

水库大坝险情应对措施

（自治区防汛办提供）

土石坝常见险情主要包括洪水漫顶、脱坡滑坡、坝体裂缝、散浸、渗漏、漏洞、陷坑、管涌等，此外风浪冲击、水流冲刷等也会加剧险情的扩大。大坝险情万一抢护不及时，易导致发生溃坝事故，造成极为严重的灾难性后果。要做到及时有效地抢护大坝险情，应做好险情检查、水情监测、抢险技术及物资储备等基础工作，并根据有关规定制定切实可行的应急预案。

一、险情检查

在灾害发生后，为保证大坝及下游人民生命财产安全，应及时进行大坝安全现场检查和快速评估。评估内容包括大坝沉降和水平变形、裂缝、坝坡是否塌滑、下游坡是否存在集中渗漏或大面积渗水、溢洪道启闭设备能否正常运行、近坝库岸是否有大的滑坡体等。

（一）水库特征检查

水库特征检查包括大坝高度、水库上游雨水情测报点是否齐备有效、水库是否能有效运行、水库库区有无浸没、塌方、滑坡以及库边冲刷等现象，坝址附近地形地貌有无变化，坝区和上坝公路附近有无可能塌方、滑坡、山洪泥石流等影响道路

通行安全的问题。

(二) 坝体检查

(1) 坝顶。有无裂缝、异常变形、积水等现象；防浪墙有无开裂、挤碎、架空、错位、倾斜等情况；

(2) 迎水坡。有无裂缝、崩塌、剥落、滑坡迹象，有无隆起、塌坑、架空、冲刷、堆积等现象；近坝坡水面有无漩涡等异常现象；

(3) 背水坡及坝趾。有无裂缝、崩塌、滑动、隆起、塌坑、堆积、湿斑、冒水、渗水或管涌等现象；排水系统有无堵塞、破坏；草皮护坡是否完好；排水棱体、集水沟、导渗减压设施等有无异常或破坏现象；

(4) 坝基。基础排水设施是否正常；渗漏水的水量、颜色、气味及浑浊度、酸碱度、温度有无变化；坝下游有无沼泽化、渗水、管涌、流土等现象；上游铺盖有无裂缝、塌坑；坝基及下游附近有无液化现象；

(5) 坝端。坝体与岸坡接合处有无裂缝、渗水等现象；两岸坝端区有无裂缝和滑坡迹象，是否存在隆起、塌坑、绕渗现象，是否存在蚁穴、兽洞等隐患。

(三) 输、泄水洞（管）检查

(1) 引水段。有无堵塞、淤积；两岸边坡有无崩塌；

(2) 进水塔(或竖井)。有无裂缝、渗水、倾斜或其他损坏

现象；

(3) 洞(管)身。洞壁有无纵横向裂缝、空蚀、剥落、渗水等现象；放水时洞内声音是否正常；

(4) 出口。放水期水流形态、输水量及浑浊度是否正常；停水期是否有渗流水；

(5) 消能工。有无冲刷、磨损、淘刷或砂石、杂物堆积现象；下游河床及岸坡有无异常冲刷、淤积和波浪冲击破坏等情况。

(四) 溢洪道检查

(1) 进水段(引渠)。有无坍塌、崩岸、淤堵或其他阻水现象；流态是否正常；糙率是否有异常变化；

(2) 堰顶或闸室、闸墩、胸墙、溢流面。有无裂缝、渗水、剥落、错位、冲刷、磨损、空蚀等现象；伸缩缝、排水孔是否完好；

(3) 消能工。检查项目与输、泄水洞(管)同。

(五) 闸门及启闭机检查

(1) 闸门。有无变形、裂纹等损坏现象；门槽有无卡堵、气蚀等情况；启闭是否灵活；开度指示器是否清晰、准确；止水设施是否完好；部分启闭时有无振动情况；吊点结构是否牢固；钢丝绳或节链、栏杆、螺杆等有无裂纹、断丝、弯曲等现象；漂浮物等是否影响闸门正常工作和安全。

(2) 启闭机。运转是否灵活；制动、限位设备是否准确有效；电源、传动、润滑等系统是否正常；启闭是否灵活可靠。

(六) 其他检查

(1) 观测设施是否完好。

(2) 通讯和照明设施是否正常。

(3) 交通道路有无损坏和阻碍通行的地方。

二、水情监测

(一) 上游天气监测与降雨预报

上游天气监测与降雨预报对大坝险情的判断和处理非常重要。通常采用的依据：

1. **地面雨量站。**在地面设置雨量计连续监测所在位置的降雨量，观测人员每日定时采集数据。有的雨量计可连续自动记录，或可将降雨量用无线通讯装置自动发报到中心站。

2. **雷达雨量站。**根据空中雨滴、云团中水汽凝结物对雷达发射的电磁波的反射强度来测量降雨中心位置、强度、移动速度等。

3. **卫星/航拍云层监测。**在气象卫星上装有可见光和红外及微波辐射仪器，从而可以得到卫星云图。根据云图的连续变化了解气旋、降雨和暴雨云团等天气系统的演变情况。

4. **降雨预报。**根据气象部门发布的降雨预报，收集雨量、雨强、历时、降雨笼罩面积等基础信息，结合水文测报，可演

算库区降水及上游来水等有关情况。

（二）库区水情监测

将野外观测到的河、湖和水库等水体的水位、流量，水库和闸坝的闸门启闭、放水泄流等水情资料，借助于各种通讯工具（有线、无线通信，遥测，卫星等）传递到各级水情管理和防汛抗旱部门，或者资料处理中心，经过人工和计算机处理，绘制成各种图表简报，并根据已收集的信息，利用各种预报方法和流域水文模型对未来情势作出预测和预报，为洪水预报提供重要依据。

1. 库区水情常规监测

水文测报站保持正常工作能力时，按照“水文测验规范”规定的测验项目和时段间隔进行观测并将观测数据记录在册，经过检验、整编相关数据，以供查用。

2. 库区水情应急监测

通常水库正常运行时，在库区上游河道都设有水情和雨情监测站，但在灾害发生后，这些设施可能无法正常运行或者监测信息无法传到接收站。这时应考虑采取应急预报方案，包括：

（1）水情和雨情监测站的快速修复，或新设简易观测仪器。

（2）监测信息的应急传输（简易人工发报机、现有无线和有线通讯设备）。

（3）制定雨情应急监测方案。

(4) 制定水情应急监测方案。

(5) 历年水情监测系列查询与借鉴。

3. 库区水情应急预报

考虑灾害发生后，库区上游已有的水情甚至雨情监测系统遭到破坏，导致无可靠的入库洪水监测信息可用。此时，可考虑利用气象预报结果（包括气象模型模拟结果，遥感观测的云图、雷达测雨回波图等），作为洪水预报模型（最好是分布式水文模型）的降雨输入条件，通过多方案的模拟分析，进行入库洪水应急预报。主要要求和指标：

(1) 事先按照防灾预案制定水文预报机制和建立预报模型库；

(2) 灾害发生后的应急预报准备时间应控制在 12 小时以内；

(3) 洪水预报有效预见期应控制在 6 小时以上；

(4) 洪峰流量预报精度应控制在 20%以内，洪峰时间误差应控制在 1 小时以内。

三、应急抢险措施

(一) 土坝漫顶的抢护

土坝不允许漫顶溢流，如果洪水漫溢，就会造成垮坝事件。因此，当库水位超过允许最高洪水位并继续上涨时，应立即采取有效的保坝措施。

1. 抢筑子堤

子堤应抢筑在离上游坝肩至少 $0.5\sim 1.0\text{m}$ 以外，以免发生滑坡。堤后要留有余地，以方便来往交通。抢筑时，务必全面铺开，同时施工，一气呵成。其具体做法有以下几种：

