

斜卡水电站深厚覆盖层面板堆石坝设计综述

詹国强¹, 周涛¹, 陈明辉²

(1. 四川省清源工程咨询有限公司, 四川 成都 610072; 2. 四川久隆水电开发有限公司, 四川 成都 610041)

摘要:斜卡水电站为雅砻江二级支流踏卡河的龙头水库电站, 地处高海拔地区, 坝基覆盖层深厚, 两岸地质条件复杂, 建成后趾板下保留的覆盖层最大厚度超过 70 m, 为目前已建覆盖层最为深厚的面板坝。该工程于 2014 年 8 月下闸蓄水, 历经三年完整运行期, 大坝运行状况良好。对斜卡水电站深厚覆盖层筑坝和复杂地质条件下基础防渗等关键技术问题进行了介绍, 希望对同类工程具有一定的类比及参考价值。

关键词:斜卡水电站; 深厚覆盖层面板堆石坝; 结构设计; 防渗处理

中图分类号: TV7; TV22; TV641

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2018)增 2-0008-06

1 工程概述

斜卡水电站位于四川省甘孜州九龙县境内, 为踏卡河龙头水库, 电站采用混合式开发, 正常蓄水位高程 3 165 m 以下库容为 8 485 万 m³, 调节库容为 7 261 万 m³, 装机容量 135 MW。混凝土面板堆石坝坝顶高程 3 168 m, 坝顶长 550 m, 坝高 106 m。大坝河床段趾板置于覆盖层上, 采用连接板与防渗墙相连的形式, 所保留的覆盖层最大厚度超过 70 m, 为目前已建覆盖层最为深厚的面板坝, 泄水建筑物布置于大坝左岸, 由放空(导流)洞和竖井漩流溢洪洞组成, 布置上采用与放空(导流)洞结合的“三洞合一”布置型式。

该工程于 2006 年完成初步设计, 2009 年 2 月获得核准, 2009 年 5 月 8 日主体工程正式开工建设, 2014 年 8 月 20 日下闸蓄水, 2015 年 10 月 8 日蓄水至正常蓄水位。

2 工程关键技术问题及其研究

2.1 深厚覆盖层建高混凝土面板堆石坝

斜卡水电站坝址河床覆盖层深厚, 钻孔揭示一般为 60 ~ 75 m, 最大厚度为 108.82 m, 河床覆盖层由块(漂)碎(卵)砾石, 冰川、冰水堆积(gl + fglQ3)和表层堰塞堆积的粉土质砂(IQ4)组成, 粉土质砂层厚度一般为 15 ~ 20 m。大坝河床位置趾板布置在深厚覆盖层上, 采用连接板与防渗墙相连, 大坝应力变形复杂, 建坝技术难度之高为国内外所罕见。首部枢纽布置情况见图 1。

鉴于深厚覆盖层上建坝的技术难度和复杂

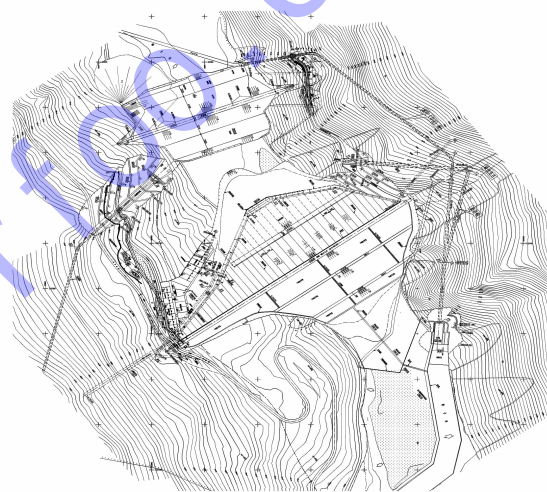


图 1 斜卡水电站首部枢纽布置图

性, 考虑到在我国已建和在建的面板堆石坝中斜卡水电站大坝所遇到的技术难度超过已有工程经验, 在工程勘察设计过程中, 除了设计单位自身进行大量的勘探、试验、计算分析外, 在整个设计过程中先后邀请国内外知名科研院所、专家对该工程方案是否成立和方案可靠性进行了咨询、分析及论证。针对深厚覆盖层筑坝先后开展的专题研究主要有:

《斜卡水电站面板堆石渗控及趾板建基面专题研究》;

《斜卡面板坝接缝止水结构设计专题》;

《斜卡首部面板坝防渗墙与趾板(连接板)结构形式研究》;

《斜卡面板堆石坝坝基处理方案研究》;

收稿日期: 2018-02-10

《斜卡首部枢纽面板坝坝基防渗墙设计》;
《首部枢纽工程地质复核报告》;
《斜卡上游围堰防渗复核设计专题报告》;
《斜卡漩流消能水力学试验报告》;
《斜卡水电站初设/施工阶段面板坝三维静、动力有限元复核分析》等。

2.2 深卸荷强透水岩体深孔帷幕灌浆

坝址区河谷为较宽的冰蚀槽谷,冰川的侵蚀、刨蚀作用致使岩体卸荷拉裂强烈,右岸小于10 Lu的弱透水带垂直深度普遍大于130 m,左岸大于90 m,部分先导孔深度达到180 m时仍未找到相对不透水层,大坝水文地质条件极为复杂和罕见,因此,确定合理的帷幕灌浆方案成为电站建坝的关键技术问题之一。

2009年9月~2011年4月先后开展了三期灌浆试验研究,历时一年零七个月,选定了3个试验区分别进行了拉裂型裂隙及层间挤压破碎带的灌浆机理、工艺及灌浆参数试验。试验证明:采用常规和控制性灌浆无法满足设计要求。设计单位遂提出了较为先进的采用先辅助、后主体的灌浆方式,最终取得成功。

根据灌浆试验、分析计算及咨询结果,将施工阶段的帷幕布置形式确定为:两岸坝肩及河床底部透水基岩采用帷幕灌浆防渗,灌后岩体透水率死水位以下按3 Lu、以上按5 Lu控制,帷幕穿过卸荷岩体深入到相对弱水层以下5 m。死水位以上布置为单排帷幕,以下为双排帷幕,帷幕上、下游各布置一排辅助帷幕。考虑到右岸大部分孔深达到120 m以上,为保证灌浆质量,在右岸趾板上游3 090 m高程附近开口,增设4.5 m×6 m、长约311 m的城门洞形中部灌浆平洞,上、下层采用水平帷幕精心搭接,因此,斜卡水电站也成为极少数设置有中部灌浆平洞的面板坝工程。针对坝基帷幕灌浆先后开展的主要专题研究有:

《面板坝基础防渗处理工程设计报告》;
《面板堆石坝施工期渗流分析研究》;
《面板坝渗流稳定敏感性研究》等。

大坝蓄水后运行至今,所监测到的大坝渗流量符合设计预期,无异常渗漏现象出现,大坝运行状态良好,该工程基础防渗处理取得的经验值得在类似工程中推广使用和借鉴。

3 大坝的布置与分区

坝轴线走向为NE53°33'20",导流放空洞、泄洪洞布置于左岸,竖井式进水口布置于右岸。水库正常蓄水位高程3 165 m,死水位高程3 115 m,校核洪水位高程为3 165.2 m,坝顶高程为3 168 m,防浪墙顶高程为3 169.2 m,最大坝高106 m,坝顶宽10 m,长550 m。面板坝上游坝坡为1:1.4,下游综合坝坡为1:1.45,填筑方量约360万m³(不含铺盖及盖重)。

根据规范及分区原则,斜卡水电站面板坝体材料分为9个区,从上游至下游依次为:1A上游铺盖区及1B上游盖重区、F混凝土面板、2A垫层及2B特殊垫层区、3A过渡区、3B堆石区(不设下游堆石区)、P下游砌石护坡区,覆盖层坝基设3C反滤层。垫层及过渡层水平宽度均为3.1 m(图1、表1)。

