

920674

高等学校教材

水利工程测量

吴子安 吴栋材

测绘出版社

SHUILI GONGCHENG CELIANG SHUILI GONGCHENG CELIANG



920674

TV22

6013

TV22
6013

高等学校教材

水利工程测量

吴子安 吴栋材

测绘出版社

内 容 简 介

本书着重讲述水利工程测量的一般理论和方法,并结合现行规范对控制网精度设计、各类工程的观测精度、放样精度等进行了比较系统的分析,为有关限差规定提出了理论依据。

本书特点是较好地体现了加强基础理论教学。

水利工程测量

吴子安 吴栋材

*

测绘出版社出版

测绘出版社印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行

*

开本 787×1092 1/16 · 印张 13 · 插页 1 · 字数 289 千字

1990 年 12 月第一版 · 1990 年 12 月第一次印刷

印数 0.001—3,000 册 · 定价 2.70 元

ISBN 7-5030-0408-8/P·143

前 言

本书为《工程测量学》(李青岳主编)在水利枢纽工程测量方面的配套参考书。一个水利枢纽工程,除了大坝、船闸、水电站、隧洞、溢洪道等水利枢纽主体建筑外,尚有水电站的配套建筑物——输电线路。除此以外,通常还有为工程服务的铁路、公路、坝后桥及其他附属企业建筑物。因此,一个水利枢纽工程几乎包含了水工建筑物、工业企业、桥隧、铁路、公路、输电线路等所有工程。考虑到《工程测量学》的配套参考书还包括有《铁路工程测量》、《工业企业建筑测量》、《隧道测量》等,所以本书在编写中重点写了与水工建筑物主体工程(大坝、船闸、水电站等)有关的测量工作。水工隧洞虽然也是水工建筑物中的主体建筑,但有关隧洞建设中的测量工作与铁路隧道大同小异,所以本书对此仅作概略介绍。

本书的编写紧密结合《水利水电工程测量规范》(规划设计阶段)和《水利水电工程施工测量规范》;在介绍我国目前生产单位的具体做法时,对一些规定的合理性进行了理论分析和探讨。本书对先进技术在水利工程测量中的应用给予了足够的重视。

本书共十章;第一、二、三、四、八章由吴栋材执笔;第五、六、七、九、十章由吴子安执笔;书稿经互相传阅后由吴子安汇总。

在本书编写过程中,一些生产单位曾提供很多有用资料,并对本书初稿提出了许多宝贵意见,在此,向这些单位的同志们表示深切感谢。

本书承测绘教材委员会组织评审;清华大学郑国忠副教授、天津大学何文吉副教授对书稿进行了初审;大连理工大学李奠国副教授对书稿作了复审;他们对书稿提出的许多宝贵意见进一步提高了书稿的质量,为此向他们致以衷心感谢。

编 者

1989年9月1日

目 录

第一章 引论	(1)
§ 1-1 水利枢纽工程的基本概念	(1)
§ 1-2 水利枢纽工程的建设过程	(5)
§ 1-3 水利工程测量的任务及其与其他学科的关系	(7)
第二章 河流开发规划时期的测量工作	(11)
§ 2-1 概述	(11)
§ 2-2 河流水面高程的测定	(12)
§ 2-3 水位换算	(15)
§ 2-4 沿河流进行水准测量的精度分析	(17)
§ 2-5 横断面测量	(19)
§ 2-6 水下地形测量	(22)
§ 2-7 纵断面图的编绘	(27)
第三章 水利枢纽工程设计阶段的工程控制网	(31)
§ 3-1 概述	(31)
§ 3-2 控制网层次及精度梯度的确定方法	(32)
§ 3-3 水利枢纽建筑区的平面控制	(34)
§ 3-4 水利枢纽建筑区的高程控制	(36)
§ 3-5 航测成图时控制点的分布与要求	(39)
§ 3-6 控制点的电算加密	(41)
第四章 水利枢纽设计阶段的测量工作	(44)
§ 4-1 概述	(44)
§ 4-2 面积量算的方法	(46)
§ 4-3 水库库容计算	(48)
§ 4-4 水库地区的测图工作	(51)
§ 4-5 水库边界线的测设	(52)
§ 4-6 水利枢纽建筑区的地形测量	(55)
§ 4-7 全站式电子速测仪测图	(57)
§ 4-8 用航测方法进行水利枢纽地区的地形测量	(60)
§ 4-9 遥感技术及其在水利工程勘测中的应用	(61)
§ 4-10 地质勘察测量.....	(63)
第五章 水利枢纽建筑区的施工控制网	(66)
§ 5-1 概述	(66)

