

# 锅浪跷水电站大坝面板施工技术

柳启超, 刘永刚

(四川二滩国际工程咨询有限责任公司 四川 成都 611130)

**摘要:**混凝土面板堆石坝作为水利水电工程中广泛应用的坝型,大坝面板作为大坝挡水防渗的重要结构体,其施工质量直接关系大坝整体挡水防渗效果以及坝体长期运行的安全。严格控制面板浇筑前面板对应范围内已填筑坝体沉降期、以及且面板顶部处的坝体沉降速率、先期施工的面板顶部填筑超高量等指标,是避免面板浇筑后因坝体沉降变形引发面板裂缝的关键。

**关键词:**面板堆石坝;施工特点及重难点;具体措施;管控要点

中图分类号:[TM622];TV641.4+3;TV52

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2023)04-0139-06

## Construction Technology of the Dam Face of the Guolangqiao Hydropower Station

LIU Qichao, LIU Yonggang

(Sichuan Ertan International Engineering Consulting Co., Ltd., Chengdu Sichuan 611130)

**Abstract:** Concrete faced rockfill dam is widely used in water conservancy and hydropower projects. As an important structure of dam for water retaining and seepage prevention, the construction quality of the dam face is directly related to the overall dam water retaining and seepage prevention effect and the long-term operation safety of the dam body. Strictly controlling the settlement period of the dam body that has been filled before the panel pouring, the settlement rate of the dam body at the top of the panel, and the ultra-high filling amount of the top of the panel that has been constructed in advance, are the key to avoiding the panel cracks caused by the settlement deformation of the dam body after the panel pouring.

**Keywords:** Faced rockfill dam; Construction characteristics and difficulties; Specific measures; Key points of control

## 1 工程概况

四川天全锅浪跷水电站系青衣江一级支流天全河梯级开发中的龙头电站,位于四川省雅安市天全县紫石乡境内,为单一发电工程。本电站装机  $3 \times 70 \text{ MW} + 1 \text{ 台 } 10 \text{ MW}$  生态机组,总库容  $1.84 \text{ 亿 m}^3$ ,具有年调节能力。

电站大坝为混凝土面板堆石坝,布置于两河汇口下游  $700 \text{ m}$  处,最大坝高  $186.3 \text{ m}$ 、坝顶轴线长  $360 \text{ m}$ 、坝顶高程  $1283.30 \text{ m}$ ,正常蓄水位  $1280.00 \text{ m}$ ,设计洪水位  $1280.56 \text{ m}$ ,校核洪水位  $1282.34 \text{ m}$ 。坝体填筑结构自上游向下依次为挤压边墙、垫层料、过渡料、堆石料等;挤压边墙上游外缘为坝体挡水面板;大坝于 2022 年 4 月底填筑到顶,坝体总填筑量  $735 \text{ 万 m}^3$ 。

## 2 大坝面板设计

收稿日期:2023-07-06

大坝面板为  $C_{30} W_{12} F_{100}$  钢筋混凝土结构,面板从坝基高程  $1098.90 \sim$  高程  $1280.50 \text{ m}$ ,共计高  $181.6 \text{ m}$ ,面板为“顶部薄底部厚”的渐变式结构,由  $103.9 \text{ cm}$  渐变至  $40.0 \text{ cm}$ ;其厚度( $t$ )与坝高按关系下式  $t = 0.4 + 0.003H$  计算。

式中  $t$  为面板厚度;  $H$  为计算断面至防浪墙底面的垂直高度,  $\text{m}$ 。

根据本工程特点,设计上将面板划分为两岸受拉区和中部受压区。大坝面板共计 41 块(幅),平面面积  $6.5 \text{ 万 m}^2$ ,面板宽度为  $6 \text{ m}、12 \text{ m}$ 。块间设置垂直缝,面板与坝基和两岸趾板间为周边缝,缝底均设一道铜片止水,缝面顶部设塑性填料止水。大坝面板空间平面布置如图 1:

