

浙江省山塘综合整治技术导则

浙江省水利学会农村水利专业委员会

2017年8月23日发布实施

前 言

全省山塘数量众多，具有农业灌溉、农民饮水、农村环境、农居消防等多种功能，是山区居民重要的生产、生活的水利基础设施。由于修建年代久，部分山塘存在较多安全隐患，成为当前防汛抗台和新农村建设的薄弱环节，亟待进行综合整治。

为规范全省山塘综合整治，通过调研分析，总结近年来的山塘综合整治经验的基础上，编制完成《浙江省山塘综合整治技术导则》，替代《浙江省山塘综合整治技术导则（试行）》。

本导则起草单位和主要起草人员：

主持单位：浙江省农村水利局

起草单位：浙江省水利水电勘测设计院、浙江东洲建设咨询有限公司

参加单位：杭州市农村水利管理总站、建德市水利水电局、江山市水利局、永康市水务局、象山县水利局、磐安县水务局

主要起草人：谢 放、王安明、朱明星、钱银芳、石丹丹、麻勇进、童丽芬、苗海涛、徐富平、吴金丽、何晓锋、叶雷震、赖建军、王建军、胡 亮、张新德、厉富强。

目 录

1 总则.....	1
2 术语.....	2
3 工程设计.....	3
3.1 洪水标准.....	3
3.2 坝顶.....	4
3.3 坝坡.....	5
3.4 防渗体.....	6
3.5 护坡与排水.....	7
3.6 坝基处理.....	8
3.7 坝体与岸坡及其他建筑物的连接.....	9
3.8 泄洪建筑物.....	10
3.9 输水建筑物.....	12
3.10 其他.....	14
4 工程施工.....	15
4.1 一般规定.....	15
4.2 坝基与岸坡施工.....	15
4.3 坝体填筑.....	15

4.4 输水设施施工.....	16
4.5 溢洪道施工.....	17
4.6 环境保护.....	17
附录 A 山塘洪水设计的简化计算.....	19
用词说明.....	28
《浙江省山塘综合整治技术导则》条文说明.....	29

浙江省山塘综合整治技术导则

1 总 则

- 1.1 为规范山塘综合整治工作，明确综合整治技术要求，保障山塘综合整治质量，特制定本导则。
- 1.2 本导则所称山塘综合整治，是指为全面排除山塘的险情、隐患或者依据山塘安全技术认定与评估成果，对山塘实施全面的改建、加固、更新改造。
- 1.3 山塘的工程等别为V等。建筑物级别为5级。
- 1.4 山塘综合整治应开展必要的调查、勘察、测量等工作，通过技术比选确定挡水、泄洪、输水建筑物设计方案，并对水位观测、交通、环境绿化等设施进行设计，明确管理范围。
- 1.5 不得抬高山塘原有溢洪道堰顶高程改变工程规模。
- 1.6 坝顶高程原则上不应抬高。确需抬高的最多不超过1m，并且不得扩大工程规模。
- 1.7 防渗体宜外部布置为主，尽可能减少隐蔽布置。
- 1.8 输水建筑物应满足应急放空需要，能够快速降低水位。
- 1.9 若整体挖除原坝体，应优先选择重建重力坝。
- 1.10 清淤原则上应结合山塘综合整治一并进行。
- 1.11 山塘综合整治项目完工后应及时进行验收，相关程序可

参照 SL223 执行并适当简化。

1.12 本导则引用的主要技术标准：

《水利水电工程地质勘察规范》(GB50287)

《砌石坝设计规范》(SL25)

《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》(SL62)

《小型水利水电工程碾压式土石坝设计规范》(SL189)

《水利水电建设工程验收规程》(SL223)

《溢洪道设计规范》(SL253)

《碾压式土石坝施工规范》(DL/T 5129)

《水电水利工程坝址工程地质勘察技术规程》(DL/T 5414)

《公路工程技术标准》(JTGB01)

2 术 语

2.1 山塘

毗邻坡地修建的、坝高 5m 以上且具有泄洪建筑物和输水建筑物、总容积不足 10 万 m^3 的蓄水工程。

2.2 高坝山塘

坝高 15m 以上的山塘。

2.3 屋顶山塘

失事后可能导致人员伤亡或房屋倒塌的山塘。一般同时

具备以下条件：集雨面积 0.1km^2 以上、坝高 5m 以上且不足 15m 、下游地面坡度 2° ($3.49/100$) 以上，且 500m 以内有村庄、学校、工业区等人员密集场所。

2.4 普通山塘

坝高 5m 以上且不足 15m 的非屋顶山塘。

2.5 山塘总容积

对应于校核洪水位的山塘蓄水量。

3 工程设计

3.1 洪水标准

3.1.1 山塘综合整治的洪水标准应符合表 3.1.1 的要求。

表 3.1.1 山塘洪水标准表

类型	坝高 H (m)	上下游水头差 (m)	设计洪水重现期 (年)	校核洪水重现期 (年)	
				土石坝	混凝土坝、砌石坝
高坝山塘	$H \geq 15$	-	20	200	100
屋顶山塘	$10 \leq H < 15$	≥ 10	20	200	100
		< 10	10	100	50
	$5 \leq H < 10$	-	10	100	50
普通山塘	$10 \leq H < 15$	≥ 10	20	200	100
		< 10	10	20	
	$5 \leq H < 10$	-	10	20	

3.1.2 若山塘下游连接河道，上下游水头差应是山塘正常水位（也可取堰顶高程）与下游河道水位之差值。若下游无水，则应为山塘正常水位（也可取堰顶高程）与下游坝脚高程之差值。

3.1.3 山塘位于城市、县城、建制镇、村庄等上游 500m 以内时，洪水标准应不低于下游城市、县城、建制镇、村庄等的防洪标准。

3.2 坝顶

3.2.1 土石坝、堆石坝坝顶高程应在同时满足以下条件，再加上波浪爬高取最大值，且不高于集雨范围外包山脊线最低点：

- 1 高于设计洪水位 0.5m；
- 2 高于校核洪水位 0.3m。

3.2.2 波浪爬高(单位 m)可参照 SL189 附录 A 计算。风向(按 16 个方位区分)宜取最接近坝体垂线水面向坝方向，风速为离地面 10m 高度最大 10min 平均风速，利用当地风向风速资料查得该风向历年最大风速，求得多年平均年最大风速，依照 SL189 确定计算波浪爬高的设计风速。

3.2.3 混凝土坝、砌石坝（除全坝顶溢流外）坝顶高程应不低于校核洪水位。

3.2.4 土石坝坝顶宽度应不小于 3m。设计坝顶宽度时应考虑下列因素：

- 1 若坝顶有交通要求，作为公路，应按公路等级的相应标准执行，不宜小于 4.5m；作为通村道路或机耕路，应根据

当地农耕车辆通行需求确定，不宜小于 4m；

2 应满足施工和运行检修时设备通行的要求；

3 对于心墙坝或斜墙坝，坝顶宽度应能满足心墙、斜墙及反滤过渡层的布置要求。

3.2.5 土石坝坝顶构造的常规要求按 SL189 执行。

3.2.6 土石坝坝顶道路原则上只作为防汛和运行维护通道。仅作为人行通道时，左右两端应间隔适当距离设置隔离柱、桩等；

1 确需作为通村道路或机耕路使用时，设计时应考虑车辆移动荷载对坝体稳定性和防渗系统安全性的影响。同时在上游侧（未设防浪墙时）应设置栏杆等防护措施。

2 确需作为公路使用时，必须同时达到公路建设标准，并由道路主管部门设置相应的安全设施（如相应等级的防撞护栏）和交通标志、标线，同时应根据工程安全状况和防汛需求，设置限制机动车辆通行的标志。

3.2.7 山塘的坝顶防浪墙原则上不作为挡水结构，仅仅作为安全防护设施。若作为挡水结构，其应坚固闭合，厚度应取 0.2m 以上，满足稳定和强度要求，并且与防渗体相连接。

3.2.8 若坝顶不设防浪墙，宜采用栏杆或防护网作为安全防护。

3.3 坝坡

3.3.1 土石坝坝坡应根据筑坝材料特性和相应规范的安全系数要求进行设计。坡比（多级坝坡指平均坡比）可按表 3.3.1 初步拟定，再经稳定计算确定。坝坡稳定分析计算应考虑施

加在坝体上的全部外力，并进行组合分析，根据最不利情况确定最终组合并计算安全系数。

表 3.3.1 山塘土石坝坝坡要求

边坡类型	坝高 H (m)	上游坝坡	下游坝坡
土质坝边坡	$H \geq 15$	1: 2.25	1: 2.00
	$5 \leq H < 15$	1: 2.00	1: 1.75
堆石坝边坡	$H \geq 15$	1: 1.80	1: 1.75
	$5 \leq H < 15$	1: 1.60	1: 1.50