(1) 土料子堤

土料子堤适用于坝顶较宽，就近取土容易，库区风浪不大的坝。施工时，先将子堤与原堤顶接触面上的杂草清除，中间开挖一条宽 0.5m 、深 $20\sim 30\text{cm}$ 的结合槽，然后再分层铺土，各土层夯压密实，使子堤与原堤顶紧密结合。子堤顶宽一般不小于 $1.0\sim 1.5\text{m}$ ，内外坡坡度缓于 $1:1.5$ ，高度应根据实际情况而定。如有风浪，应在子堤迎水面铺设土工膜保护（见图 1）。

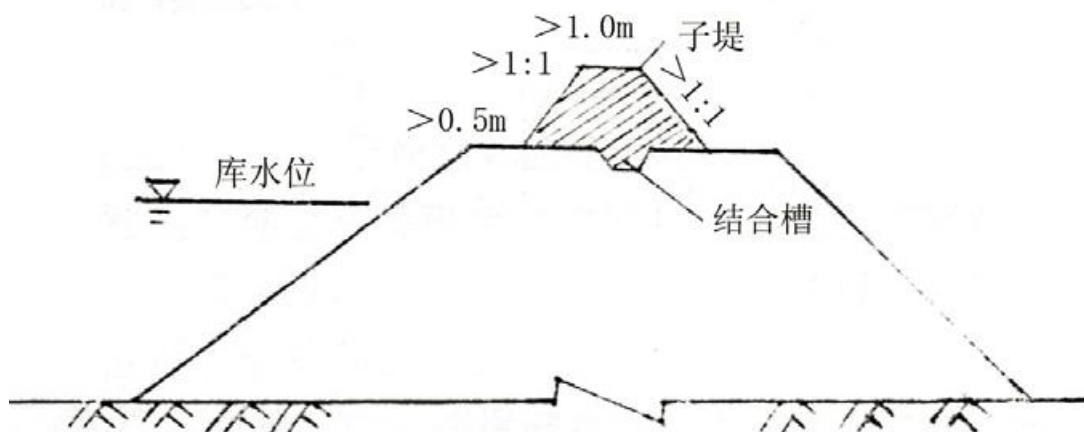


图 1 土料子堤示意图

(2) 土袋子堤

土袋子堤适用于坝顶较窄，附近取土较难或土料质量不好，库区风浪冲击较大的坝。可采用土工编制袋、麻袋和草袋装土，

在子堤的迎水面铺砌。铺砌前，应先将堤顶杂草清理干净，耙松表面。袋装土不宜过满，一般达到七、八成即可，袋内不得装填易流失的粉细沙和稀软土，袋口用尼龙线缝紧（最好不要用绳扎口），防止散漏。袋口向下游方向进行土袋码放，互相搭接。铺砌时，上层土袋要比下层土袋向下游缩进一些（坡度一般为 $1:0.3 \sim 1:0.5$ ），上下错开排列，靠紧踩实。袋后逐层铺土，夯压密实。上游面的土袋缝隙可用稻草、麦秸等塞严以避免袋后土料被风浪淘蚀。也可以两边铺砌土袋，中间填土夯实。土袋子堤的优点是能抗暴雨冲击和风浪拍打，有利于在暴风雨中抢护。

（3）利用防浪墙抢筑子堤

土坝如在坝顶设有防浪墙，也可利用防浪墙抢筑子堤，即在防浪墙后堆土夯实，做成子堤，或用土袋在防浪墙后加高加固成子堤，速度快，效果好。如果防浪墙止水性差，为防止漏水，可先在防浪墙迎水面铺设一层土工膜止水截渗，然后在墙后铺筑子堤（见图2）。

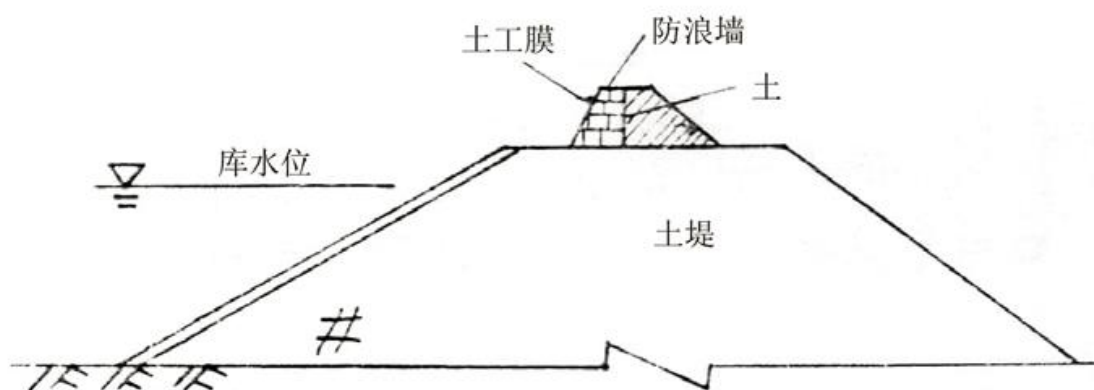


图 2 利用防浪墙抢筑子堤示意图

(4) 利用木板或埽捆筑子堤

对于水库大坝坝顶较窄，风浪很大，而且洪水即将漫顶的紧急情况下，可采用埽捆筑堤。

2. 加大泄洪流量，降低库水位

当预报水库将出现超标准洪水，并有漫顶的可能情况时，应提早加大泄洪流量，防止洪水漫顶。主要做法有：

(1) 利用已有放水建筑物加速泄洪。可将现有放水建筑物如溢洪道、放水涵管(洞)、电站引水洞等的闸门全部打开，渲泄洪水。如果已有放水建筑物过水能力不足，即使闸门全部打开，仍然难以承担应有的泄洪流量时，可以将已有的输水洞闸门打开，增加泄量，起到保坝作用。

(2) 采取非常保坝措施。

在紧急情况下，采取非常保坝措施，可有效地快速泄洪，使水库转危为安。一般可采用的非常保坝措施有：开挖或炸开非常溢洪道、副坝或坝头等方法。

采取爆破非常溢洪道或副坝措施之前，应做好以下各项准备工作：

事先规定出引爆信号或派出专人通知下游受威胁地区（含淹没区）的村屯及群众，在规定时间内做好安全转移工作。如发生在黑夜和暴雨洪水之时，往往通讯中断或桥梁被冲，道

路交通受阻，应选派专人排除一切艰险，万无一失地完成全部安全转移工作；

准备炸药、雷管等爆破物资，做好爆破计划，选择好爆破位置，保证爆破达到预想的效果；

在防止水库漫顶的抢险措施中，绝对禁止采用在坝顶开槽溢洪的办法，因为虽然能降低库水位，但其后果适得其反，极易加速整个坝体的溃决，不仅不能保证水库大坝的安全，反而会造成垮坝失事。

