

厄瓜多尔索普拉多拉水电站 343 m 超深高压 竖井开挖支护施工技术研究

闫平, 黄传庚

(葛洲坝集团第二工程有限公司, 四川 成都 610091)

摘要:索普拉多拉水电站高压竖井深度达 343.76 m, 开挖施工难度大, 技术要求高。对该高压竖井开挖支护施工方案和垂直运输方案的选择以及竖井开挖支护过程中的技术难点进行了深入分析和研究, 值得类似条件下的竖井施工借鉴。

关键词:厄瓜多尔; 超深竖井; 开挖支护; 技术研究

中图分类号: TV52; TV7; TV554

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2013)02-0037-04

1 工程概况

索普拉多拉水电站位于南美洲厄瓜多尔国境内, 是伯特河流域上的重要梯级, 为地下厂房式发电站。水电站由三台混流式发电机组组成, 发电水头为 375.6 m, 单机容量 162.6 MW, 总装机容量 487.8 MW。

电站由高压竖井连接引水隧洞上平段与埋深 430 m 的地下厂房。竖井设计断面为圆形, 开挖典型断面直径为 7.3 ~ 6.2 m, 垂直开挖高度 343.76 m。地质资料显示无大断层通过, 围岩整体稳定, 岩石强度为 40 ~ 60 MPa, 具备较好的成洞条件。

2 开挖支护施工方案

2.1 开挖支护总体方案的确定

高压竖井开挖采用“反井钻机导井法”和“人工溜渣井 + 自上而下扩挖”的施工方法。首先采用 BMC400 型反井钻机造 $\varphi 270$ 导向孔, 接着由反井钻机自下而上进行 $\varphi 1.4$ m 导井开挖, 然后由人工自上而下对导井进行扩挖形成 $\varphi 3.4$ m 溜渣井, 最后由人工自上而下进行 $\varphi 7.3$ m 竖井全断面扩挖及支护施工。

鉴于竖井深度达 343.76 m, 且因岩层走向和硬度变化、地质缺陷等潜在因素影响, 是否能够竖直开挖至底部与引水隧洞下平段准确连接非常重要。为此, 竖井开挖前, 制定了两套开挖施工方案。方案一: 采取竖井全高一阶段开挖; 方案二: 增加水平支洞, 分段进行竖井开挖方案。

(1) 方案一: 竖井全高一阶段开挖支护。

采用反井钻机全高一阶段完成竖井导孔钻设和

导井扩挖施工。由于反井钻机的偏斜率不超过井深的 1%, 即导孔钻设完毕, 与引水隧洞下平段的中心线水平最大偏差不超过约 3.44 m。若控制得当, 此偏差会更小。该方案的优点是反井钻机、开挖提升系统及相关辅助设施仅需安置和拆卸一次, 既节省了竖井施工的直线工期, 且不增加支洞费用。难点主要是反井钻机偏斜率的精度控制要求非常高, 要求在 1% 偏斜率的基础上, 再进一步减小偏差。若第一次导孔钻设偏斜率较大而成为废孔, 则重新钻设导向孔需增加竖井直线工期; 其次是竖井扩挖提升系统的施工安全管理难度较大。

(2) 方案二: 增加水平支洞, 分段进行竖井开挖支护。

增加一条 330 m 长的水平支洞 (5 m × 5 m, 城门洞型) 至 343.76 m 竖井中段, 将超深竖井分两段施工, 上段竖井深 106.33 m, 下段竖井深 237.43 m。该方案的主要优点是按照 BMC400 型钻机不超过 1% 井深的偏斜率, 可以控制竖井与引水隧洞下平段准确连接, 从而降低了因导孔偏斜过大、重新钻设的工期风险; 其次是竖井分段施工后, 扩挖提升系统的安全管理难度较小。但由于需增加支洞、增加预算费用且因竖井要分两段施工, 反井钻机、开挖提升系统及相关辅助设施的拆卸和安置各增加 1 次, 均需增加竖井的直线工期。

综合考虑以上因素和分析结果, 决定采用方案一进行超深高压竖井的施工。

2.2 导向孔和导井施工

采用反井钻机进行导向孔和导井施工。反井

钻机就位后从上往下钻设导向孔($\varphi 270$),然后自下而上进行导井($\varphi 1.4$ m)扩孔施工。导向孔钻进过程中,定期采用测斜仪测斜,及时掌握导向孔

