

## 工作研究

## 宁阳县蒋集镇水库土坝非稳定性探析

张修脉, 尚海明

(宁阳县蒋集镇农业技术推广站, 山东 宁阳 271409)

宁阳县蒋集镇地处汶河南岸, 黄淮分水岭北侧, 最大海拔高程 361 m。全镇区域面积 12.7 万 km<sup>2</sup>, 其中山区、丘陵占 2/3, 岩石类型以花岗片麻岩为主。20 世纪 50—60 年代兴建了 117 座水库塘坝, 其中小(一)型水库 2 座, 小(二)型水库 15 座, 塘坝 100 座, 总库容 1700 余万 m<sup>3</sup>, 坝体以土坝为主。由于当时施工机械落后, 技术有限, 经费不足, 造成工程质量较低, 因而不少土坝产生渗流、流土、管涌、滑坡等现象。将会导致大坝塌坝、决口, 威胁下游居民生命安全, 造成房屋、牲畜、良田毁灭性灾害, 其经济损失不可估计。因此, 结合各土坝的类型、现状, 探求水库土坝溃塌的原因, 有利于采取不同的除险加固措施, 对提高汛期工程管理水平具有重要意义。

## 1 水库土坝非稳定性因素

## 1.1 土坝的渗流

土坝是松散颗粒的土料经过压实填筑而成的挡水建筑物。渗流是通过土坝坝体和坝基, 在土坝上下游水位差的作用下, 形成的一种处于土壤颗粒之间的水流运动。产生渗流的条件是上下游水位差大; 坝基和坝体土壤密度小。控制渗流是修建土坝的一个重要工作要点, 也是土坝设计的一个重要内容。通过土坝渗流核算确定坝体浸润线的位置, 据此作为坝坡稳定和布置观测设备的依据, 并用以校核排水结构形式的合理性。通过核算坝体和坝基的渗流量, 估算水库的渗漏损失, 坝体和坝基渗流逸出区的渗透坡降, 检验土坝是否能发生渗透变形, 以便采取控制渗流的措施。

## 1.2 土坝的流土

在坝体或坝基的渗流中, 不同位置渗流的方向

不同, 因而渗透压力作用的方向也不一样, 它对土体稳定的作用也有区别。在坝基靠近上游渗流入口处, 渗透压力由上向下, 土粒被挤紧, 对土体稳定有利; 在坝身靠近下游坝坡附近, 当渗透压力斜向下游时, 对下游坝坡稳定不利; 在坝基靠近下游渗流逸出处, 渗透压力竖直向上, 与土的自重方向正好相反, 对坝基稳定也是不利的。如果渗透压力大于土的浮容重时, 渗流将把局部粒团或土体冲起, 就会产生流土现象。

## 1.3 土坝的管涌

管涌是当土粒间流动的渗流流速较大时, 最小颗粒将首先被带走, 使孔隙增大, 渗流速度也因而增大, 进而较大颗粒也被带走, 逐渐形成一种穿过坝体或坝基的管状渗流通路。

管涌仅在一定颗粒级配的非粘性土中发生, 并与渗流水力坡降的大小有关。当渗流的水力坡降达到一定数值时, 是否发生管涌, 主要取决于非粘性土的颗粒级配情况, 即主要与土的不均匀系数  $K_u = d_{60} / d_{10}$  有关 [ $K_u = 30 \sim 100$  为级配良好的土料,  $d_{10}$ 、 $d_{60}$  一粒径系按颗粒分布曲线, 按重量计) 决定, 如小于某种粒径的土重为 10% 或 60%, 则某种粒径以  $d_{10}$  或  $d_{60}$  表示]。如果渗流水力坡降在曲线以上时, 将可能产生管涌。由于水力坡降是临界破坏的数值, 产生管涌的水力坡降不仅与  $K_u$  有关, 还与粒径组成中是否有中间颗粒以及小于 1 mm 的细粒含量的多少等很多因素有关, 故应按照坝的级别和粘性土类别, 选取 2~3 的安全系数。对于  $K_u > 10 \sim 20$  而又缺乏中间粒径的砂砾石或砂卵石, 细颗粒含量不超过 25%~30% 时, 发生管涌的坡降很小。