§ 5-2	水工建筑物放样的顺序和精度要求	(67)
§ 5-3	施工控制网的布设	(69)
§ 5-4	水利枢纽施工控制网的精度设计	(70)
§ 5-5	引水隧洞施工控制网的精度设计	(75)
§ 5-6	丘陵和平原地区水利枢纽施工控制网布设示例	(79)
§ 5-7	山区水利枢纽施工控制网布设示例	(82)
§ 5-8	引水式电站施工控制网布设示例	(86)
§ 5-9	施工控制网的机助优化设计	(87)
§ 5-10	施工控制网外业工作的特点	(89)
§ 5-11	水利枢纽地区的高程控制网	(92)
第六章	水工建筑物的施工放样	(94)
§ 6-1	放样方法概述	(94)
§ 6-2	基坑开挖施工测量	(94)
§ 6-3	混凝土重力坝的立模放样	(98)
§ 6-4	混凝土拱坝的立模放样	(100)
§ 6-5	水工隧洞施工测量	(104)
§ 6-6	机械设备安装测量	(108)
§ 6-7	放样方法的选择	(111)
§ 6-8	施工验收和竣工测量	(112)
第七章	放样工作的精度分析	(115)
§ 7-1	概述	(115)
§ 7-2	极坐标法与直角坐标法的精度分析	(118)
§ 7-3	方向线与轴线交会法的精度分析	(120)
§ 7-4	前方交会法放样的精度分析	(122)
§ 7-5	后方交会法放样的精度分析	(123)
第八章	水工建筑物的垂直位移观测	(126)
§ 8-1	概述	(126)
§ 8-2	垂直位移观测的布置方案	(129)
§ 8-3	垂直位移观测的标志构造和埋设	(132)
§ 8-4	垂直位移观测	(136)
§ 8-5	大坝倾斜观测	(140)
§ 8-6	地面摄影测量在变形观测中的应用	(143)
第九章	水工建筑物的水平位移观测	(148)
§ 9-1	水平位移观测的布置方案	(148)
§ 9-2	视准线法测定水平位移	(150)
§ 9-3	激光准直法测定水平位移	(153)
§ 9-4	坝顶水平位移观测中削弱旁折光影响的措施	(157)

§ 9-5	引张线法测定水平位移	(160)
§ 9-6	导线测量法测定拱坝位移	(163)
§ 9-7	前方交会法测定大坝水平位移	(168)
§ 9-8	工作基点位移的检查及其对变形值的影响	(170)
§ 9-9	正垂线与挠度观测	(172)
§ 9-10	裂缝观测	(175)
第十章	变形观测的成果整理	(177)
§ 10-1	概述	(177)
§ 10-2	观测资料的逻辑分析	(177)
§ 10-3	观测资料的整编	(180)
§ 10-4	变形值的成因分析	(183)
§ 10-5	一元线性回归分析	(184)
§ 10-6	回归方程的显著性检验	(187)
§ 10-7	多元线性回归分析	(191)
§ 10-8	逐步回归计算概述	(193)

第一章 引 论

§ 1-1 水利枢纽工程的基本概念

我国幅员辽阔,河川纵横,湖泊星罗棋布,蕴藏着极为丰富的水利资源。据统计,全国大小河流的总长度约为 42 万公里,大小湖泊 2000 多个,年平均径流总量为 2.8 万亿立方米,居世界第六位。除台湾省外,水力资源的总蕴藏量为 6.8 亿千瓦,可开发量为 3.8 亿千瓦,均占世界首位。除了内陆河川的水力资源外,曲折蜿蜒数千里的海岸线也蕴藏着大量的潮汐资源。由于水资源在地区、年际和年内分配的不均匀性,使得自然来水和希望用水之间不相适应,形成枯水季节出现干旱,洪水季节又因水量过多而发生洪涝灾害。解决这种矛盾的根本措施是修建水利工程,以除水害、兴水利。

水利工程按修建的目的和作用,一般有如下几类:

1. 水力发电工程——利用河水流量和落差兴建水力发电的工程;
2. 治河防洪工程——用以消除洪水灾害、治理河道而兴建的工程;
3. 农田水利工程——为农田灌溉、排水和改良土壤而修建的工程;
4. 交通运输工程和供水工程——通过修建码头、船闸、输水道、渠道供交通运输,以及城市工业居民用水的工程。

上述各种类型的工程都必须修建各种相应的水工建筑物以控制和支配水流。这些水工建筑物的综合体常称之为水利枢纽。按其任务不同,它所包括的水工建筑物也不相同。按建筑物的作用,一般可分为如下几类:

1. 挡水建筑物:挡水建筑物一般是指蓄水坝,它们的作用是拦截江河水流,使其上游形成水库。根据挡水建筑物的建筑材料和结构,可以分为土石坝、重力坝、拱坝和支墩坝。

图 1-1 是一种最典型的土石坝,它用土石材料建筑而成,一般由坝身、防渗体(心墙)、排水设备、护坡等组成。

重力坝如图 1-2 所示。它是依靠坝身自重来维持稳定的坝型。它的特点是利用坝体与地基之间的摩擦力来达到坝身的稳定。重力坝的建筑材料为混凝土或浆砌块石。其基本剖面呈三角形,上游面为铅直面或稍向上游倾斜,坝底与基岩固连。重力坝一般为直线型,其轴线在水平面上为直线。根据河床地形、地质以及施工需

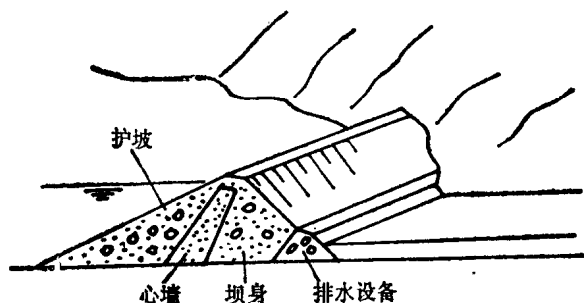
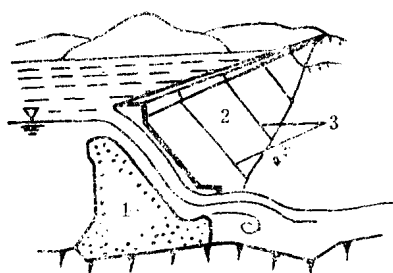


