

中小型水库设计

中

中小型水库设计

参考材料

中

辽宁省水利勘测设计院编

第三篇 水库设计

第十一章 土 坝

第一节 基本资料	
一、地形资料	307
二、库区和坝址的地质及水文地质资料	307
三、水文、水利计算资料	307
四、气象地理资料	307
五、建筑材料	307
第二节 坝线选择和水库工程的总体布置	
一、坝线选择	307
二、水库工程总体布置	308
第三节 坝型选择及沥青在土石坝防渗体中的应用	
一、土坝分类	311
二、坝型选择	313
三、沥青在土石坝防渗体中的应用	319
第四节 土料设计	
一、土料设计的意义及方法	323
二、粘性土料设计	328
三、砂性土料设计	329
四、土料设计举例	329
五、填土的其他设计指标	330
第五节 断面选择	
一、坝顶宽度	332
二、坝顶高程	332
三、坝坡及戗台	337
四、坝体防渗结构	337
第六节 渗透计算	
一、计算目的及计算情况	340
二、均质坝的渗透计算	340
三、斜墙坝的渗透计算	344
四、斜墙铺盖坝的渗透计算	348
五、心墙坝的渗透计算	350
六、渗透总流量计算	355

七、渗流控制.....	355
第七节 坝坡稳定分析	
一、坝坡稳定分析的情况选择及安全系数.....	356
二、坝坡的稳定分析(圆弧法).....	358
三、土坝斜墙与保护层的稳定分析.....	363
第八节 土坝的细部构造	
一、坝顶.....	368
二、护坡.....	369
三、排水设备.....	372
第九节 坝基处理	
一、砂砾石坝基的处理.....	377
二、淤泥坝基的处理.....	382
三、黄土坝基的处理.....	385
四、岩基处理.....	386
五、土坝与岸坡的连接.....	388
六、坝基清理及结合.....	388
第十节 过水土坝	
一、结构布置要求及单宽流量选择.....	389
二、坝型选择.....	390
三、坝体构造.....	391
四、坝体排水及溢流与非溢流段的联接.....	392
五、新金县某水库过水土坝简介.....	392
第十一节 关于地震问题	
一、地震对水工建筑物的危害.....	395
二、提高抗震能力的几点意见.....	396
三、考虑地震荷载的坝坡稳定计算.....	396
第十二章 浆砌石重力坝	
第一节 浆砌石坝的特点.....	399
第二节 断面设计	
一、断面尺寸的拟定.....	400
二、荷载及荷载组合.....	408
三、稳定计算.....	414
四、坝体强度计算.....	415
第三节 溢流坝的水力计算与下游消能措施	
一、溢流坝面曲线的选定.....	427
二、溢流坝的泄水能力计算.....	429
三、溢流坝的下游消能.....	432

四、溢流坝面的构造	436
第四节 坝内输水管道及廊道	
一、坝内输水管道	438
二、坝内廊道	442
第五节 细部构造	
一、坝身防渗	444
二、排水	445
三、坝体砂浆标号分区	446
四、坝体分缝	447
第六节 坝基处理	
一、浆砌石重力坝对地基的要求	447
二、基础开挖	447
三、岸坡开挖	447
四、防渗帷幕	448
五、固结灌浆	448
六、坝基软弱破碎带的处理	449
第十三章 堆石坝及浆砌石拱坝	
第一节 堆石坝	
一、堆石坝的特点及其类型	451
二、堆石坝设计中的几个问题	455
第二节 浆砌石拱坝	
一、拱坝的工作特点及修建条件	456
二、拱坝断面的拟定和平面布置	458
三、拱坝的计算	462
四、坝身构造和坝基处理	463
第十四章 溢洪道	
第一节 溢洪道的型式及布置	
一、溢洪道的型式	467
二、溢洪道的布置	469
第二节 溢流堰的水力计算	
一、溢流堰的型式	472
二、正堰的水力计算	473
三、侧堰的水力计算	476
第三节 陡槽的水力计算	
一、渐变槽计算	483
二、陡槽计算	484

