

灵关水电站调压井竖井开挖施工技术

陈洪波, 张永, 成奇

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 都江堰 611830)

摘要:灵关水电站调压井地质条件极为复杂,井身中V类围岩占48%,IV2类围岩占30%,IV1类围岩占22%,稳定性极差,在弱风化及新鲜岩体中发育的岩块岩屑型软弱夹层和泥夹岩屑型软弱夹层对井壁围岩稳定影响较大,此类复杂地质条件下的大直径调压井开挖及支护施工安全问题尤为突出。阐述了灵关水电站调压井开挖及支护施工技术,可为今后类似工程提供借鉴。

关键词:灵关水电站;调压井;复杂地质条件;开挖及支护;施工;安全

中图分类号:TV7;TV52

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2017)05-0006-03

1 工程概况

灵关水电站位于青衣江支流——宝兴河中游宝兴县灵关镇小关子~大溪乡烟溪口河段上,上接小关子电站尾水,下接铜头电站库尾。由挡水建筑物、泄水建筑物、引水隧洞、调压井、调压井前后渐变段、压力管道、主副厂房、安装间、GIS楼及尾水渠等建筑物组成,装机容量为 2×38.4 MW。

调压井型式为阻抗式,阻抗孔为 $3.1 \text{ m} \times 3.1 \text{ m}$ 正方形,阻抗孔顶面高程为801.2 m,调压井底高程为792 m,顶高程为862 m,高70 m。调压井井筒为圆形,采用C25钢筋混凝土衬砌,衬砌内径 $D=22 \text{ m}$,厚2 m,双层配筋。

灵关水电站调压井围岩中的覆盖层厚度约占铅直厚度的8%,强风化岩体占40%,弱风化岩体占30%,新鲜岩体仅占22%。不论风化岩体,还是新鲜岩体的完整性均较差。由于层间挤压错动严重,在高程822 m以下至井底的弱风化及新鲜岩体中共发育七条岩块岩屑型软弱夹层(C1~C7)和两条泥夹岩屑型软弱夹层(Nj1、Nj2),单层铅直厚度为0.75~5.35 m,累计厚度为22.95 m,占该段围岩厚度的76.5%,其抗剪强度较低,对井壁围岩稳定影响较大。

高程841 m以上的覆盖层和强风化岩石为V类(占井周围岩的48%);高程841~813 m的弱风化岩石为IV2类(占井周围岩的30%);高程813 m以下为新鲜岩体,地下水位高程为802.84 m,对施工和围岩稳定有不利影响,围岩分类为IV

1类(占井周围岩的22%)。

由于井身围岩稳定性较差,在井筒四周进行了竖向预固结灌浆,孔内插入锚筋束,灌浆孔深62 m,竖向锚筋束60 m,并对调压井井筒四周岩体采用 $\varphi 28, L=9 \text{ m}$,间、排距3 m布置的水泥砂浆锚杆进行水平锚固。灵关水电站调压井结构布置情况见图1。

2 调压井开挖及支护

2.1 施工规划及施工程序

由于该工程地质条件的特殊性,将设计方案中2 m厚的混凝土分两期施工:在开挖的同时跟进倒挂混凝土进行一期支护,待开挖完成后再采用滑模工艺进行二期混凝土支护至设计断面。

在调压井高边坡开挖支护完成后,先进行井圈锁口混凝土施工,然后进行超前预固结灌浆及超前锚筋束施工(至少先形成内圈超前预固结灌浆及部分超前锚筋束),在导井中部进行5个孔的预固结灌浆,待调压井底部形成通道后进行正导井施工,随即进行井筒竖向开挖及临时支护施工。导井开挖采用LM-200型反井钻机由上至下进行。扩挖时以立面分层、平面分区、反铲扒渣、边开挖边倒挂混凝土衬砌为原则进行施工。在开挖及倒挂混凝土间隙进行挂钢筋网并结合喷混凝土进行临时支护。井挖采用YT-28手风钻造孔钻爆、PC225反铲扒渣,侧卸式装载机在井底装15 t自卸汽车出渣的联合作业方式作业。

