

# 索普拉多拉水电站互联工程洞室群 关键技术研究

宋海亮

(中国葛洲坝集团第二工程有限公司,四川成都 610091)

**摘要:**厄瓜多尔索普拉多拉水电站互联工程洞室群断面不一,各种洞室在不同高程布置,且又相互联系,如何安排施工顺序是施工过程中的一个重点、难点。通过厄瓜多尔索普拉多拉水电站互联工程洞室群关键技术研究,避免了施工各作业面间的干扰,在施工布置、程序、方法及工期安排方面更为合理,大大缩短了工期,加快了进度,为引水系统前端取水结构——互联工程节点工期的顺利实现创造了有利条件。

**关键词:**水电站;互联工程洞室群;技术研究;施工方法

**中图分类号:**[TM622];U453.2;D911.04

**文献标识码:**B

**文章编号:**1001-2184(2018)02-0162-02

## 1 概况

厄瓜多尔索普拉多拉水电站互联工程洞室群断面尺寸大,最大断面14 m×21 m,主要包括互联室、闸门室、互联隧洞、溢流洞及互联竖井及等项目,各种洞室在不同高程布置,且又相互联系,如何安排施工顺序是施工过程中的一个重点、难点。

## 2 主要施工方法

### 2.1 保证开挖支护施工进度

针对互联工程洞室工程量大的特点,为了确保施工强度,在生产组织、施工方案、设备选型上采取了相应措施。在生产组织上快速形成多个工作面同时作业的局面;将工程量最大的中层开挖从洞挖施工式转变为明挖施工方式,采用深孔梯段微差爆破,侧壁沿边线垂直钻孔先行预裂,这样,有效地减少施工程序,加快施工进度;在设备选型上采用大型钻爆和挖、装、运设备,确保开挖施工进度。

### 2.2 综合措施

为了确保围岩稳定,采取了以下综合措施:

(1)互联室和互联隧洞分两层开挖,上层采用中导洞先行,扩挖跟进,顶拱及时支护,支护完成后进行下层开挖施工。

(2)互联工程洞室群采用光面爆破、预裂爆破技术,减少爆破振动对围岩的影响,确保开挖轮廓准确,减少围岩应力集中。

(3)加强爆破振动监测,进行数据分析。开挖过程中,及时埋设各种监测仪器,根据监测数据,及时调整开挖程序及爆破参数,减轻开挖爆破对围岩的影响。

(4)配备丰富经验的地质工程师,及时预测预报工程地质情况,分析工程地质问题,确定围岩类别。

### 2.3 确保围岩稳定

互联室和闸门室分两层开挖,上层要先开挖中导洞,支护跟进,中导洞支护完成后再进行两侧扩挖。下层开挖中部先行,两侧预留保护层。爆破采用光面爆破技术,尽量减少爆破振动对围岩的影响,以保证开挖轮廓准确,减少围岩应力集中。

互联室、闸门室及互联隧洞等洞室群开挖施工程序,见图1、2。

### 2.4 确保开挖成型质量

互联室和互联隧洞上层周边孔光面爆破孔、中层预裂爆破孔、下层底板光面爆破孔施工质量和合适的爆破参数是减少超欠挖关键,因此,要严格按照以下措施进行:

(1)开挖前认真做好爆破设计,特别是光面爆破和预裂爆破参数设计,并进行爆破试验,以选择和确定合理的孔排距、单耗等爆破参数,获得比较满意的爆破开挖断面。

(2)在开挖过程中,根据岩石变化和爆破情况,及时修正爆破参数,以减少超挖和欠挖。

(3)采用先进的测量仪器和先进的测量控制

收稿日期:2018-04-17

互联隧洞 (0+089.23~0+190.87) 和互联室开挖程序、分层示意图

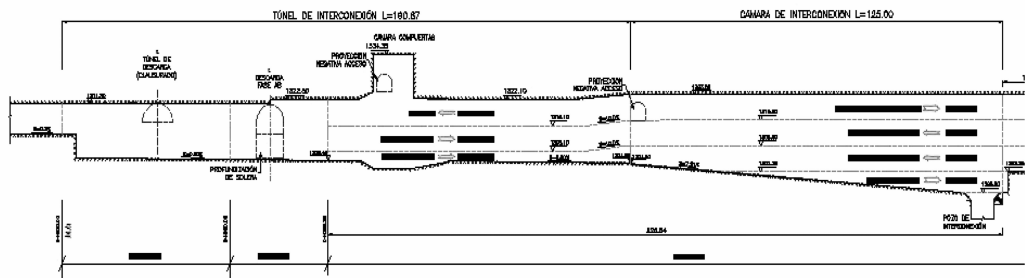


图1 互联隧洞和互联室开挖程序、分层示意图

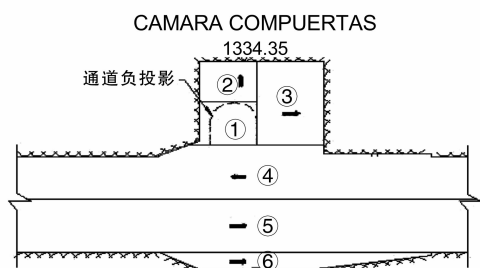


图2 闸门室开挖顺序、分层示意图

手段提高观测效率和观测质量,每次钻孔前均需进行孔位放样。

(4)每循环进行测量放样时,均对上一循环开挖断面进行复查,并将超欠挖情况及时通知钻孔人员,以便对钻孔角度进行调整,减少超欠挖。

(5)钻孔严格按照爆破设计图纸施工,定人定位施钻,每循环炮孔由爆破工程师进行检查。周边孔偏差不大于 5 cm/m,爆破孔偏差不大于 10 cm,以减少超挖和减轻对围岩的破坏。

## 2.5 支护施工及时跟进

### 2.5.1 锚杆施工

(1)施工工艺。钻头直径应大于锚杆直径 15 mm 以上,采用“先注浆,后插杆”的方法施工。

(2)施工方法。① 钻孔:采用测量仪器在支护部位按设计间排距测放并标示孔位,钻孔完毕后用压力风将孔道清洗干净,经检验合格后,临时封堵孔口。② 注浆:按照试验室提供的砂浆配合比拌制水泥砂浆,注浆锚杆水泥砂浆的抗压强度等级为 M20。砂浆应拌和均匀,随拌随用,一次拌和的砂浆应在初凝前用完,并严防石块、杂物混入,钻孔注满浆后应立即插杆,在砂浆凝固前,不得敲击、碰撞和拉拔锚杆。

(3)质量检验。锚杆质量检查采用无损检测法,锚杆长度抽检数量每作业区不小于 5%,杆体长度不小于设计长度。砂浆密实度检查按作业分区 100 根抽查 1 组(不少于 3 根),锚杆注浆密实不得低于设计值。

### 2.5.2 混喷射混凝土施工

(1)受喷面准备工作:喷射施工前清理受喷面,清除开挖面浮石、石渣或堆积物,挖除欠挖部分,用高压风水冲洗受喷面。对受喷面渗水部位,采用埋设导管、盲管或截水圈等作排水处理。

(2)喷射作业:喷射混凝土自下而上施工,喷射作业时,保持工作风压稳定,连续供料。

(3)养护:喷射混凝土终凝 2 h 后,及时进行洒水养护,保证混凝土湿润时间不少于 7 d。

(4)质量检查和验收。① 喷层厚度检查:喷射混凝土厚度采用钻孔方法检查,所有喷射混凝土都必须经工程部、安质环部、计划合同部联合验收。② 喷射混凝土强度检查:在喷射过程中按照相关规范规定和技术要求进行现场取样试验,试验成果资料报送试验室。

## 2.6 施工安全

洞室群开挖危险源多,安全问题突出,针对互联工程洞室群开挖安全控制重点,要确保洞挖施工安全,采取以下措施:

(1)加强安全警戒。严格按照本项目安全环保规范及爆破安全流程规定的爆破警戒范围警戒,确保章子面爆破时相邻掌子面作业人员全部撤至安全地点。

(2)灵活布置,确保交通畅通。要保证洞挖施工强度,交通是关键。在施工过程中,根据现场

(下转第 181 页)