图 1-1



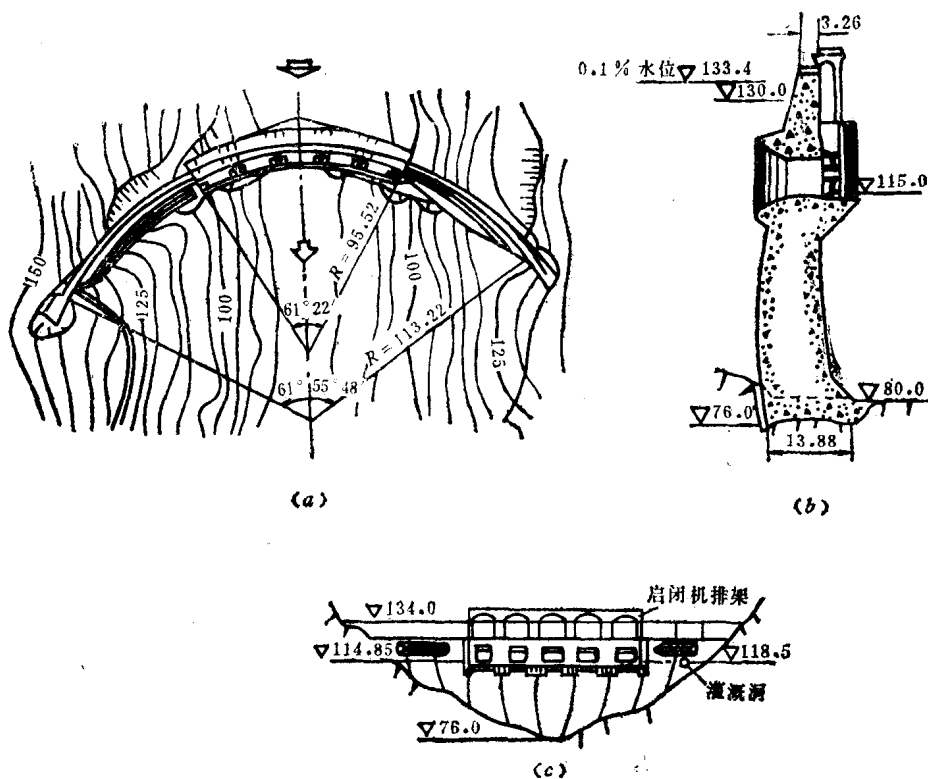
1、溢流坝段；2、非溢流坝段；3、横缝

图 1-2 重力坝

要，沿轴线每隔一定距离将整座大坝分成若干个独立工作的坝段；如图 1-2 中的溢流坝段，非溢流坝段。

拱坝如图 1-3 所示，它是一种空间壳体结构，在平面上呈圆拱形，并凸向上游，两端支承在河岸的基岩上。坝体承受的上游水体荷载，一部分通过拱的作用传递到两岸基岩，另一部分通过垂直梁的作用传递到坝底基岩。因此拱坝坝体的稳定性不是依靠坝体的自重来维持，而是依靠两岸拱端的反作用力。拱坝一般建造在两岸陡峻的 V 形河谷。

按坝体的拱弧半径和中心角通常可区分为：等半径式拱坝、变半径式拱坝和定角式拱坝。



(a)平面图； (b)拱冠剖面图； (c)下游立视图

图 1-3 拱坝 单位：m

支墩坝是由一系列沿坝轴线排列的支墩和支墩前面起挡水作用的盖板组成。上游水库的水压力由盖板传递给支墩，再由支墩传递给地基。按它的结构可以分为平板支墩坝、大头坝、连拱坝（图 1-4）平板坝的盖板为平面，它支于支墩上，盖板和支墩都是钢筋混凝土结构；大头坝不设盖板，直接将支墩上游部分扩大形成大头并互相贴紧；连拱坝的盖板由一系列拱筒组成，并与支墩连成接一个整体。

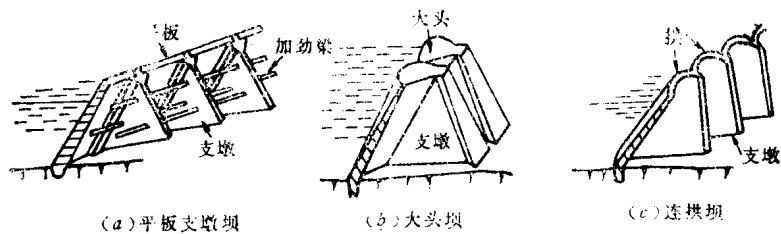
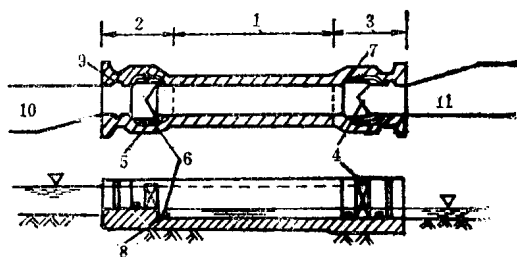


图 1-4 支墩坝的类型

2. 泄水建筑物：泄水建筑物是用来渲泄设计库容所不能容纳的洪水，或者为了建筑物的安全和检修工作的需要而放空水库，以保证大坝或其他建筑物的安全。按泄水建筑物在水利枢纽中的位置，它们可以是与大坝坝体连接在一起的各种溢流坝（图1-2）、泄水闸；也可以是坝体以外的岸边溢洪道或泄水隧洞。

3. 通航建筑物：在河道上建坝之后，上下游形成了水位差，为了保证船只的正常通行，需要修建通航建筑物。最常见的通航建筑物有船闸和升船机。船闸是利用水力将船只浮送过大坝，通过能力大；升船机则是利用机械力将船只升起托送过坝，它的提升高度大，但一次提升的荷载有限。



