



国家骨干高职院校工学结合创新成果系列教材

水工建筑物

主 编 赖永明 凌贤宗
主 审 陆克芬



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



目 录

前言

项目 0 绪论	1
任务 0.1 我国水资源与水利水电工程建设概况认知	1
任务 0.2 水工建筑物和水利枢纽基本概念认知	2
0.2.1 水工建筑物及其分类	2
0.2.2 水利枢纽	3
0.2.3 水利水电枢纽工程分等和水工建筑物分级	4
0.2.4 水工建筑物的特点	5
任务 0.3 水利水电工程的设计阶段认知	6
任务 0.4 本课程的任务和学习方法	8
项目自测题	9
项目 1 重力坝设计	10
项目及其要求	10
重力坝设计基本资料	10
项目实施方法及目标	11
成果提交要求	11
任务 1.1 重力坝认知	12
1.1.1 重力坝的工作原理及特点	12
1.1.2 重力坝的分类	13
1.1.3 重力坝的布置	13
1.1.4 重力坝设计内容	14
任务 1.2 非溢流坝设计	14
1.2.1 非溢流坝剖面设计	15
1.2.2 重力坝荷载及其组合	19
1.2.3 重力坝的抗滑稳定及应力分析	27
任务案例 1-1 非溢流坝设计	35
任务 1.3 溢流坝设计	39
1.3.1 孔口设计	39
1.3.2 溢流坝的剖面设计	42
1.3.3 溢流坝的消能防冲	46
任务案例 1-2 溢流坝设计	49

任务 1.4 重力坝的材料、细部结构与地基处理	53
1.4.1 重力坝的材料	55
1.4.2 重力坝细部结构	60
1.4.3 重力坝地基处理	64
任务案例 1-3 重力坝坝体构造和地基处理	65
任务 1.5 其他形式的重力坝认知	65
1.5.1 碾压混凝土重力坝	68
1.5.2 浆砌石重力坝	71
1.5.3 宽缝重力坝	72
1.5.4 空腹重力坝	72
1.5.5 支墩坝	74
项目自测题	77
项目 2 拱坝设计	77
项目及其要求	77
拱坝设计基本资料	77
项目实施方法及目标	78
成果提交要求	78
任务 2.1 拱坝基本设计	79
2.1.1 拱坝布置	79
2.1.2 拱坝稳定分析与应力分析	88
任务案例 2-1 拱坝基本设计	98
任务 2.2 拱坝泄洪设计	117
2.2.1 拱坝坝身泄水方式	117
2.2.2 拱坝的消能与防冲	121
任务案例 2-2 拱坝泄洪设计	122
任务 2.3 拱坝构造和地基处理	127
2.3.1 拱坝构造	128
2.3.2 拱坝的地基处理	129
任务案例 2-3 拱坝地基处理	130
项目自测题	132
项目 3 土石坝设计	135
项目及其要求	135
土石坝设计基本资料	135
项目实施方法及目标	135
成果提交要求	137
任务 3.1 土石坝坝型选择	138
3.1.1 设计要求	138

3.1.2 土石坝的类型	138
任务案例 3-1 土石坝坝型选择	140
任务 3.2 土石坝基本剖面设计	142
3.2.1 坝顶高程	142
3.2.2 坝顶宽度	144
3.2.3 坝坡	145
任务案例 3-2 土石坝基本剖面确定	145
任务 3.3 土石坝实用剖面设计	147
3.3.1 土石坝渗流分析	147
3.3.2 土石坝稳定分析	155
任务案例 3-3 土石坝实用剖面确定	161
任务 3.4 土石坝构造和地基处理	165
3.4.1 土石坝的构造	165
3.4.2 土石坝的地基处理	170
任务案例 3-4 土石坝构造设计和地基处理	173
项目自测题	175
项目 4 河岸溢洪道设计	179
项目及其要求	179
溢洪道设计基本资料	179
项目实施方法及目标	179
成果提交要求	180
任务 4.1 溢洪道布置	180
4.1.1 进水渠	182
4.1.2 控制段	182
4.1.3 泄槽	184
4.1.4 消能防冲设施	185
4.1.5 出水渠	186
任务案例 4-1 溢洪道布置	186
任务 4.2 溢洪道水力设计	187
4.2.1 进水渠水力计算	188
4.2.2 控制段水力计算	189
4.2.3 泄槽水力计算	190
任务案例 4-2 溢洪道水力计算	190
任务 4.3 溢洪道结构设计	197
4.3.1 进水渠衬砌	197
4.3.2 控制段	197
4.3.3 泄槽的底板	197

