

某水利枢纽消力塘排水廊道渗漏处理

Leakage treatment of xiaolitang drainage corridor in a shui li junction

赵 玮

Zhao wei

(陕西省水利电力勘测设计研究院, 中国 西安 710001)

(Shaanxi provincial water conservancy and electric power survey and design institute, xi'an, China, 710001)

摘要: 消力塘作为大坝泄洪时消能的重要建筑物, 由于其结构安全非常重要, 位置特殊, 对其出现的渗漏水情况作甄别分类, 对不同情况, 作不同处理方案。本文通过对某水利枢纽消力塘渗漏水情况的实际分析, 对廊道变形缝渗漏处理、混凝土裂缝渗漏处理等区别对待, 提出的处理设计方案经济、可行、便于施, 效果良好, 可供类似工程参考借鉴。

Abstract: as an important building that dissipates energy during the discharge of water from the dam, Stilling basin, due to its very important structural safety and special location, makes a screening and classification of its leakage situation, and makes different treatment schemes for different situations. Based on the actual analysis of the seepage situation of a hydraulic project's stilling basin, this paper makes a difference between the treatment of the deformation joints in the corridor and the treatment of concrete cracks. The treatment design scheme proposed is economical, feasible, convenient and effective, which can be used as a reference for similar projects.

关键词: 消力塘; 处理; 控制; 抽排水; 渗漏量

Key words: Stilling basin; Processing; Control; drainage; leakage

1 工程概况

某水利枢纽拦河大坝为碾压混凝土拱坝, 最大坝高 141.5m, 坝身设 3 个表孔表、2 个底孔, 平面相间布置, 表底孔联合泄洪。由于泄洪建筑物枢纽泄洪总功率大, 坝址区内河谷狭窄, 岸坡陡峻, 采用挑流消能工。消能防冲建筑物为按 50 年一遇洪水设计, 下泄洪水流量为 4560 m³/s, 200 年一遇洪水校核, 下泄洪水流量为 6120 m³/s。为使枢纽下泄洪水能够充分消能, 减轻水流对坝脚及下游河床和两岸坡的冲刷, 保证大坝和边坡稳定安全, 在大坝下游设置宽 70m、长 200m 的消力塘, 在下泄洪水消能区形成人工水垫塘, 保证下泄洪水的效能效果。

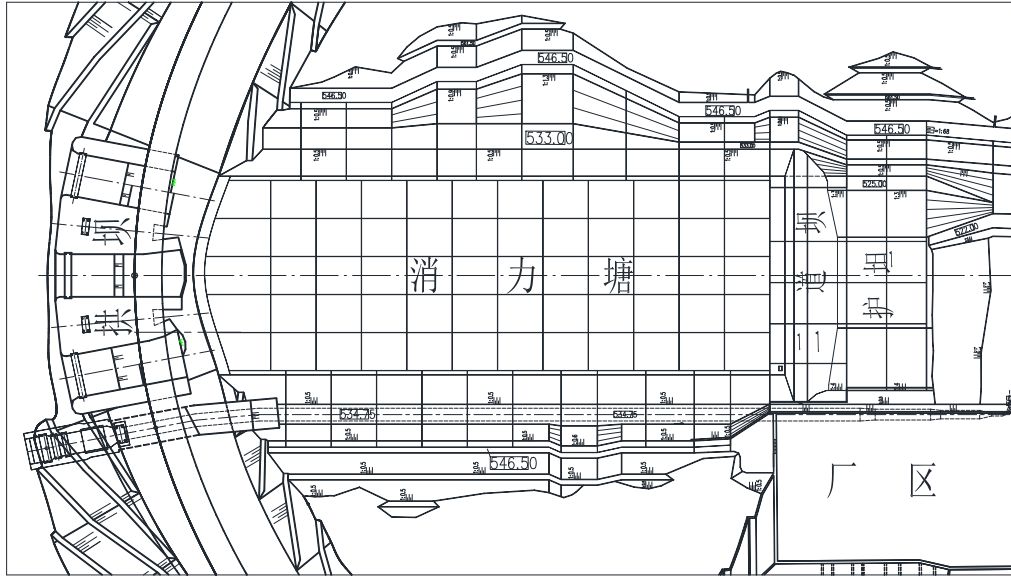


图 1 某水利枢纽消力塘布置图

2 消力塘结构设计

消力塘段河谷呈“V”型发育，两岸地形基本对称，山体雄厚，自然边坡坡度 $35^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 。该段河床上部为砂卵石，下部及边坡岩性为变质砂岩、结晶灰岩，局部夹有大理岩脉、伟晶岩脉及变质砂岩蚀变带。

