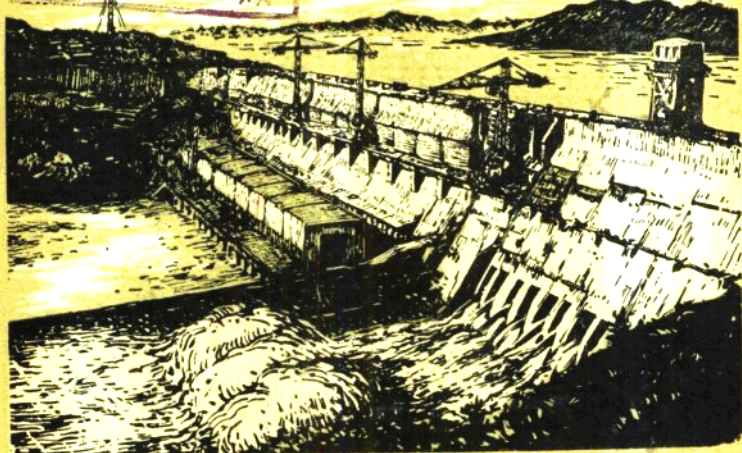


成都工學院圖書

329672

基本館藏



三門峽工程叢書

黃河三門峽水利樞紐 大坝混凝土浇筑工程

黃河三門峽工程局編

512
43172;3

三 門 峽 工 程 丛 书

黃 河 三 門 峽 水 利 枢 紐 大 坝 混 凝 土 浇 筑 工 程

黃河三門峽工程局編

中 国 工 业 出 版 社

57058

本书系三门峡工程丛书之一。书中系统地总结了三门峡大坝混凝土浇筑工程机械化施工的經驗。全书共分八章，对大坝混凝土工程的施工部署、技术措施、运输、浇筑、模板、钢筋、混凝土预制件加工、质量控制和施工机械化等，均作了比較詳細的介紹。书中除了着重介紹混凝土浇筑工程中各个环节的具体施工方法及其主要設備之外，还提出了一些有关大坝混凝土工程的新的看法和今后应注意的問題。

本书可供大中型水利水电工程施工人員使用，亦可供有关的設計、科研人員和高等院校师生参考。

三门峡工程丛书

黄河三门峡水利枢纽大坝混凝土浇筑工程

黄河三门峡工程局編

•

水利电力部办公厅图书編輯部編輯(北京东月坛南街)

中国工业出版社出版(北京德胜门内大街10号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

•

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $11^{3/8}$ ·插頁 6·字數 285,000

1965年7月北京第一版·1965年7月北京第一次印刷

印数0001—2,440·定价(科五)1.70元

•

統一书号: 15165·4010(水电-523)

目 录

第一章 工程概述	1
第一节 大坝混凝土施工条件说明	1
第二节 大坝结构物的轮廓介绍	7
第三节 大坝混凝土施工的总进度	20
第四节 混凝土施工的主要技术措施	24
第二章 混凝土运输	58
第一节 概述	58
第二节 履带式起重机-臥罐-自卸汽车系统	59
第三节 塔式起重机-立罐-窄軌機車系統	98
第四节 汽车自卸	124
第五节 立罐自卸	137
第六节 皮带机运输	140
第三章 混凝土浇筑	144
第一节 混凝土浇筑前的准备工作	144
第二节 混凝土浇筑	156
第三节 水压鋼管預留槽的回填	178
第四节 夏季、雨季与冬季施工	191
第五节 混凝土浇筑工作注意事项	196
第六节 小结	202
第四章 模板工程	204
第一节 概述	204
第二节 大型标准模板	206
第三节 小型标准模板	209
第四节 整体模板	215
第五节 混凝土预制模板	221
第六节 吸水模板	231
第七节 小结	233
第五章 鋼筋工程	235
第一节 概述	235