—高拱坝工程、大型地下厂房工程、大型地下洞室群工程、大规模地下基础处理工程以及7条长度各约17公里、直径13米的引水隧洞和交通隧洞的设计、施工和建成后的管理都是世界级难题。

“三峡最大、锦屏最难”，这是业内人士的共识。雅砻江流域水电开发有限公司在开发锦屏水电站过程中，通过与国家自然科学基金会共同成立雅砻江水电开发联合研究基金等方式，组织知名院士等专家进行科技攻关，共创造了20项世界第一、20项国内第一、23个首创，多个项目获国家科技进步奖，最终创造性解决了世界级难题。此外，雅砻江公司还与清华大学等高校合作，建成世界上埋深最深、环境最洁净的极深地下实验室。实验室位于地下2 525多米，宇宙射线可降低到亿分之一，是当今世界埋深最深的地下实验室，也是我国设立的第一个极深暗物质探测实验室，它为我国乃至世界上从事“暗物质研究”的科学

家提供了一流的实验环境。

锦屏水电站的建成，还大大提升我国大型水电工程建筑材料的研发和生产水平，使我国隧道及地下工程技术再跃一个新台阶。用于锦屏工程的水轮发电机组、高压电器设备和直流、交流输变电设备实现了全部国产化，极大地提升了我国机电工业的制造水平。

该项工程的技术成果极大推进了本领域的科技进步，并作为技术攻关成功范例写入《电力发展“十三五”规划》，对此后我国深埋地下工程建设起到引领和示范作用。

四川40年的水电开发，硕果累累。企业利益、民众利益、政府利益和社会利益不仅有机统一在一起，而且推动了一、二、三产业联动，形成完整的有机产业链，有效地促进了四川城乡经济大力发展。

(责任编辑:姚国寿)

(上接第163页)

实际情况,综合考虑,灵活布置,并保证洞内交通畅通。洞内风水管线统一利用挂钩进行布置,底板进行回填碾压。

(3)深入观察,认真排险。施工前首先检查围岩情况,危石清除后方能继续施工。每次爆破后仔细排除松动岩块,及时清除危岩。

(4)每次爆破前,现场施工和安全人员做好爆破警戒工作。爆破后爆破员、安全员必须检查爆破情况,处理相关事宜。

## 2.7 质量达标

(1)安排有丰富经验的专业技术人员担任施工技术及质量检查工作,所有人员均持证上岗。在施工前按施工组织设计、质量计划、作业指导书对施工人员进行层层交底。

(2)对各道工序实行三级质检制度,在自检合格的基础上,报请质安环部检查验收合格后进入下道工序施工。

(3)施工中所有工序都须认真填写详细的施工记录和验收签证记录单,对施工中发生的任何质量异常情况都要快速及时的向有关部门通报。

## 2.8 作业环境

技术合理、安全可靠且经济实用的通风系统,

是洞室群开挖成败的关键,对整个工程的施工方案及施工进度起着不可忽视的甚至决定性的作用。互联工程洞室群开挖通风采用压入式与吸出式相结合的循环混合通风方式。首先在洞口布置一台2×75 kW轴流风机进行压入式通风,然后在隧洞内设置一台30 kW吸出式风机,形成开挖风流循环系统,取得较理想的实践效果。

## 3 结论

厄瓜多尔索普拉多拉水电站互联工程洞室群断面不一,各种洞室在不同高程布置,且又相互联系,如何安排施工顺序是施工过程中的一个重点、难点。通过厄瓜多尔索普拉多拉水电站互联工程洞室群关键技术的研究,避免了施工各作业面间的干扰,在施工布置、程序、方法及工期安排方面更为合理,大大缩短了工期,加快了进度,为引水系统前端取水结构——互联工程节点工期的顺利实现创造了有利条件。该研究成果的实施也将为国内外相类似的工程提供强有力的技术支撑,尤其在洞室群施工连续性方面,节省工期,降低成本,是值得借鉴的。

作者简介:

宋海亮(1987-),男,吉林通化人,大学本科,工程师,从事水利水电施工技术管理工作。

(责任编辑:卓政昌)