第四节 消能计算	
一、底流式消能	497
二、挑流式消能	504
三、尾水渠	508
第五节 溢流堰及上部结构	
一、堰体	514
二、闸墩	515
三、上部结构	517
第六节 溢洪道的护坡及边墙	
一、溢洪道边坡保护型式	529
二、重力式挡土墙计算	530
三、悬臂式挡土墙计算	532
四、关于 ϕ 及 δ 值的计算	534
五、护坡及挡土墙的构造	534
第七节 陡槽及消力池底板	
一、陡槽底板	545
二、消力池底板	548
第八节 塘坝的泄洪措施	
一、坝旁泄水渠	556
二、坝端溢洪道	557
三、坝顶溢洪	557
四、坝下涵管泄洪	557

第十五章 坝下涵管

第一节 坝下涵管的布置	
一、涵管的位置选择	559
二、涵管的结构形式	559
三、涵管进口的布置形式	560
第二节 坝下涵管水力计算	
一、无压流坝下涵管的水力计算	564
二、竖井式进口坝下涵管的水力计算	576
三、深孔式进水口坝下涵管水力计算	585
四、斜卧式进口坝下涵管水力计算	590
第三节 竖井式闸门井结构设计	
一、结构型式	595
二、荷载与荷载组合	596
三、闸门井结构计算	598

第四节	坝下涵管结构设计	
一、	荷载与荷载组合	609
二、	陶瓷瓦管	612
三、	预制钢筋混凝土管	612
四、	盖板式矩形涵洞	613
五、	整体式钢筋混凝土矩形涵洞	616
六、	无压拱涵	625
七、	坝下涵管纵向强度计算	628
第五节	细部构造	
一、	分缝与止水	632
二、	预制涵管接头处理	634
三、	截水环	634
四、	反滤层	635
五、	涵管座垫	636
第六节	坝下涵管基础处理	
一、	基础处理的一般方法	636
二、	桩基础	638
第十六章	隧洞	
第一节	隧洞选线和工程布置	643
第二节	隧洞结构型式	
一、	隧洞断面型式	644
二、	隧洞进口型式	645
三、	隧洞出口型式	647
第三节	隧洞水力计算	
一、	隧洞的泄量计算	648
二、	隧洞出口与下游渠道的衔接	651
第四节	衬砌型式、荷载和荷载组合	
一、	衬砌型式	664
二、	荷载和荷载组合	664
第五节	圆形压力隧洞衬砌计算	
一、	衬砌计算应注意的问题	668
二、	只考虑内水压力的衬砌计算(考虑岩层弹性抗力)	668
三、	各种荷载作用下的衬砌计算(考虑岩层弹性抗力)	672
四、	不考虑弹性抗力的衬砌计算	683
第六节	喇叭段、渐变段和竖井的衬砌计算	
一、	进口喇叭段	685
二、	进口闸后渐变段	691

三、出口闸前渐变段.....	691
四、竖井.....	696
第七节 隧洞的一般构造.....	697

附 录

一、钢筋混凝土结构的安全系数.....	699
二、混凝土结构的安全系数.....	699
三、混凝土的各种极限强度.....	700
四、钢筋及混凝土的特性.....	700
五、矩形及T形受弯构件的 α 、 r 、 A 、 γ 值 ($\sigma_r = 2500$ 公斤/厘米 ²)	701
六、光面圆钢筋的横断面面积及重量表.....	702
七、建筑物基础与地基之间的摩擦系数.....	702
八、基本杆件的杆端力矩和杆端剪力.....	703
九、三角函数真数表.....	704
十、常用对数表.....	706
十一、平面图形的几何及力学特性.....	709
十二、常用数学公式.....	710
十三、常用材料容重表.....	711
十四、常用单位换算表.....	711
十五、拉丁字母及希腊字母表.....	713

第三篇 水库设计

第十一章 土坝

中小型水库和塘坝工程多采用土坝。这种坝型可以就地取材，结构简单，施工较易，又便于打人民战争，对地基要求也不高，所以很受群众欢迎。目前我省坝高在15米以上的各类水坝中95%以上都是土坝。

第一节 基本资料

基本资料是水库设计的依据，它直接影响到坝型选择、工程规模、工程效益、材料用量和投资等，因此必须认真调查和搜集。

一、地形资料 为了选择坝址和进行水库建筑物的总体布置以及施工方案比较等，都需要用地形图。库区地形图的比例尺，可根据库区大小不同而定，中型水库一般可采用1:5000或1:10000，小型水库及塘坝可采用1:1000或1:2000。坝址地形图一般采用1:500或1:1000。特殊情况可以适当放大或缩小。