3.3.2 表 3.3.1 是土石坝坝坡设置的最低要求，即使稳定分析计算后的坝坡陡于表中数值，仍然应按照表 3.3.1 设置。

3.3.3 若坝高大于 12m，可分级采用不同坡度，对于黏性土料占比相对较大的土坝，坝坡宜上陡下缓。

3.3.4 上下游坝坡可根据坝面排水、通行、增加护坡和坝基稳定等不同需要确定是否设置马道。若坝高 $\geq 12\text{m}$ ，宜增设马道。

3.3.5 若坝体下游地面坡度较大，距离较长，导致下游坝坡按表 3.3.1 要求设计不合理时，可在适当位置设置具有排水棱体功能的透水挡墙（高度一般不超过 2m）予以截断。

3.4 防渗体

3.4.1 综合整治方案应先分析渗漏原因，并根据地基特征、防渗方式、施工条件等要素确定防渗体结构。

3.4.2 山塘现有坝体形式为均质坝、类均质坝或者坝高 10m 以上的土石坝，建议设置防渗斜墙。

3.4.3 土质材料防渗体的渗透系数，高坝山塘和屋顶山塘不应大于 $1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ，普通山塘不应大于 $1 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ 。

3.4.4 防渗心墙的顶宽不宜小于 1.0m，底宽应不小于坝前正常水头的 $1/4 \sim 1/6$ 且应不小于顶宽。

3.4.5 防渗斜墙应上薄下厚，其厚度（垂直于墙面方向）顶部不小于 1.0m，底部不小于坝前正常水头 $1/4 \sim 1/6$ 且不小于 2.0m，与两岸山坡接触部分厚度应加宽一倍。

3.4.6 采用土工膜作防渗体时，应在土工膜的上面铺设保护层，并在下面设置过渡层。保护层分面层和垫层，能保护土工膜不受紫外线辐射；过渡层应使土工膜受力均匀，免受局部集中应力的破坏。防渗土工膜必须与坝基、岸坡或其他建筑物形成封闭的防渗系统，其结构尺寸应能满足渗透坡降和变形的要求，并做好周边缝的处理。

3.4.7 山塘坝体类型为砌石坝、采用混凝土防渗体结构的，其防渗体设计、结构稳定及应力设计可参照 SL25 中相应的要求执行。

3.5 护坡与排水

3.5.1 土石坝的坝坡坡面应进行保护，护坡型式可根据坝体结构型式及当地实际情况进行选择。

3.5.2 上游坝坡应有效地防止波浪冲击、侵蚀破坏和穴居动物破坏。护坡的范围应延伸至死水位以下。采用抛石护坡时，应考虑不同施工方法对防护效果的影响。

3.5.3 下游护坡宜采用碎石、块石或混凝土预制块等护坡，保

证坝坡不会受到降雨径流的影响。若有人文景观和生态环境要求，宜选择草皮护坡。

3.5.4 采用碎石护坡时，护坡结构不小于两层，表层可由碎石、卵石或砾石组成，防止侵蚀；下层为反滤层或垫层，可由砂砾混合物或粗砂组成。

3.5.5 下游坝坡应设置踏步台阶，位置根据山塘巡查管理要求确定或布置在坝体中间。上游坝坡可根据实际需要确定是否设置踏步台阶。

3.5.6 下游坝基部位应设置排水良好和满足反滤要求的排水设施，排水设施可采用棱体排水、贴坡排水等结构。

3.5.7 棱体排水的顶部宽度不宜小于 0.8m，顶高程应高出下游最高水位或地面（下游无水时）至少 0.5m，并设置反滤层与坝体分开。

3.5.8 贴坡排水的厚度（含反滤层）不应小于 0.5m，高度应高于浸润线出逸点 1.0m 或高于 1/2 坝高且高度不小于 2.0m。

3.5.9 下游排水体底部应设置排水沟，排水沟应低于坝体浸润线出逸点，断面尺寸不宜小于 0.25m×0.25m。

3.6 坝基处理

3.6.1 若山塘存在基础渗漏或绕坝渗漏的情况，应在工程实施整治前，参照 GB50287 和 DL/T 5414 进行地质勘探工作。同时应复核渗漏的分布位置、范围和特征，并对坝基渗漏、渗透稳定及工程地质进行评价，提出处理措施的建议。

3.6.2 山塘综合整治涉及到坝体基础处理的，应对坝基面进行

清理。地基应满足坝体稳定需要，并保证上部重新填筑材料的沉降量不超过可压缩层厚度的 5%。

3.6.3 地基防渗处理原则：

1 对于相对不透水的地基，防渗体可直接填筑在地基面上，但应对地基进行必要的处理。并保证结合面有足够的渗径长度。

2 若地基存在深度不大的透水层（深度小于 5m）。对于心墙防渗体，其底部应设置截水墙；对于斜墙防渗体，其底部应设置与防渗体相连接的防渗铺盖，铺盖长度不小于正常水头的 3~5 倍，铺盖前端厚度不小于 0.5m，末端厚度不小于 1m，斜墙底部与铺盖前端应设置截水墙，截水墙应穿过强透土层。

3 对于透土层深度较大的地基。坝体防渗体的基础部分宜采用混凝土防渗墙，或采用截水墙和防渗墙相结合的防渗结构，并进行相应的灌浆防渗处理。

3.6.4 砂砾石地基、岩石地基、软土地基等各类地基的处理要求应按 SL189 执行。

3.6.5 若地基存在透土层时，应采用帷幕灌浆等方法进行防渗处理。确定灌浆处理的技术参数前，应进行灌浆材料性能检测和现场灌浆试验，同时应编制相应的施工方案。具体参照 SL62 的规定执行。

3.7 坝体与岸坡及其他建筑物的连接

3.7.1 应挖除坝肩的风化体和破碎带，直至相对不透水层。若

开挖范围较大，采用挖除方法不经济时，应进行专门设计，采用合理的防渗措施，确保截断绕坝渗漏通道。

3.7.2 实施坝体防渗体加固处理的，防渗体须嵌入坝肩的弱风化层。嵌入厚度不宜小于 0.5m。

3.7.3 若溢洪道与坝肩相连，连接部位应设置混凝土截水墙并做灌浆防渗处理。

3.7.4 若采用套井回填方法加固坝体防渗体的，防渗体与溢洪道边墙连接部位应进行专项设计，确保有足够长的渗径。

3.7.5 若有溢洪道与坝体连接结构，特别是黏性土料防渗体与溢洪道截水墙的连接，设计中应要对连接部位的施工质量控制提出明确的要求。

3.7.6 坝体与岸坡及其他建筑物连接的其他设计要求应按 SL189 执行。

3.8 泄洪建筑物

3.8.1 山塘的泄洪建筑物应根据地形、地质、工程特点、施工及运用条件等综合因素选择溢洪道结构，一般宜采用正槽式溢洪道，特殊情况下可选择侧槽式、竖井式等其他形式；堰型可采用薄壁堰、实用堰、宽顶堰等型式。

3.8.2 溢洪道泄洪能力可按附录 A 计算。若原有溢洪道泄洪能力不足，应首先选择拓宽溢洪道；若受地形等因素影响，无法有效拓宽溢洪道时，可考虑以下方案：

1 首先选择侧槽式薄壁堰，特殊情况下可选择竖井式等其他形式。

2 其次选择优化溢流堰型式，采用固定式薄壁堰或实用堰。

3 再次可考虑适当抬高坝顶高程，但不应超过 1m。

3.8.3 不同堰型溢洪道结构的水力计算可参照 SL253。

3.8.4 溢洪道进水段与泄流段山体边坡应保证稳定。

3.8.5 正槽式溢洪道应按以下原则设计：

1 进水段水流应平顺，两侧导墙呈喇叭口，底坡宜为平底或较小坡度的逆坡，过水断面应平顺。

2 应选择流量系数较大的堰型，泄流时水流应平顺。

3 应根据地形、地质条件等因素进行泄槽平面布置，宜采用直线、等宽、对称布置。如因条件限制必须设置收缩段、扩散段、弯曲段时，则收缩段的收缩角（泄槽中心线与边墙夹角）宜小于 11.25° ，扩散段的扩散角不宜超过 8° ，弯曲段转弯半径应大于 10 倍槽宽。

4 泄槽纵坡宜为单一坡度，如受条件限制必须采用变坡的，变坡部位宜采用平滑曲线连接。

5 泄槽边墙顶高程应根据波动和掺气后的水面线，加上合理的超高。

6 溢洪道下游出口应保证出水通畅，不贴近坝脚，确保泄洪时不会冲刷坝脚，不危及坝体结构安全，必要时应设置防护设施。出口是否需要设置消能设施，可根据工程实际情况确定。