偏斜度,发现异常情况采取加设稳定杆、控制钻进速度、控制钻机水平度等措施进行纠偏。导向孔和导井施工方法见图 1。

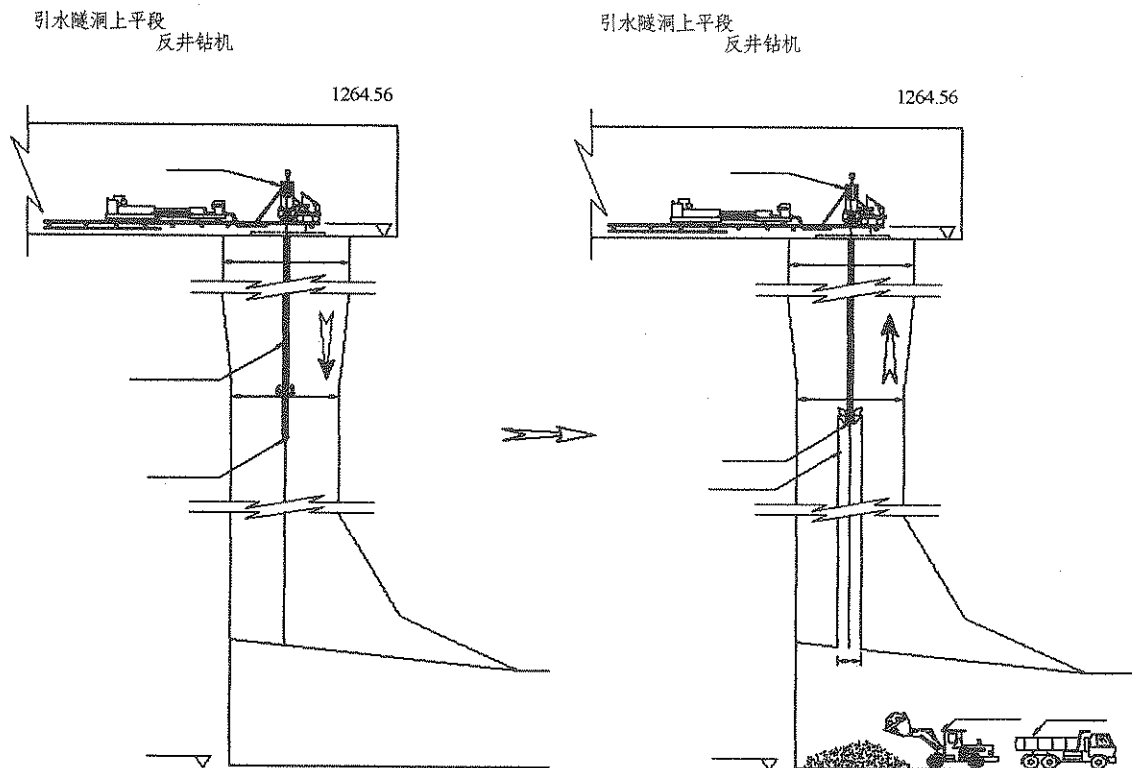


图 1 导向孔和导井施工方法示意图

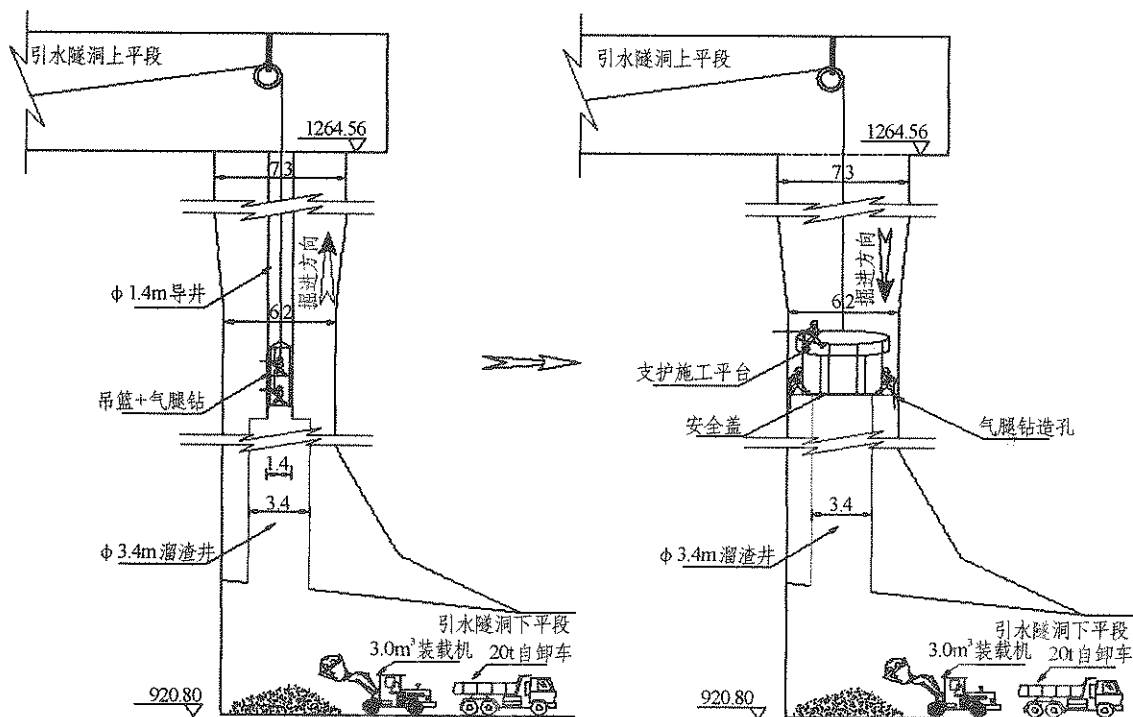


图 2 溜渣井及全断面扩挖施工示意图

2.3 溜渣井及全断面扩挖施工

溜渣井($\varphi 3.4\text{ m}$)采用从下往上分段钻爆的方法进行施工,每12 m为一段,全井分28段进行扩挖。溜渣井扩挖采用小型施工吊篮作为施工平台,吊篮采用10 t卷扬机牵引,吊点设在竖井正上方,吊篮设两层,每层容一人,采用气腿钻在导井井壁上钻设略下倾的水平孔,水平孔间排距为0.8 m,钻孔深度1.15 m。

