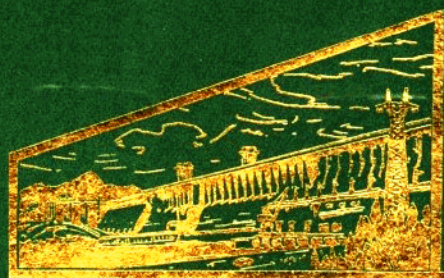


丹江口水利枢纽 施工技术总结



2

水利电力部第十工程局

丹江口水利枢纽 施工技术总结

第 二 册

(内部资料)

水利电力部第十工程局

1975

内 容 提 要

本书系汉江丹江口水利枢纽施工技术总结第二册。内

容有：土石坝工程施工、金属结构安装、电站厂房施工和
机电设备安装、通航建筑物施工和机电设备安装，共四部
分。

由于我们学习马克思主义、列宁主义、毛泽东思想不
够，且限于实践基础及认识水平，因此，编撰中一定存在
不少缺点和错误，诚望批评指正。

毛主席语录

无产阶级文化大革命是使我国社会生产力发展的一个强大的推动力。

工业学大庆。

我们的方针要放在什么基点上？放在自己力量的基点上，叫做自力更生。

人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

目 录

土 石 坝 工 程 施 工

第一章	概述	1
第一节	建筑物简况	1
第二节	施工条件	2
第三节	施工概况	6
第二章	土石坝基础处理	12
第一节	土石坝基础地质条件	12
第二节	土石坝基础处理	16
第三节	基础帷幕灌浆	20
第三章	土石坝施工	33
第一节	施工方案和布置	33
第二节	防渗体施工	39
第三节	坝壳施工	44
第四节	护坡施工	47
第五节	施工测量	50
第四章	土石坝坝体填筑质量检查	54
第一节	土料性质及填筑质量控制标准	54
第二节	填筑质量和检查	60
第三节	工程质量情况	63
第四节	左岸土石坝加固质量检查情况	71
第五章	土料性质的试验	80
第一节	粘性土的基本性质及其填筑干容重	80
第二节	砾石土的试验	87
第三节	砂砾石的试验	108
第四节	风化石砾的试验	110
第六章	土石坝观测	116
第一节	基本情况	116
第二节	左岸土石坝变形观测	118
第三节	右岸土石坝垂直位移观测	128
第四节	孔隙水压力观测	128
第五节	渗透观测	132

第六节	土压力观测	134
-----	-------	-----

金 属 结 构 安 装 工 程

第一章	概述	139
第一节	工程概况	139
第二节	启闭设备	141
第二章	深孔泄洪闸门安装	143
第一节	结构布置	143
第二节	埋件安装	145
第三节	弧形门安装	149
第四节	几个问题的处理	157
第三章	堰顶溢洪闸门安装	159
第一节	埋件安装	160
第二节	闸门安装	162
第四章	电站进水口拦污栅安装	165
第一节	结构布置与施工方案	165
第二节	施工测量	166
第三节	栅槽安装	168
第五章	电站进水闸门及尾水闸门安装	170
第一节	进水口闸门安装	170
第二节	尾水闸门安装	173
第六章	电站输水钢管安装	175
第一节	钢管结构	175
第二节	伸缩节制造	176
第三节	钢管安装	178
第四节	钢管焊接	185
第五节	几项工艺改进	186
第七章	施工及运用中的问题	189
第一节	施工中的几个问题	189
第二节	运用中的几个问题	191
第三节	堰顶闸门胶木摩擦系数的测定 ¹	192