3.8.6 溢洪道靠坝一侧边墙应采用混凝土结构，与坝体防渗体及背水侧连接部位应设置防渗结构。边墙高度应高于泄流水面线 0.5m 以上，且不低于相应部位坝体。

3.8.7 溢洪道底板宜采用混凝土或浆砌石衬砌，混凝土衬砌厚度不小于 20cm，浆砌块石衬砌厚度不小于 0.3m。

3.8.8 侧槽式溢洪道的主要设计原则如下：

- 1 侧槽纵坡宜小于 10%，确保水流稳定均匀。
- 2 槽底应有一定的坡度。
- 3 侧槽断面沿线应逐渐加宽。
- 4 满足溢流堰自由出流。

3.9 输水建筑物

3.9.1 土石坝原有坝下涵管原则上应废除。

1 坝高较低情况下，宜采用开挖方式完全挖除坝下涵管，并进行防渗处理。

2 不宜采用开挖方式时，防渗体部位的坝下涵管必须全部清除，其余部位采用水泥灌浆处理。

3.9.2 若坝前水深小于 5m，可重新设置坝下输水管道，但应遵循以下原则。

1 管道应采用钢管、整体钢筋混凝土管或强度高、耐久性好的新型材料管。管道宜建在岩基上，管身宜直线水平布置。

2 如防渗体为黏土心墙，应在涵管部位扩大心墙断面，

并设置截水环，截水环周边横向厚度为管径的三倍且半径不宜小于 1m，截水环的厚度宜大于 0.5m。

3 若采用套井回填方法加固坝体防渗体的，加固前须进行勘探，明确原有坝下输水管道位置，将其完全破碎并挖除。同时在该位置的上、下游各增加一排套井，增加的套井沿坝轴线方向孔数应为 7~11 孔。

4 坝下输水管安装完成后，应通过压缩空气施加压力法，测试管道是否存在泄漏，特别是管道接缝处。测试压力应设置为输水管最大工作压力的 150%，测试时间应为 1~2 个小时以上。

3.9.3 废除原有坝下涵管后，也可根据实际情况，设置虹吸管、非开挖定向钻埋管或坝头基岩埋入式涵管等方式设置输水建筑物。

1 若坝前水头低于 7m，宜使用虹吸管作为放水设施。

2 若受虹吸高度限制而不宜在坝顶铺设虹吸管的，可在溢洪道内铺设虹吸管。为不影响溢洪道溢洪，应在溢洪道内开挖沟槽，将虹吸管埋入，并用混凝土回填。虹吸管出口可采用弯管弯出溢洪道，使得出口控制和溢洪道分开。

3 不得在坝体内部或底部采用非开挖定向钻技术铺设输水管道，管道的进、出口水流不应冲刷上下游坝体。管道铺设完毕后，宜对管壁接触缝隙进行全段灌浆，以防产生渗漏通道。

3.9.4 设计输水建筑物时，宜结合考虑排除险情、快速降低水位的需要，适当加大管径或洞径，同时应设置平时能限制最

大放水量、紧急情况又便于去除的安全装置。

3.9.5 为保护启闭设备应设置启闭机房，面积宜不小于 6m^2 。原则上不能布置在坝体上。

3.10 其他

3.10.1 对于土石坝坝体填筑材料，应保证黏性土料的压实度不小于 95%。各层土层都必须均匀地压实，压实后的土层厚度应控制在 $0.20\text{m}\sim 0.30\text{m}$ 之间。若无法使用机械压实，土层压实后的厚度宜控制在 0.20m 以内。其他要求和填筑标准参照按 SL189 执行。

3.10.2 新填筑的坝体材料与相邻土层间如不满足层间关系时，应设置反滤层和过渡层，特别是土质防渗体（心墙、斜墙、铺盖等）与坝壳或坝基透水层之间应满足反滤要求，在各接合部位设置反滤层，并视实际情况设置过渡层。反滤层和过渡层结构的设计要求按 SL189 执行。

3.10.3 山塘综合整治过程中，应设置水位观测设施和溢流水深观测设施。同时应设置防汛抢险道路，道路应能直达坝顶或下游坝脚，且路面宜硬化，宽度不小于 3m 。

3.10.4 需要进行清淤的山塘，应保证坝体防渗系统的完整性，应根据蓄水区淤积情况和取样试验分析结果确定污泥分布形态，划分清淤范围，并根据淤泥垂直分布情况确定清淤深度。上游坝趾 5m 范围内，除结合防渗斜墙施工外，不宜进行清淤施工。对于存在透水性的蓄水区，清淤深度不宜过大。

3.10.5 白蚁危害地区应结合综合整治进行白蚁防治处理。

4 工程施工

4.1 一般规定

4.1.1 施工单位应按照设计及施工程序组织施工。

4.1.2 项目施工前，施工单位应编制施工组织设计，对于危险性较大的工程应编制相应的专项施工方案，经监理或建设单位（不施行监理时）审查同意后，方能实施。

4.1.3 应由具有水利工程质量检测资格的专业质量检测单位，对整治工程的原材料、中间产品、金属结构、机电设备等进行检测、检查、试验或度量，并对检测结果依据有关标准或规定要求进行比较与判定，以确定其质量是否合格。

4.2 坝基与岸坡施工

4.2.1 坝基与岸坡的施工应按 DL/T5129 的规定执行。

4.2.2 宜自上而下依次进行坝肩岸坡的开挖清理工作。边坡开挖应满足施工期边坡稳定要求。

4.3 坝体填筑

4.3.1 坝体填筑应在坝基、岸坡及隐蔽工程验收合格后进行。

4.3.2 防渗体土料应采用碾压机械压实。碾（夯）压应沿坝轴线方向进行。如特殊部位只能垂直坝轴线方向时，辅料和碾（夯）压应现场监控，不得超厚、漏压或欠压。

4.3.3 防渗心墙应与上、下游反滤料及部分坝壳料平起填筑，骑缝碾压，宜采用先填反滤料后填土料的平起填筑法施工。防渗斜墙宜与下游反滤料及部分坝壳料平起填筑。

4.3.4 采用套井回填工艺加固防渗心墙的，造孔深度应达到设计深度，并立即回填，均匀分层铺土，按相应的要求夯实。

4.4 输水设施施工

4.4.1 大开挖埋管

1 严格按照设计边坡开挖，挖深较大或坝体土质不佳时，应对边坡进行加固处理。雨雪天气对边坡应进行覆盖保护，防止边坡坍塌。

2 回填土采用黏性土时，黏粒含量宜为 30%左右，可掺入 5%~15%的水泥，回填土料压实度按不小于 95%控制，渗透系数小于 $1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 。

3 管身四周应设 C25 混凝土结构的截水环。

4 埋管管身相邻管接头应保证其密闭性，防止管身漏水。

5 镀锌钢管焊接表面应保持清洁，焊接要有足够的机械强度，焊缝均匀密致。

6 埋管管身底部宜用小型压实机具人工分层碾压密实。

4.4.2 非开挖定向钻埋管

在钻孔回扩完成后，对有断层或破碎带的钻孔应认真细致的冲洗，并立即组织铺管施工，不得停顿时间过长。管外回填灌浆应满足设计要求。

4.4.3 虹吸管

1 管材宜为 A3 焊接钢管或无缝钢管，表面的镀锌或防锈漆涂刷应密致均匀。

2 虹吸管进出口和驼峰高程应严格按设计图纸的要求设置，放样后进行复测，满足虹吸管出水条件。镇墩、支墩的尺寸与位置不得擅自更改，保证浇筑质量。

3 施工应确保整个管道的严密性良好，各种阀门无漏气，保持管道的真空度。

4 应选择经验丰富的专业队伍进行安装，管道阀门件、液气交换箱都应现场焊接，焊接时要防止电焊产生的高温对阀门内的密封圈产生破坏。

5 管道安装完成后，应进行严密性试验和强度检测，待试验及检测合格，并且试放水成功后方可覆土。

4.5 溢洪道施工

4.5.1 溢洪道地基开挖应符合施工详图或设计要求。边坡开挖严格按照自上而下程序进行，同时作好危石清理、坡面加固工作。

4.5.2 混凝土浇筑前，应按照规范要求做好原材料和配合比的试验，并编写溢洪道施工方案，明确施工顺序、施工方法、质量和安全措施，提交监理签批。

4.5.3 溢洪道基础处理应严格按照设计技术要求进行。

4.6 环境保护

4.6.1 位于村庄附近的山塘，应结合整治工程进行生态环境建设，防止水土流失。

4.6.2 施工废水、生活污水应按要求进行处理。

4.6.3 施工过程中应保护周边生态环境，不得随意占地。对施工中不可避免而造成的植被破坏等应及时进行恢复补救措施。临时用地使用完后要予以恢复。

4.6.4 废土废料应按设计图纸或选定的地点集中堆放。若废料无法及时运走时，应采用临时措施，加以掩盖，防止扩散，造成污染。

4.6.5 现场作业人员应配备必要专用劳保用品，防止吸入施工作业产生的灰尘；水泥等易于引起粉尘的细料或散料应予以遮盖，材料运输时应用帆布、盖套及类似物品遮盖，减少扬尘。