面板混凝土施工主要包括:基础(挤压边墙)脱空检查处理与坡面整修、基础坡面喷涂乳化沥青、钢筋制作安装、侧模及止水安装、混凝土浇筑

与养护等。

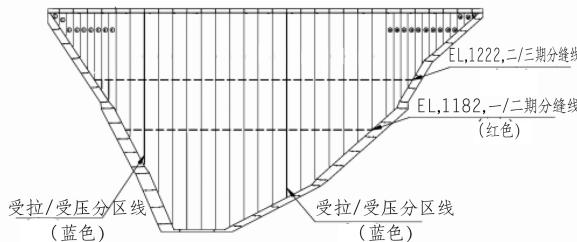


图1 大坝面板空间平面布置图

根据施工实际情况,大坝面板施工总体规划分为3期浇筑:Ⅰ期高程1182.00 m以下、Ⅱ期高程1182.00~1122.00 m、Ⅲ期高程1122.00 m以上。

### 3 施工特点及重难点

#### 3.1 技术质量的要求严格

《面板混凝土堆石坝施工规范(DL/T5128—2009)》第8.3.2条要求:为减少面板浇筑后坝体沉降对面板变形的影响、控制面板的脱空和结构性裂缝;在面板施工前,坝体预沉降期宜为3~6个月,面板顶部处坝体沉降速率3 mm/m~5 mm/m之内。面板分期施工时,先期施工的面板顶部填筑应有一定超高(至少5 m)<sup>[1]</sup>。设计具体要求:

(1)在大坝面板浇筑前面板对应范围内已填筑坝体沉降期 $\geq 5$ 个月、且面板顶部处的坝体沉降速率 $\leq 3$  mm/m。并强调这是双控指标,须同时满足。此外设计要求先期施工的面板顶部填筑超高 $\geq 10.0$  m。

(2)基础面(挤压边墙)表面平整度修整按照“凿高补底”的原则进行处理,并按照6 m×6 m网格进行测量复核,基础面平整度控制在 $\pm 50$  mm之内。

(3)须确保面板基础面与填筑料之间无脱空。设计要求按照“每一块面板不少于1条检测线”的频率进行基础面脱空情况的雷达声波检测。

(4)面板混凝土入仓塌落度《施工规范》要求为3~7 cm。本工程中设计要求为3~5 cm。结合其他工程经验,该塌落度偏低,不利于混凝土的入仓以及浇筑振捣后的收面。

(5)为减少基础面对面板的约束,设计要求基础面(挤压边墙)全坡面设置乳化沥青(三油两砂工艺)喷涂层。

(6)要求面板混凝土内粉煤灰为I级粉煤灰。

#### 3.2 施工环境恶劣

《面板混凝土堆石坝施工规范》(DL/T 5128—2009)8.1.9条要求:面板混凝土施工应避开高温、负温、多雨、大风季节<sup>[2]</sup>。而锅浪跷项目所在区域素有“天漏”之称,常年多雨,多年平均降水日数为235.7 d;气候环境因素对面板施工存在显著负面影响和制约。

#### 3.3 高陡边坡施工操作困难

面板施工一般均在高陡斜坡面上进行,本工程中坝前坡面坡比为1:1.4,坡面较陡,自顶部施工平台至面板底部斜坡长达239 m。就连人员上下都要依靠牵引绳攀爬,存在材料运输、高陡边坡上进行钢筋、模板止水安装等工序操作和施工辅助设施建设十分困难的问题。

#### 3.4 技术管理难度大

前面已述本工程面板为“顶部薄底部厚”的渐变式结构,由底部103.9 cm渐变至顶部40.0 cm,每一块面板不同高程部位钢筋尺寸、模板尺寸均不相同,且每一块面板结构形式及配筋要求也不相同。此外,面板块间分缝的止水形式及要求繁多,均对面板施工技术管理带来较大挑战。

#### 3.5 施工安全风险较大

大坝面板施工在高陡长斜坡面上进行,根据其施工特点并结合住建部《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》以及国家能源局《电力建设工程施工安全管理导则》NB/T 10096—2018的相关规定和要求,大坝面板施工属于“超危大工程”<sup>[3]</sup>。

本工程大坝高186.3 m,坝前坡面坡比为1:1.4,坡面较陡,自顶部施工平台至面板底部斜坡长达239 m;高陡长斜坡面上的施工材料运输、施工人员通行、施工期间安全防护与管控等方面均面临较为突出的安全管理风险。

