

猴子岩水电站高地应力地下厂房顶拱开挖技术

田君¹, 张鹏², 袁平顺²

(1. 中国水利水电建设工程咨询北京公司, 北京 100024; 2. 中国水利水电第七工程局有限公司 二分局, 四川 成都 611730)

摘要:猴子岩水电站地下厂房跨度大、地应力高、地质条件差, 施工难度大。就猴子岩水电站厂房顶拱开挖出现的施工问题及采取的措施进行了阐述, 可为同类型工程施工提供参考。

关键词:猴子岩水电站; 大跨度; 高地应力; 地下厂房; 顶拱开挖

中图分类号:

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2013)06-0011-03

1 工程概况

猴子岩水电站位于四川省甘孜藏族自治州康定县境内, 是大渡河干流水电规划调整推荐 22 级开发方案中的第 9 个梯级电站, 引水发电系统布置于大渡河右岸, 采用首部式地下厂房, 电站装机容量为 4×425 MW, 总装机容量为 1 700 MW。

猴子岩水电站地下厂房纵轴线方向为 $N61^\circ W$, 左上角距坝轴线铅直面约 100 m, 顺坝轴线方向距右坝肩约 200 m, 最小垂直埋深约 380 m, 最小水平埋深约 250 m。厂房结构尺寸为 $219.5 \text{ m} \times 29.2 \text{ m} \times 68.7 \text{ m}$ (长 \times 宽 \times 高), 从左到右分别为副厂房、主机间及安装间, 其中副厂房长度为 23 m, 跨度为 25.8 m; 主机间及安装间长度分别为 140.5 m 和 56 m, 岩锚梁以上开挖跨度为 29.2 m, 岩锚梁以下开挖跨度为 25.8 m。

2 工程地质情况

根据勘探揭示, 猴子岩水电站地下厂房裂隙优势方向主要有三组, 多为刚性结构面, 闭合、起伏、间距较大。根据岩体结构及构造发育情况, 围岩初步分类为 $\text{III}_1 \sim \text{II}$ 类, σ_1 最大值达 36.43 MPa, 为高地应力区。考虑应力折减后, 以 III_1 类为主, 成洞条件较好。在勘探及洞室开挖过程中揭示断层及其影响带、挤压破碎带和裂隙密集带等的岩体为 IV 、 V 类。

顶拱: 岩性为白云质灰岩、变质灰岩, 岩体完整性好, 以厚层状~巨厚层状结构为主, 局部为中厚层状结构, 围岩总体为 III_1 类。局部发育有缓倾角挤压破碎带, 为 IV 类围岩, 对顶拱围岩稳定不利, 中缓倾角的层面裂隙较发育, 并与中陡倾角结

构面组合形成“人”字形块体, 将影响顶拱围岩的局部稳定。

上游侧边墙: 岩性为白云质灰岩、变质灰岩, 岩体完整性较好, 以厚层状~巨厚层状结构为主, 局部为中厚层状结构, 围岩总体为 III_1 类。但由于工程处于高地应力区, 一般实测地应力在 30 MPa 左右, 最高达 36 MPa, 围岩强度在 80~130 MPa, 开挖过程中易产生围岩松弛变形, 甚至产生破坏。

下游侧边墙: 岩性为白云质灰岩、变质灰岩, 岩体完整性好, 以厚层状~巨厚层状结构为主, 局部为中厚层状结构, 围岩总体为 III_1 类。但由于工程处于高地应力区, 开挖过程中易产生围岩松弛变形, 甚至产生破坏。局部层间挤压破碎带和小断层与边墙小角度相交的小断层、挤压带为 IV 类围岩, 对边墙围岩稳定不利, 此外, 结构面的不利组合, 有发生小规模掉块和滑塌的可能。

3 厂房顶拱施工方案

3.1 顶拱层设计支护参数

顶拱设置系统锚杆 $\varphi 32, L=9 \text{ m}$ 及 $\varphi 28, L=7 \text{ m}$, 边墙设置系统锚杆 $\varphi 32, L=8 \text{ m}$ 及 $\varphi 28, L=6 \text{ m}$, 系统锚杆布置的间排距依据开挖揭示的围岩类别, IV 类、 III_2 类及 III_1 类围岩布置间排距分别为 $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ 、 $1.2 \text{ m} \times 1.2 \text{ m}$ 及 $1.5 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$, 拱座设置预应力锚杆 $\varphi 32, L=9 \text{ m}$ 。挂钢筋网 $\varphi 8 @ 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$, 喷 C20 混凝土厚 20 cm。