收稿日期: 2007-04-09; 修订日期: 2007-06-20; 编辑: 陶卫卫

作者简介: 张修脉 (1958-), 男, 山东宁阳人, 助理工程师, 主要从事水利节水灌溉、农田水利工程规划设计工作。

### 1.4 土坝的滑波

滑坡是由以下原因造成的：渗透压力。当强烈降雨以后，地面水积聚于坝顶且沿坡面流动，破坏了毛管水表面，使毛管水区不再是负压区，同时，毛管水在重力作用下逐渐向坡面流动，形成类似水位降落时上游坡的渗流，对坝坡产生渗透压力而发生滑坍。粘性土填筑的土坝每在雨后发生坍滑或裂缝，就是该原因造成的。孔隙压力。如果坝体和坝基是可压缩的土，当坝上骤加荷重时，只能增加滑动力。土坝孔隙压力的大小主要取决于土料的性质、填土起始含水量、填土的压实干容重和填筑速度等因素。渗透系数是孔隙压力产生与消散的重要因素之一，因而，力求选择粘土含量较低的粘性土料或无粘性土料作为筑坝材料。

## 2 渗透破坏形式的判别

(1)粘性土和  $< 10$  的非粘性土，以及  $> 10$  但细粒含量大于 30% 的非粘性土，其渗透破坏的主要形式为流土。

(2)正常级配的非粘性土， $= 10 \sim 20$ ，且细粒含量小于 30% 时，可能发生管涌，也可能发生流土，当  $> 20$  时其渗透破坏的主要形式是管涌。

(3)缺乏中间粒径的间断级配的砂砾料，且细粒含量小于 30% 时，其渗透破坏的主要形式是管涌。

## 3 防止渗透破坏的措施

(1)在土坝内坡铺石片或加固坝坡施工过程中，在  $0.5 \sim 1\text{m}$  土坡下平铺塑料膜。个别坝段也可采用灌混凝土或水泥浆、沥青灌浆、化学灌浆、粘土浆、水泥粘土浆、内坡脚处挖至基岩搞防渗墙；外坡用混凝土空心块与土配合加之种草搞好护理。汛期

坝内水位较高时，在特殊水面位置用麦秸粘土或混凝土下沉后靠水的负压将其堵塞，在管涌发生时效果明显。如 1991 年汛期，宁庄洪山水库蓄满水后正在泄洪，主坝身中部突然发生了管涌，采用该办法将其堵塞，效果良好。

(2)设置垂直防渗体，包括截水墙、混凝土防渗墙及水泥粘土灌浆帷幕等。防渗效果显著，通过的渗流量很小。

(3)设置排水和减压设备，以降低地下水水头，避免发生管涌和流土。坝基中如有一层不透水层，往往在坝趾处的不透水层下面仍存在很大的渗透压力，将有可能使该土层发生流土；即使坝基面没有不透水的土层，但由于冲积土的水平渗透系数远比垂直渗透系数大，坝趾处仍然存在很大的渗透压力。为了防止下游坝趾附近坝基土层发生流土，除在坝基上堆置作为盖重的土料外，还在坝趾处沿坝轴方向每隔 20 m 左右钻孔作减压井，井内放置石棉水泥管或透水混凝土管，管周填反滤料，用以减轻坝趾处的渗透压力。

(4)土坝外坡设置反滤层，这是防止坝体发生管涌的有效方法，土坝除在排水设备与坝体或坝基接触面之间设置反滤层外，在坝体各组成部分的接触面处有渗流通过的地方都设置反滤层。反滤层由 3 层不同粒径的非粘性土（砂、砾、卵石或碎石）构成，层次应大体上与渗流正交或使用芦柴反滤层。

(5)开沟导渗，如大面积严重渗透，有形成脱坡之势时，用开挖纵横沟或丫形沟，内埋砂石料或芦柴进行导渗。如 1991 年汛期，苗河二号水库北面主坝身沿坝轴方向 120 余米大面积渗透严重，危急下游前彭、圩子 2 个村 3000 余人的生命安全及数千亩粮田。采取该办法避免了脱坡，确保了土坝安全渡汛。

## 沂源发现罕见“天坑”

近日，沂源县在地质遗迹资源调查中发现一处我国北方地区罕见的“天坑”——高山洼地。该“天坑”位于沂源县石门镇西松仙岭村南侧的唐家寨顶峰上，总面积约 2.2 平方千米，海拔高度在 740~786 米之间，中间低洼，四周略高，从航空照片上看像月球上的环形山。在该洼地内发育有岩溶漏斗 80 余处，深度 5~10 米，其中直径大于 20 米的占 50% 左右，往下有洞口出露，深不可测。据地质专家介绍，该洼地是不可多见的古岩溶地貌旅游景观，形成在新近纪晚期至第四纪晚期，由于该区气候湿热，普遍发育岩溶地貌，后期因受地壳抬升改造而破坏，目前大部分已荡然无存，但局部仍有残留，该处是唯一保存完好的一处岩溶洼地，是沂河源头所在。

高山洼地内植被丰富，林地茂密，松柏、灌木、芦苇、花草错落有致，风景秀美，可谓沂源地质公园中又一处特色鲜明、观赏价值高的景观。

(任维俊、夏侯传新)