车辆的装载范围,主要构件全部由高强度螺栓连接,安装、拆卸方便,在台车重复使用的过程中,减少了材料浪费。

(4) 钻孔设备安放简单、便捷。钻孔设备可以通过台车自身配置的小吊车或其他起重设备方便地放置在台车平台上,8 台液压泵站集中管理,可以减少电缆的使用,避免了各种油管混乱穿插并方便操作手操作和维护,在施工安全与设备管理方面优于排架。

(5) 台车每个悬臂的根部均与洞轴线重合,通过变幅油缸,能方便地将钻机调整到任意一个覆盖范围内的钻孔孔位;在成孔角度的控制方面,简单、快捷、受控。

(6) 安全文明施工,台车平台两端设计的集水槽能将钻孔时流出的污水集中收集并通过排污管道排到指定地点。

(7) 施工进度。钻机在台车上一次性被固定后,免去了搭设排架、移设钻机和减少电缆、管道铺设的辅助时间,增加了钻孔时间,提高了钻孔效率。

(8) 栈桥台车的投入使用,可以使 Atlas Roc D7、汤姆洛克 700-2 全液压露天钻机在台车上方便地钻到洞室腰线以下的灌浆孔,两种台车配合使用,形成了上下工作面的无缝链接,达到了设

计目的。

(9) 栈桥台车不仅可以提供钻机的打钻平台,还实现了 Atlas Roc D7、汤姆洛克 700-2 全液压露天钻机在圆形洞室内原地调头的目的,从而免去了钻机调头的行走路程和行走过程中不必要的磨损,增加了钻孔时间,减少了油料消耗和设备磨损,降低了钻孔成本。

(10) 新颖、合理地集成模块化的设计,保证了“隧道钻孔台车”、“栈桥台车”、“灌浆台车”在安装、使用、拆卸的过程中未发生一起安全事故,与传统施工工艺相比,大大降低了事故发生率。

6 结 语

锦屏二级水电站“全液压自行式隧道钻孔台车”、“全液压自行式栈桥台车”、“自行式灌浆台车”获得了国家实用新型专利。锦屏二级水电站共投入台车 69 台,工程完工后,“自行式灌浆台车”由锦屏二级水电站 C5 标引进 4 台,长河坝水电站引进 10 台,黄金坪水电站引进 4 台。

在超长距离、大断面引水隧洞钻孔灌浆施工机械化研究与应用方面,锦屏二级水电站因地制宜地做了很多工作,从设计到应用取得了丰硕的成果,但是还需进一步进行探讨和改进,争取在全国乃至全球类似工程中进行推广和应用。

作者简介:

张刚武(1974-),男,四川德阳人,项目副经理,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

殷国权(1978-),男,四川成都人,副总经理兼项目经理,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

王天西(1985-),男,河南平顶山人,主任,助理工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

李德兵(1987-),男,四川德阳人,主任,助理工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

首个光伏国家级重点实验室通过验收

10月26日,英利集团承担的“光伏材料与技术国家重点实验室”项目顺利通过专家组验收,成为我国光伏行业首个成功通过验收的国家级重点实验室。“光伏材料与技术国家重点实验室”于2010年1月15日获科技部批准筹建,以英利集团完整光伏产业链生产和技术模式为依托,主要从事全产业链的晶体硅光伏材料、太阳能电池、光伏组件、光伏发电系统的基础及应用研究。“光伏材料与技术国家重点实验室”通过验收,表明我国光伏行业技术创新体系建设取得了重要突破,有利于进一步促进我国光伏行业技术水平的提升,发挥英利集团在行业的带动作用。同时,借助国家重点实验室平台,英利集团将在更大范围内加强与高校、研发机构的交流与合作,这对加快关键和共性技术研发、引领国内光伏技术的发展、支撑光伏行业的技术进步具有重要意义。