（二）防风浪冲击

在较高的土坝迎水坡上，应做好永久性的防浪工程。若没有做永久性的防浪工程，在应急时一般可采取如下的防浪方法：

（1）用草袋或麻袋装土放置在波浪上下波动的范围，袋口向下游，互相迭压成鱼鳞状，在坡顶压 0.3~0.5 米厚填土（图 3）。

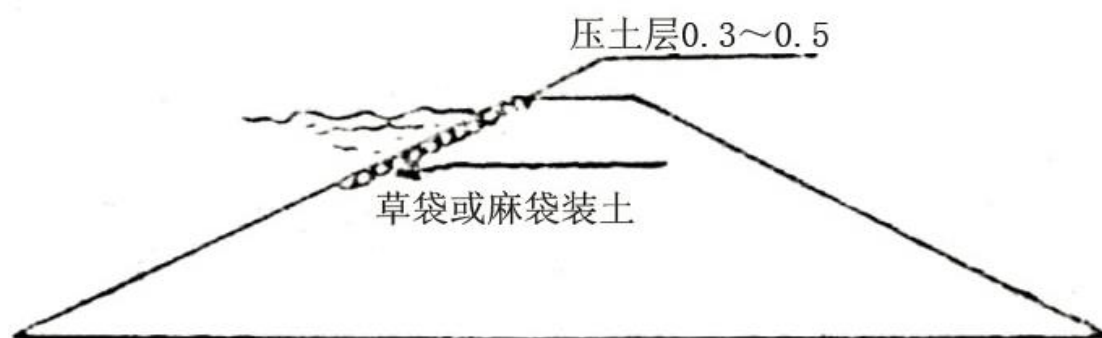


图 3 草袋或麻袋装土护坡防浪

（2）用柴排护坡防浪。将稻草、小树枝（杉、松）或其他

杂草等捆成把，用铅丝、篾条或绳连结成排，用木桩压放在波浪冲击范围内的坝坡上，并用木楔钉牢（图4）。

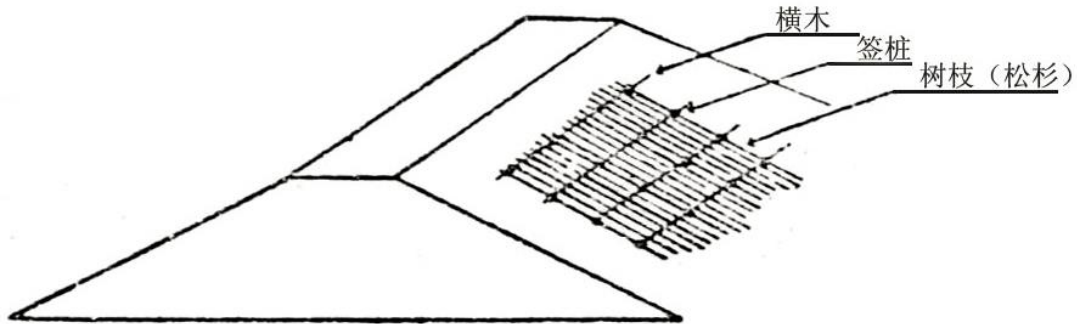


图4 柴排护坡防浪

（三）土坝脱坡抢护

土坝脱坡抢护的基本原则是：降低浸润线，减轻渗水压力，稳定坝坡，即先应进行滤水还坡，而后稳固坝身。

1. 开沟导渗，滤水还坡

从开始脱坡的顶点起至坝脚外为止，采用前面开沟导渗、抢护散浸的办法。若有排水棱体，则所开的导渗沟要与排水棱体结合好，使水能顺利渗出。若没有排水棱体，则在靠坝下游的坡脚处开挖与坝轴线平行的一道横沟，将渗水导至坝外低洼处。沟内填好导渗材料后，将陡立的土崖削成斜坡，换填与原坝坡相同的土料（图5）。



图 5 开沟导渗滤水还坡

2. 导滤法

先沿着裂缝挖去已滑动的松湿泥土，使之成为倾斜面，然后在坡脚斜面上，逐层铺粗沙、碎石和块石等，做成导滤层，并在其上还土夯实（图 6）。

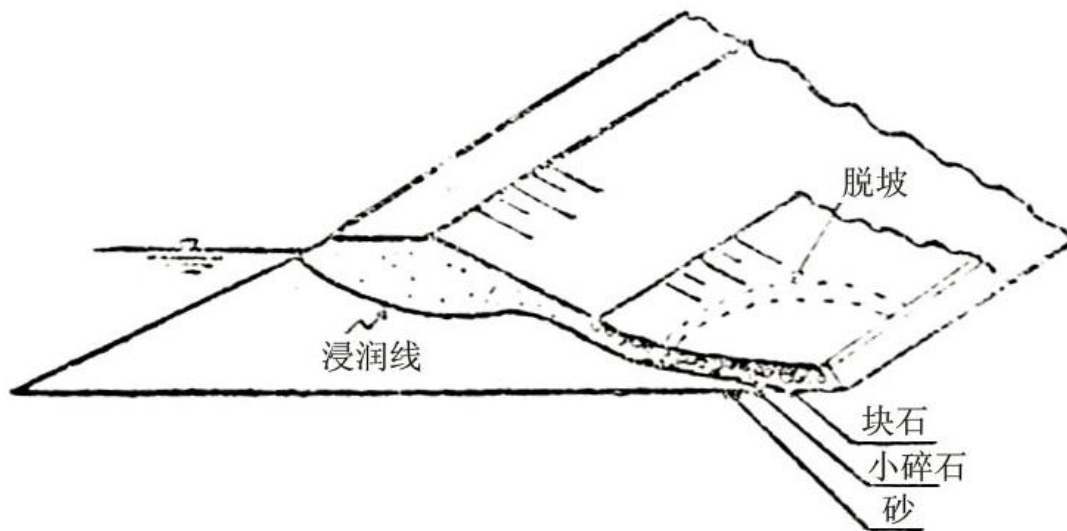


图 6 导滤层

3. 加大边坡

将脱坡处松土加以清除，然后开沟导渗（作法与开沟导渗法同），再分层填土夯实。填土加大的坡度，要看水情、险情来决定，同时在坡底用块石固脚（图 7）。

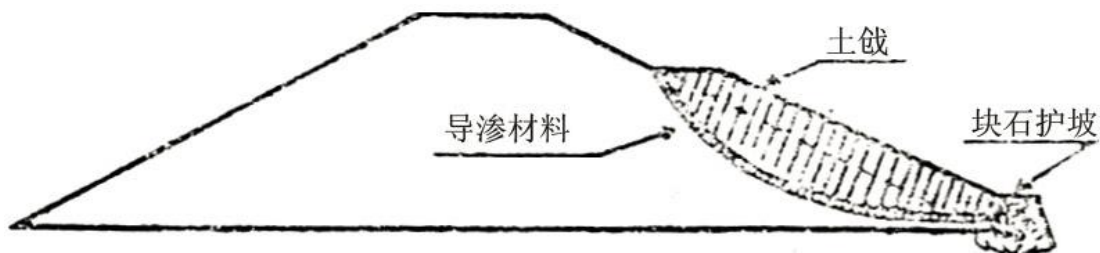


图 7 加大边坡 导渗材料 0.3-0.5 米

如果砂、石料缺乏，还可以用柴捆或芦柴来代替，铺放在清好的脱坡底盘上，然后在芦柴上铺稻草，草上填土夯实。这样一层柴一层土，把坝坡恢复成原有的形状（图8）。

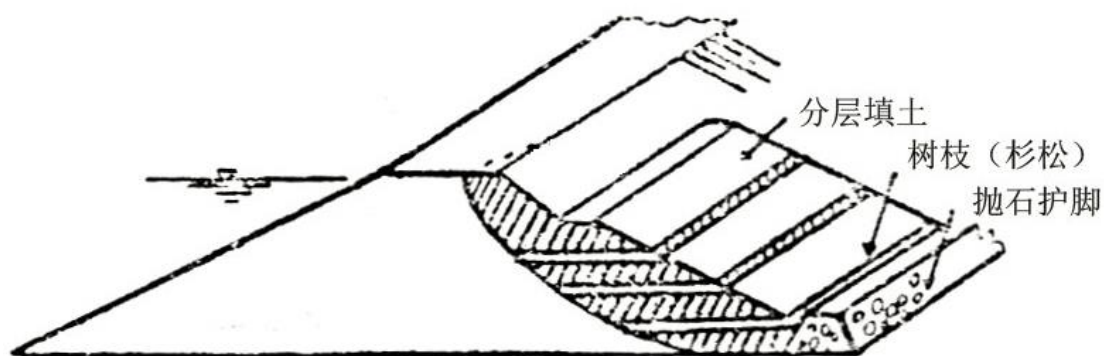


图8 柴土还坡

（四）滑坡治理

在处理滑坡时，应当掌握的原则是：设法减少滑动力，增加抗滑力。其做法是“上部减载”与“下部压重”。如因渗流作用而导致滑动力增加时，必须采取“前堵后排”的措施。“上部减载”是在滑坡体上部的裂缝上侧陡坝部分进行削坡，以保持稳定；“下部压重”就是放缓下部坝坡、坡脚处筑镇压台及滑坡体下部做压坡体等。当滑坡稳定后，应当及时进行滑坡处理。