二、库区和坝址的地质及水文地质资料 查清坝址河床复盖层的厚度和土壤物理力学性质，岩石岩性、构造和风化程度，坝基与两岸的渗湿和稳定情况；了解库区地质在水库蓄水后能否产生渗漏和塌岸等。

三、水文、水利计算资料 水库规划的各种特征水位、流量和泥沙情况，工程等级以及输水道、溢洪道的工程规模（如高程、泄量和过水断面尺寸等）。

四、气象地理资料 了解坝址区气象变化规律，并搜集气温、雨量、风速、冻层厚度及地震烈度等资料。

五、建筑材料 搜集坝区附近的土、砂、石料的分布情况，储量，物理力学性质以及运输条件和单价等资料。

第二节 坝线选择和水库工程的总体布置

一、坝线选择

选择坝线时，应根据地形、地质、工程规模及施工条件，经过政治、经济和技术综合分析比较来选定。一般应考虑以下几点：

（一）在地形上，应尽量选在河谷的狭窄段。这样坝线短，工程量小。但必须与施工作业和泄水建筑物的布置情况以及运用上的要求等同时考虑。对于两岸坝端要有足够的高程和厚度，以给工程扩建留有余地。

(二) 坝基和两岸山头, 应无大的地质构造问题, 岩石应较完整。并应尽量将坝基置于透水性小的坚实地层上(粘、壤土或岩基), 或厚度不大的透水地基上, 尽量避免在厚层强烈透水地基上建坝。

(三) 坝址附近要有足够数量符合设计要求的土、砂、石料, 且便于开采运输。

(四) 坝址区应有便于布置输水建筑物、溢洪道、电站等工程的地形、地质条件。且各建筑物之间应互不干扰, 便于施工和管理运用。

以上几个条件往往互相矛盾, 很难同时满足。应抓住主要矛盾, 权衡轻重, 充分依靠群众, 作好调查研究工作, 进行细致的方案比较, 就能选出比较合适的坝线。

二、水库工程总体布置

水库工程的总体布置系指: 拦河坝、输水道(坝下涵管或隧洞)、溢洪道和电站等建筑物的具体布置。研究工程总体布置时, 要密切结合当地实际情况, 充分利用地形、地质、水文等自然条件, 同时还要考虑施工场地布置, 永久性交通以及建成后使用方便等问题。因此, 要统一考虑, 全面安排, 经过方案比较后, 从中选出既合理又经济的布置方案。

下面介绍我省几个中小型水库工程总体布置的实例:

(一) 法库县101水库※是一个防洪、灌溉、发电及养鱼的综合利用水库, 其总体布置如图11-1所示。由于坝址区自然地理条件较好, 该工程的总体布置较为理想。溢洪道和坝下涵管均座于岩基上, 有利于建筑物安全。电站、坝下涵管和溢洪道都布置在左岸, 虽同用一尾水渠, 但排水通畅, 无损电站水头。进口水流亦通畅, 下游出口距坝脚较远, 且泄洪方向与原河道一致, 不会危及坝体安全。由于建筑物都在一岸, 管理运用较为方便。

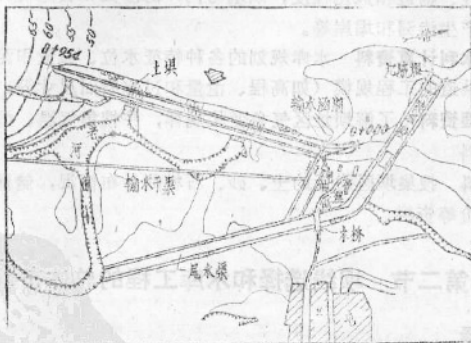


图11-1 法库县101水库工程总体布置图

(二) 宽甸县132水库的总布置如图11-2所示。

※ 为本书所列编号, 非实际工程代号, 以下同。

根据库区地形、地质条件，将溢洪道布置在距坝址600米的山凹处，采用开敞式河岸溢洪道，节省了大量开挖量。在渲泄洪水时，不会危及大坝安全。输水洞位于右岸黑云母花岗片麻岩的山体中，尾水利用滚水堰转入原河道中。