三河口水利枢纽消能防冲建筑物设于坝后，由平底消力塘、二道坝、护坦和下游护坡组成。消力塘底板宽 70m，长 200m，厚度为 3m，底板顶面高程 514.0m，为防止高速水流冲刷，底板顶面采用高强混凝土，其余部分为普通钢筋混凝土。消力塘底板设置纵横变形缝，缝内设铜止水和橡胶止水两道止水。两岸岸坡在高于塘内 200 年一遇校核水深以上 546.50m 以下采用贴壁式钢筋混凝土护坡。贴壁式混凝土 546.5m 高程以上边坡全面喷锚支护，并在坡面布置排水孔。

为确保消力塘有足够的水垫厚度，在消力塘末端设置二道坝，坝顶高程 535.50m，坝底高程 511.0m，坝高 24.5m。基本体型为三角形，坝顶宽 4m，坝底宽 20.4m，上游坡比 1:0.2，下游坡比 1:0.6。为防止下泄水流对二道坝后下游河道的冲刷，在二道坝后设置 26.4m 长钢筋混凝土护坦，护坦厚度为 2m，两岸 546.5m 以下采用钢筋混凝土护坡，护坡设锚杆与基岩锚固。为防止高速水流冲刷，在二道坝表面采用高强混凝土。

三河口水利枢纽抽排水系统分为三大部分：大坝、消力塘、右岸电站厂房。三部分各自独立，设置独立的抽排系统，以防止任意一个抽排系统出现事故不致对整个枢纽正常运行造成较大影响，见图 1 某水利枢纽布置图。消力塘部分抽排水布置为在消

力塘底板两侧设置纵向排水廊道，在拱坝坝后底板和二道坝内设置横向排水廊道，纵横排水廊道相连，在消力塘周边形成封闭的排水网络。消力塘底板下部设置纵向软式透水管，两岸 546.5m 高程以下的护坡及底板下部布置横向软式透水管，纵横软式透水管与排水廊道相连，渗水均汇入排水廊道。在消力塘右岸电站厂房上游侧布置有抽水泵站，泵站下部设有 9m×5m×6m（长×宽×深）的集水井，渗水流入集水井后，由水泵抽至二道坝下游。

3 消力塘渗漏情况

消力塘位是其大坝泄洪消能建筑物，坝段下游排水廊道沿消力塘四周共设计有四条排水廊道，其中，左右岸纵向排水廊道渗漏均为消力塘侧明显大于山体侧，上游横向排水廊道和二道坝内排水廊道上下游侧渗漏严重程度分布无明显规律。消力塘排水廊道渗漏方向大多为消力塘内沿变形缝向廊道内的渗漏，漏水的主要原因为消力塘变形缝上下层紫铜止水和橡胶止水、填缝材料或混凝土浇筑缺陷等单一因素或者多因素同时存在，使塘内水、山体侧水、大坝侧水及二道坝下游侧水通过缺陷处渗入，在排水廊道变形缝处渗出。

4 缝渗漏处理设计

由于消力塘排水廊道变形缝渗漏对廊道自身外观及混凝土结构产生不利影响，同时增大排水廊道抽水压力，需要采取有效措施以控制变形缝的渗漏量。根据工程实际，结合发现的渗漏部位，为既能起到防渗堵漏的效果，又能保持变形缝本身伸缩的适应性，阻断漏水通道，设计建议对消力塘排水廊道变形缝及裂缝采用“堵灌结合”的方法，运用 LW/HW 型水溶性聚氨酯材料对其进行化学灌浆。