电站厂房施工和机电设备安装

第一章	概述	197
-----	----	-----

第一节	主要建筑物的布置	197
第二节	主要机电设备	202
第三节	施工简况	207
第二章	厂房混凝土施工	211
第一节	混凝土浇筑分层分块与温度控制	211
第二节	尾水管模板施工	222
第三节	机组二期混凝土施工	230
第四节	厂房伸缩缝、止水与排水	235
第三章	混凝土预制构件的应用	242
第一节	混凝土预制构件的运输与安装	242
第二节	问题与经验教训	246
第四章	开关站的布置与土建施工	248
第一节	开关站的布置	248
第二节	土石方开挖与回填	249
第三节	混凝土预制构架的施工	250
第五章	水轮机安装	254
第一节	设备概况和安装程序	254
第二节	埋设部件安装	257
第三节	水轮机分瓣转子组装	261
第四节	大型螺栓紧固工具——拉伸器	279
第五节	调速环跳动处理	281
第六节	调速器安装	284
第七节	管道及附属设备安装	307
第六章	发电机安装	313
第一节	设备概况及安装程序	313
第二节	转子安装	316
第三节	导轴承安装	320
第四节	推力轴承安装	321
第五节	定子及下机架安装	324
第六节	发电机定子线圈的安装	326
第七节	专题研讨	340
第七章	电气设备安装	349
第一节	设备概况	349
第二节	主变压器安装	352
第三节	高压断路器安装调试	352
第四节	大电流母线(汇流排)安装试验	375
第五节	环氧树脂电缆头的制作与安装	378
第六节	GGF—450 密闭消氢防爆式铅酸蓄电池 安装	385

第七节	励磁装置.....	389
第八节	接地装置.....	411

通航建筑物施工和机电设备安装

第一章	概述	417
第二章	总体布置和施工概况	420
第一节	总体布置	420
第二节	施工概况	428
第三章	上游引航道	430
第一节	浮堤结构及制作	431
第二节	浮堤连接定位	435
第四章	垂直升船机	438
第一节	土建施工	438
第二节	轨道梁安装	441
第三节	垂直升船机安装	446
第五章	中间渠道与下游引航道	457
第一节	中间渠道	457
第二节	下游引航道	459
第六章	斜面升船机	461
第一节	斜坡道施工	461
第二节	斜面升船机安装	463
第七章	施工测量	473
第一节	控制网的建立	473
第二节	土建施工测量放样	473
第三节	金属结构安装测量放样	475
第八章	升船机的调试与加固处理	477
第一节	电气设备及操作运行概况	477
第二节	垂直升船机的试运行和加固处理	481
第三节	斜面升船机的试运行和加固处理	485
第四节	电气试验调整及若干问题的处理	488

第一章 概 述

第一节 建筑物简况

丹江口水利枢纽系由混凝土坝和左、右岸土石坝组成的挡水建筑物。这里叙述的是左、右岸土石坝工程概况。

一、左岸土石坝

左岸土石坝与混凝土坝段相联，经张芭岭、尖山，横跨王大沟，终点与糖树岭相接。坝轴线由半径 254 米、256 米和 90 米三个圆弧和若干直线段组成。在左联混凝土坝，设置四道齿墙，插入土石坝。为避免接头处上游坡脚伸入河床，同时又要在 1968 年发电时起临时挡水作用，在土石坝上游侧设置混凝土挡水墙。为了减少土石方填筑工程量，在土石坝下游侧设置有混凝土挡水墙。

初期工程时，左岸土石坝坝轴线长为 1,223 米^{*}，最大坝高为 56 米，坝底最大宽度为 215 米；坝顶宽 7.5 米，系混凝土路面。路面上游侧设有 1 米宽的人行道^{**}，高出路面 15 厘米；路面下游侧设有高 30 厘米、宽 25 厘米的混凝土边墙。上游面 150 米高程以上为混凝土板护坡，板厚 20 厘米；坝坡为 1:2.5、1:2.75 及 1:3.25。上游面 150 米高程设置一平台，台宽为 5—10 米；150 米高程以下为砂砾石压坡（王大沟段压坡坡比为 1:10，左联段及张芭沟段为 1:6）。下游面 136 米高程以上为草皮护坡，154 米高程左右设置 2—4 米宽的平台。平台以上坝坡为 1:1.75、1:2.0 和 1:2.5；平台以下坝坡为 1:3。在尖山左右两侧各有一条过坝公路，连接上、下游交通。基础进行了帷幕灌浆。