1. 开挖回填

滑坡体的开挖，应视滑动方量大小而定。对体积较小的滑坡，最好全部开挖，再用与原来坝体相同的土料分层回填夯实。如滑坡体方量很大，全部开挖回填确有困难，可以将松土部分

挖掉，然后进行回填夯实。对于松土开挖，可先将裂缝两侧松土挖掉，坑底应挖至缝底以下 1.5m，其边坡不陡于 1: 1，挖坑两端的边坡不陡于 1: 3，并做好结合槽，以利于防渗。回填土应分层夯实。回填前，应洒水湿润，将表层刨毛或耙松，再填土夯实，以利结合。对地基淤泥层(或其它高压缩性土层)尚未消除或清除不彻底而引起的滑坡，应在坝址处挖穿淤泥层，回填透水料(背水坡脚)，做成固脚齿槽，同时采取压重固脚的措施。

2. 放缓坝坡

由于设计坝坡陡于土体的稳定边坡而引起的滑坡，在处理时，应考虑放缓坝坡，并将原有排水体接触到新坝趾。如滑坡前浸润线逸出坡面，则新旧土体之间应设置反滤排水层。放缓坝坡必须通过稳定计算，在没有试验资料确定计算指标时，也可参照滑坡后的稳定边坡，确定放缓的坝坡。

3. 压重固脚

坝体发生严重滑坡时，滑坡体底部往往滑出坝趾以外。这种情况下需要在滑坡段下部采取压重固脚的措施，以增加抗滑力。一般采用镇压台（如同时起排水作用的称为压浸台）。压重固脚的材料最好用砂石料。在砂石料缺乏的地区，也可用土工织物作反滤层，以达到排水的要求。镇压台的尺寸应根据使用材料和压实程度，通过试验和计算确定。

4. 防渗设施

水库蓄水后因浸润线抬高产生的滑坡，一般都需解决防渗问题。在高水头作用下，产生渗透破坏引起背水坡滑坡，或者由于水位骤降引起迎水坡滑坡，使防渗体受到破坏，均应根据具体情况降低库水位或放空水库，彻底修复防渗体。对由于浸润线过高而逸出坡面或者由于大面积散浸引起的滑坡，除结合下游导渗设施外，还应考虑加强防渗。必要时可以进行坝身劈裂灌浆、加强防渗斜墙等。

5. 排水设施

对由于渗漏引起的背水坡滑坡，当采用压重固脚时，在新旧土体以及新土体与地基间的接合面应设置反滤排水层并与原排水体相连接。对由于排水体堵塞而引起的滑坡，在处理时应重新翻修原排水体，使其恢复作用。对因减压井堵塞引起地基渗流破坏而造成的滑坡，应对减压井进行处理，以恢复其效能。

6. 滑坡治理注意事项

(1) 在滑坡处理中，特别是在抢护工程中应确保施工人员的安全。

(2) 对滑坡性的裂缝，原则上不应采取灌浆方法处理。因为浆液中的水分将降低滑坡体与坝体之间的抗剪强度，对滑坡稳定不利，而且灌浆压力也会加速滑坡体下滑。如必须采用时，一定要有充分论证，确保坝体的稳定。

(3) 不宜采用打桩固脚的方法处理滑坡，因为桩的阻滑作

用很小，不能抵挡滑坡体的推力，而且打桩震动反而会助长滑坡的发展。

（4）滑坡体上部与下部的开挖与回填应符合“上部减载”与“下部压重”的原则。开挖部位的回填，要在做好压重固脚以后进行。下部开挖要分段进行，切忌全面同时开挖，以免引起再次滑坡。

（5）在迎水坡进行滑坡处理时，要摸清水下滑坡位置，先进行固脚，防止滑坡继续发生。切不可在滑坡体上抛石或沙袋，这不仅不能起到固脚作用，反而会促使滑坡继续发展。

（6）造成滑坡的原因不同，采取的处理措施也有所区别。但任何一种滑坡，都需要采取综合性的处理措施。如开挖回填、放缓坝坡、压重固脚和防渗排水等措施并举，单一方法难以保证效果。

（五）护坡措施

1. 填补翻修

填补翻修方法适用于施工质量差而引起的局部脱落、塌陷、崩塌和滑动等破坏。进行处理时，首先清除紧急抢险时压盖的物料，并按设计要求将反滤层修补完整。然后再按原护坡的类型护砌完整。如采用干砌块石护坡，块石规格尺寸大小及垫层都应符合设计要求。垫层级配合理，否则砂层易被风浪淘刷流失，最好第一层用砂，第二层采用砾石，第三层采用卵石或碎

石。护坡达到紧、稳、平、实的要求。为防止上部原有护坡塌滑，可逐段进行施工。

2. 加厚反滤垫层

针对（北方冰冻地区）反滤垫层厚度不够而产生的护坡破坏，加厚护坡反滤垫层是一项行之有效的办法。即将垫层的每层厚度适当加大则可避免冰推和坝体冻胀引起的护坡破坏。加大垫层的重点部位是水位上下波动带。

3. 塑膜坝面保温

利用塑料薄膜做坝面保温，可在坝面铺 1~2 层塑膜，用 5~10cm 土层保护，其上铺砂。这样能减少垫层厚度，不但可使坝面保温，并可避免毛细水上升，可消除（北方地区）坝面冻胀，减少冰推力。

4. 浆砌石或现浇混凝土护坡

对吹程较远，风浪较大，经常发生破坏的护坡坝段，可采取局部浆砌块石或现浇混凝土板的办法加固处理，具体作法是先将原护坡石拆除，重新沿坝轴线方向在一定范围内采用浆砌石或现浇整板护坡，使之形成一条水平、纵向的防冲带。浆砌石厚度应不小于 30cm，混凝土板厚度应不小于 20cm，并应按规定做好反滤层。预留排水孔和伸缩缝，其平面尺寸以每块 $3 \times 5\text{m}$ 为宜，一般不宜过大。如风浪很大，还应考虑在混凝土板内配置适量的钢筋，以免断裂滑动。

（六）坝体裂缝处理

坝体裂缝是土石坝病害中普遍存在的问题。土石坝发现裂缝后，应通过坝面观测、挖探槽、探井和仪器探测，查明裂缝的部位、形状、宽度、长度、深度、错距、走向以及发展情况。

裂缝按照走向可分为横向裂缝（垂直坝轴线）和纵向裂缝（平行坝轴线）。一般纵向裂缝数量多于横向裂缝，但从裂缝的危害看，横向裂缝的危害要远高于纵向裂缝。

1. 裂缝处理原则

横向裂缝的处理原则：横向裂缝如果贯穿坝体上下游，渗水冲刷，危害极大，因此如果有贯穿上下游的横向裂缝，必须对水库进行降低水位的处理。同时，还应对裂缝进行尽可能的封闭处理。在上游裂缝进口灌注与筑坝材料一致的泥浆或填筑粘性土，阻断渗漏水通过。但应慎用压力灌浆，避免造成裂缝扩展，加剧大坝险情。坝体下游裂缝出口处宜挖开回填，做好反滤。

纵向裂缝的处理原则：对于缝宽较小的裂缝，可直接用防水材料沿缝铺盖，防止雨水渗入加大大坝安全隐患，待灾后再进一步彻底处理。对于较宽裂缝，铺膜易因雨水聚集而落入裂缝中，因此需首先进行裂缝补填，然后再铺膜防雨。宽缝补填应根据现场情况，选择粘土材料充填，如条件不具备，可用坝顶两侧的土体应急补填，但应保证坝顶高度不变。

