

# 正确施工方案是保证进度和节省投资的关键

## ——记宝珠寺水电站拦河坝施工中重大技术问题决策

王正生

(宝珠寺水电建设管理局, 四川 广元 628003)

**摘要:** 宝珠寺水电站工程第4台机组(最后1台)已于1998年6月顺利投产发电。回顾总结施工过程中人工砂石料场的选择和生产系统的技术攻关; 坝基帷幕不采用或少采用化学灌浆的技术论证; 提前抢浇明渠11号、12号坝段混凝土所采取的施工技术措施; 中孔闸门提前分期下叠梁封堵的依据等, 对于这些重大技术问题的科学论证, 正确决策, 既赢得了工期, 也减少了工程量, 从而保证了工程各阶段按期投运目标的实现。

**关键词:** 宝珠寺水电站; 建设施工; 技术问题; 论证决策; 经济效益分析

中图分类号: TV 51

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(1999)增-0034-03

宝珠寺水电站装机容量70万kW(4×175 MW), 最后1台机组已于1998年6月顺利投产发电。至此, 这座大型水电工程将全面发挥其发电、防洪等综合效益, 加快四川经济的发展。工程质量经各阶段验收初步评定质量合格。现在回过头来总结一下大坝施工过程中的经验和教训是非常必要的。宝珠寺水电站是在我国水电建设体制改革形势下, 由计划经济的管理体制逐步转换为业主负责制过程中进行建设的, 工程建设施工过程中难免会出现这样那样的问题, 只要我们本着实事求是精神, 科学论证, 正确决策, 团结一致, 实干拼搏, 困难和问题是可以克服解决的, 工程建设的预期目标定会实现。

本文仅就大坝施工中某些重大技术问题的决策进行回顾和总结, 期盼能为今后的水电工程建设施工提供有益经验。在工程施工的关键时刻, 就某些重大技术问题作出正确决策的组织者们, 对于他们所作的奉献人们将永远不会忘记。

### 1 攻克人工砂石料场开采难关, 保证砂石料的供应

宝珠寺水电站工程采用坝区附近5 km处的飞娥峡采石场, 以石灰岩为主作人工骨料源。在开采中第一采区的石料含泥量较多, 尤其是夹带大块泥团, 在一般的筛分冲洗中难以清除干净, 人工剔除又不能满足工程生产的需要, 严重地限制了主体工程的混凝土浇筑, 更无法达到工程混凝土浇筑的高峰期对骨料生产的要求。当时的工程建设管理及施工单位——水电部第五工程局于1990年11月、1992年7月组织邀请了华源水利水电工程咨询公司、四川省电力工业局、西北院及其他有关单位的领导、著名专家到现场勘察了解石料情况, 对料场的选用有关方面提出了各种不同意见, 一是另开辟新的料场或恢复使用原距工地20余km的清水河罗家坝天然

砂石料场, 二是着重研究分析目前正在开采的一、三采区, 对部分料源状况虽出现了不利变化, 但根据剥离情况和基本勘探资料来看, 认为一、三采区仍是可用的。

经过方案比较, 如新建开采系统投资大, 工期长, 不能满足工程急需, 经慎重研究决定, 采用现已开采的飞娥峡料源。第三采区大体已剥离成形, 夹泥现象相对较少, 储量可直观判断。为了适应浇筑大坝基础混凝土的需要, 结合当前砂石系统的处理功能现况, 宜将三采区作为主采区, 抓紧做好比较细致的开采规划, 尽快形成工作面, 疏通运输道路, 实施大规模开采。第一采区, 由于目前已裸露的开采料层比预计的要差, 夹泥量大, 泥团多, 采取率低, 给砂石生产造成不利影响。但根据对料场资源的评价, 还需继续剥离和开采, 必要时做些补充勘探, 查清溶蚀漏斗和破碎带、夹泥的影响分布范围, 以对料场的真正开采储量做到心中有数。就目前采用的水平开采方法, 专家们要求对夹泥层和含泥石料必须及时清出现场, 以减轻对开采面的污染。同时应增加新的立面开采, 以提高料场的采取率。在砂石生产时, 对于泥团在一般的筛分冲洗过程中难以清除干净, 人工剔除又无法适应大规模生产的需要, 建议在石料粗碎之后增设两台大型圆筒洗石机。在装车料仓前和调节料仓的出料皮带机上装水管冲洗。经采用这些新技术措施, 增加冲洗设备, 同时继续配合人工剔除泥团, 使人工砂石料开采数量达到设计能力, 基本克服了泥团问题。在1993年总计生产了近50万m<sup>3</sup>砂石料, 经过各次检查试验含泥量已下降至规定要求0.5%以下, 满足设计质量标准。决定继续采用飞娥峡石料源, 节省了投资, 争取了时间, 解决了工程生产需要。