左岸土石坝平面布置和各坝段典型断面见图 1—1。

为了保证大坝的正常安全运用和进一步检验设计的正确性，为今后的科学研究工作提供资料，在左、右岸土石坝外部和内部均布置有观测设施（见第六章）。

二、右岸土石坝

右岸土石坝与混凝土坝的右 13 坝段相接，右抵张峦山，轴线呈直线。坝长为 130 米，最大坝高为 32 米，与混凝土坝成插入式联接。坝型系粘土心墙（0+100~0+130 米 150 米高程以下为混凝土心墙），风化石砟坝壳。坝顶系混凝土路面。上游面坡度为 1:2.75

* 左岸土石坝，原设计全长为 1,197 米，桩号为 0+000—1+197、施工期间，尖山段在 152 米高程以上，利用尖山山体挡水，将坝轴线向下游移动，成为曲线，因此，竣工后的坝长为 1,223 米。文中桩号皆为原设计坝长的桩号。

** 竣工后，为了防洪，在人行道的上游侧增设一道高 120 厘米、宽 50 厘米的防浪墙。

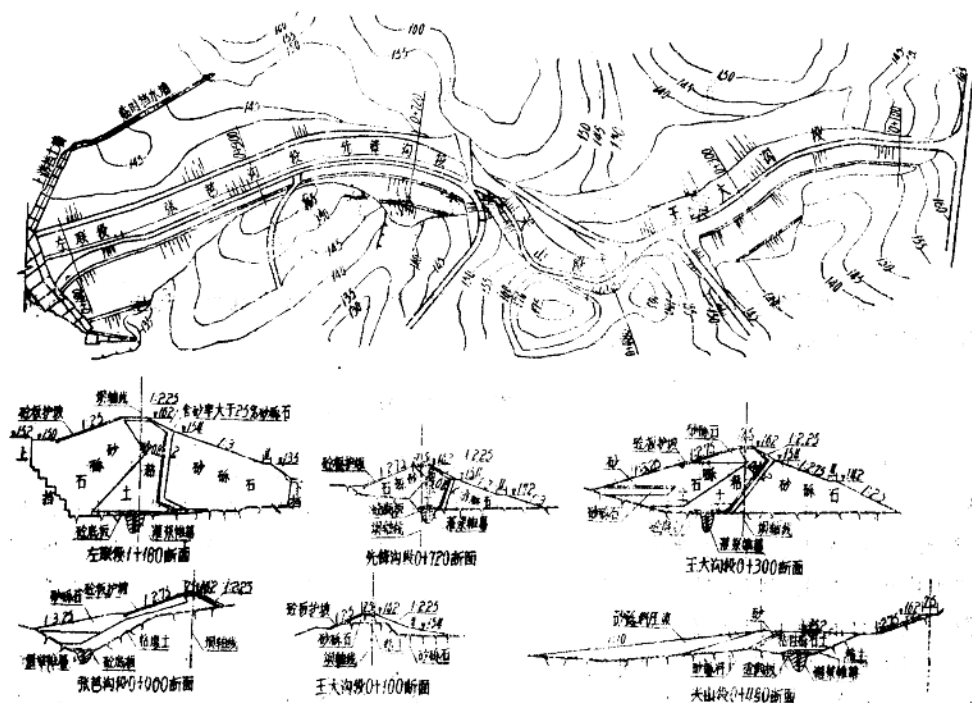


图 1—1 左岸土石坝平面布置和各项段典型断面图

和 1:3。上游面 145 米高程以上系混凝土板护坡，板厚 20 厘米；145 米高程以下系块石护坡。下游面坝坡为 1:2.5。部分基础进行了帷幕灌浆。

右岸土石坝平面布置及断面见图 1—2。

第 二 节 施 工 条 件

一、自 然 条 件

(一) 地形

左岸土石坝坝区的地形复杂，成梳齿状，沟谷切割发育，山脊高程为 150—200 米，冲沟切割深为 30—50 米。自左联（与混凝土坝联接段）至石碑分水岭，分为两条山岗：上岗为糖树岭、蔡家山、大胡家岭；下岗为天仙庙梁子、尖山、张芭岭；中间为王大沟。王大沟沟底高程 121 米左右。上岗又为汤家小沟分叉为两支：上支为大胡家岭；下支为糖树岭延至蔡家山。下岗自尖山以右，又分叉两支：上支为小胡家岭；下支为张芭岭，中间为张家沟。张家沟沟底高程自左联向左为 110—135 米左右。