IV

第二节	鋼筋网的安裝	237
第三节	鋼筋构架的安裝	246
第四节	鋼筋的現場焊接	252
第五节	小結	262
第六章	預制加工企業	265
第一节	概述	265
第二节	制材	266
第三节	模板加工	271
第四节	鋼筋加工	280
第五节	混凝土預制件的生產	296
第六节	几点經驗与体会	312
第七章	混凝土施工質量的控制与檢查	315
第一节	質量控制內容与主要成果	315
第二节	質量檢查的組織机构与方法	327
第三节	主要經驗与教訓	330
第八章	混凝土機械化施工的經驗与体会	338
第一节	三門峽大壩混凝土施工機械化指标的完成情況	338
第二节	关于機械化施工組織管理的主要經驗	339
第三节	进一步提高混凝土施工機械化水平的途径	355

第一章 工程概述

第一节 大壩混凝土施工条件說明

一、地形与地质

三門峽水利樞紐工程，位于黄河中游，离三門峽市17公里。壩址处于三門峽谷，黄河由此急剧向南轉弯，有明显的山嶽河流特征。河谷两岸地形是不对称的，左岸为高出水边綫100米以上的陡峭石壁，右岸为黄土沉积层，形成三級平緩台地，台地的高程分别为300~315米，330~380米，390~420米。

三門峽壩址区岩石，主要有火成岩——中生代閃长玢岩，以及奥陶紀、石炭紀、石炭二迭紀及第三紀的沉积岩。在分水岭与緩坡上的基岩，被第四紀的沉积物所覆盖，其主要成分为大孔隙的黄土类砂质粘土。作为壩基的閃长玢岩，是石炭紀与石炭二迭紀沉积岩之間的厚层侵入体，其最大厚度为100~130米，在大壩基础范围内一般厚度为50~80米，在整个河床寬度上均露出，其长度为600~700米。經长期急流冲刷，仍然屹立在河面上的神、鬼、人三島，将黄河劈为三股支流。

閃长玢岩是一种坚硬、呈浅灰或灰綠色的块状結晶岩，飽和极限抗压强度平均值为1,200~2,000公斤/厘米²，平均容重2.59吨/米³。表面有裂縫，风化帶深度为3~5米，风化帶以下的岩石，一般透水性很小，单位吸水量变化在0.0~0.3升/分/米范围内。

二、气象条件

施工区域主要系大陆性气候，年平均温度值为15°C，絕對最低温度为-15.5°C，絕對最高温度为48°C。夏季炎热，冬季則較短，施工期間出現全年气温低于-10°C的天数仅4昼夜。1959~1961年三門峽湖滨区气象台实测年平均气温为14°C。

年平均降雨量为 500 毫米，其中 75% 集中在 5 月至 9 月。施工四年来大于 5 毫米的总降雨天数为 130 天。最大降雨量发生在 7、8 两月。暴雨持續時間較短，平均强度在 0.5 毫米/分以上的暴雨持續時間不超过 30 分钟。

根据实测资料，大风多发生于 12~2 月，一般风力达 5~6 级，最大风力为 8 级（风速为 17.2~20.0 米/秒）。从施工地区气象条件看，具备全年施工条件。夏季高温期长，因而增加了温度控制与调节的工作量。兹将一般气象资料列于表 1-1 中。

表 1-1 一般气象资料表

气象现象	持續時間 (一年中的天数)	气象现象	持續時間 (一年中的天数)
平均温度 40°C 以上	11	平均温度 - 5°C 以上	361
35°C 以上	13	- 10°C 以上	363.5
25°C 以上	75	- 10°C 以下	1.5
20°C 以上	125	降雨	116
10°C 以上	129	雷雨	16
5°C 以上	236	雾	13
0°C 以上	313		