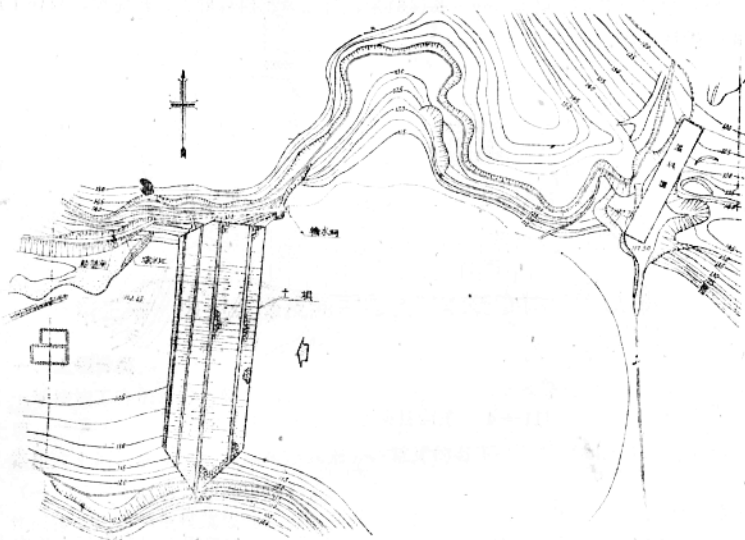


图11—2 宽甸县132水库工程总体布置图

(三) 某水库的总体布置如图 11—3 所示。该坝址地形条件差，坝长达 2300 米，坝址以上控制面积仅占全流域面积 7.3%，最大库容也仅有 1500 多万立方米，还淹没了大片农田，从而可以看出，坝址选得不合理。总体布置也不适宜。该溢洪道布置在与右坝端毗邻的土基上，一旦遭迁大洪水，可能对基础产生严重冲淘，危及坝体安全，甚至可能导致河流改道。

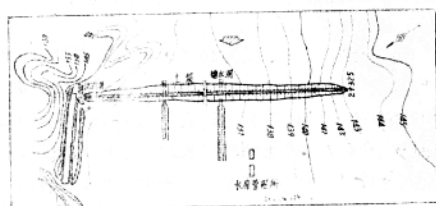


图11—3 某水库工程总体布置图

(四) 东沟县某水库的总体布置如图11—4所示。坝址区由于没有适当地形布置正堰式溢洪道，采用了侧堰式溢洪道，节省了大量开挖方量。但由于水流需转90度的弯，水流紊乱，且流速集中，为防止冲刷，增加了护砌工程量。此外为保护坝头，在溢流堰前设置了弧形导流墙，致使堰顶有效宽度缩小了4米，减少了泄洪能力。

输水隧洞位于左坝端山体内，长仅61米，岩性为花岗片麻岩，较完整，只作了局部衬砌，运用良好。

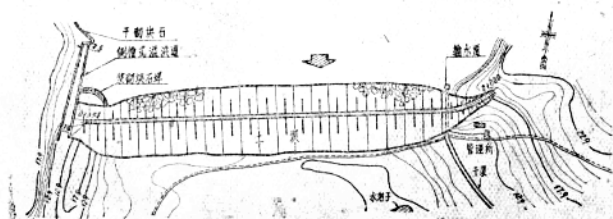


图11—4 东沟县某水库工程总体布置图

(五) 图11—5为营口县某水库的总体布置图。坝型采用土坝和混凝土重力坝挡水，用混凝土溢流坝泄洪。现将该坝址和坝型选择以及总体布置的经过介绍如下：

库区河段有两处较好的坝址：Ⅰ坝址右坝头较陡，且伸向河心，复盖层厚，开挖量大，左坝头平缓，坝轴线长700米，无天然溢洪道位置，淹没耕地也较多。但坝址处河底高程较高，为12.3米，水库蓄水后，可以满足下游灌区自流灌溉的要求。Ⅱ坝址在Ⅰ坝址下游600米处，坝轴线长580米，右岸岩石裸露，属于板岩，适宜布置输水洞，河床复盖层较薄，从西向东逐渐加厚，适于修建土坝；左岸距坝头70米处有一天然鞍部，适于布置河岸溢洪道；淹没耕地也较少。两坝址从地形、地质和淹没损失比较来看，Ⅱ坝址均较Ⅰ坝址为优，Ⅱ坝址附近有充足的土料，且运距短，地形高，施工方便，投资少。故最后选用Ⅱ坝址。

在Ⅱ坝址左岸虽有一天然鞍部，高程为40米，可布置溢洪道，但高程高，尾水渠又长，开挖方量大，占地也较多。如在右侧主河槽处，采用混凝土溢流坝泄洪，则可不占地，开挖方量少，施工也方便。经过方案比较后，最后采用右岸为混凝土溢流坝及挡水坝，左侧为粘土心墙坝（中间以混凝土刺墙联接）的混合式坝型。