#### 3.6 面板施工工序多、工作量大、工期紧、施工强度大

每一块面板施工主要涉及基础脱空情况检查与处理、基础面平整度处理、乳化沥青层施工、钢筋制作安装、止水施工、模板安装加固、混凝土浇筑与养护等工序,工序十分繁杂。

《面板混凝土堆石坝施工规范》(DL/T 5128—2009)8.1.9条要求:面板混凝土施工应避开高

温、负温、多雨、大风季节<sup>[4]</sup>。而锅浪跷常年多雨。结合业主规划的下闸蓄水工期要求,经商议确定一期面板选择在 2020 年 11 月下旬~2021 年 1 月下旬浇筑,而二期面板直到 2021 年 3 月中旬坝体沉降检测数据出来才能浇筑,二期面板施工时段为 2021 年 3 月下旬至 5 月下旬。每一期面板施工仅有 2~3 个月,施工工期相当紧张、施工强度大。

## 4 主要施工过程及具体措施

### 4.1 面板施工总体规划及施工流程

大坝面板混凝土施工材料加工及运输在坝体顶部平台上进行。面板施工整体上采用分期(高程上)、分块跳仓(先浇筑 1 号、3 号、5 号、7 号、9 号…单号块、之后穿插浇筑 2 号、4 号、6 号、8 号、双号块)浇筑的方式进行。此方式的优点是能够大幅度减少面板侧模的模板安装工作量、降低相邻板块之间材料运输和施工的相互干扰。

单块面板混凝土施工流程见图 2。

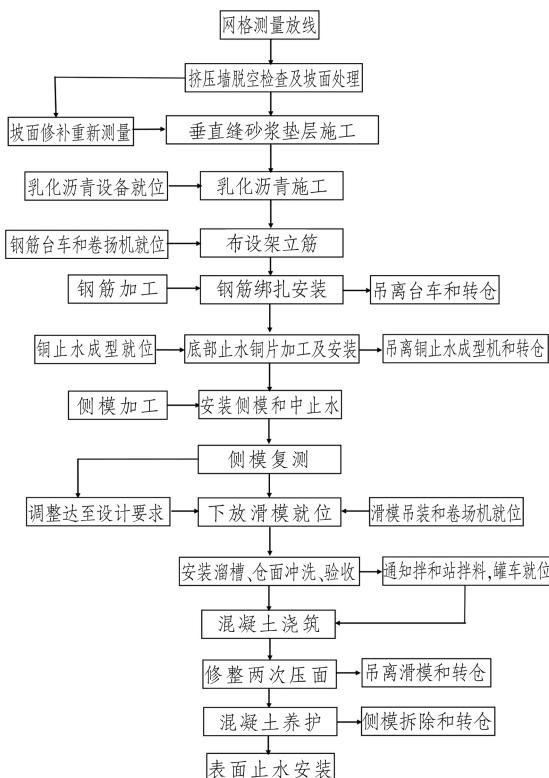


图 2 单块面板混凝土施工流程图

### 4.2 具体过程及主要措施

#### 4.2.1 基础面测量及处理

按照 6 m×6 m 网格进行基础面(挤压边墙外表面)测量检查;按照“凿高补底”的原则进行处

理,使基础面平整度控制在±50 mm 之内。

#### 4.2.2 挤压墙脱空检查及处理

设计要求按照“每一块面板不少于 1 条检测线”的频率进行基础面脱空情况雷达声波和结合现场人工检查的方式进行检测,对于局部存在脱空的部位使用 M5 砂浆重新进行填补和找平。

#### 4.2.3 基础面分缝处断缝、砂浆垫层找平

先测量出面板分缝线,用电镐每间隔 2 cm 破洞壁一次,顶部破除清理形成贯通槽,破除深度 20 cm;以分缝线为中心线进行 M5 砂浆垫层找平,以保证止水基础平整,便于侧模安装和滑模施工。