竖井全断面($\varphi 7.3\text{ m}$)扩挖采取“竖直造孔,周边光爆”的方法进行,单循环爆破进尺3 m左右。光爆参数通过试验确定并随施工过程逐步进行优化。溜渣井扩挖及全断面扩挖施工方法见图2。

2.4 支护施工

为确保支护施工紧跟全断面扩挖施工,需加工一支护施工平台(图2、3)。锚杆采用TY-28手风钻造孔,MZ-1注浆机注浆,人工安装。

喷混凝土料采用溜料管($\varphi 200$ 钢管)溜至支护工作平台上的集料斗,小型湿喷机施喷。

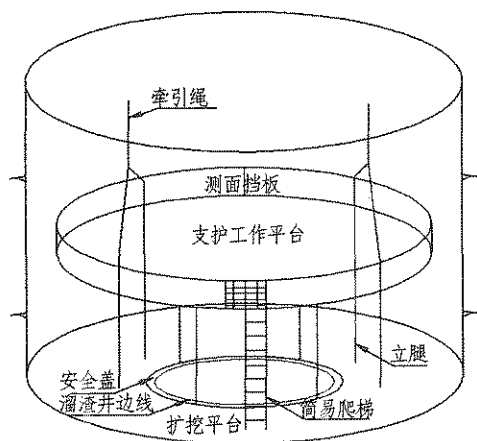


图3 竖井大吊篮施工平台示意图

3 垂直运输方案

3.1 垂直运输方案的确定

竖井垂直运输配备一台10 t主卷扬机和两台5 t副卷扬机,溜渣井扩挖的小吊篮采用10 t主卷扬机牵引。由于竖井深度达343.76 m,故垂直运输的安全至关重要。经研究确定了采用升降吊篮的方案合理可行,安全度较高。