4.3.4 消能段	199
任务案例 4-3 溢洪道构造设计	200
任务 4.4 溢洪道地基及边坡处理	201
4.4.1 地基开挖	201
4.4.2 固结灌浆	202
4.4.3 地基防渗与排水	202
4.4.4 边坡开挖与处理	203
项目自测题	204
项目 5 水闸设计	205
项目及其要求	205
水闸设计基本资料	205
项目实施方法及目标	207
成果提交要求	207
任务 5.1 水闸知识的基本认识	208
5.1.1 水闸的作用与分类	208
5.1.2 水闸的工作特点与设计要点	209
5.1.3 水闸的组成	210
5.1.4 水闸的设计内容	210
任务案例 5-1 水闸的基本设计	212
任务 5.2 水闸水力设计	212
5.2.1 闸孔设计	212
5.2.2 消能防冲设计	215
任务案例 5-2 水闸的闸孔设计和消能防冲设计	220
任务 5.3 水闸的防渗设计	223
5.3.1 闸基防渗长度的确定	223
5.3.2 闸基防渗排水布置	224
5.3.3 闸基渗流计算	225
5.3.4 防渗及排水设施	229
5.3.5 水闸的侧向绕渗	231
任务案例 5-3 水闸防渗设计	231
任务 5.4 水闸结构设计	237
5.4.1 闸室的布置与结构	237
5.4.2 荷载及其组合	244
5.4.3 水闸的稳定分析及地基处理	246
5.4.4 闸室的结构计算	249
5.4.5 两岸连接建筑物设计	257
任务案例 5-4 水闸结构设计	260

项目自测题	276
项目 6 水工隧洞设计	278
项目及其要求	278
水工隧洞设计基本资料	278
项目实施方法及目标	278
成果提交要求	279
任务 6.1 水工隧洞的选线与布置	279
6.1.1 水工隧洞的类型、组成及工作特点	279
6.1.2 水工隧洞的选线与工程布置	281
任务案例 6-1 隧洞的选线及布置	284
任务 6.2 水工隧洞构造设计	285
6.2.1 进口段的形式和构造	285
6.2.2 洞身段的形式与构造	289
6.2.3 出口段及消能设施	292
任务案例 6-2 水工隧洞构造设计	293
任务 6.3 水工隧洞结构计算	297
6.3.1 隧洞衬砌的荷载及其组合	297
6.3.2 衬砌结构计算	301
任务案例 6-3 隧洞衬砌的结构计算	301
项目自测题	304
项目 7 渠系建筑物设计	306
项目及其要求	306
渠系建筑物设计基本资料 1	306
渠系建筑物设计基本资料 2	308
项目实施方法及目标	310
成果提交要求	310
任务 7.1 渠系建筑物基础知识认知	311
任务 7.2 渠道设计	313
7.2.1 渠道的选线	313
7.2.2 渠道的纵、横断面设计	314
任务案例 7-1 渠道设计	319
任务 7.3 渡槽设计	329
7.3.1 渡槽的作用及组成	329
7.3.2 渡槽的类型	330
7.3.3 渡槽的总体布置	330
7.3.4 渡槽的水力计算	332
7.3.5 梁式渡槽设计	334

7.3.6 拱式渡槽设计	340
任务案例 7-2 肋拱渡槽设计	342
任务 7.4 其他渠系建筑物认知	360
7.4.1 倒虹吸管	360
7.4.2 涵洞	366
7.4.3 桥梁	368
7.4.4 跌水	369
7.4.5 陡坡	370
项目自测题	372
项目 8 水利枢纽布置	374
项目及其要求	374
水利枢纽布置基本资料	374
项目实施方法及目标	374
成果提交要求	375
任务 8.1 过坝建筑物认知	375
8.1.1 船闸	375
8.1.2 升船机	381
8.1.3 其他过坝建筑物	383
任务 8.2 水利枢纽布置	385
8.2.1 水利枢纽的布置要求	385
8.2.2 蓄水枢纽布置	386
8.2.3 取水枢纽布置	389
项目自测题	393
参考文献	395