输水洞布置在混凝土挡水坝段内，考虑到下游灌区渠首要求水位为12.8米，高于原河床7.0米，如采用灌溉与泄洪合建方案，在施工导流时，上游围堰将过高，且孔口较大，结构复杂，最后决定采用两洞分建方案。

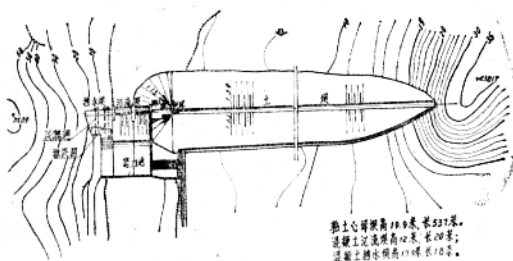


图11—5 营口县某水库工程总体布置图

第三节 坝型选择及沥青在土石坝防渗体中的应用

一、土坝分类

土坝按施工方法可分为碾压式、水力冲填式和水申倒土式等几种。这里只介绍碾压式土坝。

碾压式土坝，从坝的防渗结构形式来分，常见的有下列几种（如图 11—6 所示）：

（一）单种土质坝（即均质坝）

其坝体是由一种土料筑成的。一般多采用粘性土，也有用非粘性土的。我省已建成的坝高在15米以上的各类土坝中，有一半以上是均质坝（多数是粘性土均质坝）。

1、粘性土的均质坝

这种坝的优点是：土料单一，施工简单。适用的土料是粉质壤土和壤土（粘粒含量在10~25%之间），其天然含水量最好在塑限附近，以利坝体稳定，且方便施工。对于粘性太大的土，不仅施工不方便，且压缩性大，易于产生干裂。

从坝基防渗来看，由于坝体土料相对不透水，坝底宽度就是坝基的渗径，故渗径较长，有利于渗透稳定。在透水地基上建这种坝，无论采用那种坝基防渗措施（截水槽、混凝土防渗墙、水平铺盖），其与坝体的联接都较方便。

这种坝的坝体与两岸或与河床式溢洪道等非土质建筑物联接也具有很大优点。

这种坝在严寒地区，冬季施工困难很大（一般不在冬季施工），在多雨季节施工也很不方便。

2、非粘性土的均质坝

在无粘性土或粘性土较少的地区，也可采用非粘性土筑均质坝，但土料如果是透水性很大的砂砾石，因其渗透性大，下游坝坡要求平缓，采用这种坝型不合适。如果是细砂或极细砂，因易产生振动液化，也不宜采用。另外如果坝基是渗水性很强或可能发生溶蚀的土层，则不宜采用这种坝型。

