

# 大岗山水电站出线竖井穹顶开挖施工技术

雷 宏

(中国水利水电第七工程局有限公司,四川 成都 610081)

**摘 要:**大岗山水电站出线竖井穹顶类比国内其他地下洞室穹顶具有施工高度高、穹顶断面小、地质条件差且不具备使用大型设备施工条件等特点。通过优化施工程序、控制开挖施工方法及加强随机、超前支护方案,确保了穹顶开挖成型和施工安全,可供类似工程借鉴。

**关键词:**穹顶;程序;开挖方法;安全;大岗山水电站

中图分类号:TV7;T554;TV52

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2014)06-0024-04

## 1 概 述

大渡河大岗山水电站位于四川省雅安市石棉县挖角乡境内的大渡河中游干流上,总装机容量为260万kW。引水发电建筑物由电站进水口、4条压力管道、地下厂房、主变室、尾水调压室、尾水隧洞、尾闸室及尾水出口等组成。

两条出线竖井平行布置在主变室下游侧,开

直径为9.7 m,竖井下部通过出线平洞C与主变室相连;上部通过出线平洞A、B与开关站连接,通过厂坝联系洞与3#隧洞相通。出线竖井上部布置在出线平洞A段两端,出线竖井顶部结构形式为圆弧球型穹顶,穹顶顶部开挖高程为1180.73 m,距离出线平洞顶拱14.98 m。出线竖井高程1154.11 m以上立面布置情况见图1。

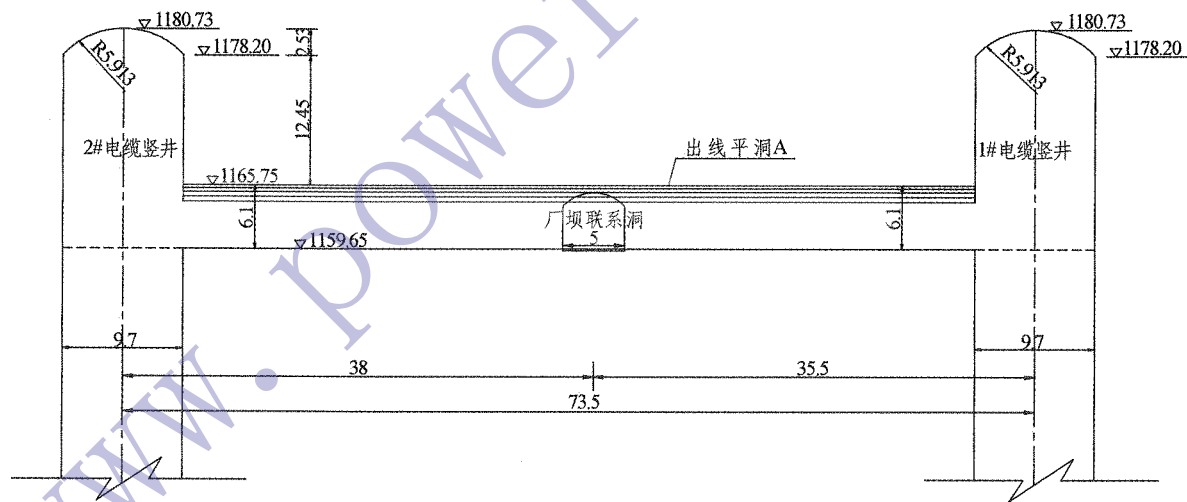


图1 出线竖井高程1154.11 m以上立面布置示意图(单位 m)

出线竖井上部围岩主要为灰白色、微红色中粒黑云二长花岗岩( $\gamma_{24}-1$ ),局部穿插辉绿岩脉。全强风化花岗岩及断层破碎带为V类岩体,围岩不稳定;弱风化上段花岗岩为IV类围岩体,围岩不稳定;弱风化下段花岗岩为III类岩体,围岩局部稳定性差;微新风化花岗岩呈次块状-镶嵌结构,以IV、V类围岩为主,围岩稳定性差。

收稿日期:2014-09-06

## 2 施工特点

根据国内其他水电站地下洞室穹顶开挖施工经验,对于穹顶断面较大时采用增设一条施工支洞开挖至穹顶顶部、再用大型设备从穹顶顶部往下分层开挖支护的施工方法。根据大岗山出线竖井穹顶设计及实际地质情况,所采用的施工方法具有以下特点:

(1)施工高度高。根据相邻洞室的空间布置

情况,难以增设一条施工支洞进入穹顶顶部,从而增加了穹顶的开挖难度。

(2)开挖断面较小。由于穹顶为球体,断面越小下钻越困难且控制钻孔深度难度大,开挖时易造成较大的超挖。

(3)地质条件较差。以IV、V类围岩为主,开挖易造成塌方,安全隐患大。

### 3 施工方案

#### 3.1 施工开挖程序

出线竖井穹顶总体施工程序为:①出线平洞A延长段开挖→② $\phi 4$  m反导井开挖支护→③穹顶开挖支护→④穹顶以下井身扩挖支护。出线竖井高程1 154.11 m以上开挖程序见图2、3。

(1)出线平洞A延长段开挖。将出线平洞A

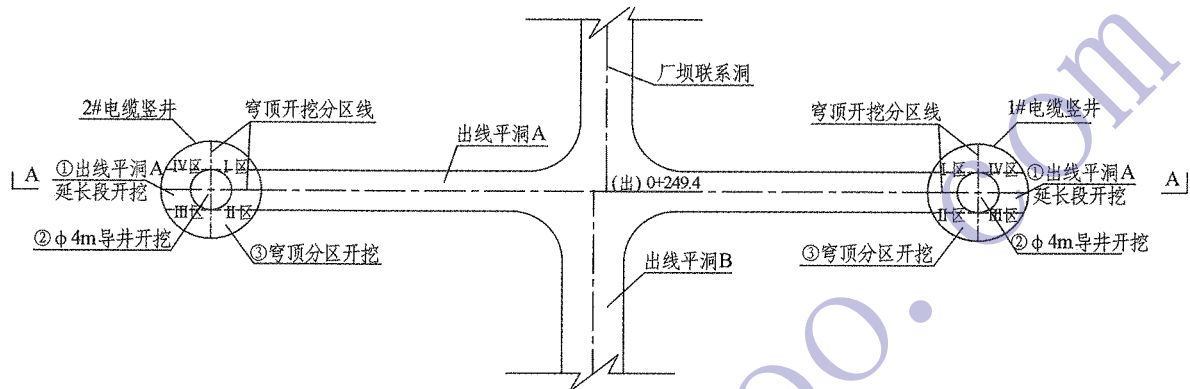


图2 出线竖井高程1 154.11 m以上开挖程序平面图

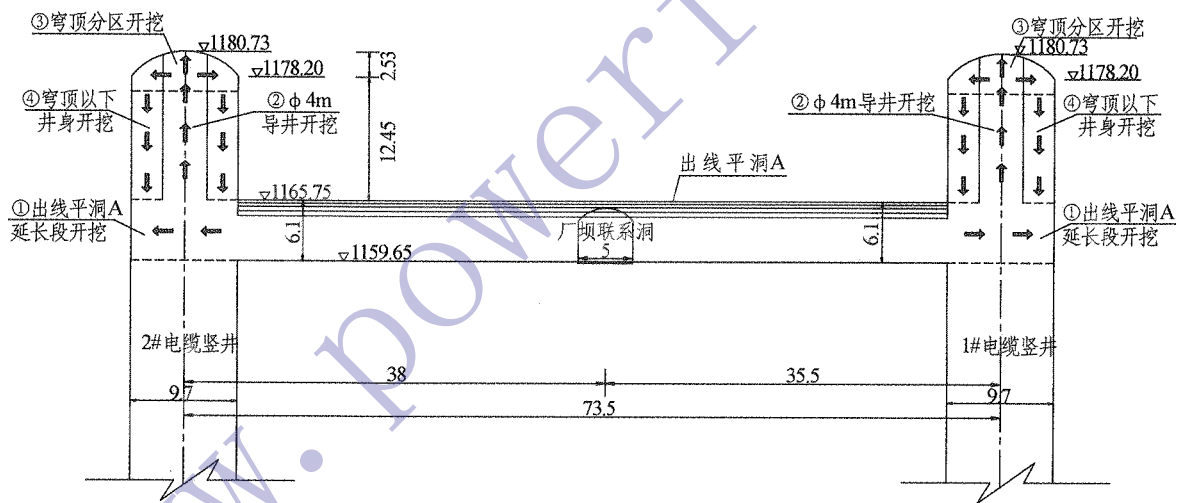


图3 出线竖井高程1 154.11 m以上开挖程序立面图

全断面延伸至竖井内、直至竖井对边井壁,出线平洞A全断面开挖至竖井内,并延长至竖井对侧井壁位置,出线平洞A开挖中心线长度为9.7 m。延长段开挖至对侧井壁最后一茬炮时要根据测量现场放样,计算出每个孔的深度保证对侧井壁的开挖质量。

(2) $\phi 4$  m导井开挖。采用自下而上的反导井施工程序。导井布置在竖井中心部位,导井开挖分为6层,采用逐层开挖支护、逐层搭设施工脚手架施工平台施工的方式。