- 1) 不缺席、不迟到,认真严肃进行设计。
- 2) 按设计进度完成任务、上交设计成果。
- 3) 培养团队精神,与项目其他角色人员共同探讨问题,切磋提升技能水平。
- 4) 克服实训中遇到的困难,培养顽强的职业精神。

成果提交要求

1. 编写设计报告(1份)

设计报告包括说明和计算两大方面:说明部分应全面介绍设计内容、意图和有关计算成果等;计算部分应包括计算方法、过程、成果等。说明部分撰写力求简明扼要、条理清楚,并附有必要的图表,便于工程施工,书写规范;计算部分应做到:计算方法正确、参数取值合理,严格执行国家和行业现行的技术标准和规范;数据真实、可靠,公式选用合适,计算结果正确、可信;既要保证工程安全,又要做到经济适用。设计报告一般包括摘要、正文、小结、附录、参考文献等部分。

2. 绘制设计图(A1图不少于3张)

图纸是工程师的语言,是工程设计的主要成果,绘图是学生必备的一项基本技能。绘制的工程图应符合工程制图标准。要求投影正确,线条尺寸标注齐全、规范,图面排列整齐,布局合理、匀称,清洁美观。

任务 3.1 土石坝坝型选择

单元任务目标:根据项目基本地质资料分析,结合当地交通现状,从而选择土石坝的类型以及土石坝各组成部分的材料。

任务执行过程引导:掌握土石坝的设计要求,熟悉土石坝的类型及选择方法,根据项目实际情况选择合适坝型。

3.1.1 设计要求

为使土石坝能安全有效地工作,在设计方面的一般要求:

- (1) 坝身、坝顶不能泄洪。
- (2) 需有适宜的坝坡维持坝坡及坝基的稳定性。
- (3) 设置良好的防渗和排水措施,控制渗流及防止渗透变形。
- (4) 根据现场的土料条件,选择好土料的填筑标准,防止过大的沉陷。
- (5) 采取适当的构造措施,保护坝顶、坝坡免受自然现象的破坏,提高坝运行的可靠性、耐久性。
- (6) 提高土石坝机械化施工的水平。

3.1.2 土石坝的类型

1. 按坝高分类

土石坝按坝高可分为低坝、中坝和高坝。SL 274—2020《碾压式土石坝设计规范》规



定：高度在 30m 以下的为低坝，高度在 30~70m 的为中坝，高度超过 70m 的为高坝。土石坝的坝高应从坝体防渗体（不含混凝土防渗墙、灌浆帷幕、截水墙等坝基防渗设施）底部或坝轴线部位的建基面算至坝顶（不含防浪墙），取其大者。

2. 按施工方法分类

土石坝按其施工方法可分为碾压式土石坝、水力冲填坝、水中填土坝、定向爆破堆石坝和混凝土面板堆石坝等，应用最广的是碾压式土石坝。

(1) 碾压式土石坝。分层铺填土石料，分层压实填筑，坝体质量良好，目前最为常用，世界上现有的高土石坝都是碾压式的。本次任务主要讲述碾压式土石坝。

按照土料在坝身内的配置和防渗体所用的材料种类，碾压式土石坝可分为以下几种主要类型：

1) 均质坝 [图 3.3 (a)]。坝体基本上由均一的黏性土料筑成，整个剖面起防渗和稳定作用。

2) 黏土心墙坝和黏土斜墙坝 [图 3.3 (b)、(c)]。用透水性较好的砂石料做坝壳，以防渗性能较好的土质做防渗体。设在坝体中央或稍向上游倾斜的称为心墙坝或斜心墙坝；设在靠近上游面的称为斜墙坝。