2.2 施工布置

(1)施工道路。

收稿日期:2017-08-20

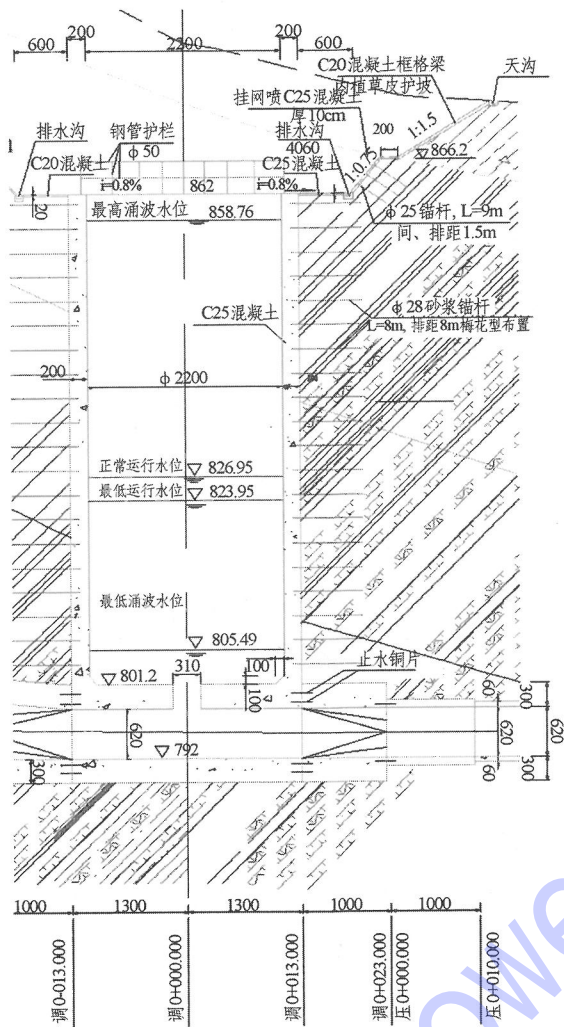


图1 灵关水电站调压井结构布置图

调压井施工材料的运输道路为调压井上山公路。

开挖时的爆渣以导井为通道,导井底部集渣从压力管道上平段、引水隧洞分别经6#+1、6#施工支洞运输至弃渣场。

(2) 施工中的供风及供水。

施工用风由6#支洞临建场内的空压站用4in (1in=2.54 cm)风管作主风管供至调压井平台下游侧开口线外附近位置,再由3"、1.5"架管向井内用风点分散供出;

施工用水采用在调压井平台下游侧开口线外修建的蓄水池由4"钢管作为主管引出,再由3"、1.5"钢管及软管分支引向施工用水点,水源由宝兴河边用高扬程多级泵直接抽水至蓄水池内。

(3) 施工供电。

竖井开挖施工供电由井口供电系统接入,井内用电主要为钢筋焊接、灌浆等设备用电及施工照明用电,配电盘随开挖下卧延伸。照明采用36 V安全电压。

(4) 通风散烟。

调压井工程施工的通风主要考虑自然通风。

(5) 施工排水。

竖井施工排水由导井流入井底,经压力管道、6#+1支洞、6#支洞外排至洞外烟溪沟内。

(6) 调压井平台的布置。

根据该工程特点及现场施工条件,在调压井高程862 m平台右下角布置了一台C5012塔机进行竖井施工材料吊运。

于调压井上井平台左下游侧布置了一套HZS35拌和站,为竖井临时支护及混凝土衬砌提供拌和料。

2.3 开挖施工方法

(1) 前期准备工作。

边坡开挖完成后,随即进行了井圈锁口混凝土浇筑,浇筑断面为3.5 m×3 m(宽×高)。由于设计报告中外层钢筋位于开挖井壁,保护层厚度为5 cm,且倒挂混凝土难以保证整圈全圆浇筑成型,为增强倒挂混凝土的稳定性,在倒挂混凝土中增加了一层钢筋(主筋选用φ28钢筋,根数与设计主筋根数对应,分布筋为φ25@20 cm)。

在反井钻机导孔(φ216)钻孔施工前,因调压井围岩为强风化V类围岩,且调压井开挖直径较大,围岩完整性和稳定性很差,溜渣导井成井后围岩自稳能力差,易发生塌井,不能保证调压井扩挖正常施工,因此,需对导井和井圈周围进行62 m深的超前固结灌浆、井周进行60 m深的锚束施工。

导井超前固结灌浆共布设了1个中心孔和7个周边固结灌浆孔,孔位距导井边1.5 m、孔距2.5 m,环形布置,超前固结灌浆完成后方可进行导井施工。井圈共设三排半固结灌浆,共计297个孔,孔深62 m,锚筋束深60 m,孔位平行于轴线方向。