附录 A 山塘洪水设计的简化计算

山塘洪峰流量的计算根据溢洪道口与沿流程最远点水平距离（以下简称主流长度） L 按不同的方法计算。

当 L 达到 2km 以上时，宜采用浙江省推理公式按试算法确定洪峰流量及汇流时间。

当 L 不足 2km 时，可采用以下简化方法进行。

A.1 汇流时间 τ 的确定

当 $L \leq 300\text{m}$ 时；汇流时间主要由山坡汇流组成，即

$$\tau = \tau_1 \quad (\text{A.1.1})$$

式中： τ 为汇流时间， min ；

τ_1 为水流流经山坡所需的时间， min ；由附表查得。

当 $2000\text{m} > L > 300\text{m}$ 时；

$$\tau = \tau_1 + 0.0167 \frac{l_2}{V_2} \quad (\text{A.1.2})$$

式中： l_2 为沟槽长度，即由山坡脚至山塘蓄水区尾部的沿流程水平距离，数值取主流长度减去坡地水平距离 $(L-l_1-l_3)$ ； m 。

l_1 为坡面沿流程水平距离， m 。

l_3 为正常蓄水位山塘蓄水区水面的长度，即山塘蓄水区尾部至溢洪道口最大距离， m 。

V_2 为沟槽中的汇流速度, m/s。

当主流平均坡降 $J < 0.05$ 时, $V = 1.15$ m/s; $J = 0.05 \sim 0.1$ 时, $V = 1.25 \sim 1.55$ m/s; $J > 0.1$ 时, $V = 1.65$ m/s。

A.2 设计暴雨

A.2.1 当山塘附近有代表站且有 30 年以上系列实测降雨资料的雨量站时, 宜通过频率法对应于以上所得出的汇流时间分析推求相应频率的设计暴雨量。汇流时间为 10min、20min、30min、45min、60min 时可直接推求, 汇流时间为其他时通过插入法推求。

A.2.2 当山塘附近缺乏代表站和 30 年以上系列实测降雨资料的雨量站时, 可采用省水文局 2003 年颁布的《浙江省短历时暴雨》图集进行查算, 查 10min、60min 年最大暴雨均值 \bar{H} 及变差系数 C_v , 计算指定频率 P 的设计值 H_p 。

$$H_p = \bar{H} K_p \quad (\text{A.2.1})$$

式中: K_p 值可查《浙江省短历时暴雨》图集附表的附表, C_s/C_v 为 3.5 倍。

汇流时间 τ 时段内最大的雨峰雨量 H_τ 计算公式如下:

$$H_\tau = H_{60 \text{ min}} \left(\frac{\tau}{60} \right)^{1-n_{10,60}} \quad (\text{A.2.2-1})$$

$$n_{10,60} = 1 + 1.285 \lg(H_{10 \text{ min}} / H_{60 \text{ min}}) \quad (\text{A.2.2-2})$$

式中: $H_{10 \text{ min}}$ 、 $H_{60 \text{ min}}$ 分别为相应频率 P 的 10min、60min 的设计雨量, mm。

A.3 洪峰流量的初步计算

洪峰流量 Q_m 可按下述简化公式计算：

$$Q_m = 16.67 \frac{H_\tau}{\tau} F \quad (\text{A.3})$$

式中： τ —汇流时间，min；

H_τ —雨峰时段雨量，mm；

F —集水面积， km^2 ；

Q_m —洪峰流量， m^3/s 。

A.4 设计滞洪容积的初定

设计滞洪容积为溢洪道堰顶到设计洪水位之间的容积，可由式 A.4 计算求得。

$$w_{\text{滞}} = B h_{\text{滞}} l_3 \quad (\text{A.4})$$

式中： $w_{\text{滞}}$ —溢洪道堰顶至设计洪水位的容积， m^3 ；

B —正常蓄水位时山塘蓄水区水面平均宽度，m；

$h_{\text{滞}}$ —溢洪道堰顶至设计洪水位之间的高差，m；初次可用坝顶与溢洪道堰顶的高差再减 0.5 m 确定。

l_3 —正常蓄水位时山塘蓄水区水面长度，m；

A.5 调洪后最大泄流量的确定

当山塘蓄水区面积 $\geq \frac{1}{25}F$ 时，应考虑山塘的滞洪作用。因此，在求得洪峰流量后，需进行山塘调洪演算。

$$q_m' = Q_m \left(1 - \frac{w_{\text{滞}}}{(H_{\tau} \times F \times 10^3)} \right) \quad (\text{A.5})$$

式中： q_m' —调洪后溢洪道最大泄流量， mm ；

Q_m —洪峰流量， m^3/s 。

$w_{\text{滞}}$ —溢洪道堰顶至水位壅高高程的容积， m^3 ；

H_{τ} —相应频率 P 的 60min 的设计雨量， mm 。

F —集水面积， km^2 ；

经调洪演算，初步确定溢洪道最大设计下泄流量 q_m' 后，即令 $q_m = q_m'$ ，根据不同堰型选择 A.6 部分不同计算公式求得溢洪道的溢流宽度 b 。

A.6 溢洪道宽度计算

根据计算，确定最大下泄流量后（即 $q_m = q_m'$ ），溢洪道的宽度可根据不同堰型选择下式计算：

A.6.1 宽顶堰、薄壁堰

$$b = q_m / (m\sqrt{2gh}^{3/2}) \quad (\text{A.6.1})$$

式中： q_m —最大下泄流量， m^3/s ；

b —溢洪道净宽， m ；

h —堰前水头， m ；

g —重力加速度， m/s^2 ；

m —流量系数，宽顶堰约取 0.32~0.385，可按表 A.6.1

中流量系数取用。薄壁堰约为： $0.401+0.06 \times \frac{h}{P}$ 。

表 A. 6. 1 宽顶堰流量系数 m 值（无底坎）

P/h_d	≈ 0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	$\approx \infty$
m	0.385	0.366	0.356	0.350	0.345	0.342	0.333	0.327	0.325	0.324	0.320

注： h_d 为堰面曲线定型设计水头（对于高堰，取 $h_d = (0.8h_{\max})$ ；对于低堰，取 $h_d = (0.7h_{\max})$ ； h_{\max} 为校核流量下的堰上水头）。
P 为堰高。

A.6.2 实用堰

$$b = q_m / (m\sigma_s \sqrt{2gh}^{3/2}) \quad (\text{A.6.2})$$

式中： q_m —最大下泄流量， m^3/s ；

b —溢洪道净宽， m ；

h —堰前水头， m ；

g —重力加速度， m/s^2 ；

m —流量系数，约取 0.425~0.513，可按表 A.6.2 中流量系数取用；

σ_s —淹没系数，约取 0.8~0.95。

表 A. 6. 2 WES 实用堰流量系数 m 值

$\frac{h}{H_d} \backslash \frac{P}{h_d}$	0.2	0.4	0.6	1.0	≥ 1.33
0.4	0.425	0.430	0.431	0.433	0.436
0.5	0.438	0.442	0.445	0.448	0.451
0.6	0.450	0.455	0.458	0.460	0.464
0.7	0.458	0.463	0.468	0.472	0.476
0.8	0.467	0.474	0.477	0.482	0.486
0.9	0.473	0.480	0.485	0.491	0.494
1.0	0.479	0.486	0.491	0.496	0.501
1.1	0.482	0.491	0.496	0.502	0.507
1.2	0.485	0.495	0.499	0.506	0.510
1.3	0.496	0.498	0.500	0.508	0.513

注： h_d 为堰面曲线定型设计水头（对于高堰，取 $h_d = (0.8h_{max})$ ；对于低堰，取 $h_d = (0.7h_{max})$ ； h_{max} 为校核流量下的堰上水头）。

P 为堰高。

A.6.3 明渠泄流

混凝土砌筑面要求平整顺直、表面光滑，断面尺寸应符合下式的要求。

$$R = \left(\frac{q_m}{(71.4A_i)^{1/2}} \right)^{3/2} \quad (\text{A.6.3})$$

$$R = \frac{A}{\chi}$$

$$\chi = b + 2h'$$

$$A = b \times h'$$

式中： q_m —最大下泄流量， m^3/s ；

R —水力半径， m ；矩形渠道的最佳断面一般取 $R=1/2h'$ ；

i —渠道比降；

A —过水断面面积， m^2 ；

b —渠道底宽， m ；

h' —渠道过水深度， m ；

χ —湿周， m 。

A.7 设计洪水位计算

设计洪水位 = 溢洪道堰顶高程 + 设计洪峰流量下溢洪道堰顶溢流水深。

若 b 等于现有溢洪道的实际宽度时，即可初步确定设计洪水位；

若 b 小于现有溢洪道的实际宽度时，可以初步确定不用扩大溢洪道泄洪能力，并按现有溢洪道的实际宽度根据不同堰型选择 A.6 部分不同计算公式求得溢洪道堰顶溢流水深 h ，令 $h_{\text{滞}}=h$ ，反复推求 $w_{\text{滞}}$ 、 q_m' 、 h ，直到 h 与设定 $h_{\text{滞}}$ 相近，确定设计洪水位；