- 1—闸室；2—上闸首；3—下闸首；
- 4—闸门；5—阀门；6—输水廊道；
- 7—门宽；8—帷墙；9—检修门槽；
- 10—上游引航道；11—下游引航道

图 1-5 船闸组成示意图

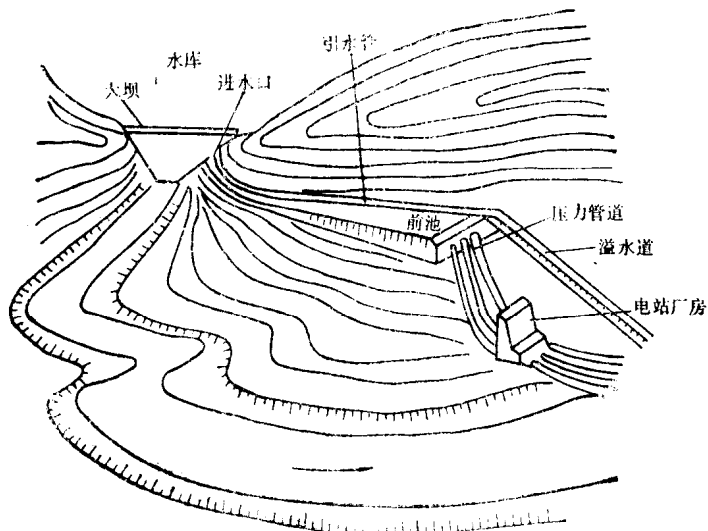


图 1-6

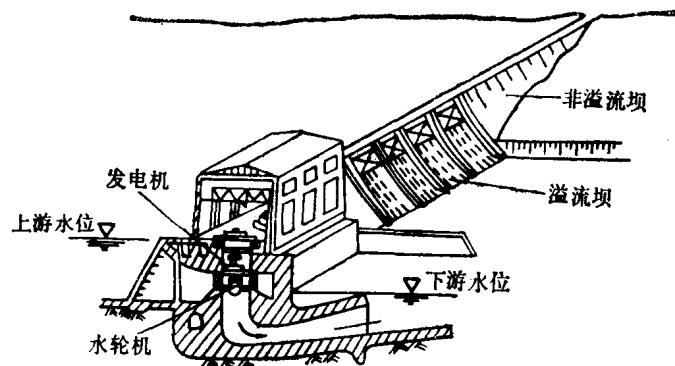


图 1-7

船闸一般由闸室、上闸首、下闸首、引航道等部分组成。按闸室的数量可分为单级船闸和多级船闸。图 1-5 为单级船闸示意图，它是通过输水廊道调节闸室水位，通过一定的程序关闭和开启上、下游的人字闸门完成船只过闸的任务。

4. 为发电而兴建的建筑物：如发电用的引水管道、压力管道、电站厂房等。按水电站的布置方式，可以分为引水式的水电站和坝后式的水电站。引水式水电站如图 1-6 所示，它由引水隧洞（或引水明渠）、压力管道、电站厂房、尾水管等部分组成。