三、施工場地与运输条件

工区地势狭窄，故施工場地布置比較分散。坝址区分左右两岸設置施工系統，左岸第一期施工工段系統，主要供应第一期开挖之用；全部混凝土施工系統均在右岸，包括混凝土拌和工厂、汽車基地、机械基地、水力安装基地、現場管理机构与筑坝工人宿舍。大安区距坝址 3 公里，主要为工人住宅区。在三門峡市設有混凝土預制厂、机械修配厂、汽車修配厂、砂石堆存場及工程局机关职工住宅等。在坝址上游 54 公里的灵宝澗河上設有砂石篩分厂，供应大坝混凝土骨料（已于 1960 年拆除）。

工程专用鉄路綫为自隴海鉄路的会兴車站（后改为三門峡車站）引出，将樞紐站設在湖滨区（称为湖滨車站）。于 1957 年先行修建了临时鉄路通向坝址区。此后又将处于淹沒区的一段加以

改建，成为永久专用綫，于1958年初通至坝址区。自枢纽站另設分綫，連接各輔助企业与砂石堆存場。

自三門峽市至大安及坝址区的永久公路，于1956年3月开工，12月通車。此外，又修建了过河公路鋼桥（1958年5月通車），完成了工区内部的道路系統，其中自三門峽市至坝址区一段公路，为瀝青处理的6級路面。

施工期間运到坝址区的物资总量約700万吨。

四、施工系統

（一）砂石系統

在灵宝修建了設計年产为140万立方米的砂石厂。該厂在1957年动工，1958年2月部分投入生产，8月建成。采用了6台鏈斗式采砂船，沿黄河支流灵宝澗河河滩挖掘砂砾石料。采区面积达122公頃。場內鋪設窄軌铁路运料至三組篩分冲洗系統，篩好的骨料經由隴海铁路轉三門峽专用綫送至坝址区混凝土生产系統。因在采砂及冲洗过程中細砂流失，致使砂粒較粗，故1958年又在附近砂坡村辟了細砂开采場。整个砂石开采系統，实际月最高产量达到20万立方米。自1958年2月~1960年4月砂砾石及黃砂产量总计为352万立方米。

由于灵宝砂石厂高程較低，在水庫形成前必須采完足够的料物，故在三門峽市上村另設了占地110,200平方米的儲料場，并設有相应的装卸轉运设备。各种砂砾石貯量总计达75万立方米。

（二）混凝土生产系統

利用坝址右岸阶梯地形，将混凝土生产系統分別布置在高程为320、340、354米的三个台地上。

該系統于1957年初动工，1958年8月第一期工程投入生产，1959年1月全部建成。系統內部包括：骨料、水泥、拌和、冷却、塑化剂加工、机械修配等車間。铁路专用綫直通354米高程場地运卸骨料、水泥、与掺合料物，并建立了水泥受料庫、骨料受料坑等設施。前者包括兩組 4×1500 吨的水泥罐（320与354米高程場地各一組），后者系在340米高程場地布置了可供整个系

統 7 天生产所用的骨料受料場与粉煤灰貯存場。骨料受料場上建有拋料棧桥，其下設坑道，經由坑內皮带机，将骨料轉运至拌和樓。

共有 BT-640 型 2×1500 升的拌和樓两座和巢式 4×2400 升的拌和樓两座，均設于 320 米高程場地，有公路和窄軌鐵路通往大坝。

系統設計能力为年产 120 万立方米混凝土，最大生产能力为 $110,000 \text{米}^3/\text{月}$ ， $330 \text{米}^3/\text{小时}$ 。实际最高月生产量为 122,775 立方米。两台巢式拌和樓的最高小时强度达 $250 \text{米}^3/\text{小时}$ 以上，每台 BT-640 型拌和樓的小时最高强度达到 $79.4 \text{米}^3/\text{小时}$ ，均超过設計能力。混凝土系統內还設有供热鍋爐房 1 处，容量达 700 馬力。制冷厂 2 处，設備容量共 526 万大卡/小时。

（三）預制加工企业

在湖滨区設有預制厂，占地 14.77 公頃，建筑面积为 7,473 平方米。預制厂有制材、模板制作、鋼筋加工与混凝土預制等四个車間，备有各型机械 100 余台。实际最大年生产能力，制材为 17,348 立方米，模板为 161,043 平方米，混凝土預制件为 8,924 立方米，鋼筋为 2,582 吨。