若 b 大于现有溢洪道的实际宽度时，也即可初步确定设计洪水位，但应扩大溢洪道泄洪能力。

A.8 校核洪水位计算

校核洪水位 = 溢洪道堰顶高程 + 校核洪峰流量下溢洪道堰顶溢流水深。

溢洪道的宽度 b 初步确定后，按 A.1-A.3 重新求算校核洪峰流量，按 A.4 求算校核滞洪容积 $w_{\#}$ ($h_{\#}$ 需要设定)，按 A.5 初步确定溢洪道最大校核下泄流量 q_m' 后，根据不同堰型选择 A.6 部分不同计算公式求得溢洪道堰顶溢流水深 h ，反复推求直到 h 与设定 $h_{\#}$ 相近，即可初步确定校核洪水位。

附表 坡面流汇流时间 单位：min

重现期	l (m)	90	120	150	180	210	240	270	300
	I (%)								
P=10%	$I \leq 20$	14.6	16.7	18.5	20.1	21.6	23	24.3	25.6
	$20 < I \leq 50$	12.4	14.2	15.7	17.1	18.4	19.6	20.7	21.7
	$I > 50$	11.3	12.9	14.3	15.6	16.7	17.8	18.8	19.8
P=5%	$I \leq 20$	13.6	15.5	17.2	18.7	20.1	21.4	22.6	23.8
	$20 < I \leq 50$	11.5	13.2	14.6	15.9	17.1	18.2	19.3	20.2
	$I > 50$	10.5	12.0	13.3	14.5	15.6	16.6	17.5	18.4
P=2%	$I \leq 20$	11.9	13.6	15.0	16.4	17.6	18.7	19.8	20.8
	$20 < I \leq 50$	10.1	11.5	12.8	13.9	15.0	15.9	16.8	17.7
	$I > 50$	9.2	10.5	11.6	12.7	13.6	14.5	15.3	16.1
P=1%	$I \leq 20$	9.8	11.2	12.4	13.6	14.6	15.5	16.4	17.2
	$20 < I \leq 50$	8.3	9.5	10.6	11.5	12.4	13.2	13.9	14.6
	$I > 50$	7.6	8.7	9.6	10.5	11.3	12.0	12.7	13.3
P=0.5%	$I \leq 20$	5.9	6.7	7.5	8.1	8.7	9.3	9.8	10.3
	$20 < I \leq 50$	5.0	5.7	6.3	6.9	7.4	7.9	8.3	8.8
	$I > 50$	4.5	5.2	5.8	6.3	6.7	7.2	7.6	8.0

注： I 为坡面流的坡度（%）， l 山坡坡面水流动的水平长度（m）。

说明：表中所填数据是在参考我国《公路排水设计规范》（JTG/T

D33-2012) 中坡面汇流半理论半经验公式以及台湾《水土保持技术规范》中相关规定的基础上, 结合我省山塘实际与长期运行情况, 梳理计算所得。设计时, 坡面汇流时间可参考本表数据取值, 也可根据当地经验数据进行计算。

用词说明

1.为了便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用语说明如下表：

标准用词	在特殊情况下的等效表述	要求严格程度
应	有必要、要求、要、只有……才允许	要求
不应	不允许、不许可、不要	
宜	推荐、建议	推荐
不宜	不推荐、不建议	
可	允许、许可、准许	允许
不必	不需要、不要求	

2.本导则数值范围规定中，“以上”“以内”“不得小于”均包括本数；“不足”、“以外”均不包括本数；数值范围包括两端数值，如每级马道的高差可为8~12m，8m、12m均包含在内。

《浙江省山塘综合整治技术导则》条文说明

1 总 则

1.1 本省行政区域内山塘综合整治工程适用于本导则。各地也可以根据实际情况制定适用于本地区的相关山塘综合整治技术文件。

1.2 山塘综合整治一般宜基于两个条件之一：一是山塘存险情、隐患需要排除。二是依据山塘安全技术认定与评估成果需要进行综合整治。

1.3 根据 SL252 工程等别与级别的划分标准，水工建筑物共划分为 V 等 5 级。在导则编制过程中，未找到其他可将工程划分为 VI、VII 等的相关依据，所以本导则将山塘统一确定为工程等别 V 等、建筑物级别 5 级。

1.4 山塘综合整治方案要针对工程存在的主要问题具体情况，采用相应的处理措施。对于技术资料缺乏或不齐全的，要通过调查、地质勘探、质量检测、地形测绘等手段查明所存在的问题。要通过技术、经济比较有针对性地确定具体整治方案，切忌不加分析千篇一律地套用整治措施。

1.6 山塘综合整治工程一般不抬高坝顶高程。对于少数山塘工程确需抬高坝顶高程，则应进行安全复核与必要的核算，在不扩大总容积的情况下，允许抬高坝顶高程，但是不得超过 1m。通过坝体加高或抬高溢洪道堰顶高程等方式对山塘规模

予以扩大，需按照新建山塘程序进行审批、设计、施工，不属于山塘综合整治工程，不适用于本导则。

1.7 由于山塘综合整治项目工程量较小，参与建设的单位资质不高，部分参与设计、施工和监理的单位及人员技术水平有限，造成许多以防渗心墙为主的山塘工程质量达不到要求，甚至有少数工程在经过综合整治后较整治前渗漏量更大的现象，存在负面影响。相对于隐蔽工程，外部工程质量比较能得到保证，后期加固修补也比较容易实施，经综合考虑增加了此条规定。

1.8 山塘一般没有放空设施，仅靠溢洪道不能排放正常蓄水位以下的蓄水。在出现异常情况时，无法及时放空山塘，有可能造成坝体安全危害。同时也考虑到综合整治中单独建设放空设施（如放空洞），施工难度较大，成本较高，因此本导则提出输水建筑物兼做应急放空之用的要求。

1.9 基于重力坝一般比土石坝更加安全可靠，在进行综合考虑后增加了此条内容。

1.10 在山塘综合整治过程中，一般会放空蓄水，为清淤工作提供了便利的施工条件。故本导则推荐清淤工作与山塘综合整治工作一并进行。

2 术 语

2.1 对山塘进行了定义，明确本导则所称山塘是指毗邻坡地修建的、坝高 5m 以上且具有泄洪建筑物和输水建筑物、总容积

不足 10 万 m^3 的蓄水工程。也就是说，必须同时达到以下五项条件才能认定为山塘：

- 1 坝体两端邻接山坡。
- 2 坝高必须 5m 以上。
- 3 挡水、泄洪、输水建筑物齐全。
- 4 必须是一座独立的蓄水工程。

5 总容积小于 10 万 m^3 。由于设定了坝高下限，不再设定总容积的下限。

相对于容积和集雨面积而言，坝高与安全的关联度最大，据分析计算和以往山塘出险的资料统计，失事的山塘大部分坝高在 8m 以上，基于安全考虑，从相对保守的观点出发，本导则设定 5m 为坝高下限。坝高是指建基面至坝顶之间的高差，可以用背水坡脚至坝顶之间的高差表示。

2.2 高坝山塘。鉴于坝高十五米以上的水库大坝安全管理适用于《水库大坝安全管理条例》（1991 年 3 月 22 日国务院令 78 号发布），对于坝高十五米以上的山塘，无论下游地面坡度、周边是否有人密集场所及集雨面积大小，均要依照《水库大坝安全管理条例》管理，不再区分是否“屋顶山塘”。为便于同其他山塘相区分，符合我国命名习惯并直观表达，决定统一采用“高坝山塘”这个名称。

2.3 屋顶山塘，坝高 5~15m、失事后可能导致人员伤亡或房屋倒塌的山塘界定为“屋顶山塘”。除特殊情况具体分析外，一般按同时具备以下条件认定：

1 集雨面积 0.1km^2 以上。一般情况下，集雨面积不足 0.1km^2 的径流量很小，不太可能会发生洪水或者洪峰流量很小；

2 下游地面坡度 2 度 ($3.49/100$) 以上。若下游地面平坦开阔，即使山塘溃坝，水流一般都会四面散开，冲击力很小，不太会构成严重的危害；

3 下游 500m 以内有村庄、学校、工业区等人员密集场所。一般山塘溃坝后在 500m 以外水流冲击力已经大大削减，并且人员也有撤离的时间，不太会构成严重的危害。这里的房屋是指村庄、学校和工业区等人员密集场所，至于山塘管理房、田间临时搭建的生产用房不应包括在内。

