

# 关于碾压式土石坝安全评价地质勘察中若干问题的探讨

谢绪杰

广西玉林水利电力勘测设计研究院 广西 玉林 537000

**摘要:** 碾压式土石坝是我国现有水库中主要坝型, 现有水库大部分建于上世纪六七十年代, 多数中小型水库缺失建设时期勘察设计资料, 大坝填筑材料多为就地取材, 采用人工碾压施工, 坝体填筑质量普遍较差。这些老旧水库运行时间长, 存在较多历史问题, 给现阶段水库大坝安全评价地质勘察工作带来诸多不便。本文根据笔者多年勘察经验, 对碾压式土石坝安全评价地质勘察中若干问题进行探讨。

**关键词:** 碾压式土石坝; 安全评价; 地质勘察

## 1 前言

碾压式土石坝作为我国现有水库中主要坝型, 因为其经济、技术性较低, 施工方法简单, 得到广泛应用。我国现有水库较多建于上世纪六七十年代, 多数中小型水库缺失建设时期勘察设计资料; 大坝填筑材料多为就地取材, 填筑材料取材不规范, 存在冲积土与残坡积土混用, 坝体填土均匀性差; 采用人工碾压施工, 坝体填筑质量普遍较差, 坝体填土压实度普遍不满足现行规范要求; 此类水库大坝普遍存在较多问题。

由于这些老旧水库运行时间长, 存在较多历史问题, 给水库大坝安全评价地质勘察工作带来诸多不便。在现阶段水库大坝安全评价中, 关于如何针对水库大坝坝体和坝基工程地质条件、工程地质问题及大坝存在病险情况开展勘察工作, 勘察中需要注意哪些问题均值得探讨。本文根据作者多年水利水电工程地质勘察工作经验, 对水库大坝安全评价地质勘察中可能遇到的问题进行探讨。

## 2 勘察工作布置问题

水库大坝安全评价地质勘察方法包括地质调查、测绘、钻探及试验、物探等方法; 常规勘察方法是地质调查、测绘、钻探及试验。勘察工作的布置应按“地质调查、测绘→物探→钻探及试验”顺序布置勘察工作。

首先前期野外地质调查, 地质调查重点是不良地质现象、大坝稳定及渗漏等病险问题。调查内容主要有库岸、坝址及溢洪道区域内存在崩塌、滑坡等不良地质现象的分布范围、规模及发育程度; 达标变形、开裂等现象, 外坡和坝脚渗湿、渗漏点的分布、漏水量等。通过地质调查了解库岸及坝址区域存在不良地质现象、大坝稳定及渗漏等病险问题, 为后期勘察工作打好基础。

地质测绘内容主要为地貌、地层岩性、地质构造、水文地质条件、不良地质作用等。通过地质测绘查明库

区及坝址区地形地貌特征, 地形地貌特征包括河谷形态、河流走向、侵蚀、冲积等主要地质作用。查明库区及坝址区下伏基岩地层岩性、第四系覆盖层分布及成因。查明工程区地质构造, 包括岩层产状、断层破碎带、褶皱、节理裂隙等。查明水文地质条件, 包括地下水类型、埋藏条件及补给关系、泉水等地下水出露位置、含水层及相对隔水层分布。查明不良地质现象, 包括不良地质现象类型、形成条件、规模及发展趋势<sup>[1]</sup>。

物探作为一种间接的勘察手段, 通过探测地质体的电性、弹性等物理性质差异, 经数据处理分析, 从而达到勘察目的; 物探具有效率高优点, 但是物探具有多解性, 因此物探并非首选的勘察手段, 而是选择性使用。在碾压式土石坝地质勘察中, 可针对地质测绘发现的坝体、坝基渗漏等问题来布置物探工作, 通过物探来查找坝体、坝基存在的隐患, 并初步查明隐患的分布及规模。在布置物探工作时, 应选采用综合物探方法, 通过多种物探方法相互验证来提高物探成果的可靠性。初步确定隐患分布范围及规模后, 便可针对隐患来布置钻探工作<sup>[2]</sup>。

钻探作为直接鉴别勘察手段, 通过采取岩土芯样、原状土样及原位测试等方式, 结合室内土工试验, 可以对坝体、坝基进行分层, 查明岩土体的分布、性质及岩土体物理力学指标。钻探工作应在地质测绘及物探成果的基础上, 结合水库大坝的特点进行布置, 其中最大坝高处应有钻孔进行控制, 同时应针对地质测绘发现大坝变形、开裂、外坡及坝脚渗漏等问题, 及物探异常区域布置钻探工作。通过钻探及试验查明坝体填土及坝基岩土结构及性质, 坝体浸润线; 查明坝体、坝基隐患的分布及规模, 揭露物探异常区域的岩土特征。钻探是最直接最有效的勘探手段, 是为设计提供可靠资料的基础<sup>[1]</sup>。