这样坝的优点是：与粘性土比较，砂土在雨季施工时，其采挖、运输和填筑基本不

受降雨影响，在比较寒冷的地区砂土可在 -5°C 气温下填筑，如其含水量很低，则在严寒气温下也可填筑。

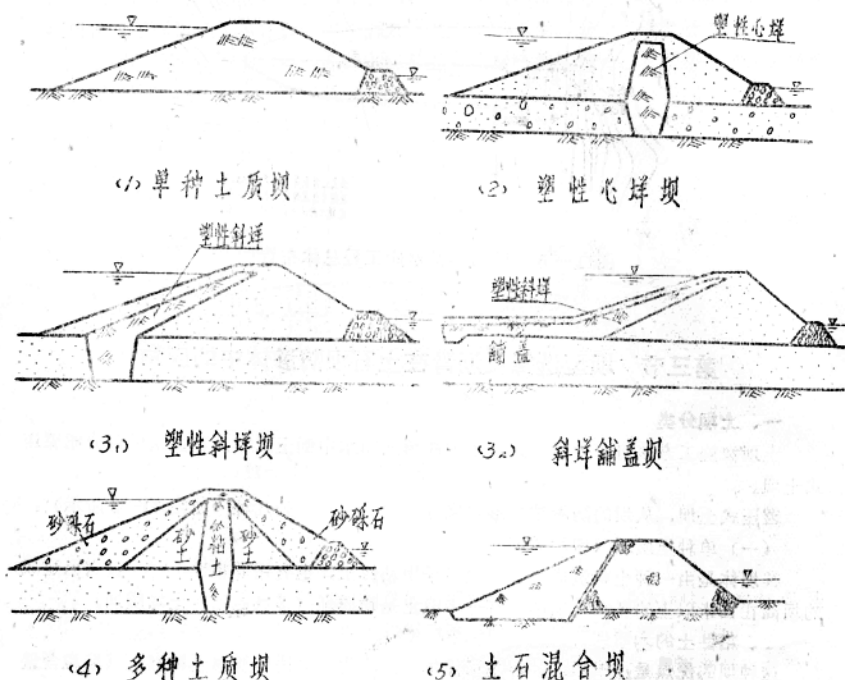


图11—6 土坝分类

这种坝的缺点是：渗漏损失大；坝的下游坡往往很缓，所以工程量往往较大；与两岸及河床式溢洪道的联接，不如其他坝型有利。

采用这种坝时，为保证坝的渗透稳定及不使坝坡太缓，必须选择适当的排水设备。

(二) 塑性心墙坝

这种坝是用粘性土做防渗心墙，心墙两侧用砂性土做坝壳。在粘性土较少，且有足够多的砂性土或砂砾石地区，采用这种坝型是比较合适的。

在有限透水基础上，心墙坝便于采用截水槽或混凝土防渗墙等垂直防渗措施与不透水层联结。但如采用水平铺盖防渗，则心墙与铺盖的联结不如斜墙坝方便，而且对上游坝壳的稳定也不利。

心墙坝与两岸及河床式溢洪道的联接，较斜墙坝方便。

在施工方面，如果根据工期要求，必须在冬节或雨季施工时，则心墙坝因粘土方量

少，断面小，搭设暖棚或采取防雨措施，比粘性土均质坝和粘土斜墙坝都较方便。但是由于心墙两侧均为砂壳，而且又要同时填筑，均衡上升，高差又不能太大（不宜超过0.5米），故施工干扰较大。有时因此而影响坝体的施工进度。

这种坝型在我省应用比较普遍，在坝高15米以上的各类土坝中，将近一半是采用心墙坝的，仅次于均质坝。

（三）塑性斜墙坝

对于粘性土较少，砂性土较多的地区，也可修建塑性斜墙坝。对于砂砾石复盖层较厚的河床，为了结合坝基防渗处理，减少施工干扰加快施工进度，采用这种坝型比较合适。其与心墙坝不同的是，这种坝是将粘性土的防渗体斜卧在上游坝坡上，斜墙处的保护层和斜墙后的坝体，均用砂性土或砂砾石填筑。

当坝基采用垂直防渗或水平铺盖防渗，斜墙与基础防渗体的联接都很方便。

在施工条件上，由于斜墙下游坝壳场地很大，填筑的又是非粘性土，因此它基本上不受雨季和低温季节的影响；斜墙粘土填筑也不受坝基防渗处理的牵制。尤其是，当料场分布在下游的情况下，在大坝合龙时，突击上料填筑，比心墙坝主动方便得多。

这种坝的缺点是：粘土用量较心墙坝多；与两岸及河床式溢洪道的联接较心墙坝复杂。

（四）多种土质坝

当坝址附近土料的品种很多，而每种土料的数量又受限制时，则可将不同的土料在坝身内进行适当配置，筑成多种土质坝。一般来说，各种土料的填筑部位，应按土料的透水性大小来决定，透水性小的土料放在上游侧；透水性大的土料放在下游侧。对粘性土防渗体，可放在坝的上游侧，也可放在坝的中间，但不能放在下游侧。

（五）土石混合坝

在土料少而石料多的地区，可采用土石混合坝。

二、坝型选择

在坝型选择时，主要根据坝址及库区的土、砂、石料，地形、地质、水文和气象等自然条件，以及劳力、资金、施工设备、工期要求等社会经济情况进行综合分析，对可能采用的坝型都应按照多快好省的精神，做全面的政治、经济与技术比较，从中选出最优方案。坝型选择一般应考虑以下几个因素：

（一）筑坝材料：各种土料（如粘土、壤土、黄土、砂砾料、砂等）都可做为筑坝材料，应根据材料的物理力学性质，储量及分布情况、开采、运输和填筑条件，按照各种坝型的特点进行全面分析，从中选用合理的坝型。