2. 裂缝处理方法

根据观测资料，结合土石坝设计、施工情况，采取不同处理方法。处理裂缝的一般方法主要有开挖回填、裂缝灌浆和开挖回填与灌浆相结合等几种方式。

(1) 开挖回填

该法处理裂缝比较彻底，一般适用于缝深不超过 5m 的裂缝。对于贯穿性裂缝，应首先考虑开挖回填的办法。开挖时，采用梯形断面，使回填部分与原坝体结合好，当裂缝较深时，为了便于开挖和施工安全，可挖成阶梯形坑槽。回填时再逐级削去台阶。

开挖前向裂缝内灌入白灰水，以利掌握开挖边界。开挖深度应比裂缝尽头深 0.3~0.5m，开挖长度应比缝两端各长 1m 以上，槽底宽度 0.5~1.0m，过窄不利于施工。边岸应满足稳定和新旧填土结合的要求。开挖出来的土料不应堆在坑边，以免影响边坡稳定。不同土料应分别堆放。开挖后应保护坑口，避免日晒、雨淋或冻融。回填土料应与原土料相同，其含水量控制略大于塑限。

回填前应检查坑槽周围土体的含水量。如偏干，则应将表面洒水湿润。如表面过湿或冻结，应清除后再进行回填。回填应分层夯实，严格控制质量，并用洒水、刨毛等措施保证新老填土结合紧密。

（2）裂缝灌浆

由于开挖回填处理工程量大，对于坝内裂缝和非滑动性很深的裂缝，可采用重力灌浆或压力灌浆进行处理。浆液可以采用纯粘土浆，也可用水泥粘土浆。纯粘土浆与坝体填土的性能适应性较好，但掺水泥可以加快浆液凝固和减少浆液体积收缩。灌浆时遵循由稀到稠的原则，以保证质量。采用压力灌浆时要适当控制压力，避免压力过大导致坝体变形和压力较小达不到灌浆效果。

对较深的裂缝采用重力灌浆时，可以用抬高泥浆桶的办法取得灌浆压力。但在灌浆前，必须将裂缝表面开挖回填 2m 厚以上的阻浆层，以防止浆液外溢。在使用灌浆方法处理裂缝时，应当注意：

① 尚未调查清楚并作出诊断的裂缝，不建议一律采用灌浆方法简单处理；

② 灌浆时要防止浆液堵塞反滤层，进入测压管，影响排水和浸润线观测；

③ 在雨季或库水位较高时，由于泥浆不易固结，一般不宜进行灌浆；

④ 在灌浆过程中，要加强观测，发现问题，及时处理。

（3）开挖回填与灌浆相结合

在处理非滑动性很深的表面裂缝时，可采用表层开挖回填，

深层灌浆，开挖回填与灌浆相结合。一般是先开挖约 2m 深后立即回填，然后在回填面上进行灌浆。这种方法适用于中等深度裂缝，或水库水位较高，开挖回填有困难的部位。

（七）坝体渗漏防治

渗漏控制的标准是：保证坝体和坝基的渗流稳定，其抗渗比降和渗透流速满足稳定要求；控制渗流量，尽量减少渗漏损失；控制下游剩余水头，防止渗透变形破坏，保证下游边坡稳定，减少下游沉降。总的原则是“上截下排”。“上截”是在坝轴线以上部分坝体和坝基堵截渗流途径，防止和减少渗漏水量渗入坝体和坝基，提高其防渗能力；“下排”是在下游做好反滤导渗排水设施，使渗入坝体、坝基的渗水在不带走土颗粒的前提下安全通畅地排向下游。渗漏的处理方法主要有灌浆法、斜墙法、套井回填粘土等。

1. 灌浆防渗

若坝体渗漏严重，而且无法采用斜墙法或水中倒土法进行处理时，可采用帷幕灌浆进行处理，即从坝顶钻孔，然后由上往下分段进行灌浆，在坝内形成一道灌浆帷幕，阻断渗流通道。

根据灌浆材料的不同，灌浆主要分为：

（1）粘土浆或粘土水泥浆。主要适用于坝身和非岩性坝基的堵漏和截渗。

（2）水泥灌浆。主要适用于破碎岩基的固结灌浆和帷幕灌

浆。

(3) 化学灌浆。主要适用于坝基防渗。

灌浆方式主要有充填灌浆和劈裂灌浆两种。充填灌浆是利用较小的灌浆压力或浆液自重，将浆液灌入坝体隐患处，以堵塞洞穴和裂缝。该法适用于处理性质和范围都已确定的局部隐患。如非滑坡性坝体裂缝处理，坝下涵洞漏水处理，坝面塌坑开挖回填处理后周围细小的裂隙充填，以及白蚁危害产生漏水的处理等。劈裂灌浆是沿坝轴线布置灌浆孔，利用一定的灌浆压力将坝体沿轴线方向劈裂，同时灌注合适泥浆充填堵塞漏洞、裂缝，浆液析水后与坝体结合紧密，形成连续的防渗墙。它适用于处理范围较大，隐患的部位不能完全确定的坝体。如土石坝体浸润线出逸点过高，坝下游坡大面积散浸或坝体有较多的隐患，而坝坡无滑坡现象时，可采用劈裂灌浆。

2. 贴坡防渗

在已发生渗漏的坝身和坝端岸坡上游以粘土贴坡，达到防渗的目的。按防渗部位可分为坝身贴坡和坝端岸坡贴坡。

(1) 坝身贴坡。主要用于均质坝和斜墙坝。在处理时，要求降低库水位，使渗漏部位全部露出水面，拆除护坡，清除坝身表层含水量过大部分，耙松坡面 10~15cm，使新旧填土结合良好。贴坡完成后再重新做护坡。贴坡的范围，取决于坝后渗水情况、观测资料 and 土石坝质量等综合分析确定，为防止绕渗，

增筑贴坡必须掩盖渗水范围以外 3~5m，并做好结合槽。贴坡厚度，应根据坝型、坝身质量、水头大小和土料质量等确定，一般为水头的 $1/8 \sim 1/10$ 。贴坡土料应按一般土石坝防渗体土料要求进行选择，施工时分层夯实。

(2) 坝端岸坡贴坡。用于防止透水性坝端的岸坡绕渗。如坝端山包为单薄的条形山、山岩破碎或埋有砂砾强透水层，或施工时处理不彻底，形成绕坝渗漏，当岸坡缓于 1:2 时采用此法处理。其范围应视山包渗漏情况而定，一般要超过渗漏范围以外 5~10m，以截堵渗水，保证岸坡与坝头渗透稳定。处理时，对山坡的结合面应进行清理，底部做好结合槽。贴坡表面要有保护层和护坡。如贴坡底部和地基为砾石透水层，要按规定做好反滤层。如原岸坡陡于 1:2，可适当加厚贴坡底部，以增强其稳定性。

(3) 粘土截水槽防渗。适用于均质坝或斜墙坝的坝基渗漏处理，坝基覆盖层深度以 20m 内为宜，且在处理时有条件放空水库的情况下进行，特别是多层土质坝基，由于水平渗透系数比垂直渗透系数大得多，而且水平粘土铺盖仍有部分渗透水从铺盖进入透水层，采用垂直的粘土截水墙，防渗效果显著。

(4) 粘土铺盖和抛土防渗。粘土铺盖防渗主要适用于当土石坝上游的人工或天然铺盖存在缺陷时，可采用原铺盖补强或增做铺盖等方法处理，以延长渗径，达到控制地基渗透变形，

减少渗漏量。

水中抛土主要是适用于在水库不能放空的情况下，加固铺盖，可用水中抛土进行处理。

（5）导渗。导渗为下排的措施，将坝身或坝基内的渗水顺利地排出坝外，而使土体的土粒保持稳定，不被带走，以达到降低浸润线，减少渗压水头，增加坝体与坝基渗透稳定的目的。

当土石坝原有防渗排水设施，不能完全满足坝身、坝基渗透稳定要求，浸润线抬高，坝身散浸，坝后发生沼泽化，甚至出现管涌、流土的渗透变形，危及坝基安全时，除加强防渗措施外，可将原有导渗设施进行改善或增设，按导渗部位分为坝身导渗和坝后导渗两种：