2.4 普通山塘，将坝高 5~15m 其他非“屋顶山塘”归为普通山塘。

3 工程设计

3.1 洪水标准

3.1.1 依据《水利水电工程等级划分及洪水标准》(SL252-2017)

3.1.2 本条规定：当山区、丘陵区水库工程永久性挡水建筑物的挡水高度低于 15m，且上下游最大水头差小于 10m 时，其洪水标准宜按平原、滨海区标准确定；当平原、滨海区的水库工程永久性挡水建筑物的挡水高度高于 15m，且上下游最大水头差大于 10m 时，其洪水标准宜按山区、丘陵区标准确定。本导则确定了山塘设计洪水重现期及校核洪水重现期。

对于坝高 15m 以上及坝高 10~15m 但上下游水位差为 10m 以上的山塘，其设计与校核洪水标准按照 SL252 中山区、丘陵区水库工程永久性建筑物洪水标准中 5 级建筑物的下限取值。坝高 10~15m 但上下游水位差小于 10m 和坝高 5~10m 的普通山塘，按照 SL252 中平原、滨海区水库工程永久性建筑物洪水标准中 5 级建筑物的下限取值。坝高 10~15m 但上下游水位差小于 10m 和坝高 5~10m 的屋顶山塘较为重要，混凝土坝、砌石坝校核洪水标准按照 SL252 中平原、滨海区水库工程永久性建筑物洪水标准中 5 级建筑物的上限取值，土石坝校核洪水标准提高到 100 年一遇。鉴于山塘的集雨面积、蓄水量等一般比水库小，按不低于 SL252 中水库工程永久性建筑物 5 级建筑物等级取值应该是安全的。

3.1.2 表 3.1.1 中的“水头差”：水工建筑物中将水源引至一定高程时的高度称水头。也可以理解为一定高度的单位。水力发电的两个主要因素之一就是水头，即水的落差。“水头差”一般就是水位差，也就是水位之间的高度差。

3.1.3 山塘位于城市、县城、建制镇、村庄上游 500m 以内时，一旦失事可能造成较大危害，因此规定山塘的设计洪水标准应不低于下游城市、县城、建制镇的防洪标准。校核洪水标准一般不提高，但设计洪水标准超过表 3.1.1 中所列校核洪水标准时，以设计洪水标准作为校核洪水标准。

3.2 坝顶

3.2.2 风向选取应适当，切忌不加分析地选取当地主风向。风速务必与风向相对应，切忌将最大风速不加区别的套用到任意风向，更不能将极大（瞬时）风速当作最大风速对待，若

实测风速不是离地面 10m 高度最大 10min 平均风速必须进行换算。

由于山塘洪水过程时间很短，与朝向坝体的大风相遇的概率极低，因此风浪爬高计算时可适当简化，可采用经验公式莆田公式，根据风区吹程、设计风速、坡比情况按下表查算风浪爬高，按设计洪水位查算时设计风速采用多年平均年最大风速的 1.5 倍，按校核洪水位查算时设计风速采用多年平均年最大风速，风区吹程可以取坝顶中点至垂直于坝轴线方向的水面边界之距离。

风区吹程 (m)	设计风速 (m/s)	不同坡比（砌石护坡）下的波浪爬高（m）			
		1: 2.25	1: 2.00	1: 1.80	1: 1.60
50	10	0.13	0.14	0.15	0.17
	15	0.20	0.22	0.24	0.26
	20	0.27	0.30	0.33	0.36
	25	0.35	0.39	0.42	0.46
	30	0.43	0.47	0.51	0.56
100	10	0.17	0.19	0.21	0.23
	15	0.27	0.30	0.33	0.36
	20	0.37	0.41	0.45	0.49
	25	0.48	0.53	0.57	0.63
	30	0.59	0.64	0.70	0.76
200	10	0.24	0.26	0.29	0.31
	15	0.37	0.41	0.45	0.49
	20	0.51	0.56	0.61	0.67
	25	0.65	0.72	0.78	0.85
	30	0.80	0.88	0.95	1.04

400	10	0.33	0.36	0.39	0.43
	15	0.51	0.56	0.61	0.66
	20	0.70	0.77	0.83	0.91
	25	0.89	0.98	1.07	1.16
	30	1.09	1.20	1.30	1.42

也可以采用比较成熟的土石坝波浪爬高计算器或计算软件，例如针对小型土石坝波浪爬高的简化计算器，只需要输入平均水深、设计风速、风区长度、糙率系数、边坡系数等就可以得到成果。

由于许多山塘工程处于山谷地等闭塞地形，当地的风速数据往往是较为平坦开阔的地带测得，山体及树木本身对风速有较大的削减作用，并且山塘洪水过程时间很短，与朝向坝体的大风相遇的概率极低。鉴此，对于水面周围山体较高，特别是与坝体正对的山体整体高于风区吹程时，宜予以分析是否可以忽略波浪爬高。

3.2.4 考虑到目前机械化施工水平和度汛抢险的要求，综合考虑条文所列的各种因素，提出坝顶宽度建议至少为 3m。

若坝顶有交通要求，导则依据 JTGB01 中相关规定，作为公路，应按公路等级的相应标准执行，不宜小于 4.5m；作为通村道路或机耕路，应根据当地农耕车辆通行需求确定，不宜小于 4m。

3.2.6 土石坝坝顶道路原则上只作为防汛和运行维护通道。仅作为人行通道时，为防止有车通行，坝体两端应间隔适当距离设置隔离柱、桩等。有通车要求的坝顶道路，应依据 JTGB01

中相应的标准实施。同时结合山塘实际情况，设置保护坝体结构安全稳定的防护措施。

3.2.7、3.2.8 根据近期山塘的调研总结，我省山塘防浪墙大部分是开口的，只起到安全挡墙的作用。根据全省山塘运行期间水位的情况分析，从坝体的安全和经济进行综合考虑后，防浪墙一般仅作为安全防护措施，考虑到其安全性其高度宜取 0.3-0.5m、厚度取值不小于 0.2m 且较为坚固、经济；也可选择栏杆或防护网作为安全防护措施。防护网的构造可采用高速公路边界隔离防护网的型式和尺寸，位置可适当低于坝顶。

3.3 坝坡

3.3.1 在分析坝坡的稳定时，对坝体自重、孔隙水压力、上下游水压力、地震力、以及坝面上的一些永久建筑物重量等，都应给予足够的重视。

土石坝的填筑速度和施工质量对坝坡稳定性有一定的影响，山塘的运行条件也会影响坝坡稳定，例如当上游水位迅速降低的情况下，坝体渗流指向上游，渗透力将对上游坝坡稳定产生不利影响。为满足稳定的要求，一般坝坡要求较缓。根据土石坝、堆石坝的施工要求，本导则按照坝高的不同提出其坡度要求。

3.3.2 针对有可能会出坝坡稳定分析计算后的坝坡陡于表中数值的情况，强调了表 3.3.1 是土石坝坝坡设置的最低要求。

3.3.3 根据 SL189 规定：坝高大于 10~13m 时可分级采用不同的坡度，对于黏性土料占坝体大部分的土坝，一般坝坡为

上陡下缓。根据多年来山塘管理经验及筑坝经验，本导则规定坝高超过 12m 的土石坝可分级采用不同坡度。

3.3.4 本导则建议，若坝高 $\geq 12\text{m}$ ，建议增设马道，但不做强制性要求。

3.3.5 当坝体下游地面坡度较大，距离较长，将导致下游坝坡按表 3.3.1 要求设计时，所需填筑材料较多，不仅加大投资，而且与所接触地面处理难度大，若处理不当甚至加大滑动危险。为收缩坝体坡脚，减少填方数量，同时保证坝体稳定性，可在适当位置设置具有排水棱体功能的透水挡墙予以隔断。

3.4 防渗体

3.4.2 土石坝黏土心墙多为隐蔽施工。从调研结果显示，目前我省山塘综合整治项目由于工程量较小，部分参与设计、施工和监理的单位人员技术水平和责任心不高，常常会造成以防渗心墙为主的山塘工程质量达不到要求，甚至有少数工程在经过综合整治后渗漏问题没有解决，负面影响较大。相对于隐蔽工程，外部布置工程质量能得到保证，即使出现了质量问题，后期加固修补比较容易实施，经过综合权衡考虑，本导则提出建议使用防渗斜墙的方案。只有在确实能够保证防渗心墙施工质量的，才可以采用防渗心墙方案。