开工后不久，由于管理上的原因，一部分鋼筋加工設備迁至坝址区，并入附属于施工队的小型鋼筋加工厂。

（四）机械修配系統

中心机械修配厂亦設于湖滨区，为永久性建筑物，全厂占地 14 公頃，建筑面积 32,000 平方米。厂內設有机械装修、汽車修理、电器修理、金工鑄造、鍛焊車間与氧气站，共有大小設備 388 台，能够大修各种施工机械，制造一般机具，并加工制作大型金属构件。此外，在坝址区机械与水力安装基地上，还有机械管理单位的修配厂，供施工机械的中小修与維護。各修配厂的規模及生产工人配备，見表 1-2。

各个施工单位（分局）对自己的专用小型机具，也各拥有不同規模的修配力量。

表 1-2 生产高峰时期修配厂规模及生产工人配备表

修 配 厂 名 称	生产工人	修 配 設 备 (台)	厂 房 面 积 (米 ²)	厂 区 面 积 (米 ²)
中心机械修配厂	2385	388	26060	138000
汽車基地保养厂	281	31	1446	25000
机械基地修配厂	207	20	560	24000
合 計	2873	439	28066	187000

(五) 运输車輛系統

大坝施工的主要运输工具为汽車与窄軌機車，以及通行在专用綫上的寬軌車輛。

土石方工程与混凝土工程均大量使用自卸汽車。各型自卸汽車共計200輛，所担负的运输量为：土石方約200万立方米（仅坝址区），混凝土为115万立方米。此外，尚担负其他运输任务。普通載重汽車共63輛（不包括施工单位自用車輛）混凝土施工高峰期間运输混凝土的自卸汽車，每班最高出勤数为55輛。

1959年10月以后，窄軌機車成了混凝土水平运输的主要工具。該运输系統共备有柴油机关車28輛，平台車（9吨和12吨两种）114輛。

整个工程施工共配备機車10輛，工人上下班乘坐的簡易車廂38輛，运输材料的高低边貨車廂12輛与平板車廂5輛，运砂石的自动翻斗車廂（60吨）110輛，以及密封水泥車廂（60吨）30輛，有棚車廂5輛。

坝址区专設汽車基地保养厂，供汽車保养存放；并附設洗車台、加油站和輪胎修补間。表1-2中所列的面积和设备，約能滿足300輛汽車保修工艺的需要。生产高峰期間，由于使用車輛多，曾另于拌和厂附近設临时停車場两处。

窄軌車輛停放于拌和厂320米高程場地两端，保养則在其附

近的机关車庫进行。該庫面积为 377 平方米（检修車庫 295 平方米，工具房 82 平方米）。

寬軌機車系統运行保养工作与一般营业綫路相同，本文不作介紹。

（六）动力供应系統

1. 供电 三門峡的电力，开工初期由 2 台容量 1,250 千伏安的列車发电站供給；1957 年 10 月以后由郑州洛阳三門峡电网供給，在坝址区設有总变电站。各工区（包括坝址、湖滨及灵宝三个工区）的设备容量共为 33,700 瓩，最高負荷为 8,700 瓩；而坝址区的设备容量为 26,952 瓩，最高負荷 6,600 瓩，需要系数为 0.25，月負荷系数（即月平均用电量）与月最高用电量之比，1959 年为 0.58，1960 年为 0.74；月平均用电度数 1958 年为 1,619 千度，1959 年为 2,271 千度，1960 年为 2,937 千度，1961 年为 1,330 千度。

此外，在工地設有容量 1,200 瓩的柴油发电机厂，作为备用負荷。

自 1957 至 1961 年各項工程的外购与自备发电共計 10,351 万度，在混凝土浇筑量最大的 1959 年，供电量为 2,725 万度；而供电量的最高峰发生在金属結構安装量最大的 1960 年为 3,425 万度。