右岸土石坝坝区呈爪状地形。山脊高程为 134 米至 184 米，冲沟切割深度达 20—40 米。左、右岸土石坝坝区地形见图 1—3。

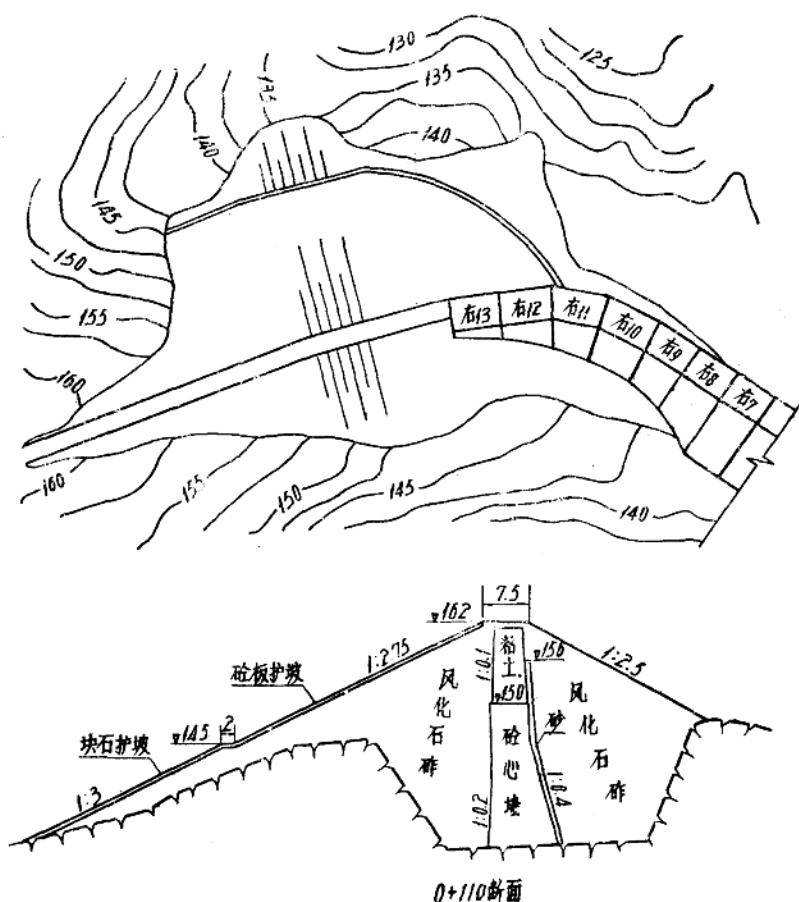


图 1—2 右岸土石坝平面布置和断面图

(二) 地质

左岸坝基主要为元古界副片岩，局部分布有变质辉绿岩，其上依次为上白垩统红层和第四纪砾石土、粘土、壤土覆盖层。沟底与沟坡因冲蚀作用，片岩已露头，沟底为淤泥覆盖。

副片岩主要为变余砾状绿泥片岩、云母片岩和绿泥片岩组成。上白垩统尖山组红层，广布于左岸土石坝区域内；但尖山出露较全，其他地带仅有部分层次出露，且只覆盖于各山脊的顶部，与下游之元古界副片岩呈角度不整合接触。在边坡出露的不整合面上，溶蚀裂隙发育，尤以张芭岭北坡最甚。

坝基副片岩褶皱、扭曲极为发育，总的褶皱形态为一向南西倒转，向东南倾伏的向斜。由于岩层挤压强烈，局部形成揉皱破碎带。防渗体基础岩石透水性一般不大，属微弱透水带。仅向斜轴部（王大沟）分布的大理岩脉，因溶蚀裂隙极为发育，其透水性强，属极强透水带。