(3)穹顶开挖程序分为4个大区进行开挖,大区开挖按顺时针方向(I区→II区→III区→IV区)开挖,若现场围岩情况发生变化,如岩石较破碎则调整为跳槽对称开挖,以确保穹顶的稳定。每个大区又细分为3个小区,小区开挖按照由里至外(I1→I2→I3)的程序施工。出线竖井穹顶开挖分区情况见图4、5。

(4)穹顶以下井身扩挖在穹顶开挖支护完成后采用自上而下的方式分层开挖,层高3 m。井身扩挖为保证施工人员自上而下进入工作面的安

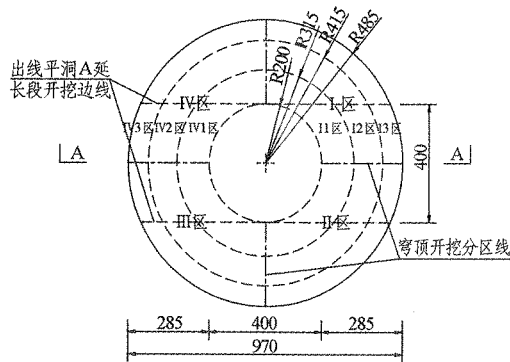


图 4 出线竖井穹顶开挖分区平面示意图

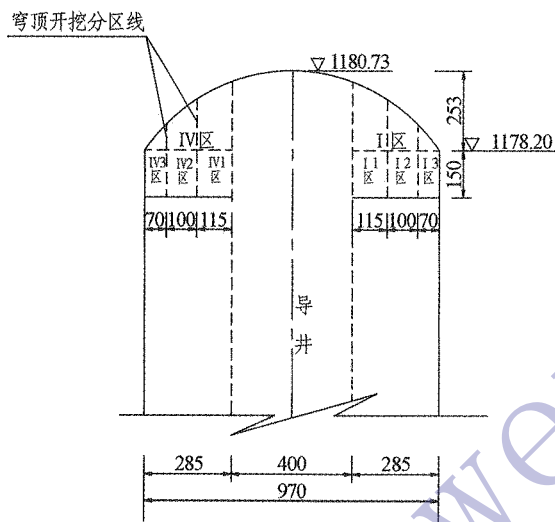


图 5 出线竖井穹顶开挖分区立面示意图

全,将扩挖又分为上、下半幅开挖,按照先上半幅、后下半幅的顺序开挖。

### 3.2 开挖采用的施工方法

出线竖井穹顶开挖的重点、难点是反导井和穹顶的开挖。在开挖施工过程中,遵循“新奥法”即“预支护、短进尺、弱爆破、及时支护、早封闭、勤量测”的原则进行施工。

(1)  $\phi 4\text{ m}$  反导井开挖采用人工搭设脚手架、顶部铺设马道板形成简易的施工平台, YT28 手风钻造孔, 中空直眼菱形掏槽的爆破方法。导井开挖层高 2.5 m, 进尺 2.4 m, 分为 6 层; 导井开挖最后一茬炮中部孔适当超深 30 cm, 基本形成掌子面近似圆弧, 剩余厚度保证在 50 cm 左右, 以利于导井上部穹顶的开挖。导井开挖爆破后必须选择有经验的排险人员对导井内松动的岩石进行处理, 处理完成后方能进行下一个循环的施工, 对导井内岩石较破碎的部位及时进行随机喷混凝土和