（二）坝址区的工程地质与水文地质条件：主要是分析研究坝基复盖层的性质、厚度，相对不透水层或不透水层的埋藏深度与厚度，结合对防渗的要求，选择合适的坝基防渗措施，从而选择合理的坝型。

（三）施工条件：主要根据工程要求完工的期限，施工期气象、水文、导流合龙条件，施工设备和当地群众的施工习惯及熟练程度等情况，综合考虑，看选择那种坝型有利。

（四）在工程的总体布置上，根据选用的泄洪及输水建筑物的型式，看选择那种坝

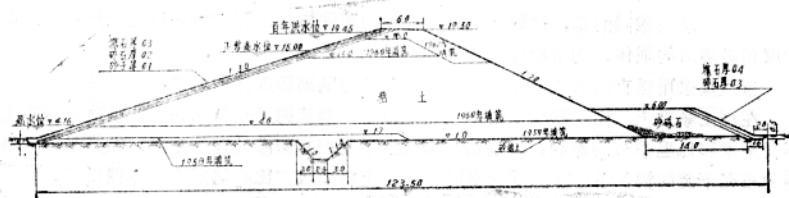
型更有利于和这些建筑物的结合。

(五) 在人防要求上, 看那种坝型更合适 (如斜墙坝就比心墙坝差一些)。

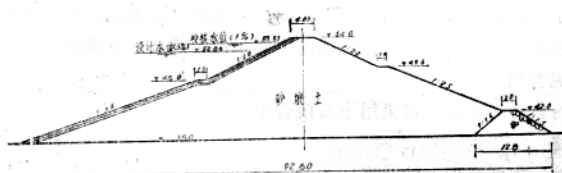
(六) 从工程量、劳力和总造价上比较选择。

以上诸因素中, 往往很难都同时得到满足, 应当抓住主要矛盾和矛盾的主要方面, 按多快好省的原则全面考虑, 最后选出较好的坝型。

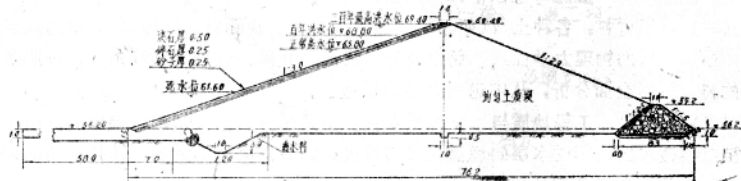
下面列出我省一些中小型水库的土坝工程特性及简图 (见表11—1及图11—7), 供坝型选择及断面设计时参改。



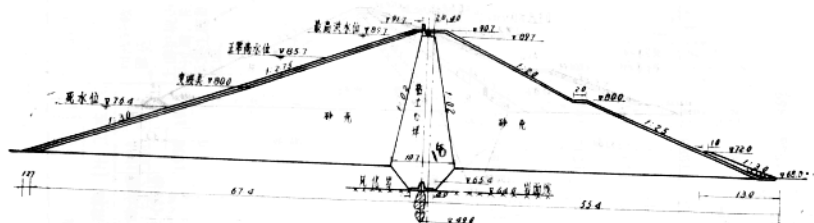
1. 营口市 115 水库均质坝



2. 庄河县 115 水库均质坝



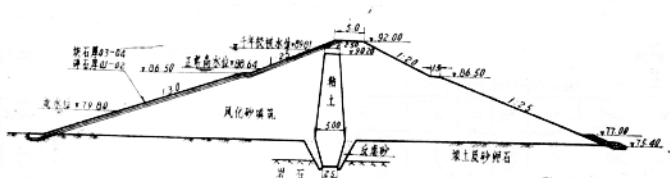
3. 阜宁县 140 水库均质坝



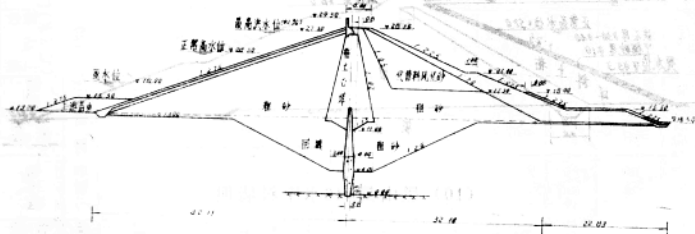
(4) 新金县 125 水库粘土心埝坝



(5) 金县 131 水库粘土心埝坝



(6) 抚顺县 138 水库粘土心埝坝



(7) 新金县 126 水库粘土心埝坝