3.2 垂直运输方案

本工程垂直运输采用升降吊篮方案,吊篮采用卷扬机牵引,卷扬机布置在上平段距竖井中心

约30 m处。在井口正上方设置承重横梁,钢丝绳由卷扬机发出经安装在承重横梁上的定滑轮转入井内与吊篮相连。钢丝绳分主绳($\varphi 28$)和稳绳($\varphi 21.5$)两种,定制卷绳长度为400 m。主绳由中间的10 t主卷扬机牵引,与吊篮相连;稳绳由两边的5 t副卷扬机牵引,与吊篮下方的支护施工平台相连。为防止吊篮打转,稳绳须通过从吊篮外侧伸出的滑轮。在竖井井口架设人行栈桥,人行栈桥中间的预留孔供通行。

支护施工平台下方设安全盖,由可自由调节长度的钢索悬挂在支护平台下方,用于堵住溜渣井井口,确保施工安全,安全盖兼作支护施工平台的配重(图4)。

喷混凝土料等松散而较重的材料由沿井壁敷设的 $\varphi 200$ PVC管溜送至支护施工平台,人员、机具和其它材料采用吊篮垂直运输,支护施工平台仅供支护用,原则上不承重。

4 施工中的难点、重点及对策

4.1 导孔钻孔精度控制

竖井导井施工成败的关键在于导孔钻孔的精度控制。高压竖井深约371 m,开挖洞径7.3 m,终孔偏差率要保证不大于1%,否则将成为废孔。导孔偏斜度纠偏常采用的有效方法为勤测孔斜、回填高强混凝土(并等强)重新钻进、中部加稳定杆、控制钻速和钻机的水平度等。

4.2 不良地质岩层中的导孔施工

在该工程高压竖井开挖支护过程中,导孔钻设时可能遇到两个地质问题:一是遇溶洞(群)导致孔口不返水,钻机扭矩增大而影响正常钻孔;二是遇中高硬度、具有导向作用的岩层导致多次钻孔偏斜过大,成为废孔。

遇到溶洞(群)后,一般采用孔内回填灌浆的方式进行处理。灌浆以灌砂浆或强度等级较高的一级配混凝土为宜。回填的砂浆和混凝土可掺速凝剂,等强后沿原孔继续钻进。

导孔钻进过程中遇到对钻孔导向与岩层走向夹角较大、具有一定导向作用的硬质陡倾角岩层时,一般采用“钻进→孔斜测量(若偏移超标)→孔底爆破→固结灌浆→再钻进→孔斜测量”的办法,经反复爆破和固结灌浆,最终破坏并穿过该“导向”岩层,顺利终孔。