根据全省山塘调研结果，目前许多地方采用套井回填加固防渗心墙，由于施工质量控制问题，效果不是很理想。从统计情况反映，我省使用的抓斗和夯锤，其直径均在 1.2m 以下，部分为 1.0m，两套井之间形成的防渗体有效厚度可能达不到防渗体厚度要求。而套井回填加固防渗心墙的下部厚度

更是难以满足防渗要求，除非打双排套井或加密套井以及使采用其他工艺。

3.4.3 对于高坝山塘和屋顶山塘，考虑到重要性和现有施工水平，其土质材料防渗体的渗透系数需从严要求。

3.4.4、3.4.5 防渗体的顶部尺寸在很大程度上取决于施工和防冻等要求，其顶部宽度一般不应小于 1m。防渗体顶部一般要高出正常运用条件静水位 0.3m，防止蓄水越过防渗体，引起不良后果。

防渗体与两岸山坡接触部分是坝体防渗的薄弱部位，为延长渗径，减低渗透坡降，本导则建议该部位防渗体厚度应加宽一倍。

3.4.6 利用土工膜作为防渗材料时，为了保护土工膜免遭损坏，要在土工膜上面设置保护层，下面设置支持层。保护层一般分面层和垫层。面层防御风浪淘刷，垫层保护土工膜不被刺破。保护层的厚度应能确保土工膜不受紫外线的辐射。支持层的作用是使土工膜受力均匀，免受局部集中应力而破坏，支持层要采用透水材料填筑，能通畅排除土工膜后的渗水。

鉴于土工膜的耐久性不能达到设计的使用年限，且目前我省山塘土工膜施工技术质量控制尚有不足之处，本导则不再推荐使用土工膜作为防渗体，所以未详细赘述其设置要求。

3.4.7 砌石坝、混凝土坝、采用混凝土防渗体坝结构的山塘在我省综合整治工程中比较少，故结合实际情况不做太多设置要求，可参照 SL282、SL319 及 SL25 中相应的规定进行综合整治。

3.5 护坡与排水

3.5.1、3.5.2 上游坝面护坡常受风浪和雨水的冲刷、大气的侵蚀、漂浮物的冲击、穴居动物破坏等作用，必须选用质地良好的材料。根据我省实际情况，建议用于小型土石坝上游护坡可采用：①砌块石护坡；②混凝土块护坡；③堆石护坡。其中以干砌块石护坡最适用。护坡厚度和块石尺寸可由计算或参照类似工程确定。

3.5.3、3.5.4 下游护坡是目的防止雨水对坝坡的冲刷破坏，防止黏性土坝坡的冻胀干缩以及鼠、蚁等侵害。可根据各地的实际情况选择护坡形式。碎石、块石或混凝土预制块等护坡的厚度需根据计算或参照类似工程进行设计。除临近城市、村庄或有生态景观要求外，在运行维护不方便的情况下，草皮护坡一般宜少采用。

3.5.5 山塘需要进行巡查和维护，为方便巡查人员进行巡查，本导则建议下游坝坡应设置台阶。上游坝坡可根据实际需要确定是否设置踏步台阶。

3.5.7 棱体排水可以降低坝体浸润线，防止坝坡冻胀影响和渗透变形，增加稳定的作用，比较可靠，但石料用量较大，适用较高的坝或石料较多的地区。其顶部高程一般要求高出下游最高水位 0.5m 以上。棱体排水要满足坝体浸润线与坝面的最小距离大于当地最大冻土厚度的要求，防止由于结冰影响排水效果。根据我省山塘实际运行情况，综合考虑规定其顶部宽度不宜小于 0.8m。

3.5.8 贴坡排水不能降低坝体浸润线，其作用是防止浸润线出

逸点以下的坝坡面产生渗透破坏。根据调研结果，本导则规定贴坡排水的顶部高程要高出浸润线出逸点 1.0m 以上或高于 1/2 坝高。其下部与坝脚排水沟相接。

3.5.9 为保证坝体排水通畅，排水沟设置应低于坝体浸润线出逸点。

3.6 坝基处理

3.6.1 参照 GB50287 和 DL/T 5414 进行地质勘探工作的工作量比较大，可以根据工程的实际情况进行简化。地质勘探做出的评价和提出处理措施的建议是防渗结构设计的基础，必须按照规程规范认真实施。

3.6.2 坝基处理是满足渗流、稳定及变形的重要保障，对保证坝体的安全运行起到重要作用。土石坝坝体与地基连接处，必须将结合面范围内的所有腐殖层、松散堆积物及超出容许含量的有机质和可溶盐覆盖物彻底清除，以利于坝体与地基的结合。考虑到沉降量越大，造成坝体裂缝产生的可能性越大。根据我省调研资料，经过综合考虑，提出了地基上部重新填筑材料的沉降量不超过可压缩层厚度的 5%。

3.6.3 地基防渗处理应根据不同的基础条件和坝体实际情况进行专门的设计。本条内容主要是考虑到目前我省部分施工及监理单位对地基处理重视度不够，施工质量往往达不到设计要求的情况，特提出相对较高的原则性要求。

3.7 坝体与岸坡及其他建筑物的连接

3.7.2 对于黏土心墙坝和黏土斜墙坝，其防渗体与岸坡及其他建筑物连接处往往是防渗的薄弱部位。其原因一是两种不

同性质材料较难紧密连接；二是一般岩石中都有裂隙(缝)，水流容易通过缝隙冲刷土体；三是施工难度大。权衡经济性与安全性后，提出在防渗体与坝肩的接触部位，防渗体应嵌入岸坡至少 0.5m，且断面适当放大，这样可以延长接触渗径，减小防渗体的渗透比降。

3.7.3、3.7.4 溢洪道与坝体防渗体的连接部位也是防渗的薄弱部位，一般情况下应根据实际情况详细设计，采取有效的防渗措施来保证足够长的渗径。同时，在施工中应采用开挖方式设置混凝土截水墙并做好防渗处理。特别是采用套井回填方法加固坝体防渗体的，防渗体与溢洪道边墙连接部位应进行专项设计，确保结合部位的防渗安全。

3.8 泄洪建筑物

3.8.1 本导则强调进行溢洪道设计时，应认真分析研究各项基本资料，尤其着重对水文地质和工程地质条件的研究，它往往是溢洪道工程设计成败的关键因素。

进水渠的主要功能是进水，也还有调整水流均匀的作用。控制段主要是控制泄量，包括控制堰及其与两岸的连接建筑。泄槽是控制段后的泄水槽。消能设施用以耗散水流能量、连接上下游水流。在水流不能直接泄入下游河道而可能造成危害时，可采用出水渠加以连接。进水渠和出水渠宜根据地形条件来布置的，不强调所有工程都设置。控制段、泄槽及消能设施则是每个常规溢洪道工程不可缺少的。我省一般宜采用正槽式，特殊情况下可选择侧槽式。

3.8.2 综合考虑提出原有溢洪道泄洪能力不足时的解决方案，

并根据其实现的难易程度及经济合理性进行排序。侧槽式薄壁堰、固定式薄壁堰可采用混凝土浇筑基础，堰体提倡砖砌并用高标号砂浆抹面，堰高 1.0m，厚度 0.3m。

3.8.4 溢洪道进水段与泄流段是水流流态发生急变的部位，对山体边坡冲刷较大，在设计及施工时应采取相应的措施，以保证边坡稳定。

3.8.5、3.8.6 对正槽溢洪道、侧槽溢洪道的设计要求主要是参考 SL253，同时结合我省山塘运行情况梳理归纳，提出相对适应我省实际情况的要求。

3.9 输水建筑物

3.9.1 调研结果显示，由于目前我省山塘整治工程施工质量控制上的问题，在不进行开挖的情况下，坝体与涵管连接部位的处理常常达不到设计要求，容易产生渗漏通道，影响坝体安全。所以本导则规定原则上应废除坝下涵管。

3.9.2、3.9.3 考虑到部分地区的山塘坝高较低，本导则提出可根据各地实际情况进行输水建筑物设计方案的比选。在坝前水深小于 5m，并且能保证施工质量时，可以考虑设置坝下输水管道。同时，也参考原有导则的相关规定，在坝前水头低于 7m 的情况下，建议使用虹吸管作为放水设施。

根据近年来山塘整治资料，涵管的封堵与虹吸管的设置是目前影响山塘整治质量的问题之一。对于封堵防渗体部位的坝下涵管，若坝体较高，现有的施工技术无法保证将涵管全部挖除，应进行专门设计，采用可靠的方法进行防渗处理，比如采用水泥灌浆封堵涵管，并在防渗体部位进行灌浆补强。

若采用套井回填方法加固坝体防渗体，应在原坝下涵管道位置，利用夯锤压力将其完全破碎并挖除。为保证防渗效果，该位置上、下游应各增加一排套井，增加的套井沿坝轴线方向孔数应为 7~11 孔。