2. 供水 坝址区第一期供水，由 74 号钻井供給；1958 年夏季以后主要由 373 号钻井供給。供水能力分別为 48 升/秒与 80 升/秒，供应大坝施工与部分生活用水。此外，还有 213 号钻井，供水 8 升/秒。此井在第一期基坑开挖完毕，左岸工段系統撤消后，廢棄不用。大坝施工后期，需水量增多，設置了引自黄河河水的二期供水系統，供水能力 89.1 升/秒。坝址供水系統均利用动力汲取（动力设备容量 1,140 瓩），山坡上設有調节水池九个，总蓄水量 1,400 立方米。

大坝混凝土施工期間的供水量，在 1959 年 5 月混凝土浇筑高峰月供水量为 210 千吨，該月平均月供水負荷 80.7 升/秒，1959 年平均日供水 6,511 吨，1959 年 5 月用于混凝土施工部分約占 60%（包括混凝土浇筑、运输、灌浆工程及有关混凝土施工机械用

水)。

3. 供风 (压缩空气系统) 坝址区压缩空气共有两个车间, 生产总容量为400米³/分, 分别设在混凝土生产系统附近与机械基地南部400米高程的台地上。前者主要供应混凝土生产系统使用, 后者供应大坝施工使用。为了供应个别工段的少量用风, 还备有移动式电动6立方米的空压机8台。

混凝土施工后期, 金属结构等安装量增大, 故坝址区以1960年12月供风量为最高, 月供风量达13,051千立方米, 月平均用风负荷为302米³/分。混凝土浇筑量最高的1959年5月, 供风量为8,884千立方米, 月平均用风负荷207米³/分, 其中混凝土浇筑部分(主要为风水枪、风钻、风镐、风砂枪与钢筋模板加工设备等需用量)约占总量的32%。

4. 制冷 附属于混凝土生产系统的第一冷冻厂, 内设2AB-27型氨压机两台, 标准产冷量为460,000大卡/小时, 实际可达552,000大卡/小时, 每小时可制造供拌和用的2°C冷水24立方米, 1959年2月投入运转。第二制冷厂设在机械基地西端, 厂内设4S型氨压机4台, 标准产冷量为400万大卡/小时, 实际可达到480万大卡/小时。每小时可生产2°C及17°C冷水700立方米, 供应坝体冷却需要, 1959年8月20日开始部分投入运转。由于冬春季节大量利用河水冷却, 故第二冷冻厂4台氨压机中经常有两台停运。

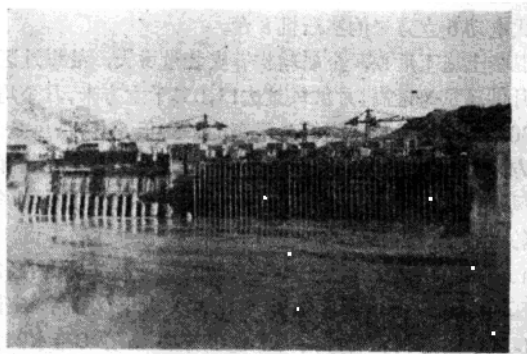
5. 蒸汽供应 冬季混凝土生产需用蒸汽加热拌和用水, 安装锅炉能力为700马力, 总供热量达315.75万大卡/小时, 相当于蒸汽量6,260公斤/小时。由于冬季未按原设计进行骨料预热, 故设备利用率较低。

施工现场冬季一般不采用升温办法, 仅在个别施工阶段, 如溢流坝护坦第二期工程, 曾采用2台18吨的0-8-0型窄轨蒸汽機車生产蒸汽, 作蒸汽罩法养生, 以提高过水部分混凝土的早期强度。

第二节 大坝结构物的轮廓介绍

三门峡水利枢纽工程拦河大坝为重力式混凝土坝。大坝按照

后期运用时最终正常高水位 360 米高程进行设计，初期运用则采用正常高水位350米高程。本文所介绍施工部分，限于初期运用，故坝顶高程为353米（包括上下游侧胸墙高程为354.4米）。施工时大坝迎水面全景，如照片1-1所示。