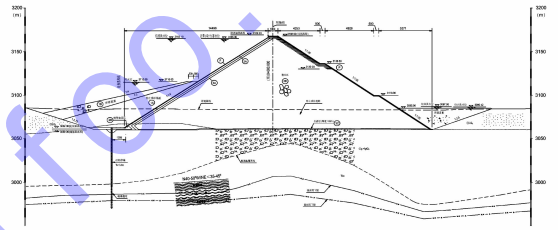


图2 面板坝典型剖面图

表1 筑坝料主要设计参数控制表

指标参数	项 目			
	堆石料 3B	过渡料 3A	垫层料 2A	特殊垫 层料2B
最大粒径 /mm	800	300	80	20
粒径<5 mm 颗粒含量 /%	<20	<25	35~50	40~55
粒径<0.075 mm 颗粒含量 /%	<3	<3	<7	3~5
渗透系数 /cm·s ⁻¹	≥10 ⁻¹	≥10 ⁻²	1×10 ⁻³ ~ 1×10 ⁻⁴	
干密度 /g·cm ⁻³	2.18	2.22	2.25	2.28
孔隙率 /%	<20	<19	<17	<15
料源	变质 砂岩	天然 砂卵石	天然 砂卵石	天然 砂卵石

4 坝基处理

4.1 建基面处理

(1) 河床坝基基础处理。

坝基河床覆盖层表面分布的粉土质砂层厚15~20 m,粒径<5 mm的细粒含量达94%,粒径<0.075 mm的粉粒含量为43.5%,允许承载力

低且属于可液化砂土,不能直接作为大坝的基础,必须采取有效的工程措施进行处理。前期共布置振冲桩100根进行试验,采用1.5 m桩间距的复合地基的承载力和变形模量可提高到250 kPa和45 MPa左右,基本满足大坝堆石地基要求。但试验成果显示其离散性大、均匀性差、局部粉土质砂振冲处理后密实度偏低,仍然存在变形问题。经技术经济综合比较,最终采用对粉土质砂层进行全部挖除处理的方案,坝基持力层为块(漂)碎(卵)砾石(gl+fglQ3)。

(2) 左岸坝基处理。

左岸坝轴线下游侧为季节性冲沟内分布的含块碎石土冰水堆积(fglQ3),试验结果表明该层级配良好,结构较密实,经分析论证后认为其可作为坝基持力层。具体的处理措施为:清除坝基范围内的表层松散体,坝轴线上游部分清理至基岩,坝轴线下游部分予以充分利用。该处理形式可归避近190 m的高边坡问题,减少覆盖层开挖量约43万 m^3 。

(3) 右岸缓坡平台坝基处理。

右岸高程3135~3160 m为一缓坡平台,分布于该平台的残坡积块碎石土厚度为3~10 m,承载力为0.35~0.4 MPa,变形模量为30~40 MPa,结构以稍密为主。从右岸缓坡平台顶面起算,该范围面板坝高度约为5~30 m,初设阶段通过方案比选,采用挖除趾板至坝轴线范围的残坡积物,将趾板置于基岩上,坝轴线下游坝体置于残坡积物上的处理方案。

施工图设计阶段的处理原则与初设阶段相同,采取挖除浅表层3~5 m厚破碎岩体后做为趾板基础,增设了5~15 m宽混凝土防渗板并加强了固结灌浆,相比初设阶段右岸趾板建基面抬高约10 m。施工阶段另将坝头外移50 m后增设覆盖层建基的高趾墙与岸坡相连,上部灌浆平洞进口段采用75 m长覆盖层进洞,方案调整后回避了右坝头近200 m的覆盖层高边坡问题,在节省工程投资的同时降低了工程风险。

4.2 坝基防渗处理

拦河大坝防渗系统由混凝土面板、趾板(连接板)、混凝土防渗墙以及防渗墙底部和两岸的防渗帷幕构成。

施工阶段6个勘探孔、13个灌浆先导孔压水试验数据统计结果表明:大坝左岸岩体100 m以上吕荣值多为15~40 Lu;右岸岩体吕荣值与类似工程相比总体偏大,100 m以上岩体吕荣值多为40~100 Lu,岩体随深度增加,其吕荣值减小的趋势并不突出,趾板基岩顶面以下130~180 m岩体具弱透水性,大坝水文地质条件极为复杂和罕见。最终实施的基础灌浆布置方案概括如下:

(1)按照“先自密实砂浆形成辅助帷幕孔(辅助帷幕)后主体帷幕”的施工方案,增加布置了辅助帷幕。

(2)右岸趾板辅助帷幕排距为2.5~3 m,孔距1 m,深度与对应部位主帷幕相同;左岸趾板辅助帷幕排距为3 m,孔距为1.5 m,深度为对应部位主帷幕的2/3。

(3)灌浆范围为封闭基础中、强透水层岩体,幕体深入弱透水层5 m,灌后岩体透水性死水位以下按3 Lu、以上按5 Lu控制。帷幕灌浆在死水位高程3115 m以下布置为两排,上游排为主帷幕,下游排为副帷幕;死水位以上按单排布置。帷幕灌浆孔距采用1.5 m,排距1 m。

(4)施工阶段开挖揭示和洞内压水试验结果表明:左、右岸坝肩水平防渗深度分别为150 m、200 m(其中覆盖层段65 m),灌浆平洞尺寸为4 m×4.8 m。

(5)为保证深孔帷幕灌浆质量,在死水位高程3115 m附近增设4.5 m×6 m的城门洞形中部灌浆平洞,截止于右岸坝头附近,上、下层帷幕采用水平搭接,因此本工程也成为极少数设置有中部灌浆平洞的面板坝。

(6)为保证变形拉裂体的防渗效果,对右岸C6~D3单元60 m以下区域及中部灌浆平洞以下挤压破碎带、防渗墙未封闭段采用“湿磨细水泥灌浆+丙烯酸盐化学灌浆”相结合的复合方式灌浆。

(7)两岸岩基段趾板底部设置固结灌浆,孔距2 m,排距2 m,交错布置,左岸深度为10 m,右岸深度为15 m。

5 防渗墙设计

根据已有工程资料,国内与斜卡工程相当的防渗墙工程水力梯度一般在85~132之间。斜卡

防渗墙承受水头约 103 m, 防渗墙设计墙厚采用 1.2 m (对应水力梯度约 85), 最大保留深度约 73 m, 设计工程量为 5 750 m², 采用 C25 混凝土浇筑, 防渗墙配筋区域为中上部拉应力较为集中的部位, 配筋按 0.2% 最小配筋率控制, 对应设计配筋主筋为 $\varphi 25@200$ mm, 分布筋为 $\varphi 20@200$ mm (图 3)。

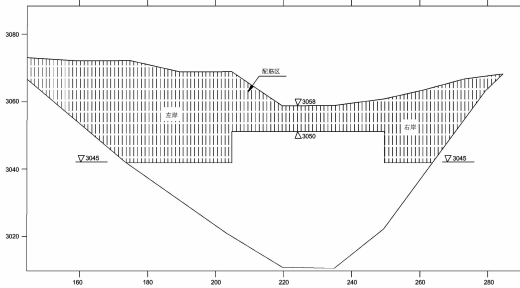


图 3 防渗墙体配筋范围示意图

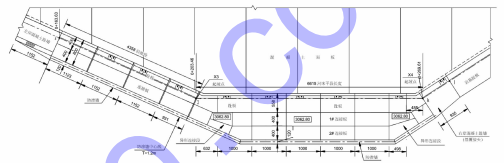
6 趾板与连接板设计

目前国内趾板置于覆盖层上的面板坝工程在面板坝中仍占少数, 百米级以上高面板坝相对更少, 国内已建的主要有云南省的那兰坝 (109 m)、新疆察汗乌苏坝 (110 m)、甘肃省的九甸峡 (136.5 m)、四川省的多诺坝 (112.5 m); 国外有智利的斯塔扬纳坝 (106 m)、阿根廷的洛斯卡拉科列斯坝 (131 m) 等。已建、在建及拟建工程的河床覆盖层防渗一般采用混凝土防渗墙, 墙与面板的连接大多采用平趾板和连接板相结合的柔性连接方案。