### 2 科学态度, 充分论证, 慎重实施化学灌浆

收稿日期: 1999-10-06

宝珠寺水电站拦河大坝 1 号~ 27 号坝段设置了两排高压水泥灌浆帷幕, 帷幕在左右岸坝肩向外延伸 80 m 和 65 m。帷幕幕体防渗标准为  $\omega$  0 01, 在幕后设置主排水幕和 3 排排水孔。为处理解决泥质夹层和断层, 在两排高压水泥灌浆帷幕间又设置一排化学灌浆。设计工程量约 9 000 m, 投资金额为 1 千多万元。

宝珠寺水电建设管理局根据坝区的地质条件, 大坝基础水泥帷幕灌浆防渗设计标准以及增设化学灌浆的作用和所采用的化学材料(丙烯酸盐)尚存在的一些问题, 经过多次研究, 旨在达到不使用或少采用化学灌浆。为充分论证这一意见, 做到既能保证工程安全需要, 又节省工程费用投资, 管理局于 1995 年和 1996 年两次分别聘请了成勘院、北京华夏技术开发公司著名专家到工地察看调查并仔细查阅分析大量资料后, 提出如下的建议和意见。

鉴于化学灌浆设计工程量大(9 000 多 m), 投资费用 1 千多万元, 因此:

必须采用化学灌浆处理的论据似有不足, 工地试验工作量较少。

用丙烯酸盐灌浆处理泥质夹层国内尚少先例。

丙烯酸盐虽称无毒, 但大规模使用必须解决环境污染问题。

由于以上诸多原因, 故若用大量丙烯酸盐进行灌浆, 必须非常慎重, 针对宝珠寺水电站大坝帷幕灌浆整体而言, 原则上应是不用或少用化学灌浆。对目前正在施工增加的高细水泥帷幕灌浆, 可以取得良好的效果, 并建议在水泥浆液中应加高效减水剂, 例如 NF 或 UNF, 加入量一般为水泥重量的 0.5%~ 1%。采用水灰比应改为 2.1:1.1:0.6:1 三个比级, 不宜多注稀浆。

宝珠寺水电建设管理局同意专家组的咨询意见并抄送西北勘测设计研究院, 事后得到设计院的认可并编写了“大坝基础超细水泥帷幕灌浆施工技术要求”及设计通知在局部坝段(20 号~ 21 号)做化学灌浆处理, 不再进行各坝段的大规模化学灌浆。

宝珠寺水电站拦河大坝 1 号~ 27 号坝段坝基及左右岸坝肩帷幕灌浆工程现已完成, 据坝基扬压力孔不完全观测资料统计扬压力系统  $\alpha$  值最大 8%~ 10%, 小于设计允许值 0.2。在部分坝段排水孔有一定的涌水(个别孔大于 10 L/m in), 其它坝段排水孔涌水量均较小或无水。大坝目前还未经受过正常高水位( $\nabla$  588.30 m)的考验, 但已经过 1998 年 8 月 20 日流量为 16 470 m<sup>3</sup>/s 百年以上洪水, 水位达到  $\nabla$  581.56 m 的考验, 基本可以反映坝基帷幕灌浆质量是良好的, 局部坝段因地质条件差, 增补少量高细

水泥或化学灌浆是必要的。减少了帷幕化学灌浆, 节约了上千万元的工程费用, 同时也为 1996 年 10 月下闸蓄水, 12 月份首台机组发电争取了时间, 如当时 1 号机启委会纪要中规定, 由于 11 号~ 12 号坝段水泥帷幕灌浆进度滞后, 要求必须在 12 月 8 日前完成, 不能按期完成就要推迟下闸蓄水。因此当时抢工任务非常紧张, 其中省去了化灌大大缩短了工期, 实现了按期下闸蓄水的目标。