鉴于消力塘排水廊道内渗漏的分布特点，设计处理以阻断渗漏通道，控制渗漏量为原则。因此，设计建议对排水廊道内有渗水的变形缝、混凝土裂缝及检查发现的裂缝均进行化学灌浆处理，防渗堵漏，控制渗漏量。

4.1 廊道变形缝处理

(1) 钻灌浆孔

在廊道内变形缝漏水部位侧面打斜孔，斜孔距离变形缝 555mm，水平角度 44°，见图 2，孔径 30mm，孔深 82cm（穿过变形缝缝面 4cm），间距 500mm 钻一个灌浆孔；漏水较大部位加密打孔，250mm 钻一个灌浆孔。

钻孔终孔后应及时用洁净的压缩空气或压力水将钻孔内粉末、碎屑冲（吹）洗干净，并检查、记录孔径、孔向、倾角和孔深均须满足上述要求，钻孔验收合格后方可

在孔口埋设灌浆管，并安装控制阀门，灌浆管与钻孔壁间须采用胶结材料密封。灌浆管耐压能力应大于最大灌浆压力的 1.5 倍，最大设计灌浆压力为 0.5~0.6MPa，并应能耐受化学浆液溶胀，最终灌浆压力等参数由现场灌浆试验确定。

(2) 钻止浆孔

在漏水段上下两侧无漏水或漏水量小部位各设置 1 个骑缝止浆孔，孔径 30mm，孔深 500mm，采用纯压式低压灌浆先行灌注 LW 水溶性聚氨酯，封闭结构缝缝面。

(3) 凿槽封闭缝面

沿变形缝骑缝切宽 8cm，深 10cm 的“V”型槽，彻底清洗干净，无任何杂质，用快硬水泥进行全面封闭。为减少灌浆孔水压力，在漏水最严重，难以封闭的部位，根据水量大小可骑缝增设排水孔，孔径 15mm，孔深 500mm（不可伤及底板底部及二道坝底部橡胶止水），间距视漏水量大小可与灌浆孔同间距同高程打孔，并在孔内埋设排水管。待变形缝封闭完成，养护 24h 后，将排水孔采用 LW 水溶性聚氨酯灌浆封堵。灌浆孔和排水孔钻孔详图见图 2。

(4) 流量及压力检测

作为分析漏水通道，判断缺陷原因及部位，掌握漏水流量、压力等参数，提高灌浆的针对性，在缝面封闭后，须对每条变形缝缝面灌浆孔、排水孔的流量及压力进行测量，与渗漏前进行对比。

(5) 压水试验

在完成变形缝缝面封闭及灌浆管埋设工作后，进行压水试验。为了检测缝面密封效果及是否存在其他渗漏点，向水中添加高锰酸钾，利用其颜色差异直观判断漏水点情况，也可找出缺陷位置，一旦发现漏水点，立刻进行封闭处理，直到不漏水为止。通过压水试验得出流量、水压力、漏水通道等各项参数，为优化与完善灌浆工艺提供依据。

(6) 灌浆

采用纯压式灌浆，灌浆材料为 LW/HW 水溶性聚氨酯化学浆液，两种浆液的比例根据现场灌浆实验确定。初拟灌浆压力为 0.2~0.3MPa 左右，最大灌浆压力控制在 0.5~0.6MPa。实际起灌压力以压水实验测得的压力值为参考，在压水试验的基础上确定各项灌浆参数。灌浆时遵循“压力不上，快压；压力慢上，慢压；压力急上，停压”的压浆方式。