坝后式水电站包括河床式水电站和坝后式水电站：河床式水电站的厂房一般作为一个坝段布置在水利枢纽的某一部位，图 1-7 为河床式水电站布置示意图。这种类型的水电站

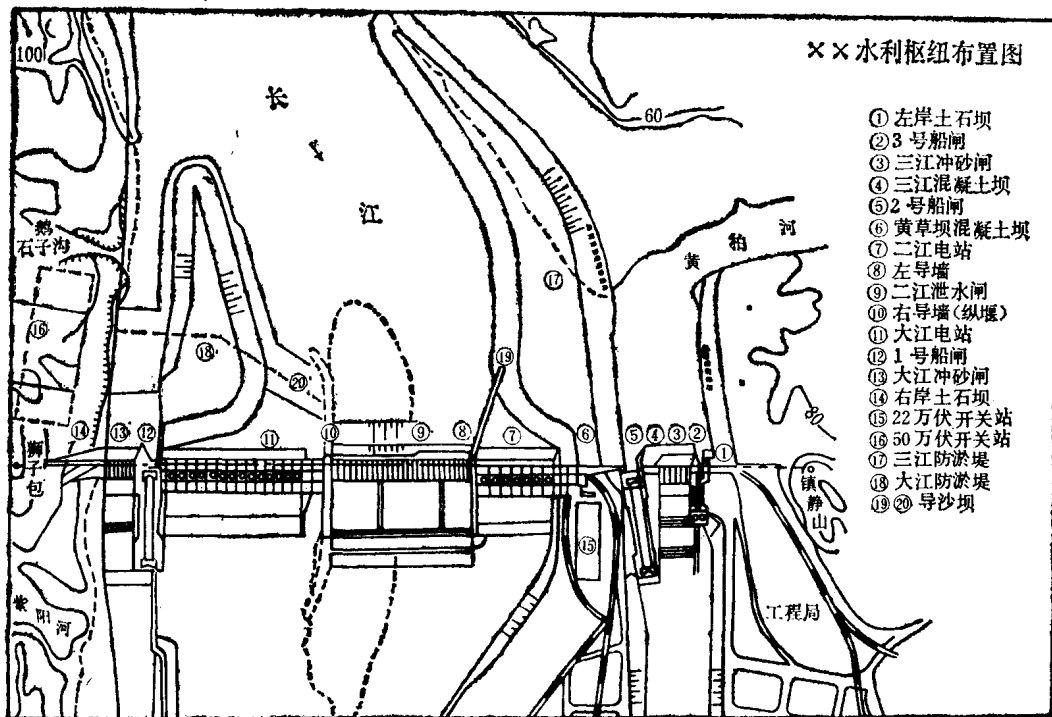


图 1-8

一般适用于低水头发电。坝后式发电站一般布置在拦河大坝的后面，多适用于高水头的山区水电站。

应当指出，有些水工建筑物的功能并非是单一的，它们有时兼有多种用途，如图 1-8 中的泄水闸，既是泄水建筑物，又是挡水建筑物。

根据开发水流、综合利用水利资源的原则，一个水利枢纽往往要满足多个水利事业部门的要求，因此，它必须包括具有各种用途的水工建筑物。例如，图 1-8 所示的水利枢纽是一个具有防洪、发电、航运、灌溉等综合效益的水利枢纽。它由泄水闸、电站厂房、船闸、土石坝等多种建筑物组成。这些建筑物按其结构特点、现场地形地质条件、工程要求等将它们布置在相应的位置，这就构成了水利枢纽的布置图。

§ 1-2 水利枢纽工程的建设过程

水利枢纽工程的建设一般分为勘测、设计、施工建造、投产运营等几个时期，各个时期的任务分别由设计单位、施工单位和运营管理单位来承担。

在进行设计工作之前，必须进行大量的勘测和调查工作。其中，勘测的主要任务是为设计提供准确而可靠的地形、地质资料。

按照综合利用水利资源的原则，根据勘测资料，首先应对某一流域（它可以是一个水系，也可以是某一河段）进行各种开发方案的综合研究，对全流域提出规划报告，确定河流的梯级开发方案，拟定其开发方式。在流域规划中应根据水利经济指标，初步确定拟建的各水利枢纽工程的防洪指标、发电站位置和装机容量等。根据国家经济建设发展的需要，选取对全流域的防洪、发电、航运、灌溉和其它任务起控制作用的水利枢纽工程作为第一期工程，对该工程进行进一步设计时要求详细勘测的范围和内容要提出相应的意见。流域规划涉及到整个流域地区，它的范围广，但进行的工作内容较为粗略。目前，我国大范围的流域规划基本完成。

一个水利枢纽工程的设计，应严格按照基本建设的程序进行；即由浅入深，由粗略到详细。目前，我国水利枢纽工程的设计一般分为以下几个阶段：可行性研究、初步设计、技术设计和施工详图。

可行性研究阶段的主要任务是论证该工程技术上的可能性、经济上的合理性及开发次序和时间上的紧迫性。在此阶段应对工程规模、经济效益和开发的经济价值、投资总额和资金来源以及技术力量等诸方面加以论证，提出可行性研究报告，报上级主管部门审批。

初步设计是在可行性研究报告被批准并已列入国家计划之后，在前一阶段工作的基础上选定合理的坝址、坝线和坝型。经过方案比较选择最优的枢纽布置方案、水库的各种特征水位，选择电站装机容量及主要机电设备。在此阶段中还应提出施工导流方法，进行施工组织设计，确定是否采用分期施工方案，提出工程总概算，阐明工程效益。对于某些大型水利枢纽还可以结合方案论证配合进行一定的科学实验。有时，还应考虑由于修建水利枢纽后，上游库区的淹没损失、滑坡、坍岸、河流冲刷与河床移动对自然地理环境、生态平衡等造成的影响及其解决办法。