3 为满足发电水位初期要求, 提前封堵加高明渠 11 号~ 12 号坝段将承担着一一定的风险

1996 年汛期大坝明渠 11 号~ 12 号坝段预留缺口  $\nabla$  523.0 m, 宝珠寺水电站初期发电水位为  $\nabla$  552.0 m, 设计要求 11 号~ 12 号坝段汛后封堵加高高程为  $\nabla$  556.0 m, 因此, 11 号~ 12 号坝段要升高 33 m 才能达到初期发电水位要求。明渠 11 号~ 12 号坝段甲乙块由  $\nabla$  523.0 m 上升至  $\nabla$  556.0 m 坝体混凝土浇筑方量约 5.86 万 m<sup>3</sup>, 且浇筑部位集中, 按设计要求于 9 月 20 日以后才能施工, 最迟 11 月底坝体混凝土浇到  $\nabla$  556.0 m, 在 2 个月时间要完成坝体混凝土浇筑, 从施工强度和难度来讲都是较大的。封堵施工要始于 1997 年 9 月初, 此时段仍是工程建设汛期, 遭遇大洪水的可能性仍是存在的, 这将承担一定的风险。

根据设计院提供的水文资料, 9 月份洪峰流量比 6~ 8 月主汛期洪峰流量减少 3 700~ 3 390 m<sup>3</sup>/s, 给 9 月份施工创造了一定的条件, 但若遇大洪水仍将造成损失。

在封堵方案方面, 设计院提出常态混凝土浇筑、低热微膨胀水泥甲乙块并仓浇筑和碾压混凝土坝三种方案的比较, 从工程年底蓄水发电要求和进度安排, 常态混凝土施工方案不能满足要求。

经过水文资料分析和坝体封堵混凝土浇筑方案比较, 为提前于 9 月初施工, 保证蓄水和初期发电水位要求并减少或不受洪水造成损失。宝珠寺水电建设管理局要求水文气象委托单位在及时报送水雨情资料的同时, 还应加强短期气象预报。管理局内部实行 24 h 防汛值班, 及时掌握水雨情情况, 做到保证安全施工。对坝体混凝土浇筑方案, 管理局组织设计、施工单位结合工地实际情况作进一步讨论比较, 采用现在常态混凝土柱状块分缝浇筑不能满足工期要求, 碾压混凝土坝坝施工条件尚显困难, 采用补偿收缩混凝土甲、乙块并缝通仓浇筑是可以满足工期和蓄水的要求。补偿收缩混凝土浇筑层厚 3.0 m, 一期通水冷却, 为控制出机口温度在 17℃, 因此, 在 9 月份还继续加冰降温。为防止  $\nabla$  523.0 m 以下纵缝可能发展而影响上部通仓浇筑混凝土发生开裂, 在  $\nabla$  523.0 m 层面铺设了防裂钢筋。对于  $\nabla$  523.0 m

以下坝体纵横接缝灌浆“启委会纪要”要求也必须提前在库水位蓄至 $\nabla 535.00\text{m}$ 前灌完,否则将限制库水位上升,避免因坝体受力变位引起坝踵拉应力超标而发生新的问题。当时坝体温度虽经强冷,但还是高于设计允许温度 $3\sim 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,要达到接缝灌浆温度需要继续冷却 $15\sim 20\text{d}$ ,直接影响了坝体上升和蓄水时间。管理局及时同设计、施工等单位研究接缝灌浆温度问题:从1992年主体工程施工以来,据钻孔地下水温资料比设计考虑的温度场( $11\sim 13\text{ }^{\circ}\text{C}$ )要高 $1\sim 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,且 $\nabla 523.0\text{m}$ 层面又铺设了防裂筋,灌浆缝面通水情况很好,最后拟定 $\nabla 523.0\text{m}$ 层以下坝体纵横接缝灌浆温度可以适当放宽至 $2\sim 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

大坝明渠11号~12号坝段 $\nabla 523.0\text{m}$ 以上坝体采用了低热微膨胀水泥。甲、乙块并缝浇筑,省去了纵横缝接缝灌浆温度要求的制约,并提高了 $\nabla 523.0\text{m}$ 层以下坝体接缝灌浆温度。加之施工单位合理的施工组织拼抢,通过以上这些综合技术措施,从而大大加快了施工进度,终于在11月底明渠11号~12号坝段基本达到了 $\nabla 556.0\text{m}$ ,满足了蓄水和初期发电 $\nabla 552.0\text{m}$ 的水位要求。