灌浆泵应安设压力表，压力表和管路之间应设有隔浆装置。灌浆时一次同时用两

台大流量泵进行，根据 LW/HW 水溶性聚氨酯的材料特点，LW 水溶性聚氨酯浆液遇水迅速膨胀达到堵水效果，HW 水溶性聚氨酯浆液对缝面进行防渗加固。依据现场灌浆实验确定两种材料的比例，以取得良好的封堵效果，满足强度和膨胀倍数的要求。先压入一定量的丙酮，再灌入按比例混合好的 LW/HW 水溶性聚氨酯材料。灌浆顺序为：从漏水最大部位依次向两侧排序，先灌漏水量小的孔，再灌漏水量较大的孔，最后灌漏水量最大的孔。换孔时逐级加大灌浆压力，进浆量小于 0.05L/min 时，稳压 15min，结束该缝灌浆。注意在此压力下，既要保证缝面内浆液饱满密实，又要防止缝内压力过高对缝面两侧的劈裂破坏。

如图 2，1#（漏水最大部位）、2#、3#、4#、5#孔，先将灌浆泵连接至 4#、5#灌浆孔，其余孔排水排气；待 2#、3#有浓浆冒出时，4#、5#孔扎管，两台泵换同时至 2#、3#孔，并逐步加大灌浆压力持续灌注浆液，1#孔排水排气；待 1#孔有浓浆冒出时 2#、3#孔扎管，将灌浆泵移至 1#孔，此时逐步增压灌浆，进浆量小于 0.05L/min 时，稳压 15min 或待浆液达到胶凝状态，结束该缝灌浆。灌浆过程中，注意观察原漏水处有浆液冒出时，说明浆液已充填密实。对于廊道渗漏水较少的另一侧灌浆原则同上。