随机锚杆施工, 以保证施工人员的安全。

(2) 出线竖井上部穹顶开挖根据穹顶球形体同心圆同高程的原理, 采用“球面控制网作图法”绘制开挖布孔图, 分区、弱爆破及多循环施工控制球面的成型。穹顶开挖高度为 2.53 m, 开挖半径为 5.913 m, 开挖分为导井上部穹顶中部开挖和导井外侧穹顶开挖。

①导井上部穹顶中部开挖。在导井开挖还剩余 50 cm 时开始进行穹顶中部开挖, 采用穹顶圆心中心向心布孔的方式, 共布置 5 排孔, 一次性爆破成型, 穹顶中部开挖完成后, 及时系统支护施工, 以保证穹顶的稳定。

②导井外侧穹顶开挖。开挖均为向心扇形方向布孔, 尽可能按照球面切线方向布置炮孔, 按照炮孔深度不大于 1.2 m、间距不大于 60 cm 的原则布孔。对于顶部光爆孔, 为方便其开钻而考虑技术性超挖 20 cm。为方便后续井身的开挖下钻, 穹顶开挖至起拱线下 1.5 m。穹顶扩挖均采用人工搭设脚手架上至工作面, 排险及清渣人员必须从未开挖侧上去且必须选择有经验的排险人员, 以保证其施工时的安全。出线竖井穹顶开挖布孔情况见图 6、7。

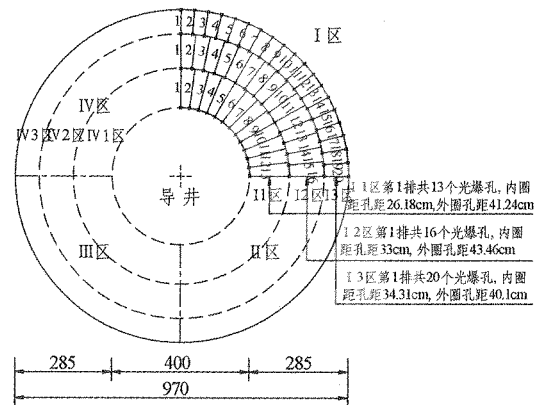


图 6 出线竖井穹顶开挖布孔平面布置图

### 3.3 针对特殊部位采用的施工方法

出线竖井穹顶围岩以 IV、V 类为主, 围岩稳定性差, 易发生掉块和塌方。除采用常规的施工方法外, 还采取了超前锚杆和超前小导管等超前支护措施。

#### (1) 超前锚杆。

穹顶部位开挖遭遇断层及岩脉时很容易造成

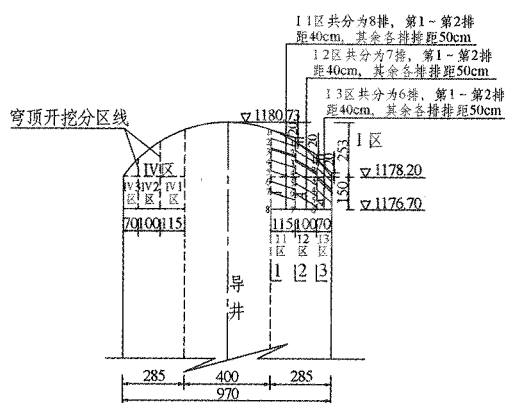


图7 出线竖井穹顶开挖布孔立面布置图

塌方,而且施工人员又无法躲避,安全风险非常大。针对穹顶部位及断层优先采用超前锚杆进行支护;当中部穹顶开挖剩余 50 cm 厚度时预先对穹顶部位进行超前锚杆施工,以保证穹顶顶部的稳定,此部位锚杆直接向心造孔。两侧穹顶超前锚杆沿开挖轮廓线以  $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$  外插角向开挖面前方安装锚杆,形成对前方围岩的预锚固,在提前形成的围岩锚固圈的保护下进行开挖、出渣等作业。超前锚杆长度根据导井开挖尺寸选用  $\varphi 25$ 、 $L=4.5$  m(中部穹顶部位,锚杆造孔深度为 5 m)和  $\varphi 25$ 、 $L=3$  m(两侧穹顶部位,锚杆在穹顶开挖线