#### 4 加强水文气象预报,分期封堵闸门,力求多蓄水创效益

宝珠水电站1997年汛末蓄水发电涉及工程施工进度和工程安全渡汛。根据实际情况分析,影响汛后蓄水及发电的主要因素是11号、12号坝段工程形象和施工进度不能满足蓄水要求,如果在9月中旬以前抬高水库水位,则势必增加工程渡汛风险。因此设计提出在9月20日以前水库水位不能抬高,应按汛期要求维持在 $\nabla 554.0\text{m}$ 左右运行。同时若中孔采用叠梁方案封堵,则泄流将主要依靠两底孔,泄流能力明显不足,对工程防洪渡汛不利,因此该方案的实施应根据来水结合气象预报确定。根据“宝珠寺水电站2号机组投产发电协调会议纪要”和《川电[1997]20号文》精神,11号、12号坝段(中孔坝段)汛末采用一孔检修闸门,一孔混凝土叠梁的临时封堵方案。经管理局同施工单位就封堵方案结合施工现场条件,叠梁安放拆除难易程度作了研究比较后,拟定两孔均采用混凝土叠梁封堵并将施工组织措施报省电力局批准。

重要的是何时下放叠梁封堵,根据白龙江洪水特性,设计已明确提出在9月20日以前不能抬高水库蓄水位。关于下放叠梁的封堵时间,各方人员有不同意见,分歧较大。根据气象预报,川北地区降雨量属中偏枯,但局部地区仍有大到暴雨产生的可能,管理

局专门走访了广元市气象台站详细了解9月份的天气预报趋势,在有关会议上专家们借鉴国内大中型水电站,如四川狮子滩水库在汛期抬高汛限水位和拦蓄尾洪方面的成功经验说明,只要加强与地方气象部门的合作,及时收集短期天气预报情况和提高洪水预报精度,是可以达到提前蓄水多蓄安全满发电的经济效益。经过充分讨论,结合工程形象和进度,根据白龙江9月份的来水情况和当时的短期天气预报,拟定了提前分步分期下叠梁方案:分期下放时间为9月5日叠梁下置高程 $\nabla 563.5\text{m}$ ,9月15日叠梁高程为 $\nabla 567.0\text{m}$ ,9月20日以后叠梁封堵至 $\nabla 570.0\text{m}$ 。这样的分期封堵,经后期库区来水流量统计平均在 $140\text{m}^3/\text{s}$ (1997年9~12月)。根据西北院洪水计算成果资料,库区实际来水量小于白龙江多年10月至次年4月平均流量 $190\text{m}^3/\text{s}$ ,属枯水年份。蓄水期间电站实际发电引用流量约 $123\text{m}^3/\text{s}$ 。如在9月20日以后蓄水,水库水位只能维持在低水位运行。由于采取了提前分期下叠梁方案,可多蓄水 $0.3\text{万}\text{m}^3$ (9月10日至25日),抬高水位 $1.0\text{m}$ 左右,并使后期蓄水库水位最高达到 $\nabla 566.5\text{m}$ ,为多蓄水多发电创造效益同时改善了机组运行条件。1997年白龙江来水量偏枯,若来水量达到75%设计保证率情况下,分期封堵闸门的蓄水效益会更显著。

#### 5 结 语

该水电站是以发电为主,兼顾防洪、灌溉等综合效益利用的大型水电工程。因此,作为工程建设的组织者,为实现其三项主要职能(管好工程质量、进度、投资),求得工程的综合效益,在工程建设中自始至终负责重大工程技术问题的讨论研究,把好技术关,使一些重大技术问题能得到及时正确的解决,保证不出大的失误,对顺利实现三项职能非常重要。宝珠寺水电站建设工程组织者为了达到这个目的,经常专题研究分析工程动态,及时采取相应的措施,充分发挥参建各单位技术人员和专家的作用,在工程施工的重要阶段、关键问题上,从外面聘请专家进行咨询帮助。因此,使宝珠寺水电站工程各主要阶段(截流、下闸蓄水、4台机组发电),没有发生重大技术失误,工程质量达到设计要求,而且保证了计划工期,投资已得到了合理控制。实践证明,上述几项重大技术问题决策正确及时,解决了工程上的急需问题,同时,也充分地体现了决策的科学性及其经济价值。

#### 作者简介:

王正生(1937年-),男,江苏镇江人,宝珠寺水电建设管理局质监站副站长,高级工程师,现从事基础处理工作。