#### 4.2.4 基础面表面乳化沥青(三油两砂层)喷涂

喷涂乳化沥青施工在挤压边墙经过脱空检查、坡面修整和“W”型铜止水下部砂浆垫层施工完成后进行。先将挤压墙表面清理干净,利用坡面材料运输台车装载喷涂机和乳化沥青、细砂等材料,由上而下喷涂。第一层乳化沥青喷护后,并在沥青固化前人工均匀撒上一层细砂(用量约 0.002~0.003 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>),待乳化沥青固化后,用滚轮轻压一遍,之后用扫帚清扫干净,再喷第二层,并再次在表面人工均匀撒一层细砂(用量约 0.002~0.003 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>),待乳化沥青固化后,用滚轮轻压一遍,然后清扫一遍,再喷第三层,形成一层厚约 3 mm 的“三油两砂”乳化沥青砂柔性隔离层。

#### 4.2.5 坡面牵引系统的安装与调试

将 10 t 卷扬机安装固定在工字钢底座上,采用混凝土预制块压重,依靠制块压重及底部基座与大坝填筑平台的摩擦力来克服滑模及其配重对卷扬机的拉力,并在基座前缘埋设 2 根插筋,以稳固卷扬机系统。每 2 台卷扬机为一组,采用“一闸控两机+单闸单机”相结合。待两台卷扬机就位后,进行联动试验,确保两台卷扬机工作时能够同步运行。

#### 4.2.6 坡面运输台车

坡面材料运输台车长 6 m/9 m,现场加工验收后,由坡面牵引系统控制其在挤压边墙坡面(或面板表面)上下行走,用于施工材料的运输。

#### 4.2.7 钢筋施工

钢筋加工在坝顶平台上设置的加工棚内进行,加工成型后,由卷扬机牵引的坡面材料运输车

运送至每一块面板安装作业面。

结构钢筋安装前,先在混凝土挤压墙表面按4 m的间排距布置插筋,插筋锚入挤压墙50 cm,并在插筋上焊接结构钢筋绑扎所需的架立钢筋,架立钢筋施工完成后,进行结构钢筋安装施工。纵向(主筋)钢筋采用机械连接,横向(分布筋)钢筋采用焊接,焊接长度10 d,相邻钢筋接头交错布置。安装好的钢筋要平整,间距要均匀。

为降低基础对面板的约束,保证混凝土面板与基础挤压边墙相对分离,在进行混凝土浇筑的同时,将混凝土浇筑将锚入挤压墙的插筋沿挤压墙表面割除,使插筋在挤压墙表面处断开。

#### 4.2.8 面板块间分缝处止水施工

在完成分缝处底止水基础砂浆找平和仓面结构钢筋安装完成后,进行面板垂直缝底部“W”型铜止水的安装。先沿分缝中心线铺设PVC塑料垫板,然后将铜止水成型机放置在坝顶施工平台面板分缝中心对应位置上,铜止水带喂料进入止水成型机,经过成型机后直接进入对应的分缝位置,再进行人工复核和微调,确保铜鼻子中心线与分缝中心线重合。然后进行铜鼻子内橡胶棒、泡沫板填充以及封口胶带贴合。铜止水安装误差最大偏移量不超过5 mm。铜止水接头采用双面焊,搭接长度不小于20 mm,焊接后采用“浸煤油”的方式进行检查。面板混凝土内止水施工及安装尺寸允许误差见表1。

表1 面板混凝土内止水施工及安装

尺寸允许误差表

项 目	允许偏差 /mm	
	铜止水片	橡胶止水带
宽度	±5	±5
制作(成型)偏差	鼻子或立腿高度	±3
	中心部分直径	—
安装偏差	中心线与设计线偏差	±5
	两侧平段倾斜偏差	±5
		±10

#### 4.2.9 模板系统

(1)面板正面模板为厂家定制的滑模、侧面模板为5 cm厚的钢/木定型模板。侧模安装在垂直缝底止水安装完成后进行,安装前模板表面涂刷脱模剂,侧模安装按照编号自下而上的顺序进行,依据分缝设计线和测量放线进行侧模安装固定;侧模顶部采用∠50 mm×50 mm×5 mm角钢作

为滑模轨道。

(2)滑模总长13 m/7 m,宽1.2 m,委托专业厂家定做。用25 t汽车吊将滑模吊运至相应面板位置,再通过坝顶施工平台上的卷扬机牵引移动,在已安装好的面板底部端头的侧模顶部就位。