以外提前施工)。

#### (2) 超前小导管。

针对穹顶顶部开挖揭露岩石破碎、裂隙发育而选用超前小导管预注浆施工。选用  $\varphi 42$  有缝钢管,管长 3.5 m。在管段中间部分(头部 0.2 m,尾部 1.5 m 范围除外),梅花形钻  $\varphi 8$  的出浆孔,孔距 0.2 m;用麦斯特锚杆注浆机压注水泥浆。

#### 4 结语

大岗山水电站出线竖井穹顶施工的关键在于反导井和穹顶的开挖。反导井开挖必须选择有经验的施工人员对井内危石及松动岩块进行处理,并及时进行随机支护施工,以确保施工安全。穹顶开挖首先应做好穹顶顶部的超前支护施工,在确保穹顶稳定的条件下再采用“球面控制网作图法”绘制布孔图,分区、弱爆破及多循环施工控制球面的成型。目前,该出线竖井穹顶开挖支护严格遵循“新奥法”顺利完成,开挖过程中未出现塌方等安全事故,超挖均控制在规范规定的范围内,取得了较好的效果。

#### 作者简介:

雷 宏(1979-),男,湖南衡阳人,工程师,从事水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

### 四川省岷江姜射坝水电站延续取水评估报告通过审查

近日,四川省水利厅在成都主持召开了《四川省岷江姜射坝水电站延续取水评估报告》评审会。参加会议的有特邀专家、四川省水利厅水资源处、阿坝州水务局、汶川县水务局、茂县水务局、四川西部阳光电力开发有限公司和中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司的代表。会议听取了成都院关于《四川省岷江姜射坝水电站延续取水评估报告》主要内容的汇报。专家组从姜射坝水电站工程概况、论证等级及范围、现状水平年及规划水平年、区域水资源状况及开发利用分析、取用水合理性分析、取水可靠性分析、取用水合理性分析、取水可靠性分析、取退水影响分析、计量设施及水资源监测方案制度和水资源管理制度等方面对报告书进行了认真评审并给予了较高评价。经研究认为,报告书内容全面论证结论合理,基本符合《项目延续取水评估报告编制大纲(试行)》要求,按会议意见修改完善后可成为姜射坝水电站办理延续取水许可的技术依据。姜射坝水电站是岷江干流茂县至汶川段水电开发的最末一个梯级,闸址以上集水面积 13 960  $\text{km}^2$ ,多年平均流量 216  $\text{m}^3/\text{s}$ ;电站装机 128 MW,正常蓄水位 1 417 m,设计引用流量 216  $\text{m}^3/\text{s}$ ;电站自 2005 年 10 月首台机组并网发电,至今已正常运行 8 年。延续取水评估是我国对取用水项目在取水许可期结束前为进一步申请新的取水许可证而编制的取水评估报告,是对取用水项目在运行管理过程中执行最严格水资源管理制度的一个回顾性评价,也是水资源行政主管部门审核并对取用水项目重新颁发取水许可的技术支撑文件,成都院目前承担了姜射坝、二滩水电站的延续取水评估报告编制工作。姜射坝水电站延续取水评估报告顺利通过审查,将对成都院编制其他项目延续取水评估报告有很好的借鉴作用,也为成都院进一步开拓其他水电项目的延续取水工作奠定了基础。

### 第八届全国水电站压力管道学术会议在成都召开

9月22~23日,“第八届全国水电站压力管道学术会议”在成都召开。此次会议由中国水力发电工程学会水工及水电站建筑物专委会、中国水利学会水工结构专委会、水电站压力管道信息网、中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司、武汉大学水资源与水电工程科学国家重点实验室共同组织、成都院承办。专委会党林才秘书长、成都院王仁坤副总经理莅临会议并讲话。会议由武汉大学伍鹤皋教授、成都院水工处李旭东副处长主持。水工处杨兴义同志在大会上作了“基于美国 ASCE 规范的水电站钢岔管设计”的交流汇报。来自国内多家设计单位、施工单位、建设单位、科研院所及压力管道材料厂家共计百余位代表出席了本次会议。