坝身导渗。在土石坝背水被的渗漏部位，根据渗漏的程度，选用适当的导渗措施，以导出坝身内渗透水，降低浸润线，使坝坡保持干燥稳定。

坝后导渗：

A. 排渗沟。坝基为多层地基，表层为弱透水层，其下为强透水层，而表层又不太厚时，常采用排渗沟作为排水减压的措施，同时也可以将坝基与坝体渗水引向坝的下游。

B. 减压井。多层地基，表层为弱透水层，其下为强透水层，而表层较厚时，在坝脚下游地基内每隔一定距离利用钻机钻孔，穿过弱透水层，直达强透水层的一定深度，可以把地基深层的

承压水导出地面，以防止坝基土料渗透变形，并可防止下游地区沼泽化。

C. 压渗。利用透水料作为水平反滤压重，既可将土体中渗水排出，又能给渗透土体以一定的压重，以抵抗渗压水头，增强地基渗透稳定。压渗长度，应使其末端弱透水地基中的实际水力坡降小于它的允许水力坡降。压渗厚度，当已知弱透水层厚度，并利用埋设的测压管测出弱透水层底面水位与下游水位差，即可定出盖重的厚度。

总之，土石坝防渗应根据实际情况进行处理，选用上游防渗减渗还是下游排水措施，应针对渗漏原因综合考虑，以达到防渗效果。

（八）散浸、渗漏、漏洞及陷坑抢护

水库里的水从坝的背水坡面渗出时出现坝坡散浸现象，它是土石坝渗漏的一种基本形式。散浸易造成土石坝土体松软，不利于坝坡稳定。散浸的进一步发展易造成管涌和流土等渗流破坏现象。

漏洞是渗漏水流经坝体中动物洞穴、土体填筑不匀的等薄弱环节形成的渗流通道，漏洞的进一步发展易在坝顶、迎水坡或背水坡突然下陷，形成陷坑。

1. 抢护险情的原理：上游截渗，下游导渗，即在坝的迎水面坡上加填粘土料或防渗材料，减少渗入坝身的水量；在下游

坡面或坝基，设置反滤措施，在反滤体的引导下将渗入坝身内的水，从坝的背水坡或坝脚排出。

2. 散浸和渗漏抢护方法

(1) 开沟填砂石导流

在下游坡，从散浸（或渗漏）上端约 1.0 米处至坝脚处，沿着坝坡每隔 6~10 米开挖纵沟，或者沿散浸（或渗漏）上端开一横沟或“人”字沟、“Y”形沟等。然后在沟内分次一层一层地填粗砂、小瓜米石、碎石，各层厚 0.2~0.3 米，沟宽 0.5~0.8 米，深 0.8~1.0 米，沟底坡度，可以比坝坡小些（图 9）。