3) 人工材料心墙坝和斜墙坝 [图 3.3 (j)、(k)、(l)]。防渗体由沥青混凝土、钢筋混凝土或其他人工材料构成，其余部分用土石料构成。

4) 多种土质坝 [图 3.3 (d)、(e)]。坝身由几种不同的土料构成。

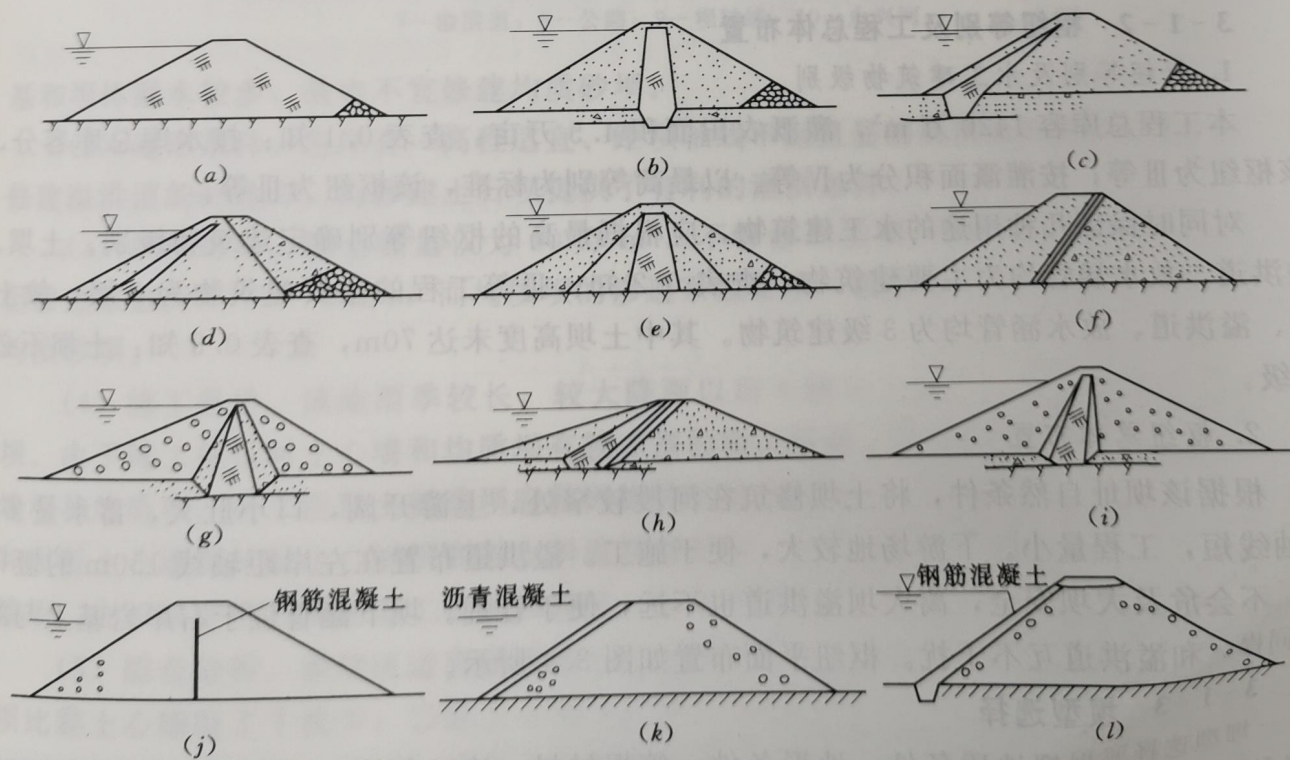


图 3.3 土石坝的类型

(a) 均质坝；(b) 黏土心墙坝；(c) 黏土斜墙坝；(d) 多种土质坝；(e) 多种土质坝；(f) 土石混合坝；(g) 黏土心墙土石混合坝；(h) 黏土斜墙土石混合坝；(i) 黏土斜心墙土石混合坝；(j) 钢筋混凝土心墙坝；(k) 沥青混凝土斜墙坝；(l) 钢筋混凝土斜墙坝



(2) 水力冲填坝。水力冲填坝是以水力为动力完成土料的开采、运输和填筑全部工序而建成的坝。其施工方法是用水泵抽水到高出坝顶的土场，以水冲击土料形成泥浆，然后通过泥浆泵将泥浆送到坝址，再经过沉淀和排水固结而筑成坝体。这种坝因筑坝质量难以保证，目前在国内外很少采用。