#### 4.2.10 溜槽制安

每个面板仓号布置一条溜槽。溜槽采用轻型、耐磨、光洁、高强度的铁皮制作,每节长1.5 m,半圆形断面,深32 cm,开口宽15 cm。溜槽每隔15 m左右设一混凝土缓冲器挡板。

#### 4.2.11 混凝土浇筑及养护

##### 4.2.11.1 混凝土工艺试验

面板混凝土浇筑前在参建各方的见证下,针对面板混凝土不同配合比进行浇筑工艺的生产性试验。经工艺实验验证,最终选用C<sub>30</sub>W<sub>12</sub>F<sub>100</sub>(设计塌落度130~150 mm)这一配合比。

##### 4.2.11.2 混凝土浇筑

混凝土运输采用3台9 m<sup>3</sup>混凝土罐车,通过前述的溜槽系统入仓。混凝土浇筑按分层摊铺和振捣的原则,每层的摊铺厚度为25~30 cm(斜长约40~50 cm左右),相邻两层间的铺料时间间隔15 min左右。滑模上安装3台Φ70 mm插入式振捣器、2台Φ30 mm插入式振捣器,划段专人负责。Φ30 mm振捣器负责止水部位的混凝土振捣,范围为1.5 m。振捣时间以混凝土表面不再明显下沉,不出现气泡并泛浆时视为振捣密实,一般情况下每一处振捣时间控制在15~20 s左右。同时在浇筑过程中认真做好混凝土温度和入仓塌落度的检测。

##### 4.2.11.3 滑模滑升及收面

浇筑过程中,通过高程1 232.00 m平台上的卷扬机牵引滑模上升,每浇筑一层(25~30 cm)混凝土提升一次滑模,每次滑升的幅度控制在30 cm,滑模的滑升速度与浇筑强度、脱模时间相适应,平均滑升速度控制在1.0~1.5 m/h。滑升间隔时间不超过30 min,滑模滑升时做到平稳、均衡上升。滑模滑升后,立即对出模后的混凝土进行第一次人工木模收面,采用2 m靠尺刮平,用2 m靠尺检查复核平整度不大于5 mm。2~3 h后(初凝时)采用人工二次收面。

##### 4.2.11.4 混凝土养护

二次收面压光后并覆盖土工布进行保温/保

湿。养护期不少于 90 d, 养护期间要不间断地洒水, 确保混凝土面处于湿润状态。

#### 4.2.12 冬雨季施工措施

(1) 滑模设计制造时便考虑了设置防雨棚;

(2) 浇筑现场配备油动暖风机, 极大改善了低温天气下的面板浇筑条件。

#### 5 施工质量管控要点

针对大坝面板混凝土的重要性及其施工特点, 具体实施过程中重点从以下几个方面进行质量管控:

(1) 严格控制面板浇筑前面板对应范围内已填筑坝体沉降期、面板顶部处的坝体沉降速率、先期施工的面板顶部填筑超高指标等, 不满足设计及规范要求的不允许进行面板施工。

(2) 严格落实“三检制”, 加强对作业班组的技术质量交底, 从管理角度来确保质量管理措施落实到位。

(3) 加强对砂、石、水泥、钢材、止水、混凝土等原材料(或半成品)的质量检测, 并在见证承包人自检的基础上进行监理独立的抽样检测, 确保所用材料满足设计要求。值得一提的是该工程中曾存在成品砂备存不足、含水率不稳定, 导致混凝土来料差异明显, 现场浇筑效率较低、脱模时间难以准确把控的情况, 为此专门建设了成品砂控水堆存区。

(4) 基础面处理。大坝填筑分别于 2020 年 4 月 22 日填筑碾压至高程 1 182.00 m, 净沉降时间满足设计及规范要求; 面板混凝土浇筑前必须确保各期面板对应范围内已填筑坝体沉降期  $\geq 5$  个月, 且面板顶部处的坝体沉降速率  $\leq 3 \text{ mm/m}$ 。