### 3 最大坝高确定问题

在大坝勘察过程中,经常发现钻探揭露最大坝高与注册坝高不一致。造成这种情况有以下原因:部分水库注册坝高与实际坝高不符、钻探没有揭露最大坝高位置。实际勘察工作中,水库注册坝高与实际坝高不符的情况比较少见,多数原因是由于钻孔位置偏离最大坝高位置。

针对水库注册坝高与实际坝高不符,当有足够勘察成果能够证明水库注册坝高与实际坝高不符时,可与设计部门及业主进行协商更正。

关于钻孔位置偏离最大坝高位置,由于水库缺失建设时期勘察设计资料,无法准确了解坝址建坝前原有地形地貌特征及坝基清基情况,对于坝址原河道走向、河谷形状及冲淤情况等条件不清楚。坝址原地形可能存在拐弯、两岸地形不对称、突出山嘴等情况,坝址原河床可能会偏向某一侧坝肩,而非位于坝轴线中点上;钻探布孔时候若直接将钻孔布置于坝轴线中点上,便会出现钻孔位置偏离最大坝高位置。针对钻孔位置偏离最大坝高位置问题,可从以下方面考虑。

钻孔布置工作应是在地质测绘基础上,结合实测地形图进行。实测地形图的范围应包含坝址区域较完整地形地貌形态,包括大坝上下游、左右坝肩及大坝上游水下的地形,充分显示大坝上下游河道走向、河谷形状等地形特征。依据实测地形图、地质测绘成果,分析坝址原河道主要的地质作用、冲淤关系、上下游河道走向、河谷形状,推测坝基原河道的位置,以此确定钻孔位置;当坝轴线较长或推测原河道的位置较困难时,可以布置多个钻孔来确定最大坝高。

同时还可以考虑采用物探方法,由于坝体填土与坝基及坝肩岩土体存在物理性质差异,具有采用物探方法的条件。先在坝轴线、下游坝坡等部位布置物探剖面,通过物探进行初步岩土分层,查找最大坝高及进行坝体、坝基隐患探测,再进行钻探验证。

### 4 坝基接触面确定问题

勘察过程中经常出现坝基接触面特征不明显,分析其原因有:水库大坝填土与坝基土层相似、钻探质量控制问题。

由于水库坝体填土料是就近取材,填土来源有坡残坡积土、全风化土及冲积土层,坝体填土与坝基土层性质相似,从颜色、成分上难于区分,坝基接触面不明显。针对这种情况,可从以下方面综合分析:1)坝体填土经开挖回填碾压后,土体的结构与原生土层存在一定的差异。冲积原生土一般具有较明显的分选性,层状

结构;残坡积原生土的土体颗粒一般具有上细下粗的特点;而坝体填土经扰动后,原有土体结构已完全被破坏;因此土体结构可以作为区分依据。2)坝体填土经开挖回填碾压后,土的密度、抗剪强度及压缩性变化较大,因此土体的物理指标也可以作为区分依据;但是随着土体固结时间增长,坝体填土与原生土的物理性质差异会缩小;对于建坝时间较长的水库,可能仍然较难区分。同时坝基原生土体中可能含有较多植物根茎、腐植质等有机物,亦可作为区分的依据。

钻探质量控制问题,在钻探过程中受钻进方法、地质条件、地下水及人为因素影响,常出现坝基接触面岩芯缺失,导致坝基接触面难以确定。目前主要从钻进方式、钻进速度方面对钻探质量控制;钻进方式选择,对于地下水位以上土层以取土筒采用冲击钻进方式;地下水位以下土层当取土筒无法取上土芯时,应改为采用岩芯管冲击钻进方式;遇到坚硬土层时,可适当采用干钻方式。卸土时应采用退土器或水压方式,不得采用锤敲击等破坏土芯的方式进行卸土<sup>[3]</sup>。

钻进速度控制。为了避免坝基接触面岩芯缺失,钻探过程中在预计坝基接触面深度上部,改用短进尺、连续取芯的钻进方式,并采取原状土样<sup>[3]</sup>。

### 5 坝坡渗湿面成因分析

在水库大坝安全评价中发现部分水库下游坝坡常年存在渗湿面,渗湿面多数分布于坝坡下部或中下部;但有少数水库大坝渗湿面分布较高,甚至高于库区水位。由于坝坡渗湿面区域土体处于饱和状态,土体的重度增加,抗剪强度下降,且渗湿面区域存在一个向坝坡外渗透力,相对于干坝坡其安全系数下降较大,坝坡渗湿面区域的稳定性差,存在极大的安全隐患<sup>[4]</sup>。