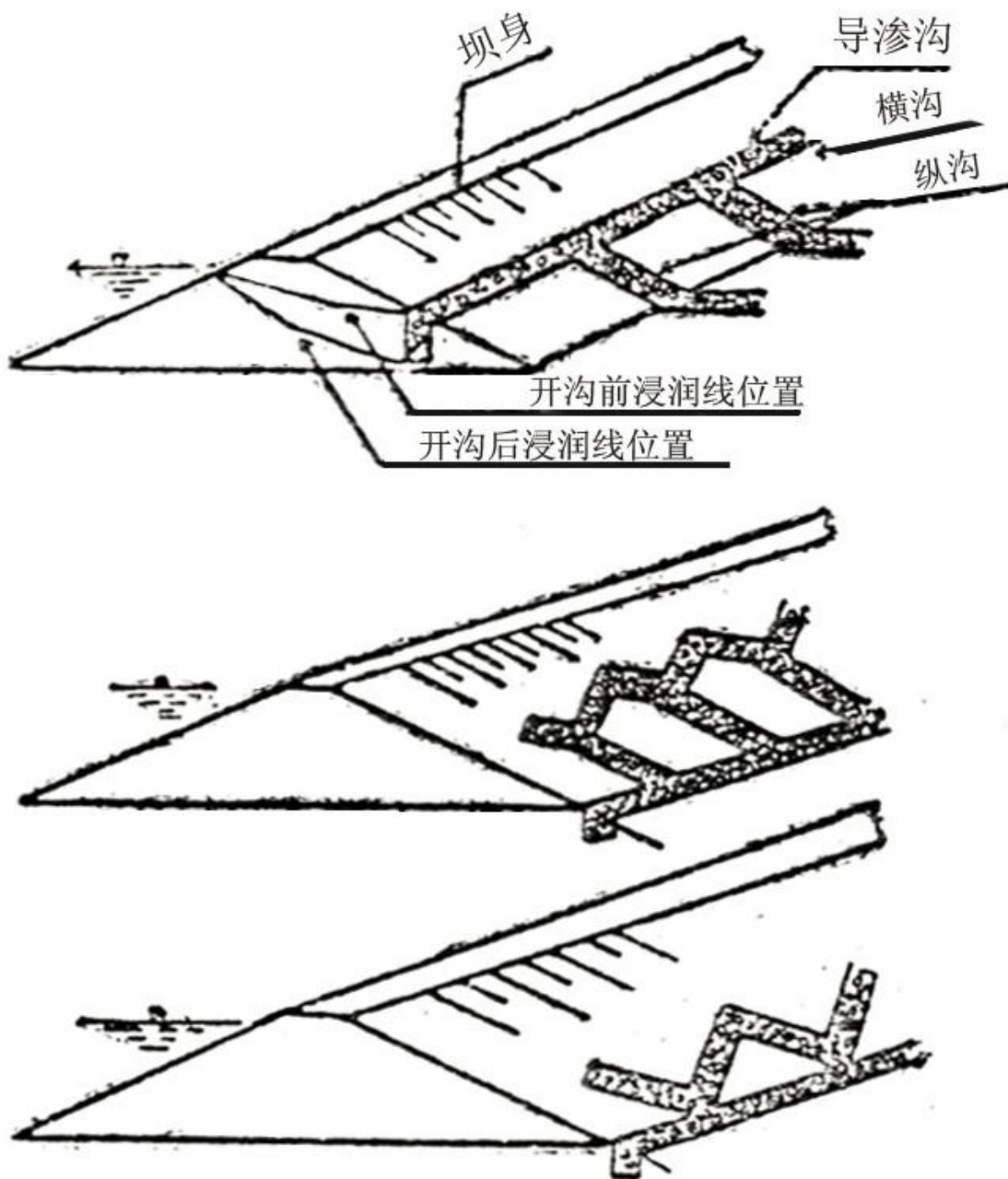


图9 砂石导渗

(2) 反滤层保护

先将散浸或渗漏地区地面湿软的草皮和松土清除干净，然后逐层铺粗砂、小碎石和块石，每层厚约 0.2~0.3 米(图 10)。

如缺乏粗砂和小碎石，可用稻草、麦秸或其他杂草铺在已

清除干净的散浸或渗漏区域，上面再铺一层小树枝，小树枝上压土袋，最后再填土夯实（图 11）。

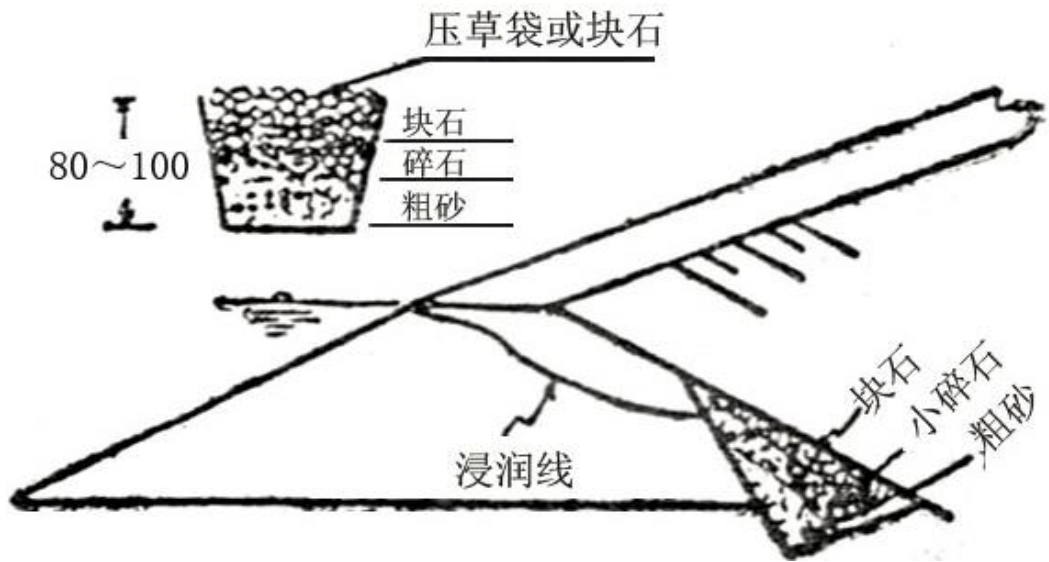


图 10 砂石反滤层



图 11 树枝或铺草反滤层

3. 抢堵漏洞的方法

最好的办法是在坝上游尽量堵塞洞口，在下游漏洞出水口做反滤围井，稳定险情。常用办法有：

（1）用软楔、草捆等堵塞洞口

软楔：用绳结成圆锥形的网罩，其内填充麦秸和稻草等而

做成（图 12a）。

草捆：用绳把麦秸或稻草等，捆成一头尖一头圆的圆锥体（图 12b）。

抢堵时，用软楔或草捆塞入（尖的那头向内）洞内，堵塞紧密后，用土袋压在上面，然后迅速浇土填实（图 13）。



图 12a 填满麦秸、稻草后的软楔



图 12b 草捆

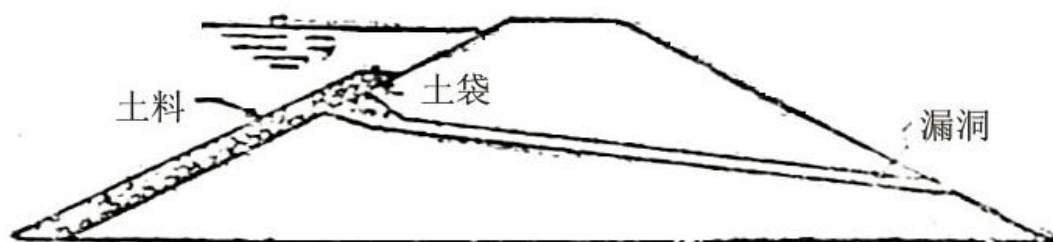


图 13 软楔堵漏

（2）用破棉絮堵塞漏洞的进水口，用土袋压在上面，再浇土填实。堵塞漏洞时，要一气做成，切勿间断。同时注意安全，防止抢险人员被水带进洞内。

（3）抢筑反滤围井

在下游坡出口周围，用土袋做成圆形围井，分次一层一层地铺细砂、粗砂、碎石或卵石，每层厚度均为 0.2~0.3 米，井应比出水口大些（图 14）。

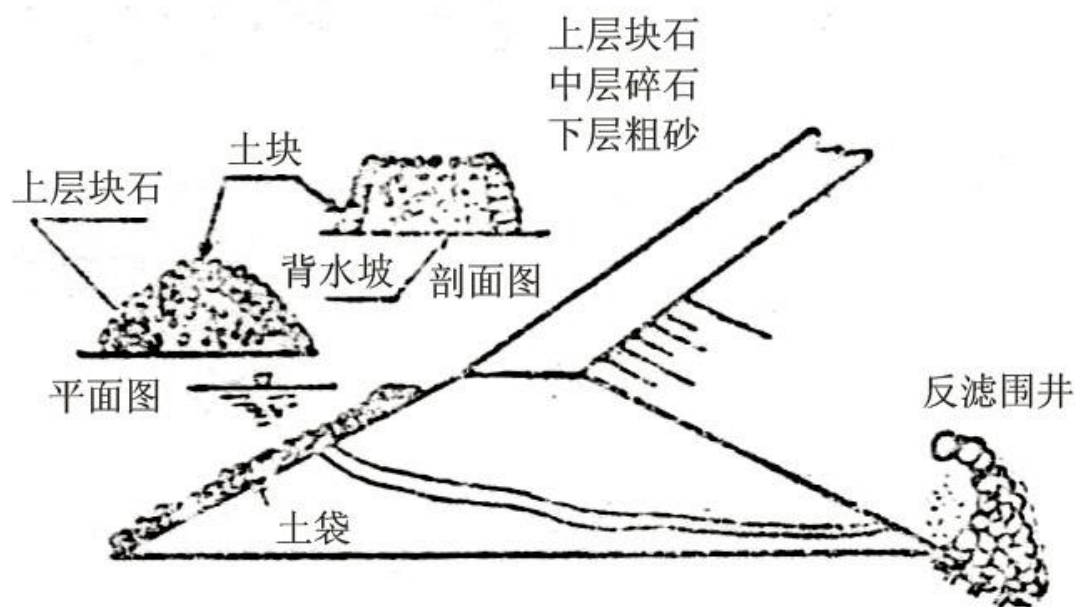


图 14 反滤围井

(4) 坝顶挖槽断流

如果漏洞距坝顶不远，且坝身宽大及土质较好时，可在坝顶中心线到背水坝肩之间，开挖一道与坝轴线平行的沟。挖至露出漏洞后，即以棉絮或其他柔软不易透水的东西来堵塞紧密，然后一层一层地填好夯实（图 15）。