右岸坝基地层为第四系松散土层和元古界变质闪长岩，以及灰绿色变质辉长辉绿岩。其风化状况是：剧烈风化带分布于山梁，沟谷底部覆盖层下仅有 5 米弱风化带，近坡地为

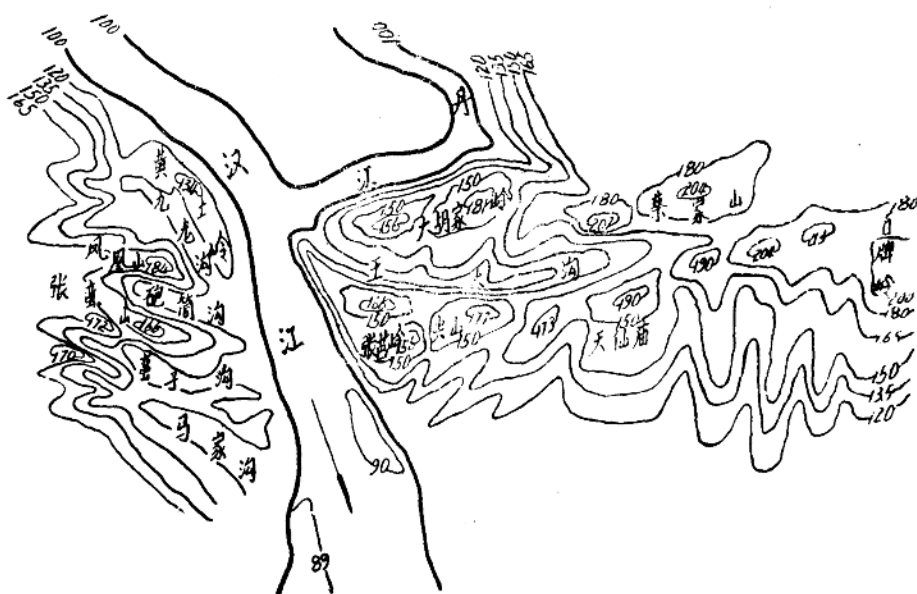


图 1—3 左、右岸坝区地形图。

弱风化或强风化带。岩石透水性随岩石风化程度而异，强风化岩为微弱透水带，弱风化及新鲜岩石顶部为弱透水带，下部新鲜岩石为不透水带。

左、右岸土石坝工程地质见图 1—4 及图 1—5。

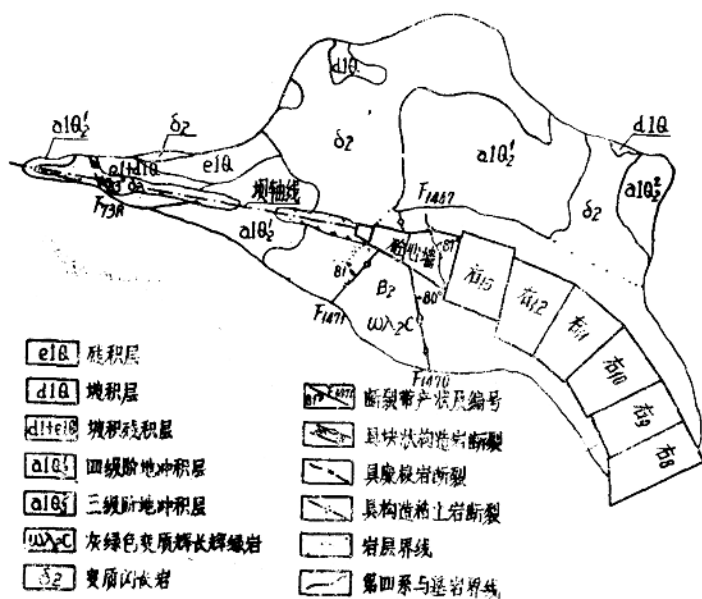


图 1—4 右岸土石坝工程地质图

(三) 气候

丹江口地区气候，夏季炎热，冬季较温暖。年平均温度一般在 15°C 左右，年最高温度约为 38°C ，年最低温度约为 -7°C ，一般无严重冰冻现象。雨量尚称充沛，年平均降雨量为 800—1,000 毫米，年平均降雨日为 120 天左右。雨季集中在 5—10 月，占全年降雨量 70—80%。年平均风力在 2 级以下，年最大风力达 6—7 级。