若重新设置输水管道，无论何种材质，必须一根管道到头，不能多管连接。管道安装完毕后需进行管道测试，以验证管道是否存在泄漏。管道测试时间一般需 2 个小时以上，鉴于坝体高度较低，本导则适当降低了测试时间的要求，规定测试时间为 1~2 个小时。

对于采用非开挖定向钻技术铺设输水管道。考虑到这项技术在现有水利工程规程规范中尚未有比较明确的条款可以引用，并且在我省水利工程中应用时间不长，故暂时不作专门表述。

3.9.4 结合本导则 1.2.6 的规定，输水建筑物兼做应急放空之用时，在异常情况下应该能及时达到最大放水量。其管径或洞径应进行过流需求验算，该要求必然会造成输水设施的管径或洞径增大，并且在正常运行时应有闸门控制，导则从安全角度考虑增加了本条规定，但不是强制性的。

3.9.5 管理房的基础宜为山体或原状土，以避免不均匀沉降导致房体变形开裂漏水。管理房若设置在坝体上，既附加了不必要的荷载，也有碍通行。

3.10 其他

3.10.1 SL189-2013 中规定，对于砾石土，最好采用大型击实仪进行全样击实试验，求得相应于不同粗料含量的全样最大

干密度和最优含水量，将最大干密度乘以压实度 95%~97% 确定填筑标准。本导则结合我省山塘建设的实际情况，针对坝高较低的情况，提出粘性土料压实度不小于 95%。

坝体填筑料应采用碾压机具分层压实，达到规定的密实度和均匀性，使之具有足够的抗剪强度和较小的压缩性，保证坝坡稳定，减小坝体沉陷量和不均匀沉陷，防止坝体出现裂缝。根据我省目前的施工技术质量，综合考虑确定压实后的土层厚度应控制在 0.20~0.30m 之间。若无法使用机械压实，土层压实后的厚度宜控制在 0.20m 以内。

3.10.2 设置反滤层是为了防止被保护土在水流作用下发生渗透破坏。两相邻土层如不满足层间关系，必须设置反滤层。坝体材料分区要由细到粗，并满足均匀变形的过渡原则。在坝体中如两种性质差别较大的材料（如土料和堆石）直接接触时，除要满足反滤要求外，还要求变形均匀过渡，避免突变，此时如反滤层厚度不满足均匀过渡要求，要另设过渡层。

3.10.4 随着山塘运行时间的增长，淤泥慢慢沉积，从而在坝体结构上形成一道天然的防渗层，提高了坝体的防渗能力。但是大量的淤泥会影响山塘水质和有效容积，所以经过综合分析，本导则建议保留上游坝趾 5 米范围内不含有机质的淤积层。

3.10.5 根据一些小型土石坝蚁害、鼠害治理的经验，采用锥探灌浆处理是有效的，予以推荐。根据蚁害、鼠害情况，在灌注的浆液中掺入有效的灭蚁、灭鼠药物，效果会更好。

4 工程施工

对于水利工程的施工，现有大量相应的规程规范，只要认真参照执行，可以保证工程质量，但是，山塘综合整治工程与新建山塘不同，主要是对原有山塘进行除险加固，有一些内容仍然会有所区别，加上目前我省山塘综合整治工程的质量控制存在薄弱环节，所以有必要增加一些适合我省实际的内容，重点是针对山塘综合整治过程中一些关键部位和调研过程中发现频率较高的问题。导则施工章节是对相应规程规范的补充，所以编写较为简单，具体施工方法应根据设计要求及相关施工规范执行。

4.1 一般规定

4.1.1、4.1.2 为保证工程的顺利开展，项目施工前，施工单位必须按照相关要求，做好施工准备工作，包括编制施工组织设计。针对危险性较大的工程，还应编制相应的专项施工方案，经监理或建设单位（不进行监理时）同意后，方能实施。

4.1.3 山塘综合整治工程质量检验是质量监督、验收的重要手段，为加强我省山塘综合整治工程质量，本导则规定山塘综合整治工程的原材料、中间产品、金属结构、机电设备等进行的测量、检查、试验或度量。

4.2 坝基与岸坡施工

防渗体和反滤过渡区部位的坝基与岸坡岩面处理内容包括：裂隙、断层、破碎带、岩溶构造以及软弱夹层和易冲蚀不良地质等内容，要严格按设计要求处理。尤其是可能形成

渗漏通道的部位，应彻底处理，不留后患。对保留的全风化、强风化层或砂砾石坝基，应按严格按照设计要求，确定保留的范围、厚度，在坝体填筑前进行有效的压实处理。

4.3 坝体填筑

坝体填筑施工过程中施工参数的控制一直是土石坝施工质量控制的重要方面。特别是防渗体部位，必须严格控制施工质量，以免留下产生渗漏通道的安全隐患。由于山塘施工操作面小，机械碾压难度较大，宜采用人工操作的打夯机夯实，必须做到填筑面全覆盖，压实度必须满足设计要求。

4.4 输水设施施工

输水设施的施工要求应严格根据设计要求进行实施。在采用大开挖埋管前，应编制专项施工方案，保证开挖边坡的稳定；采用非开挖定向钻技术，应聘用专业的技术人员进行，以保证施工质量。

4.5 溢洪道施工

溢洪道是山塘工程的重要组成部分，施工时应严格按照设计要求进行施工。考虑到溢洪道堰高较低，溢洪道主要建筑物地基宜建设在弱风化中、上部岩层。

4.6 环境保护

施工过程中，环保监管人员、建设单位、施工单位、施工人员需要各司其职，严格按照设计及相关规范，从防止水土流失和水污染、废土和废料污染、空气污染等方面做好防治工作。

附录 A 山塘洪水设计的简化计算

将汇流分为三个过程计算，一是坡面汇流过程，二是沟渠汇流过程，三是流经蓄水区尾端至溢洪道口过程。其中影响坡面汇流时间的因素有雨强、坡面坡度、坡面水平长度等；影响沟渠汇流时间的因素是坡面水平长度和坡度；影响流经蓄水区尾端至溢洪道口过程的因素有正常蓄水位时的水面面积及设计滞洪容积为溢洪道堰顶到设计洪水位之间的容积。

1 坡面汇流时间。参考《公路排水设计规范》JTG/T D33 中坡面汇流半理论半经验公式：

$$\tau_1 = 1.445 (s l_1 / \sqrt{I})^{0.467}$$

式中： τ_1 —为水流流经山坡所需的时间，min；

l_1 —坡面沿流程水平距离，m；

I —坡面比降；

s —地表粗度系数，由下表查得；

地表状况	粗度系数s	地表状况	粗度系数s
沥青路面、水泥混凝土路面	0.013	牧草地、草地	0.40
光滑的不透水地面	0.02	落叶树林	0.60
光滑的压实土地面	0.10	针叶树林	0.80
稀疏草地、耕地	0.20		

根据我省山坡一般是针叶树林或为落叶树林为主，也间杂有农田、道路等，可以综合取值为 0.7。

上式所对应的暴雨重现期为 10 年。

随着暴雨重现期增大，坡面径流深度加大，坡面粗度系数相应减小。

参考台湾《水土保持技术规范》中相关规定:坡面流速度取 $0.3\sim 0.6\text{m/s}$ ，所求得水流流经山坡所需的时间相当于按上式坡面粗度系数取值为 $0.45\sim 0.1$ 计算所得结果。

在此基础上，结合我省山塘实际与长期运行情况，梳理计算形成坡面汇流时间表。

雨强的选择是根据设计部分防洪标准的要求，重现期分为：10 年、20 年、50 年、100 年、200 年；表格中坡度 $I\leq 20\%$ 、 $20\%<I\leq 50\%$ 、 $I>50\%$ 是分别以 $I=17\%$ 、 $I=45\%$ 、 $I=60\%$ 为代表计算所得，当坡度取值为其他数值时可以直接按区间取值。

设计时，坡面汇流时间可参考导则中坡面汇流时间表中数据取值，也可根据当地经验数据进行计算。

2、沟渠汇流时间。当主流平均坡降 $J<0.05$ 时， $V=1.15\text{ m/s}$ ； $J=0.05\sim 0.1$ 时， $V=1.25\sim 1.55\text{ m/s}$ ； $J>0.1$ 时， $V=1.65\text{ m/s}$ 。坡面距离为原导则中规定的主流长度减去坡面汇流长度。

3、调洪后最大泄流量的确定。考虑到，集雨面积内径流全部汇入山塘，当山塘正常蓄水位面积占这个集雨面积的比重较大时，山塘具有一定的滞洪作用。根据调研结果，规定当山塘蓄水区面积 $\geq 1/25 F$ 时，应考虑山塘的滞洪作用。

另外本导则还加入不同堰型的堰宽计算方法，其计算方法主要来自于《溢洪道设计规范》SL253。