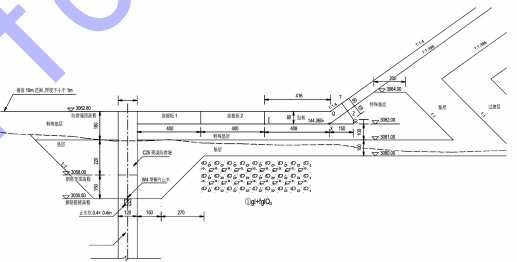
斜卡水电站面板坝坝基覆盖表层清除后仍厚达 60~70 m, 为同级别覆盖层面板堆石坝中覆盖层最为深厚的。如何使防渗体系具有较小的应力和变形是设计的关键点, 但同时亦需兼顾施工难度和运行的可靠性。在初步设计阶段, 经设计论证, 推荐采用 4 m+4 m 组合 (趾板长度+1 块连接板长度) 和防渗墙采用柔性连接的形式, 该方案可减少一条永久结构缝, 稍大的应力可通过适当提高混凝土标号和结构的含筋率予以解决。

施工阶段开挖至高程 3 060.4 m 左右时, 揭露第①层冰川、冰水堆积的含孤 (块) 漂卵砾石层。为减少覆盖层开挖、降低深基坑施工难度, 经设计论证后, 将河床趾板建基面由高程 3 056 m 抬高到高程 3 060 m, 但此时防渗墙已施工完成,

故需对该段趾板的结构形式作相应调整。涉及调整的趾板段位于河床中部水平段, 沿趾板轴线总长 66.15 m, 调整后趾板宽 5.58 m, 采用两块 4 m 长的连接板 (5.58 m+4 m+4 m) 与混凝土防渗墙相接, 防渗墙顶采用现浇钢筋混凝土延伸至高程 3 062.8 m, 最大墙高约 73 m, 左岸与斜坡段覆盖层趾板相连, 右岸与基岩段趾墙相接。设计人员对左岸斜坡段维持原 4 m+4 m 的连接形式, 并对调整段的左、右岸异形连接段、覆盖层与基岩过渡段进行了分缝和结构体型的优化设计, 以尽量增加结构的柔性, 适应变形, 同时便于施工 (图 4)。



a. 覆盖层趾板、连接板结构平面图



b. 河床平段趾板、连接板剖面图

图 4 河床覆盖层段实施的连接形式图

岸坡基岩段趾板按照水力梯度 10~20 进行控制, 宽 4~8 m, 厚 0.4~0.8 m, 采用 C25W12F300 钢筋混凝土按单层双向配筋, 纵横向配筋率约为 0.4%, 基础设锚筋和固结灌浆。

7 面板设计

面板是大坝的主要防渗结构。根据作用水头, 该工程面板采用 C25W12F300 钢筋混凝土, 采用单层双向、局部双层双向的配筋形式。双层双向配筋区包含: 周边缝以上 10 m、面板分期施工缝上、下各 5 m、面板顶部以下 5 m; 控制配筋率按水平向不低于 0.3%、顺坡向不低于 0.4% 布置; 对于双层配筋区, 表层配筋率略小于底层, 控制底层坡向配筋率不低于 0.35%, 横向不低于 0.3%。

8 分缝止水设计

与趾板建在基岩上的面板坝比较,面板和趾板的分缝在岸边坝段是相同的,设计上也基本相同,其不同之处在于:永久缝增加了连接板与趾板、连接板与混凝土防渗墙和连接板之间的纵向伸缩缝(与坝轴线平行的缝)以及趾板、连接板横向伸缩缝(与坝轴线垂直的缝),这些接缝的变形均有其特殊性,在水压作用下连接板与防渗墙间将产生较大的沉陷差,这是建在深厚覆盖层上斜卡水电站面板坝分缝止水的关键部位。

(1)河床覆盖层段趾板、连接板与防渗墙接缝。

该区域的接缝为覆盖层面板堆石坝接缝止水的關鍵部位,为适应结构间的不均匀变形,上述接缝均设置为柔性变形缝,趾板、连接板沿坝轴线方向每12 m设置一条伸缩缝,伸缩缝与面板垂直缝错开,分缝宽度为20 mm,缝内填塞沥青木板并设两道止水,即:缝顶SR表面止水+缝底W型铜止水。连接板与防渗墙接缝在上述基础上增设了一道中部 $\phi 60$ 钢边中空橡胶管止水带,一共三道止水。