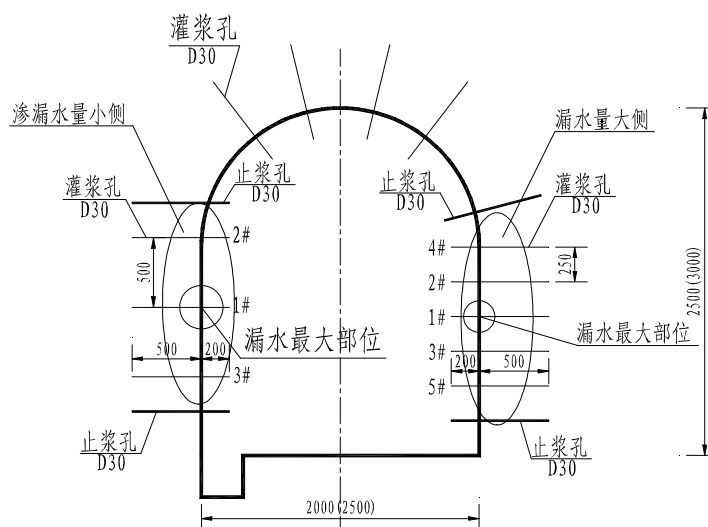


图 2 排水廊道布孔示意图

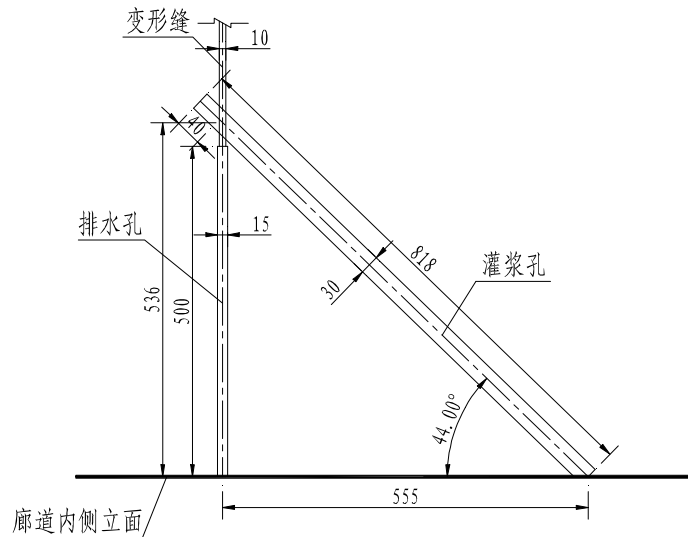


图3 打孔平面详图

灌浆孔和排水孔钻孔注意事项：

确定钻孔位置前，需对前期混凝土的浇筑资料进行综合分析，根据图2布孔位置，合理布置孔位，不得损伤结构和内部埋件及设备。

(7) 表面处理

灌浆完成24h后，待浆液完全固化以后清除孔口灌浆管及排水管，打磨处理，修平廊道混凝土面。

(8) 特殊情况处理

灌浆过程中发生冒浆、外漏时，应采取措施堵漏并根据具体情况采用低压、限流和调整配比灌注等措施进行处理。如效果不明显，应停止灌浆，待浆液胶凝后重新堵漏复灌。灌浆应连续进行，如因故中断，应及早恢复灌浆，否则应根据实际情况，对钻孔进行冲洗或扫孔后恢复灌浆。若灌浆达不到结束标准，或注入量突然减小或增大等，应分析原因，及时采取改进措施。

4.2 混凝土裂缝处理设计技术要求

根据目前消力塘排水廊道内检查发现的不同程度的渗水细微裂缝、与结构缝相连接的裂缝及部分与排水孔交叉的环向裂缝均采用LW/HW水溶性聚氨酯化学灌浆处理。

(1) 仔细检查漏水部位，用洁净的压缩空气或压力水彻底冲洗清理表面污物。

(2) 沿裂缝凿梯形或U形槽封闭缝面，底宽5cm，顶宽10cm，深5cm，并向缝两端顺延0.5m。用高压风或者水清洗槽面及两侧1m范围内混凝土面。

(3) 采用骑缝钻孔的方式化学灌浆，孔间距200mm；

(4) 灌浆孔埋管结合梯形槽回填同时进行，底部嵌填 2cm 厚 SR-2 止水材料后再用环氧砂浆填充平整。

(5) 压水冲洗检查各孔之间的串通情况，同时检查封缝效果，对漏水处需要重新封闭。

(6) 灌浆：连接灌浆泵和灌浆管开始灌浆，先压入一定量的丙酮，再灌入按比例混合好的 LW/HW 水溶性聚氨酯材料，灌浆起始压力为 0.2~0.3MPa，灌浆顺序：由漏水量小的部位向漏水量大的部位依次施灌，当邻孔出现纯浆液后，暂停压浆并结扎管路；将灌浆管移至邻孔，继续灌浆，根据现场灌浆试验确定的灌浆压力，控制最大灌浆压力，当不进浆或者进浆量小于 0.05L/min 时，稳压 15min，结束该缝灌浆。

(7) 浆液固化后凿除灌浆管，用环氧砂浆修饰平整。

5 结语

目水利枢纽消能防冲建筑物通过对其消力塘结构及抽排水系统渗漏情况的分析，结合工程实际，针对不同类型渗漏型式，有的放矢，分类处理，提出了经济、可行、便于施工的设计处理技术方案，通过现场实施的结果来看，效果良好，为控制消力塘渗漏、保证工程消能安全起到了中大作用，为类似工程渗漏设计提供有价值的参考。

参考文献：

- [1] 练继建，杨敏等. 高坝泄流工程，北京：中国水利水电出版社，2008
- [2] 李瓚，陈飞，郑建波等. 特高拱坝枢纽分析与重点问题研究，北京：中国电力出版社，2004
- [3] 肖兴斌，袁玲玲，等. 高拱坝泄洪消能防冲技术发展与应用评述 [J]. 水电站设计，2003, 19 (1) :59-63.
- [4] 陈椿庭. 高坝大流量泄洪建筑物，北京：水利电力出版社，1998-09.
- [5] 刘辉，孔西康. 某水利枢纽消力池渗漏处理施工技术[J]. 《建筑模拟》2018 年第 26 期.

单位名称:陕西省水利电力勘测设计研究院

作者:

赵 玮 (1974—)，男 (汉族)，陕西周至人，高级工程师，研究方向为水利水电工程枢纽、和工程安全监测 (从事水利水电工程设计研究工作)。

联系地址: 西安市东大街 57 号陕西省水利电力勘测设计研究院 403 室 邮编: 710001

Email: sxyzhaowei@sina.com

联系电话: 13991270538 和 029-87449839