(5) 针对每一块面板基础面乳化沥青施工过程及结果进行监督和检查, 确保沥青与砂料粘结形成喷涂厚度不小于 3 mm 的“三油两砂”乳化沥青砂柔性结构隔离层。

(6) 对每一块面板的结构钢筋重点就钢筋规格型号、加工尺寸、间距、数量、机械连接质量、焊接质量等进行检查和抽样检测, 确保趾板结构钢筋制安质量满足设计要求。

(7) 面板混凝土模板安装后监理联合承包人对模板安装尺寸边界、外立面边线、坡比、相关断面厚度参数等进行测量检查复核, 确保每一块趾板结构断面尺寸、外表面坡比等符合设计要求。

(8) 止水施工监理要重点检查。复核止水原

材料材质、加工成型尺寸、止水埋设的深度、接头部位的焊接(连接)质量、铜鼻子内填充与封口保护、安装位置的准确性、稳固性、安装后保护等方面的内容。

(9) 面板混凝土浇筑必须做到每一块(仓)面板浇筑前严格落实实验仓, 合格后方可进行混凝土浇筑, 同时, 现场监理应对混凝土浇筑入仓的连续性、均匀性、是否振捣充分、脱模时机、出模后的收面压光等方面进行检查和旁站监督, 最大限度确保混凝土的浇筑过程受控。

(10) 混凝土拆模时注意避免损坏板边部位混凝土, 对每一块面板混凝土在拆模后及时进行洒水保湿养护, 使表面保持湿润状态; 洒水养护周期不少于 90 d; 并对混凝土拆模后的养护工作进行专项巡视和检查, 如若发现个别时段内存在养护不到位或不及时的立即整改。

#### 6 经验教训

(1) 根据大坝面板施工特点, 结合住建部《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》以及国家能源局《电力建设工程施工安全管理导则》NB/T 10096—2018 的相关规定, 大坝面板施工属于“超危大工程”。“超危大工程”专项施工方案和安全专项方案须按照相关规定的程序要求编制报审, 监理应严格审查承包人提交的《专项施工方案》以及《安全专项方案》并督促承包人落到实处<sup>[5]</sup>。

(2) 严格控制面板浇筑前面板对应范围内已填筑坝体沉降期、面板顶部处的坝体沉降速率和先期施工的面板顶部填筑超高量等指标。这是避免面板浇筑后因坝体沉降变形引发面板裂缝的关键。

(3) 根据面板滑模混凝土施工连续进行的工艺特性, 混凝土浇筑一旦开仓后整个过程须连续浇筑。为确保浇筑连续性, 应从拌合楼工况、混凝土生产、运输及入仓强度、资源配置、应急处理(如备用电源、防雨措施等)等方面强化保证措施, 以确保混凝土连续浇筑及滑模均匀提升。

(4) 在浇筑过程中, 需做好混凝土入仓落度、浇筑温度等方面的记录。混凝土浇筑的铺料层厚、滑升行程、滑升时间间隔等基本参数须结合实际施工过程进行复核与优化调整。

(5) 注重施工质量及细节管理。① 大坝面板

施工最好是由具有相关经验的专业施工队伍来实施,施工前督促承包人落实并加强技术或质量培训与交底;②至少提前半年开始落实面板混凝土的配合比试验工作,须在面板混凝土正式浇筑前对混凝土的生产拌制及运输方式、入仓方式、塌落度、能否顺利浇筑、能否顺利收面等方面进行浇筑工艺的验证试验;③砂的含水率对面板混凝土性能影响较为明显,应严格控制砂的含水率;④加强对侧模安装质量(精度、稳固性等)的管控,施工过程中加强对该部位已施工底层止水的保护,注意该部位的混凝土浇筑密实以及充分振捣;⑤面板分期施工缝处钢筋不能断开,同时避免将止水接头设置在分期分缝处,此外,需特别注意面板混凝土浇筑至相应高程之前须提前并及时将架立筋(插筋)沿挤压边墙面割断,以避免基础堆面板的不利影响;⑥基础面乳化沥青(即三油两砂层)喷涂施工后常因施工干扰造成破坏,须加强检查、存在问题的部位须补喷;⑦重视面板混凝土浇筑后的养护工作,按规范至少养护 90 d 或至蓄水,避免因混凝土养护工作不到位而产生裂缝。