照片 1-1 施工时大坝迎水面全景

为选择有利坝址，坝轴线之两端均向下游弯曲，使坝端更好地与閃长玢岩衔接。沿轴线全长897.86米，由五个主要部分组成，右岸非溢流坝（包括斜丁坝）、电站坝体（包括安装场坝体）、隔墩、溢流坝与左岸非溢流坝。

大坝设计混凝土总量为 1,723,000 立方米，各坝体混凝土量分列于表1-3中。

在结构物设计中，大部分为素混凝土（如表1-4），仅在电站坝体与溢流坝过水建筑物区域为钢筋混凝土。另外，还有少量装配式的预制构件。

各个坝体长度与最大高度列于表1-5中。

沿迎水面长度的全部结构物被温度缝分割成40个坝段，其分段尺寸由11.5米到23米，温度缝表面上留有梯形断面的竖榫槽，以保证相邻坝段的共同抗剪能力。在迎水面的坝体内，埋设有紫

銅片止水。

表 1-3 大壩各項體設計混凝土量及鋼筋量表

部 位	總 混 凝 土 量 (千米 ³)	其 中		鋼 筋 量 (噸)
		混 凝 土 (千米 ³)	鋼筋混凝土 (千米 ³)	
左岸非溢流壩	70	70		75
溢流壩、護坦、左岸加固等	364	166	198	5190
隔墩和隔牆	100	68	32	74
电站壩體(包括安裝場壩體)	871	616	255	3561
右岸非溢流壩(包括斜丁壩)	318	311	7	527
合 計	1723	1231	492	9427

表 1-4 大壩各種類型混凝土設計量表

項 目	單 位	數 量
素混凝土	米 ³	1231000
鋼筋混凝土	米 ³	487812
裝配式混凝土	米 ³	4188
合 計	米 ³	1723000

表 1-5 各壩體的長度與最大高度表

編 号	結 構 物 名 称	沿軸綫A的長度 (米)	最 大 高 度 (米)
1	左岸非溢流壩	121.9	63
2	溢流壩	124.0	75
3	隔 墩	23.0	76
4	电站壩體	232	
	8段电站壩段	184.0	106
	3段安裝場壩段	48.0	78
5	右岸非溢流壩體	222.96	64
6	斜丁壩	174.0	24
7	全 長	897.86	

大坝混凝土浇筑采用平面尺寸較小的柱状体分块法，以适应混凝土浇筑能力，加速大坝施工；同时在温度变化的情况下，块体可以較自由地变形（詳見本章第四节）。上下游相邻柱状体之間为施工縫（或称纵縫），縫間尺寸由9米到22米，全坝共分成163个柱体。縫的表面設計有三角形断面的横榫槽，使柱体間咬接，以承受主压力。坝段与坝段之間相邻施工縫前后相錯，一般間距为2~2.5米。

温度縫与施工縫內均埋設灌浆系統，用金属止浆片圈閉成若干灌浆区，区間面积为180~220平方米。施工縫与温度縫的灌浆系統标准型式见图1-1所示。設計規定在坝体温度降低到三門峽地区年平均温度（15°C）以下时，即开始进行接縫灌浆，使坝段与坝段間、柱体与柱体間連成整体。其中施工縫应在上游水位升高之前，即坝体承受水压前进行灌浆。