二、施 工 交 通

左岸土石坝附近，地势较平缓，加之混凝土主体工程又有几年施工基础，有利于交通运输和现场布置。

右岸坝址为低丘陵区，交通条件比左岸稍差。

三、建 筑 材 料

坝区附近建筑材料储量丰富。坝址以下河床四公里范围内的羊皮滩砂石料场，储量近 900 万立方米，除可满足混凝土大坝骨料要求外，尚可满足土石坝的需要。所用反滤料以羊皮滩料场为主，其次为坝址以下十公里处七岭岩的天然砂料。石料为羊山及右岸河床附近的料场，储量丰富。

粘性土料分布在左岸距坝址 1—6 公里范围内的王家营（该地分六个料场。下文及图表中简称为王₁……王₆；土料简称为“王壤土”、“王粘土”）、糖梨树沟（该地仅一个料场。下文及图表中简称为“糖粘土”）及陈家港料场。总储量约为 385 万立方米。右岸粘土分布在老虎沟、独颚树，料场距坝址 1—2 公里，储量约为 37 万立方米。

砾石土料分布在距坝址 2—10 公里范围内的王家营、天仙庙、蔡家山及龙角寺等地，总储量约为 723 万立方米。

此外，右岸张湾和左、右岸坝基开挖的风化石砬也可作坝壳填料。

上述土石料场，不仅储量丰富，土石料各项物理、力学及化学性质，均能满足筑坝要求，而且开采、运输方便，为施工提供了有利条件。

第 三 节 施 工 概 况

丹江口工程左、右岸土石坝分别于 1966 年和 1967 年开始施工。由于右岸土石坝工程量小，至 1970 年已达到 162 米设计高程；左岸土石坝则于次年达到同一设计高程。

参加左、右岸土石坝施工的广大工人、干部、技术人员和家属，在毛主席革命路线指引下，在党的“鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义”总路线的光辉照耀下，认真学习马列主义和毛泽东思想，大搞群众运动和设计施工革命，保证了施工的顺利进展。

在左岸土石坝施工中，得到了岳城工程局的大力支援。岳城工程局的同志和我们一起，团结战斗，排除了刘少奇、林彪反革命修正主义路线的干扰和破坏，克服了很多困难，使土石坝于 1971 年 2 月全线达到 162 米初期工程的设计高程，实现了为使丹江口工程早日发挥效益的奋斗目标。

一、左岸土石坝施工

左岸土石坝于1966年元月开始清理基础，同年4月填筑，1971年2月全线达到162米高程，共完成土石方215万立方米。其中：坝基开挖30万立方米；坝体填筑185万立方米。坝体填料：壤土、粘土49.85万立方米；砾石土料23.20万立方米；砂砾料107.20万立方米；反滤料2.00万立方米；风化石砬2.83万立方米。灌浆1.87万米。浇筑混凝土1.70万立方米，其中：截水槽0.70万立方米；护坡0.80万立方米；路面0.20万立方米。

施工手段 基础开挖用电铲挖掘，汽车运输，人工配合；混凝土浇筑系机械拌和，汽车运输，人工振捣；灌浆钻孔以风钻为主，机钻为辅；采用卧式灌浆机灌浆。

防渗体填筑 防渗体填料为粘土、壤土或粘性砾石土。回填前，基础面或混凝土面均先刷2—3毫米厚的粘土泥浆，再行填土。粘土、壤土或粘性砾石土均采用挖土机开采，汽车运输上坝、推土机散平，分别用打夯机、22.5吨六轮轮胎碾或16.4吨双联羊足碾压实；边角部位用蛙式夯或人工木夯压实。土料上、下层结合面的处理，是先在层面洒水，待层面充分湿润后，再铺料填筑。在用砾石土作防渗料时，为避免大颗粒的局部集中，影响质量，用人工拣除表层大于80毫米粒径的粗颗粒。

坝壳填筑 坝壳填料为砂砾料、砾石土和风化石砬。砂砾料运输，是将王家营砂石开采皮带运输系统与左岸坝料皮带相接，直接运输上坝；风化石砬与砾石土均用汽车运输上坝，推土机散平，用机械夯与22.5吨汽胎碾压实。