技术与施工详图是在初步设计批准之后，在更精确、更详细勘测的基础上对初步设计的深化，对该枢纽建设中的重要技术问题和水利指标作出最终的确定。此阶段的主要任务是：进行建筑物的结构设计和细部结构设计、绘制各种施工详图，确定施工总体布置方案、施工方法、拟定详细的施工进度计划和施工预算，对工程中某些专门性的问题进行深入研究。

上述三个设计阶段之间的具体内容和深度是密切联系的；一般应在前一阶段的设计批准之后再进行后一阶段的设计工作。但是，由于水利枢纽工程牵涉的面广，涉及的问题多，技术复杂，因而勘测设计和施工时间长，有时为了争取时间，可以在前阶段设计被批准之前部分地着手后阶段的设计准备工作。上述各阶段的具体内容和深度也可根据不同工程的规模 and 作用进行适当的调整和增减。

在水利枢纽工程的施工建造期间，由于它们的规模和工程量大、耗资多、工程结构复杂、质量要求高，因而必须采用相应的施工程序和方法。对于河川水利枢纽工程而言，其施工程序一般包括：施工导流，基坑排水和开挖、基础处理，主体工程的施工，在土建工程完工之后进行金属结构（如发电机组、闸门等）的安装。其中，施工导流是为了使作业区域处于干燥状态，避免水下作业，而采取相应的方法将河川的水流引走。常采用的施工导流方法有：

明渠导流：如图 1-9 所示，它是利用平缓的岸坡和宽广的滩地在坝址地段开挖一条引水渠道，然后在坝址上、下游地区分别修筑两条常称之为围堰的临时挡水建筑物，以截断水流，使河水经已开挖的明渠渲泄到下游。

隧洞导流：对于山区河流，因坝区两岸陡峻，无布置明渠的施工场地，则可在其一岸开凿隧洞以代替明渠进行导流，如图 1-10 所示。

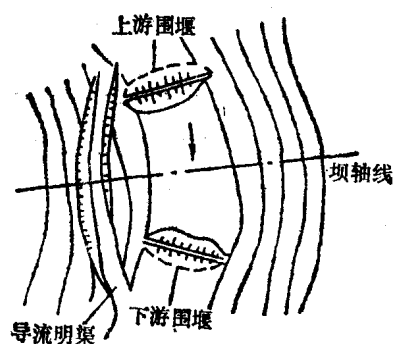


图 1-9

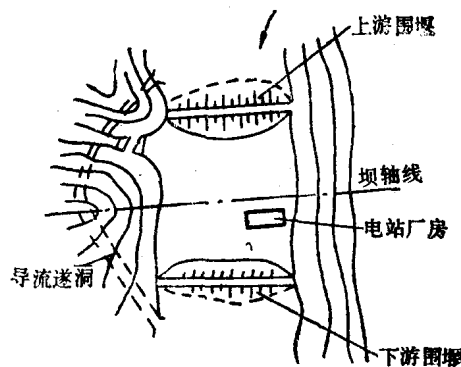


图 1-10

分段围堰法导流：对于修建在河面较宽、可将建筑物分成几段的大型水利枢纽，可用平行于水流方向的纵向围堰和垂直于水流方向的上、下游横向围堰（如图 1-11 所示），先围住河床的一部分，以拦住水流进行施工，而未被拦截的河床部分则用于渲泄水流，待已围住部分修建完工或修建到一定高度处，可拆除上、下游的横向围堰，再围住另一部分河床，这时，水流可从已修建的部分通过。待全部工程完工后，再拆除该部分的上、下游

围堰。

大型水利枢纽主体工程各建筑物的施工，一般采用分段（坝段）、分块、分层的施工方法，逐块、逐层按设计尺寸和形状进行立模、捆扎钢筋、填筑混凝土。每一高度层填筑完毕后，再重新进行立模。这种施工方法有利于保证施工工作有条不紊地进行，使建筑物各部分之间满足设计要求。

水利枢纽工程的运营管理时期，其主要任务是随时掌握工程运营中各种建筑物的工作状况，及时发现并消除隐患，通过养护和检修使建筑物经常处于良好的工作状态，确保工程建筑物的安全运营；延长工程的使用年限，充分发挥工程的综合效益。根据国民经济发展的需要，对工程进行扩建和改建，使之发挥更大效益。通过运营管理还可以进一步验证设计的正确性，提高水工建设的科学技术水平。