柱体水平工作縫由施工单位根据具体施工条件决定。迎水面第一排柱体水平工作縫，均于距坝面2米左右安設一道厚5厘米、寬20厘米的止水木板。

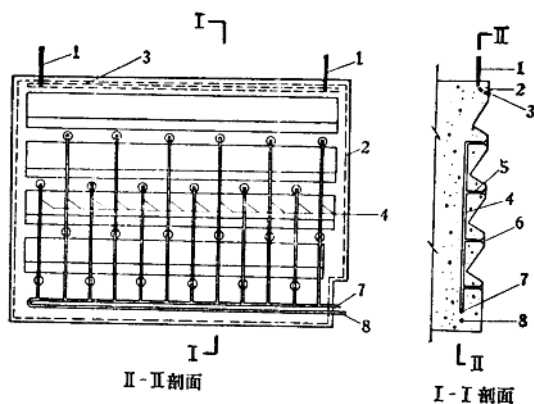
茲按工程部位簡要說明如下。

一、右岸非溢流坝

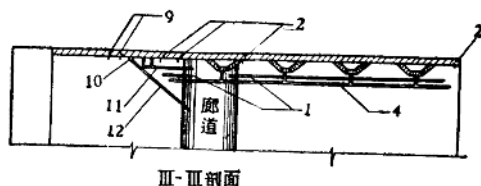
右岸非溢流坝位于河右岸岸坡上，共分14个坝段，各坝段寬16米，中間的第5~12段沿坝軸向下游呈120°的圓曲綫，半径121.24米。曲綫两端均为直綫，第14段以后与斜丁坝相接。右岸非溢流坝的标准断面如图1-2所示。

二、斜丁坝

斜丁坝位于大坝右端与黃土台地銜接处，同属右岸非溢流坝的一部分，起截水心墙的作用——防止上游繞坝渗漏与黃土层渗透水的流入。心墙設計成可挠的双鉸钢筋混凝土心墙形式，墙基深入岩石2米，通过混凝土基础板进行了一排浅孔灌浆。在挖深20米的基坑內，随着斜丁坝的浇筑，分別在上游側回填黃土，下游側回填砂砾石，并于貼近下游墙脚处作排水盲沟。建成后斜丁坝全部埋置于地下。



甲、施工縫灌漿系統



乙、溫度縫灌漿系統

图 1-1 大坝施工缝与温度缝灌漿系統布置图

1—排气管；2—止浆片；3—排气槽；4—灌漿主管；5—支管；6—灌漿盒；7—回漿管；8—进漿管；9—銅片；10—排水槽；11—事故灌漿管；12—排水管。

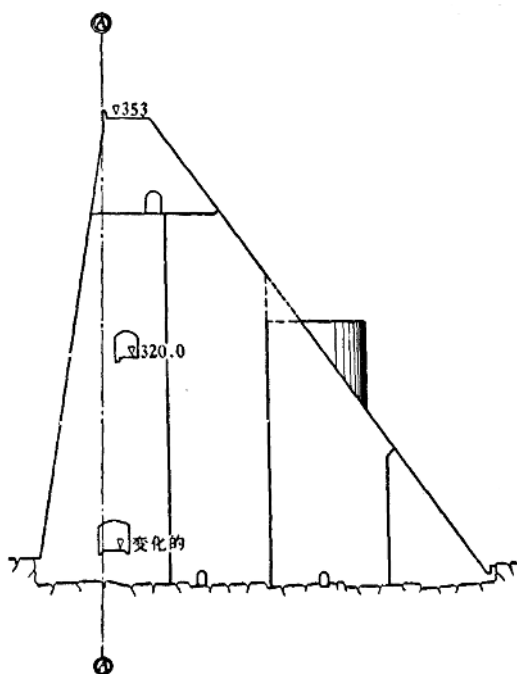


图 1-2 右岸非溢流坝段标准断面图

斜丁坝全长174米，顶部为350米高程，共分8个坝段，段长大部分为24米，设计断面形状如图1-3。

三、电站坝体

电站坝体位于电站厂房上游，为电站引水建筑物所在坝段，共分8个坝段，每段宽度为23米，每坝段又分成六排柱体。电站坝体断面形状，如图1-4。

坝体位于黄河河床深槽之内，深槽至坝顶最大高度达106米。因为基础高程差别甚大，甚至一个坝段内宽达30~35米，故为了平整建筑物基础，将几个深槽均以砌砖法的形式先期回填到262米高程左右。