## 7 结语

锅浪跷电站大坝面板施工过程中,参建各方

从技术质量、安全和组织管理方面重点加强了对面板浇筑前面板对应范围内已填筑坝体沉降期、面板顶部处的坝体沉降速率和先期施工的面板顶部填筑超高等指标的控制,严格按照相关要求加强了对基础面处理、过程安全管控、混凝土性能监测、前述相关技术与质量细节管控等方面管理,有效保证了大坝面板顺利地完成浇筑。面板浇筑完成后,检查其表面平整度总体满足设计要求,41 块面板(约 6.5 万 m<sup>2</sup>)发现面板混凝土裂缝总计 52 条,施工效果明显优于行业平均水平。

### 参考文献:

- [1] DL/T 5128-2009,面板混凝土堆石坝施工规范[S].
- [2] DL/T 5115-2016,混凝土面板堆石坝接缝止水技术规范[S].
- [3] DL/T 5215-2005,水工建筑物止水带技术规范[S].
- [4] 住建部 37 号令-2018,危险性较大的分部分项工程安全管理规定[S].
- [5] NBT10096-2018,电力建设工程施工安全管理导则(国家能源局)[S].

### 作者简介:

柳启超(1985-),男,四川西昌人,工程师,学士,主要从事水电工程项目管理及技术管理工作;  
刘永刚(1963-),男,四川成都人,正高级工程师,学士,主要从事水电工程项目管理及咨询工作. (责任编辑:卓政昌)

## 四川发电设备产量累计突破 6 亿千瓦

2023 年 7 月 18 日讯,2023 世界清洁能源装备大会新闻发布会在北京举行。四川日报记者从会上获悉,截至目前,四川发电设备产量累计突破 6 亿千瓦,连续多年居世界第一。工业和信息化部装备工业二司司长徐春荣介绍,我国已建成相对完善的清洁能源装备产业链供应链体系,成渝地区已发展成为全国重要的高水平装备研发制造基地之一。

四川省经济和信息化厅副厅长敬茂明介绍,四川省清洁能源装备发展呈现四大特点:一是能源装备全谱系发展势头强劲。四川具备先进水电、清洁火电、高端核电、大功率风电、燃机发电和太阳能发电等领域设计、制造、试验验证、维修、运营等全产业链能力。研制了全国 60% 的核电产品、50% 的大型电站铸锻件、40% 的水电机组、30% 的火电机组和汽轮机、16% 的风电装备、7.8% 的晶硅电池组件及光伏电站装备,建成全球最大的太阳能硅料生产基地,太阳能电池片产能居全国第一。目前,在川能源装备企业超过 3 300 户,晶硅光伏领域全国前十大头部企业有一半入川发展。二是四川造“国之重器”全球瞩目。四川围绕“卡脖子”环节持续发力,组建了先进水电装备、氢能、动力电池创新联合体等 80 余个创新平台,突破 70 余项国际先进的关键核心技术。四川研制的白鹤滩百万千瓦水电机组、F 级 50 兆瓦重型燃气轮机、新一代“人造太阳”共 3 个产品,入选国家 2022 年度十大“国之重器”。三是数字化智能化融合化转型加快。四川已建设国内首个定子冲片无人车间、叶片黑灯产线等 10 余个能源装备领域数字化车间,建成大型清洁高效发电设备智能制造示范工厂,正围绕细分领域加快打造一批智能工厂、无人工厂、灯塔工厂。四川还拥有一批清洁能源装备重点高等院校、重点学科,“装备+工程+投资+运营+服务”融合发展格局已基本形成。四是国家级向世界级先进制造业集群提升行动正在展开。去年底,成德高端能源装备集群跻身国家 45 个先进制造业集群之一。四川正在编制“成德高端能源装备集群培育提升三年行动方案”,将集合成都创新、德阳制造比较优势,探索建立“头部+配套”“研发+制造”“总部+基地”成德模式,支持德阳企业在成都设置研发中心、成都科技创新成果在德阳产业化;鼓励成都总部企业在德阳建立制造基地,推动形成上下成链、左右配套、优势互补的高端能源装备集群生态圈。据介绍,全省已谋划超过 7 600 亿元的电源电网项目,到 2025 年底,四川将实施一批互联互通的重要电网工程,新增省调机组装机 4 000 万千瓦以上,加快构建全省更加安全可靠的电力系统。

(摘自《四川日报》官网)