5 结语

厄瓜多尔索普拉多拉水电站 343.76 m 高压竖井属于国内、外超深竖井之一,全高一阶段开挖到

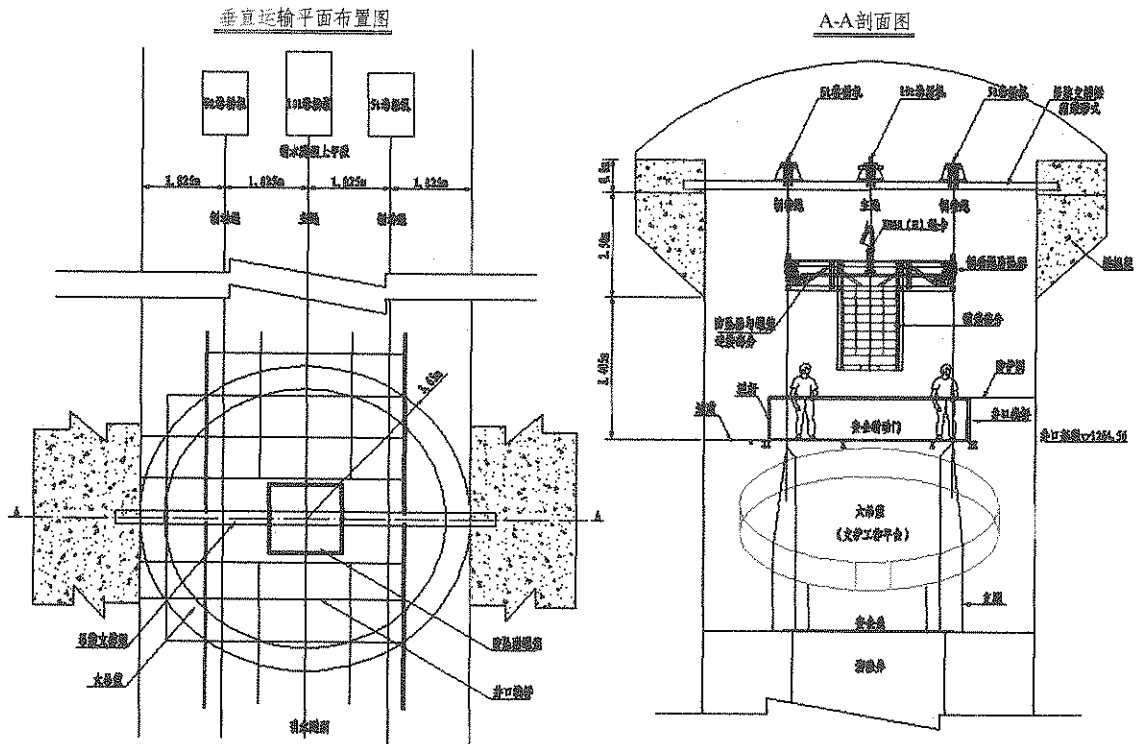


图 4 高压竖井垂直运输系统布置图

底,施工难度极大。从开挖支护施工方案和垂直运输方案的确定,到导孔钻孔精度的控制和不良地质条件对导孔钻孔的影响及对策,都经过反复讨论和研究,施工技术趋于成熟,适合实际应用和推广。

作者简介:

闫平(1980-),男,陕西凤翔人,项目副总工程师,工程师,学士,从事水电工程施工技术与管理工作;

黄传庚(1974-),男,江西分宜人,项目经理,高级工程师,学士,从事水电工程施工技术与管理工作。(责任编辑:李燕辉)

第一次全国水利普查顺利完成

历时3年的第一次全国水利普查顺利完成,普查主要成果将在今年3月正式向社会公布。本次水利普查摸清了水利家底,填补了重大国情国力信息空白,完善了国家基础水信息体系。本次普查动员近百万普查人员,综合运用了社会经济调查和资源环境调查的先进技术和方法开展工作,利用了最新的国家基础测绘信息和国产遥感影像数据,提高了普查数据精度和工作效率。先后完成了全国9900多万个水利普查对象的清查,4亿多条普查数据的采集、处理、审核和汇总,以及江河湖泊、各类水利工程、水利机构及重点经济社会取用水户空间数据的提取与标绘工作。水利普查是一项重大的国情国力调查,是国家资源环境调查的重要组成部分。普查对象是我国境内流域面积大于50平方公里的江河和面积大于1平方公里的湖泊、所有的水利工程、水利机构以及重点经济社会用水户。水利普查对象范围广、调查任务、技术要求高、工作难度大。普查开展以来,在国务院的统一领导下,各地区、各有关部门和各级水利普查机构精心组织,科学实施,密切合作,扎实工作,如期完成了各项普查任务。广大普查工作人员尽职尽责、无私奉献,付出了艰辛劳动,作出了重要贡献。本次水利普查方法科学、调查规范,数据翔实、质量可靠,取得了丰富而宝贵的成果。普查成果全面反映了我国基本国情水情,一是摸清了水利家底,获得了全国反映我国水资源及其开发、利用、治理、保护和管理等方面情况的本底资料;二是填补了国情国力信息,查清了大江大河、大中型水利工程、中小河流、小微型水利工程的基本情况;三是完善了国家基础水信息体系,获得了更为准确、细致、权威的基础数据;四是形成了一整套具有重要应用意义的信息体系。这些成果为准确判断水利发展现状、分析江河湖泊开发利用程度、评价水资源调控能力、研究供用水变化规律提供了更为翔实深入的资料,为社会各界了解水利提供了丰富信息,为完善治水方略、谋划水利改革发展提供了更为科学可靠的决策依据。近日召开的领导小组第二次全体会议提出,要善始善终做好水利普查后续工作。要尽快报批普查成果,做好普查成果发布和宣传,推进国家基础水信息平台的建设,深入开发利用普查成果。