坝壳回填前，将淤泥、草皮、树根和腐蚀土清除后、方可上料填筑。

反滤层填筑 在基础或粘性土料与砂砾料接触处，铺设80厘米的反滤层。反滤料用汽车运输，机械夯压实。

坝体上游面护坡及坝顶路面的混凝土均由拌和系统供料，汽车运输上坝，人工振捣。

坝体下游面草皮护坡均用人工栽植。

根据工程分期拦洪，早日发挥效益的要求，以及坝址地形特点，将左岸土石坝分为五个段施工，即左联、张芭沟、先锋沟、尖山和王大沟段。

左联段系粘土心墙坝，最大坝高56米。防渗体部位回填王₁、王₂、王₃料场粘土和少量王₄料场的砾石土。上、下游坝壳主要回填砂砾料。基础部位填有少量天仙庙粘性砾石土。

张芭沟和先锋沟段系粘、壤土斜心墙坝，最大坝高分别为50米和32米。防渗体回填王家营粘土、壤土及粘壤混合土。上、下游坝壳均为砂砾料。张芭沟段上游坝壳基础部位回填2—3米厚的胡家岭风化石砬。

尖山段防渗体系粘性砾石土，最大坝高为16米。152米高程以上利用尖山山体挡土。

王大沟段系粘土斜心墙坝，最大坝高40米。防渗体在146米高程以下，填筑糖粘土；146米高程以上主要是用王家营粘土及部分糖梨树沟的红粘土及少量壤土。上游坝壳152米高程以下，主要是回填砾石土和部分砂砾料；152米高程以上和下游坝壳为砂砾料。

在王大沟、先锋沟和左联段防渗体下游面，自基础至150米高程设有反滤层（王大沟段为152米高程）。张芭岭和尖山段因防渗体紧靠山体，未设置反滤层。

左、右岸土石坝土料填筑情况分别见表1—1和图1—6。

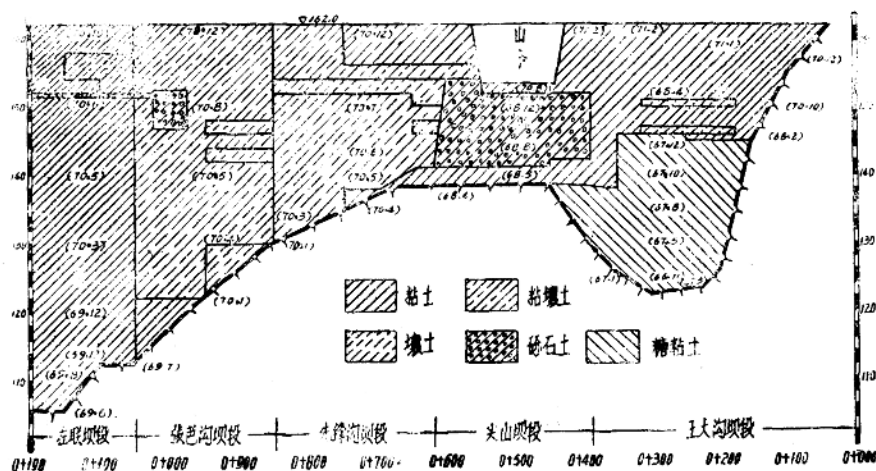


图1—6 左岸土石坝防渗体土料分布示意图

左岸土石坝工程进展情况，大致可分三个施工阶段：

(一) 初期阶段 1966年1月至1968年10月

形象进度：1966年1月王大沟段开始清基，同年4月回填上游坝壳，11月回填下游坝壳；同年10月王大沟段截水槽开始打孔灌浆，1967年2月截水槽开始填筑粘土，同年7月王大沟段上升到137米高程。