(2) 溜渣导井施工。

导井口超前固结灌浆完成后,沿竖井中心线布置LM-200型反井钻机自上而下形成φ216导孔,导孔完成后,在竖井底部安装扩孔钻头,自下

而上扩挖溜渣井,扩孔采用清水冷却钻具。考虑到岩层破碎,采取了适当的控制措施对大块体石块进行控制,溜渣井直径定为1.4 m。

(3) 井身扩挖施工。

由于调压井围岩类别为IV1类、IV2类和V类,开挖过程中易发生较大范围的坍塌,扩挖采取分区开挖、短进尺、大孔距、小排距爆破、倒挂混凝土及时跟井衬砌支护,全圆倒挂形成整圆后再进行下一衬砌段施工的原则进行施工。

井筒扩挖在平面上分三区、短台阶进行,台阶高度不超过1.5 m。采用人工YT-28手风钻造孔、装2号乳化炸药、非电管起爆、周边孔间隔装药进行光面爆破。爆渣以导井为通道,人工配合PC225反铲在井内扒渣,导井底部用侧卸式装载机装15 t自卸车出渣,从压力管道上平段、引水隧洞分别经6#+1、6#施工支洞运至弃渣场。

由于有超前固结灌浆及锚筋束的保护,在竖井扩挖时,单区每向下扩挖深度达到5~5.5 m,跟进一期全圆分块倒挂混凝土衬砌4~4.3 m,混凝土衬砌滞后开挖约1~1.5 m,扩挖与倒挂混凝土钢筋绑扎施工间隙,及时进行 $\varphi 28, L=9$ m系统锚杆施工。

(4) 特殊支护措施。

①在竖井扩挖过程中,由于多处围岩极为破碎,裂隙极为发育,层间填充物为泥化物,超前固结灌浆及锚筋束均对其作用甚小,在扩挖过程中也发生过一定程度的小范围垮塌。对此,我们先及时素喷5~10 cm厚C25混凝土进行暂时封闭,其后对其周边较好部位打设 $\varphi 28, L=3$ m的锚杆,结合系统锚杆紧贴素喷面挂 $\varphi 12@20$ cm \times 20 cm钢筋网片,然后再对其喷10 cm厚C25混凝土进行临时支护,及时进行倒挂混凝土施工对其进行回填支护,确保了垮塌范围不再扩张,同时也保证了施工人员及设备的安全。

②由于前、后渐变段靠近调压井井筒侧的断面均为6.2 m \times 6.2 m正方形,开挖断面为12.2 \times 12.2 m正方形,在如此差的地质条件情况下是难以保证开挖及开挖后至永久衬砌前这段时间内的人员和设备安全。为此,我们分别对前、后渐变段开挖断面进行了一定调整:由圆形断面开始,在保证设计开挖高度的情况下,将平顶扩挖成拱形(在正方形断面顶部拱高3 m)。

调压井前、后渐变段采取超前锚杆作超前支护。在超前支护的保护下进行分层分部开挖,开挖后及时进行临时支护。

③由于调压井前、后渐变段与井筒交汇处为应力集中处,当竖井开挖至高程812 m左右,由于围岩较差,前期渐变段已支护好的钢拱架均存在一定程度的变形,若继续下挖,渐变段存在失稳的可能,无论在进度、安全还是投资方面都将造成不可估量的损失。为此,我们果断决定:先对调压井前、后渐变段进行一期混凝土支护(将设计报告中的3 m厚混凝土衬砌分两期进行施工),待调压井下部混凝土浇筑完成后,再适时进行二期混凝土衬砌支护至设计断面。

3 结语

该调压井工程于2007年12月开始进行锁口混凝土施工,逐步或穿插进行超前固结灌浆及锚筋束施工、导井固结灌浆及导井施工,于2008年6月正式开始进行竖井扩挖及倒挂混凝土施工,2009年6月完成竖井全部开挖任务,2009年11月16日顺利完成调压井二期滑模混凝土浇筑,历时近两年时间,共计完成竖井开挖38 000 m³, $\varphi 28, L=9$ m锚杆1 057根,钢筋制安2 130 t,C25混凝土衬砌13 000 m³。

在施工过程中,针对该工程地质情况的特殊性,采取了浇筑锁口混凝土、超前预固结灌浆及锚筋束固结周围、临时支护及倒挂混凝土及时跟进竖井扩挖、调整前、后渐变段开挖断面、将前、后渐变段设计混凝土进行分期衬砌等措施,确保了复杂地质条件下的灵关水电站调压井竖井开挖及支护安全、顺利完工。实践证明:在此种复杂地质条件、特殊结构的调压井施工中,所采取的这些措施是行之有效和非常必要的,为今后同类条件下调压井工程开挖及支护施工积累了一定的经验。

作者简介:

陈洪波(1970-),男,四川都江堰人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

成奇(1974-),男,贵州织金人,工程师,一级建造师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

张永(1976-),男,四川广元人,工程师,一级建造师,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)