(2)周边缝、岸坡段趾板缝。

周边缝分缝宽度为20 mm,缝内填塞沥青木板,考虑到面板底部厚度不大、设置中部止水可能会带来施工干扰且周边缝变形量值较小,因此,只设置两道止水,即:缝顶SR表面止水+缝底F型铜止水。

两岸趾板基岩建基以少设缝为原则,沿基准线方向每30 m左右及转角处与地形地质条件变化较大位置设置一条伸缩缝,伸缩缝与面板垂直缝错开。缝间中上部设置一道铜止水,止水的一端与周边缝止水相接,一端埋入基岩止水坑内,缝间涂刷3 mm厚沥青乳胶。

(3)面板垂直缝。

面板不设永久水平缝,只设垂直缝,垂直缝分张性缝和压性缝,共计40条纵缝,其中中部为11条压性缝;左右岸为张性缝,左岸9条,右岸20条。张性缝沿坝轴线方向每12 m设置一条,缝宽3 mm,缝面涂刷沥青乳胶;压性缝位于河床中部,沿坝轴线方向每15 m设置一条,分缝宽度为20 mm,缝内填塞沥青木板。从工程安全出发,面板垂直缝间均设置两道止水,即:缝顶SR柔性填料

表面止水+底部W铜止水,压性缝表面SR止水尺寸小于张性缝。

(4)防浪墙水平缝及结构缝。

防浪墙与面板之间水平缝的分缝宽度为12 mm,缝间设置两道止水,即:缝顶SR柔性填料表面止水+底部W铜止水。防浪墙结构缝缝距12 m,分缝宽度为12 mm,缝间靠迎水面设置一道厚铜止水,底部与其水平缝止水相接。

(5)施工缝。

钢筋穿过施工缝,缝面凿毛处理,连续浇筑。岸坡段趾板若出现裂缝,按永久缝处理。

(6)抗冰冻措施。

斜卡水电站面板坝地处高程3 000 m以上,冬季气候寒冷,昼夜温差大,为防止表面止水锚固系统冻融破坏,设计人员将水位消落范围的止水锚固方式调整为沉头式结构,采用化学锚固M10不锈钢螺栓,螺帽由柔性封边剂保护,与面板混凝土表面齐平。

9 设计计算

除前期计算分析外,施工阶段对渗流、坝坡稳定及应力应变进行了复核计算,计算参数根据施工阶段第三方现场取样检测的试验成果选取,主要计算结论如下:

(1)三维渗流计算。

施工图阶段,按照灌浆试验成果调整后的基础防渗处理方案、结合施工期补充勘探试验成果进行三维渗流分析,其成果表明:在正常蓄水工况下,大坝防渗体系能显著降低坝体内的浸润面,减小坝体和坝基渗透流量,降低坝体和坝基的渗透坡降,大坝防渗体系、垫层、过渡料、堆石体及基础覆盖层的渗透坡降均在允许范围内,未出现渗透破坏现象。其中面板最大水力坡降为76.3,覆盖层帷幕灌浆区水力坡降为7.6~9.6。

由于坝基岩体透水性极强,帷幕防渗面积达10万 m^2 ,计算得到的总渗流量为0.517 m^3/s ,从量级上看较同级工程偏大;从流量分布看,通过坝基的渗流量占总渗流量的96.7%,且右岸大于左岸。