3.2 顶拱层开挖施工程序

猴子岩水电站地下厂房顶拱层采用“先中导洞开挖支护, 再进行导洞底板及两侧扩挖支护”的施工程序。厂房顶拱分层高度为 13.5 m (高程

收稿日期: 2013-10-25

1 717~1 730.5 m),分为三个区域进行开挖,第一区为中导洞开挖支护,中导洞宽度为13.2 m,高度为9.26 m;第二区为中导洞底板降底开挖,开挖宽度为13.2 m,高3 m;第三区为上下游侧扩挖,单侧宽度8 m,最大高度为12.26 m。开挖分区情况见图1。

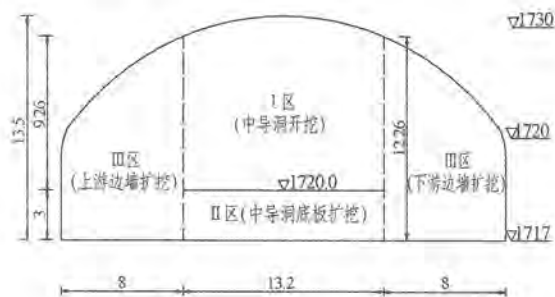


图1 厂房顶拱层开挖分区图

3.3 施工工艺

顶拱层采用YT28手风钻在自制作业平台车上进行钻爆,周边孔光面爆破。采用导洞超前,分分区开挖,液压反铲进行危石清理,开挖石渣采用侧卸装载机配合20 t自卸汽车出渣。II、III类围岩循环进尺2.5~3 m,IV类围岩循环进尺控制在2 m左右。锚杆采用多臂钻钻孔,人工自制反铲平台进行锚杆安装、注浆及挂钢筋网,麦斯特喷浆车喷护混凝土。

4 猴子岩水电站地下厂房顶拱开挖施工出现的问题

(1)地下洞室群密集,开挖爆破震动干扰影响大,安全问题突出。

本工程地下洞室群密集,以主厂房、主变室、调压室三大洞室为主体,包括母线洞、出线洞、主厂房顶部通风洞、联合排风平洞、进场交通洞、尾调交通洞、排水廊道等洞室在内的大规模洞室群,厂房洞室结构复杂,跨度大,各洞室之间开挖爆破震动干扰大,各洞室爆破施工时,相互震动干扰,围岩受爆破扰动容易出现掉块塌方现象,施工期安全隐患突出。

(2)地应力高,岩爆现象突出。

本工程地下洞室群埋深较大,厂房水平埋深280~510 m,垂直埋深400~660 m,最大主应力达36.43 MPa,地应力较高,岩爆发生率高,在进行厂房顶拱层中导洞及上游侧扩挖时,(厂横)0-020~(厂横)0+070段岩爆现象突出,主要表

现为:岩爆过程中持续出现较大声响,边墙拱座以下岩层成片状剥落且持续时间较长;岩爆区域大,上游边墙整个开挖面均存在岩爆现象。

(3)厂房挖空率高,顶拱及边墙变形持续时间长。

在厂房顶拱层开挖支护完成后,受地应力释放不均匀影响,洞身拱肩偏压,(厂横)0+083.8、(厂横)0+116.3处多点位移计测得变形较为严重,应力计超量程达到402.7 MPa,顶拱持续变形,无收敛迹象。厂房拱脚部位位移量大。

(4)厂房顶拱层开挖支护施工受不良地质条件影响,塌方严重,厂房顶拱层开挖成型效果差。

由于厂房顶拱层开挖挖空率高,断面积大,局部开挖区域受不良地质条件影响,开挖后岩体应力释放,因受力挤压,拱脚以下岩体大范围层状脱落,岩体超挖严重,顶拱层开挖成型效果差。

5 应对措施

5.1 设计采取的措施

(1)对厂房顶拱层系统锚杆进行调整。将厂房顶拱原设计的普通砂浆锚杆全部调整为带垫板的砂浆锚杆;

(2)增加了IV类围岩的支护参数。针对开挖揭露的IV类围岩,除加密锚杆间距外,对围岩进行了超前固结灌浆,采用C25钢筋混凝土置换破碎岩体;

(3)将顶拱喷混凝土厚度从15 cm调整为20 cm;

(4)在上下游拱座各设置一排PB32, $L=9$ m, $T=12$ t的预应力锚杆;

(5)厂房顶拱开挖后期,根据厂房顶拱层变形监测的情况,在厂房顶拱增加随机锚索,在上下游拱座各增加了一排系统锚索。锚索参数为: $T=2\ 000$ kN, $L=20$ m,间距3~4 m。

5.2 施工采取的措施

针对猴子岩水电站洞室群密集、厂房顶拱跨度大、地应力高、地质条件差、岩爆现象突出的特点,项目部对此高度重视,主要采取了以下措施用以保证厂房顶拱的开挖成型及稳定安全:

(1)为减少爆破围岩扰动,施工过程中严格按照拱层开挖时确定好的开挖程序分层分区进行开挖,减小一次性开挖镂空面积,开挖后及时做好各层(区)支护。

(2) 优化爆破设计,减小爆破震动对围岩的损坏。开挖爆破前进行爆破试验,确定基本的爆破参数;开挖过程中,根据不同的围岩情况动态优化调整爆破参数。猴子岩水电站厂房顶拱周边孔光面爆破参数为:孔径 42 mm,孔距 40 cm,线装药密度 80 g/m。

(3) 针对地应力高,岩爆现象突出的问题,本工程主要采取了以下措施:

① 采取“短进尺、弱爆破”,以减小爆破对围岩的扰动。

② 掌子面施工超前应力释放孔,在隧道工作面附近喷水,用以改善围岩应力状态,减缓岩爆程度;

③ 掌握岩爆发生的规律,避开岩爆高发期施工,以减小岩爆的危害;

④ 对开挖面及掌子面采用喷混凝土进行封闭,优先施工 $\phi 25, L=4.5$ m 的随机锚杆;

⑤ 紧跟施工设计的系统锚杆、挂网及喷混凝土施工;

(4) 加强施工期临时监测和永久监测,建立预警机制。当监测数据出现异常时,立即停止开挖爆破作业,对变形较大的部位进行加强支护,确保安全。

(5) 针对 IV 类围岩及软弱破碎带,严格贯彻“短开挖、强支护、快封闭、勤量测”的原则。在开挖前采用超前固结灌浆和超前锚杆进行超前锚固,开挖揭露后及时施工系统支护及加强支护,保

(上接第7页)

5 复合地基承载力分析结果

由图 4 可知,11-5#桩的复合地基载荷试验 $P-S$ 曲线没有明显拐点,与复合地基的工程特性相符合。

依据载荷试验结果,综合其他检测方法得出的试验数据,分析出复合地基承载力特征值为 230 kPa,复合地基变形模量为 25 MPa,文克尔系数为 0.019 N/mm³。说明采用振冲灌浆加固后,砂土的各项力学指标得到了较好的改善,桩体密实度良好,地基承载力得到了较大的提高,完全可以满足工程实际需要。

6 结语

(1) 福堂水电站坝基砂层抗震加固工程效果表明,采用对砂土特别是厚砂层进行振冲灌浆加固处理方案是可以实现的,施工中采用的碎石桩

证“一炮一支护”。

6 结语

猴子岩水电站厂房顶拱层于 2011 年 11 月 1 日正式开始开挖,2012 年 5 月 31 日开挖完成,2012 年 6 月 15 日支护完成,共计用时 7.5 月,创造了国内同规模地下厂房顶拱开挖工期最短的最好成绩。笔者就猴子岩水电站厂房顶拱层开挖施工中存在的问题有以下几点体会。

(1) 施工中加强现场的组织是关键。洞室的开挖、支护施工工序较多,施工现场必须进行科学组织,才能保证施工进度、洞室稳定及施工安全。

(2) 针对高地应力导致的岩爆现象,采用“快速锚固,及时封闭”是行之有效的措施。

(3) 洞室开挖施工监测至关重要。一方面需要超前或及时埋设监测仪器;另一方面,监测数据必须及时反馈给施工单位,以指导施工;第三,必须建立监测预警机制,出现异常,立即采取措施进行处理。

(4) 业主、监理、设计及施工单位必须建立应急处理机构,及时解决施工现场出现的问题,对工程施工进度特别有利。

作者简介:

田 君(1968-),男,湖北蕲春人,高级工程师,从事水电工程设计及监理工作;

袁平顺(1969-),男,重庆忠县人,高级工程师,从事水电、高铁工程施工技术及管理;

张 鹏(1986-),男,陕西洛南人,助理工程师,从事水电及高铁工程施工技术工作。

(责任编辑:李燕辉)

及其布置参数以及每 0.5 m³/m² 填碎石可使砂土的各项力学指标得到较好的改善且桩体密实度良好,地基承载力得到了显著提高,可确保电站坝基混凝土防渗墙成槽施工,完全能够满足工程实际需要;

(2) 应用 100 kW 振冲器在振冲施工中具有较大的优越性,施工效率大幅度提高,对碎石桩及桩间土加密效果显著增强,并能解决部分土层中因含大块石而无法成孔的问题;

(3) 因砂土地基本身及施工条件的复杂性,采用振冲灌浆方法对其进行加固处理,还须对碎石桩规格、桩位参数、填料量及其对砂土地基强度的影响做进一步研究。

作者简介:

蔡海燕(1977-),男,四川巴中人,高级工程师,从事水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)