(3) 水中填土坝。用易于崩解的土料，一层一层倒入由许多小土堤分隔围成的静水中填筑而成的坝。这种施工方法无需机械压实，而是靠土的重量进行压实和排水固结。该法施工受雨季影响小，工效较高，且不用专门碾压设备，但由于坝体填土干重度低、抗剪强度小、要求坝坡缓、工程量大等原因，仅在我国华北黄土地区、广东含砾风化黏性土地区曾用此法建造过一些坝，并未得到广泛的应用。

(4) 定向爆破堆石坝。定向爆破堆石坝是按预定要求埋设炸药，使爆出的大部分岩石抛填到预定的地点而堆成的坝。这种坝填筑防渗部分比较困难。

(5) 混凝土面板堆石坝。混凝土面板堆石坝是用堆石或砂砾石分层碾压堆筑成坝体，并用混凝土面板作防渗体的坝的统称。对坝体主要用砂砾石填筑的坝，也可称为混凝土面板砂砾石坝。

任务案例 3-1 土石坝坝型选择

3-1-1 项目任务

设计资料如土石坝设计基本资料所示。根据项目资料，结合地形条件、地质条件、筑坝材料、施工条件、气候条件及坝基处理等方面的因素选择土石坝坝型。

3-1-2 枢纽等别及工程总体布置

1. 枢纽等别及水工建筑物级别

本工程总库容 1420 万 m^3 ，灌溉农田面积 4.5 万亩 ，查表 0.1 知：按水库总库容分，该枢纽为Ⅲ等；按灌溉面积分为Ⅳ等。以最高等别为标准，该枢纽为Ⅲ等。

对同时保证几种用途的水工建筑物，应根据最高的枢纽等别确定建筑物级别。土坝、溢洪道、放水涵管均为主要建筑物，查表 0.2 知：Ⅲ等工程的主要建筑物为 3 级，故土坝、溢洪道、放水涵管均为 3 级建筑物。其中土坝高度未达 70 m ，查表 0.3 知：土坝不必提级。