(2)坝坡稳定计算。

根据施工阶段第三方现场取样检测的试验成果:大坝在各种工况下的上、下游坝坡抗滑稳定安

全系数均满足规范要求,同时考虑坝基覆盖层厚度较大,稍留有富余,控制工况为下游坝坡稳定渗流期加 7 度地震, $F_{bs} = 1.669$ 。

(3) 应力应变计算。

根据实际施工次序计算复核得知:大坝的变形等值线分布符合分期填筑碾压时的一般规律。竣工期大坝的沉降极值为 106.2 cm,其中覆盖层沉降约 63 cm,占总沉降量的 59.3%,总沉降率约为坝高(含覆盖层)的 0.67%,上、下游向水平位移分别为 30.4 cm 和 41.6 cm。正常蓄水期坝体沉降稍有增加,为 112.9 cm;覆盖层受竣工期荷载长期作用后蓄水期沉降量增幅较小,约为 65 cm,占总沉降量的 57.5%,上、下游向水平位移分别为 19.3 cm 和 50.3 cm。竣工期和蓄水期坝体及基础覆盖层应力水平极值均小于 0.85,不会出现塑性破坏区,结构是安全的。混凝土面板、趾(连接)板及防渗墙拉、压应力基本上均在混凝土材料允许范围内,对于局部拉应力集中区,工程通过加强配筋予以解决。

蓄水后面板垂直缝总体呈现两岸区域受拉、河床中央区域受压的特性,河床中央部位的面板垂直缝最大压缩量为 1.39 cm。基岩段周边缝向坝内的沉陷极值为 2.19 cm,张开极值为 1.94 cm,覆盖层段则处于压紧状态。正常蓄水位下,连接板与趾板、连接板与连接板之间接缝的三向变形极值未超过 1 cm。最大接缝变形产生在防渗墙与连接板接缝处,表现为沉陷,沉陷差极值为 4.72 cm。以上接缝变形量值均在目前高面板坝止水片的适应范围内。

10 运行情况

该工程于 2014 年 8 月 20 日下闸蓄水,2015 年 10 月 8 日蓄水至正常蓄水位高程 3 165 m,实测 2015 年正常蓄水位高程 3 165 m 时最大渗流量为 218 L/s,2017 年为 191 L/s,各渗压计及绕

(上接第 3 页)

3 结语

海阔凭鱼跃,天高任鸟飞。辉煌过去就是现在的起点,“久隆水电”将秉承“创新、协调、绿色、开发、共享”五大发展理念,在社会各界的关心支持和董事会的坚强领导下,不忘初心,继续前

渗孔渗压水头未见异常,渗流量及渗压水头与库水上升呈成正相关,受降雨影响较大,总渗流量在设计预期范围内并有逐年减小的趋势,无渗透破坏现象。

监测得到的大坝竣工期沉降量值约为 103.3 cm,坝基覆盖层的沉降量约占总沉降量的 60%,坝体沉降量约占总沉降量的 40%。蓄水后的沉降增量为 3.88 cm(截止 2017 年 8 月),速率为 0.16 cm/月,蓄水期沉降量约为 107.18 cm,坝体沉降变形趋于收敛,与理论计算成果高度吻合。

变形最大的防渗墙与连接板的接缝蓄水后向下游累计位移 9.66 mm,沉陷 21.1 mm,错动 1.26 mm,变形均在设计控制值之内。

11 结语

斜卡水电站大坝地质条件复杂,筑坝技术难度之高为国内外罕见。通过实施大量的科研试验、精心设计、实施严格的施工质量控制措施,最大限度地利用了坝基覆盖层,节省了工程投资,电站于 2014 年 8 月投产运行,经过 3 年时间的运行检验,大坝运行状态良好,渗流及应力变形可控,监测得到的各项数据指标与设计预期基本吻合,未见异常现象。斜卡水电站大坝的成功建设,为深厚覆盖层上建混凝土面板堆石坝积累了宝贵的工程经验。

参考文献:

- [1] 关志诚. 土石坝工程:面板与沥青混凝土防渗技术[M]. 北京:中国水利水电出版社,2015.

作者简介:

詹国强(1964-),男,四川成都人,教授级高级工程师,从事水利水电工程设计和咨询工作;

周涛(1982-),男,四川成都人,高级工程师,从事水利水电工程设计和咨询工作;

陈明辉(1963-),男,四川成都人,党委书记兼常务副总经理,工程师,从事水电工程建设技术及管理工。

(责任编辑:李燕辉)

进,必将谱写出“久隆水电”更加灿烂美好的明天!

作者简介:

向升(1971-),男,重庆开县人,总经理兼党委副书记,高级工程师,工程硕士,从事水电工程建设技术与管理工。

(责任编辑:李燕辉)