1968年2月尖山段开始填筑。

1968年汛前，王大沟及尖山段达到152米高程。

这一阶段共完成土石方量82万立方米，其中开挖23万立方米，填筑59万立方米。

初期阶段的施工特点是：

1、施工程序复杂，准备工作量大，施工场面小，基础开挖、填筑、灌浆等各种工序互有干扰；

2、施工管理以左岸工区为主，其他专业单位配合。施工队伍发展较快，开工时仅30多名职工，200多名家属，在较短时间内即增加到2,000人之多，壮大了施工力量；

3、施工机械也由少到多，逐步配套。

此阶段原计划要求完成土石方100万立方米，并完成基础处理工作，为下一阶段土石坝上升创造条件。在开工初期，工程进度较快，填筑质量较好，并解决了以砾石土作为防渗材料使用的问题，为施工提供了有利条件。但在基础处理工作中，由于对基础部位片岩灌浆的内部规律认识不够，灌浆中外漏现象严重，水泥损耗很大，且延误了工期。另外，在尖山段坝基处理中，本应灌浆后才能填筑，为了争取时间，确保1968年10月1日第一台机组发电，决定先进行填筑，然后作帷幕灌浆，改变了施工程序，不利于按原计划施工。但是，主要的还是由于受到刘少奇、林彪反革命修正主义路线的干扰，使工程进度受到很大的影响，没有按期完成施工计划，给下一阶段施工增加了困难。

（二）高潮阶段 1968年11月至1971年2月

形象进度：1969年3月左联段开始回填，1970年2月土石坝全面上升，同年10月达到162米高程。1970年12月先锋沟、张芭沟段达到162米高程。1971年2月王大沟段达到162米高程。

高潮阶段的施工特点是：

- 1、土石坝与混凝土坝联接处，是整个工程的关键部位，要求特别重视质量；
- 2、初期施工时，场面小，干扰大，不能充分发挥机械作用，接头处采用人工夯实，费工甚多；
- 3、施工后期，场面开阔，战线长，工程量大，能充分发挥机械作用。

这一阶段共完成土石方量130万立方米，其中坝体填筑123万立方米。1969年汛前，集中力量进行张芭沟段、左联段和尖山段的基础处理，打开场面，为土石坝全面上升了条件。由于当年土石坝尚不能挡水，不得不将上游挡水墙加高至152米高程。

党的“九大”胜利召开，极大地鼓舞了广大群众团结战斗的革命热情，迅速完成了基础处理工作。在左岸土石坝的施工高潮中，干部深入现场，参加劳动，指挥生产，组织群众，开展技术革新和技术革命活动，闯过了不少技术难关，使得在1970年汛前全线达到155米拦洪高程，1971年2月全线达到162米高程。

（三）扫尾阶段 1971年3月至1973年

由于左岸土石坝工程基本建成，人员逐步转移，施工机械也相应地减少，施工管理和其他方面的工作有所放松，完成“扫尾”任务的时间长了些。

这一阶段完成土石方3万立方米；浇筑混凝土1万立方米，其中上游面护坡0.8万立方米（1971年4月至8月），坝顶路面0.2万立方米（1971年12月至1972年2月）。

1971年11月至1973年全部完成下游面护坡的草皮栽植。

（四）土石坝的加固 左岸土石坝154米高程以上防渗体下游面坡比原设计为1:2.25，有砂砾石保护层。在施工过程中经与设计部门协商，将坡比修改为1:1.75至1:2.25，均为草皮护坡。根据各段情况，坡面削成顺坡，但未铲除虚土。加之坝面公路排水不良，每遇暴雨，就造成路面积水，冲刷坝坡面。

1975年8月初，丹江口地区受到一次暴雨袭击，5小时降雨量达127毫米，致使左岸土石坝154米高程以上的下游面产生脱坡三处：王大沟段0+200—0+370计170米；先锋沟段0+800—0+860计60米；左联段0+980—1+010和1+110—1+197计117米，共计长347米。为了确保大坝安全，在坝体下游面154米高程以上部位进行了加固处理（加固措施和质检成果见第四章第四节）。

二、右岸土石坝施工

右岸土石坝于1967年12月开工至1971年建成，共完成土石方12.67万立方米，其中基础开挖1万立方米，坝体回填11.67万立方米，填料为：粘土0.83万立方米；风化石砬10.7万立方米；反滤料0.14万立方米，灌浆853米。浇筑上游面护坡混凝土0.2万立方米。

左、右岸土石坝土料填筑情况见表1—1。