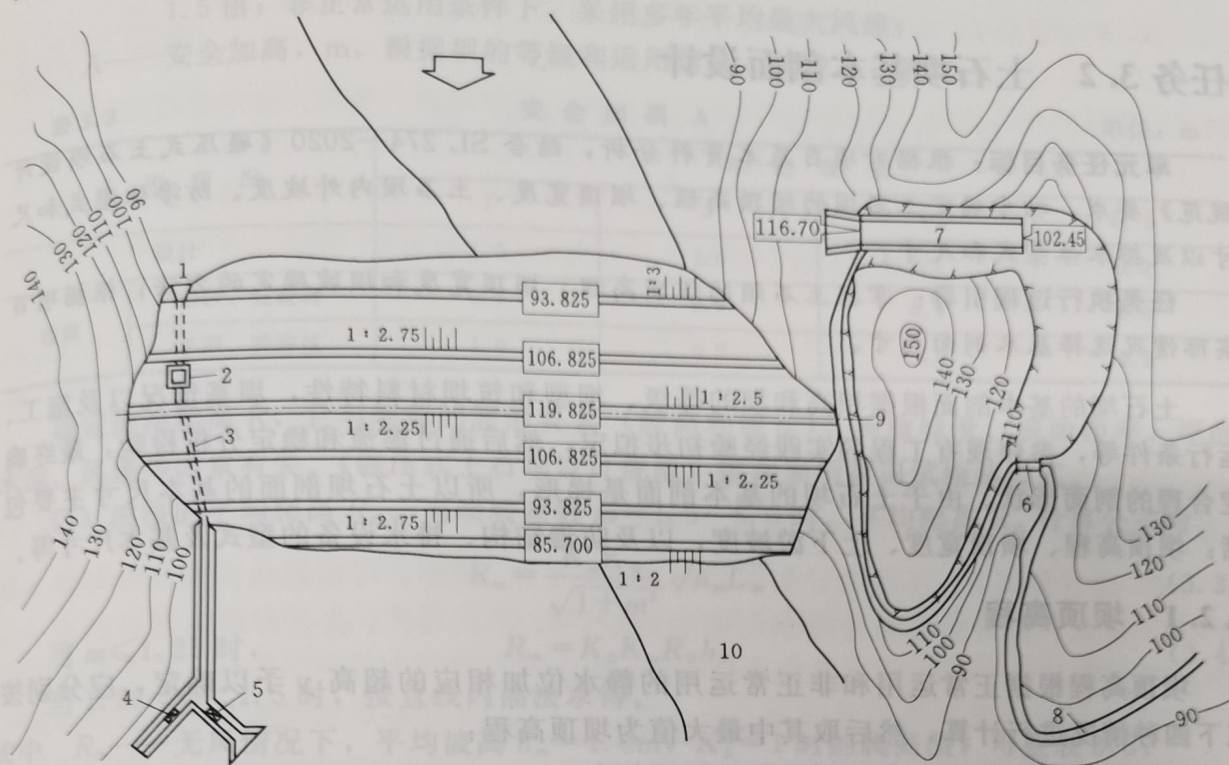
2. 枢纽总体布置

根据该坝址自然条件，将土坝修筑在河段较窄处，上游开阔，口小肚大，蓄水量多，坝轴线短，工程量小。下游场地较大，便于施工。溢洪道布置在左岸距轴线 150 m 的垭口处，不会危及大坝安全，离大坝溢洪道也不远，便于管理。坝下涵管位于右岸岩基上与灌区同岸，和溢洪道互不干扰。枢纽平面布置如图 3.4 所示。

3-1-3 坝型选择

坝型选择要根据地质条件、地形条件、筑坝材料、施工条件、气候条件及坝基处理等各种因素进行比较，选定技术上可靠、经济上合理的坝型。

(1) 地质条件。由于坝址河床覆盖的是砂卵石，厚度 $4 \sim 8 \text{ m}$ ，如果修建混凝土坝，需大量开挖，并相应增加混凝土方量，且施工时排水困难，故不宜修建刚性坝，而适于修建土石坝。由于坝基砂卵石渗透系数为 $8 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$ ，透水性较强，如果修建均质砂坝，坝



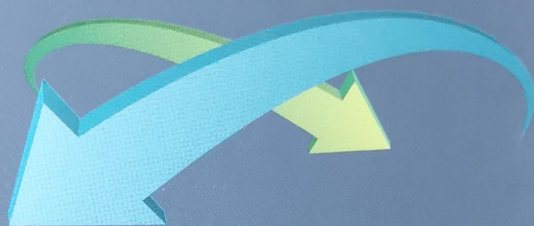
1—进水口；2—启闭塔；3—输水洞；4—分水闸；5—泄水闸；6—桥；
7—溢洪道；8—公路；9—坝轴线；10—永兴河

(2) 地形条件。左岸有一高程适宜、距坝轴线不远且易解决洪水归河的天然埕口，是修建溢洪道的好地方，为修建土石坝提供了有利的泄洪条件。

(4) 施工条件。该地雨季较长, 较大降雨以后不能马上施工, 故不宜修建黏土均质坝。由于施工单位对土心墙和均质坝有较丰富的施工经验, 故在同等条件下优先选择土心墙坝和均质坝。由于混凝土斜墙坝容易因坝体沉陷而开裂, 又根据经验知, 混凝土斜墙坝和混凝土心墙坝比黏土心墙坝和黏土斜墙坝造价高, 故不宜修建混凝土心墙坝和混凝土斜墙坝。由于缺乏堆石坝的施工机械和经验, 也不宜修建堆石坝。

综合考虑该坝型为黏土心墙坝。

责任编辑 韩月平 张鑫



国家骨干高职院校工学结合创新成果
系列教材



行水云课公众号



刮开涂层获取激活码

ISBN 978-7-5170-2546-7



0 1 >

9 787517 025467

定价: 59.50 元

销售分类: 水利教材

登录行水云课平台 www.xingshuiyun.com 或关注行水云课公众号, 输入激活码, 免费学习数字教材, 享受增值服务!