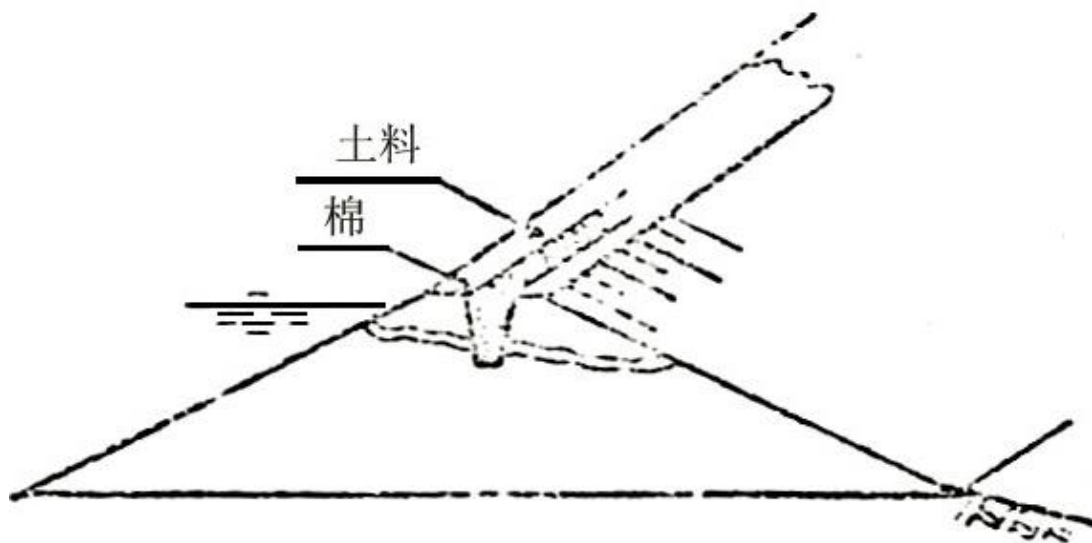


图 15 坝顶挖槽断流

4. 陷坑抢护方法

主要办法是翻筑夯实，即先把陷坑内的松土、松块全部挖出，如洞穴、裂缝内有腐烂物料、砖、石等杂物时，应进行彻底清除，然后回填土料，分层填筑夯实。

（九）管涌抢护

（1）反滤层法

先将散浸或渗漏地区地面湿软的草皮和松土清除干净，然后逐层铺粗砂、小碎石和块石，每层厚约 0.2~0.3 米。

如缺乏粗砂和小碎石，可用稻草、麦秸或其他杂草铺在已清除干净的散浸或渗漏区域，上面再铺一层小树枝，小树枝上压土袋，最后再填土夯实。

（2）筑围井

用土袋堆砌二到三层，把涌水口处围住，做成像水井一样，

其高度以涌水口处冒清水时为准（图 16）。

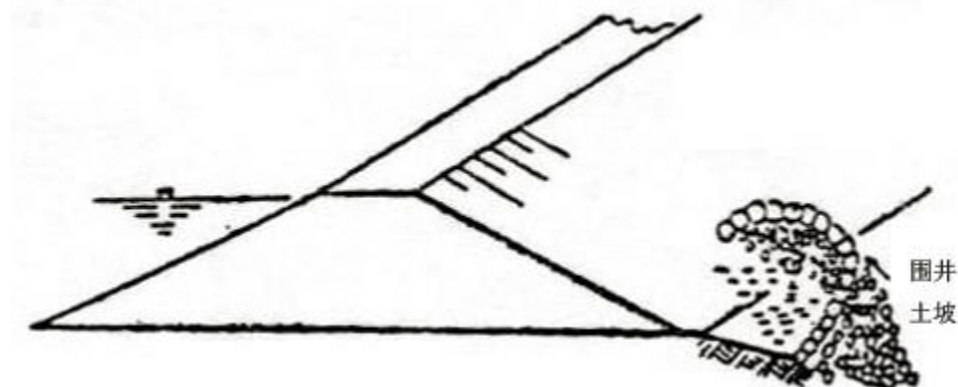


图 16 围井

（3）如果管涌出口较大、翻水也较高，则先抛投石块压住水花，再按（1）或（2）的方式进行。

采用以上几种办法的同时，还可以在上游水下部分抛放大量的散土或软粘土，以减少水的入渗。

（十）涵洞、管道漏水处理

在涵洞与坝身接合缝处、涵洞本身和闸门易发生漏水的部位出现严重漏水或浑水时，应立即堵塞漏水入口并在背水处导渗。

涵洞与坝身接合缝漏水，大多因涵洞与坝身土壤接合不紧密、截流环失效、洞身或基础发生不均匀沉陷而产生。

处理办法：查找漏水原因和入水口，在上游涵洞管道周围向水中抛填土袋、粘土等，填塞漏水口和入渗通道，截止漏水。

背水面漏出浑水或上游填堵不彻底时，可以在背水面漏水处做反滤层或做围井进行处理（做法与前同）。

(十一) 涵管、溢洪道下游冲刷处理

泄水建筑物下游发生冲刷破坏时，应以块石（尺寸大的为佳）、土袋等进行抢护，也可采用抬高尾水位的办法以缩小上下游水位差，减少冲刷。

溢洪道泄水时，应派专人负责检查溢洪道的护底及两岸墙有无险情发生。溢洪道被冲刷破坏易发生在结构最薄弱处，往往从陡坡下部、水流最急的地方开始，逐渐向上游扩展。因此，在开始发现有局部被冲坏时，如果溢水量不大，应立即在溢洪口将来水临时堵住，使之暂时断流，在被冲坏的地方实施紧急抢修，抢修完毕后再进行正常泄水。如情况紧急，不可能将溢洪道口临时堵住并使之断流，则在被冲坏的位置大量抛填石料及土袋等，尽量使被冲坏的范围不致扩大，待退水后再行检修。

四、应急预案及实施

(一) 水库下游溃坝影响范围快速评估

溃坝是水库大坝在地震、超限洪水等不利条件（或人为干预）影响下发生破坏的极端表现形式，也是后果最为严重的水库灾害。灾害发生后相关水库工程对下游影响范围的快速评估对有效采取措施、减轻次生灾害损失至关重要。这种快速评估需要的资料包括：一定精度的水库下游区域电子地形图、水库工程基本资料，如水库水位库容关系曲线、水库泄流设施关系曲线等。

评估步骤一般包括：

- （1）采取简易方法估计可能溃坝的部位和规模；
- （2）估算溃坝可能产生的最大流量及概化过程；
- （3）简易评估下游流量传播范围等。

评估结果也是水库应急预案编制与实施的重要依据。

（二）应急预案编制

根据有关规定，我国大、中型和坝高超过 15m 的小型水库（其他水库参照执行）应编制水库大坝安全管理应急预案。预案是在水库大坝发生突发安全事件时避免或减少损失的预先制定的方案，是提高水库管理单位及其主管部门应对突发事件能力，降低水库风险的重要非工程措施，也是地震等自然灾害导致水库大坝出现突发事件时的应对依据。

应急预案编制的目的是提供大坝管理者发布应急预警和布置疏散撤退的有关程序和息，鼓励通过全面一致的应急反应计划来减少受影响地区人民生命财产损失。体现行政首长负责制、统一指挥、统一调度、全力抢险、力保水库工程安全的原则。应急预案的主要内容应该包括：内容一般包括前言、水库大坝概况、突发事件分析、应急组织体系、预案运行机制、应急保障、宣传、培训、演练（习）、附录等。

（三）应急指挥机构

按照分级负责、属地管理的原则，在溃坝事件发生时成

立水库大坝突发事件应急指挥机构。在我国的洪水应急管理机构中，应急指挥机构主要包括政府、水行政主管部门、行业主管部门或业主、水库管理单位以及气象、民政、交通、通讯和卫生等部门主要领导形成的机构。此外，还需要由水利、气象、卫生、环保、通信、救灾和公共安全等行业的专家组即时提供信息。

（四）预警和预报发布

1. 预警与预报

根据我国《水库大坝安全管理应急预案编制导则》和《中华人民共和国突发事件应对法》的规定，预警系统对应突发事件分级和溃坝事件发生的可能性，预警级别也划分为四级，依次用红色、橙色、黄色和蓝色表示。预警信息一般包括突发事件的类别、预警级别、起始时间、可能影响范围、警示事项、应采取的措施和发布机构等。

2. 预警与预报的发布

根据我国《水库大坝安全管理应急预案编制导则》和《中华人民共和国突发事件应对法》的规定，信息的发布有以下几种方式：

（1）直接启动预案并发布

当水库大坝遭遇如下情况，并将造成特别重大或重大损失，发出红色警报，可直接发布。

- ① 遭遇超标准洪水。
- ② 地震或地质灾害造成大坝溃决或即将溃决。
- ③ 上游水库溃坝造成大坝溃决或即将溃决。
- ④ 工程出现重大险情，大坝溃决或即将溃决。
- ⑤ 战争、恐怖事件和人为破坏等其他原因造成大坝溃决或即将溃决。

⑥ 库区水质污染，严重威胁居民生命安全及生产生活或（和）严重破坏生态环境。

（2）会商启动预案并发布

当水库大坝遭遇如下情况，损失较大或一般，发出橙色或以下警报，应在会商后决定是否启动预案。

- ① 工程出现严重险情，有可能造成大坝溃决。
- ② 监测资料明显异常，对大坝安全不利。
- ③ 水情预报可能有超标准洪水。
- ④ 地震或地质灾害有可能造成大坝溃决。
- ⑤ 上游水库溃决，有可能造成大坝溃决。
- ⑥ 战争、恐怖事件、人为破坏等其他原因可能造成大坝溃决。
- ⑦ 库区水质污染，影响居民生命安全、生产生活及生态环境。

预警报发布后，根据我国《中华人民共和国突发事件应对

法》的规定，对即将发生或者已经发生的社会安全事件，县级以上地方各级人民政府及其有关主管部门应当按照规定向上一级人民政府及其有关主管部门报告，必要时可以越级上报。

发生突发事件时，根据预案组织实施预案启动、应急处置、应急结束、善后处理、调查与评估、信息发布、应急保障等相关工作。