造成坝坡渗湿面主要为以下两个原因:1)坝体填土不均匀。2)坝体渗漏。

坝体填土不均匀主要由于大坝的填筑材料取材不规范,存在冲积土与残坡积土混用、存在残坡积土与全风化土混用,造成坝体填土不均匀,形成层状结构。当坝体各层填土体之间渗透性差异较大时,使得坝体内形成相对透水或隔水区域,坝体存在渗透性分区现象;相对透水或隔水区域对坝体浸润线产生较大影响,尤其是在水平方向连续分布时,对坝体浸润线影响较大。当水平方向连续分布的相对隔水层位于浸润线以上时,可能会在坝体内形成局部上层滞水,当相对隔水层延伸至坝坡时,此时坝坡便可能出现渗湿面。上层滞水造成的渗湿面分布位置坝坡较高的位置,渗湿面的面积可能相对较小;多数为形成暂时渗湿面,渗水量随降雨量变化。

坝体渗漏主要两个原因：1) 由于坝体填土渗透性较大或坝体较单薄时，造成坝体浸润线出露点较高，形成渗湿面。2) 当浸润线以下存在水平方向连续分布的相对透水层时，可能会使坝体浸润线抬高，导致浸润线由坝坡溢出，此时坝坡便出现渗湿面。坝体渗漏造成的渗湿面一般分布于坝坡中下部，低于库区水位，形成面积较大或者连续的渗湿面；当坝体填土渗透性不均匀时，形成面积较小的渗湿面。坝体渗漏会造成长期渗湿面，渗流量也相对较稳定。

针对上层滞水造成的渗湿面，主要为采取减压排水加固措施；坝体渗漏的加固措施主要就是对坝体进行防渗加固。可见渗湿面类型、成因关系到处理措施选择，关系到工程项目的投资大小；因此在水库大坝安全评价中对坝坡渗湿面成因分析尤为重要。

在坝体填土钻探勘察中应控制钻进速度，采用冲击钻进方式，短进尺、连续取芯，避免坝体土岩芯缺失；保证岩芯完整，以便能够准确地鉴别坝体填土成分、土体结构。

#### 6 钻孔试验、取样相互干扰分析

注水试验、原位测试、取原状土样是水库大坝工程地质勘察主要工作。注水试验、原位测试、取原状土样通常与钻探同时进行。但是在勘察过程中发现钻孔注水试验与孔内取原状土样、原位测试存在干扰现象。钻孔注水试验一般为5m一个试验段，随钻探钻进逐段进行。对于地下水位以上的坝体填土，进行钻孔注水试验以后，试验段以下土体呈饱和状态，其含水率变化较大，土体的状态亦发生改变；此时对该部位进行标贯等原位试验，与原有状态相比其成果可能产生较大偏差；采取的原状土样为饱和状态，与注水试验前状态相差较大，对室内土工试验成果造成较大影响；同时注水试验以后，下部土层钻孔取芯率较低，对于土的鉴别及分层影响较大，容易造成土层缺漏。为了获取真实可靠地质资料、试验成果，应协调好注水试验与岩土取样及其他原位试验等试验工作顺序，尽量减少试验工作相互干扰。

具体操作以下两种情况：

1) 当布置有较多勘探孔时，应分别布置注水试验孔、取样和原位测试孔等不同试验孔。注水试验孔用于进行注水试验；取样和原位测试孔用于采取原状土样、进行标贯等原位测试，及采取完整的岩芯进行土的鉴别。通过布置不同类型的试验孔可以避免不同试验间的相互干扰，使得试验成果更加符合实际情况，土的鉴别及分层更加可靠。

2) 当大坝较短，或受勘察经费限制等条件限制，不宜布置专用试验孔，只能布置少量综合勘探孔，即同一个钻孔内进行注水试验、取样和原位测试等工作，此时无法完全避免不同试验间的相互干扰，可以通过调整试验顺序来减小影响。当水库大坝较高，坝体填土较厚时，可以将注水试验调整为隔段进行；即某段注水试验结束后，该注水试验段以下钻孔仅取芯鉴别，间隔5.0m进尺后，再进行钻孔取样和原位测试，完成取样和原位测试工作后，再进行注水试验。采用隔段注水试验后，注水试验对取样和原位测试的影响减小，从而获得较高质量的原状土样及原位试验数据。

#### 7 结语

根据水利部办公厅文件要求，运行中的水库每隔6~10年进行一次水库大坝安全评价。当前本轮水库安全评价、除险加固初步设计基本结束，已全面进入施工阶段。在本轮水库安全评价、除险加固初步设计地质勘察中遇到较多问题，其中针对勘察工作布置、最大坝高及坝基接触面确定问题、坝坡渗湿面成因分析、钻孔注水试验与取样相互干扰分析等问题存在较多讨论；经过对上述问题分析总结，为后期水库大坝安全评价地质勘察工作积累了丰富经验。

#### 参考文献

- [1]GB50487-2008.水利水电工程地质勘察规范[s].
- [2]DL5010-92.水利水电工程物探规程[s].
- [3]SL/T291-2020.水利水电工程钻探规程[s].
- [4]SL274-2020.碾压式土石坝设计规范[s].