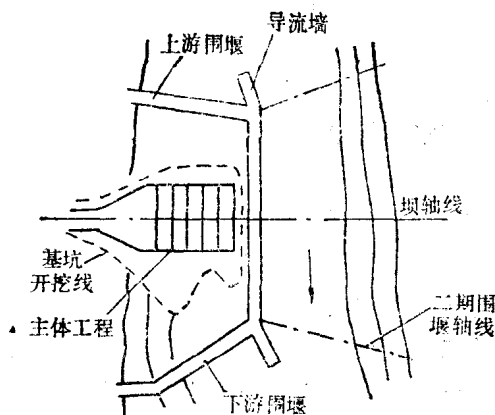


图 1-11

§ 1-3 水利工程测量的任务及其与其他学科的关系

水利工程测量是水工建设中不可缺少的一个组成部分；无论是在水利枢纽工程的勘测设计阶段，还是在施工建造阶段，以及运营管理阶段中，都要进行相应内容的测量工作。

在勘测设计阶段，测量工作的主要任务是为水工设计提供必要的地形资料和其它测量数据。随着水利枢纽工程设计阶段的不同，枢纽位置的地理地貌特点，以及建筑物规模大小等因素的影响，对地形图的比例尺要求也不相同。因而在为水利枢纽工程设计提供地形资料时，应根据具体情况确定相应的比例尺。

例如，对某一水系（或河流）进行流域规划时，其主要任务是研究该水系的开发方案，设计内容较多，涉及地区的范围广，但对其中的某些具体问题并不一定作详细的研究。为使用方便，一般要求提供大范围、小比例尺的地形图，即流域地形图。在水利枢纽的设计阶段，随着设计的逐渐深入，设计内容比较详细，因此对某些局部地区，如库区、枢纽建筑区等主体工程地区要求提供内容较详细、比例尺较大、精度要求较高的相应比例尺地形图。

由于为水利枢纽工程设计提供的地形图是一种专业性用图，它在测量精度、地形图所表示的内容等方面都有一定的特殊要求。一般来讲，与国家基本图相比，平面位置精度要求较宽，而对地形精度要求有时较严。当设计需用较大比例尺的图面，而精度要求可低于图面比例尺时，可来用实测放大图，即按小一级比例尺的精度要求施测大一级比例尺地形图。

在勘测设计阶段除了提供上述地形资料外，还应满足其它勘测工作的要求。如地质勘探工作中的各种比例尺的地形底图，联测钻孔的平面位置和高程，测定地下水位的高程；

在水文勘测工作中测定流速、流向、水深，以及提供河流的纵横断面图，此外，还需为各种专用输电线、运输线和附属企业、建筑材料场地提供各种比例尺的地形图及相应的测量资料。

在水利枢纽工程的施工期间，测量工作的主要任务是按照设计的意图，将设计图纸上的建筑物以一定的精度要求测设于实地。为此，在施工开始之前，必须建立施工控制网，以作为施工放样的依据，然后根据控制网点并结合现场条件选用适当的放样方法，将建筑物的轴线和细部测设于实地，便于施工人员进行施工安装。此外，在施工过程中，有时还要对地基及水工建筑物本身或基础进行施工中的变形观测，以了解建筑物的施工质量，并为施工期间的科研工作收集资料。在工程竣工或阶段性完工时，要进行验收和竣工测量。

一个水利枢纽通常是由多个建筑物构成的综合体。其中包括有挡水建筑物（常称为大坝），它的作用大，在它们投入运营之后，由于水压力和其它因素的影响将产生变形。为了监视其安全，便于及时维护管理，充分发挥其效益，以及为了科研的目的，都应对它们进行定期或不定期的变形观测。观测内容和项目较多，用工程测量的方法观测水工建筑物几何形状的空间变化常称之为外部变形观测。它通常包括水平位移观测、垂直位移观测、挠度观测和倾斜观测等。从外部变形观测的范围来看，不仅包括建筑物的基础、建筑物本身，还包括建筑物附近受水压力影响的部分地区。除外部变形观测之外，还要在混凝土大坝坝体内部埋设专用仪器，监视结构内部的应力、应变的变化情况，称其为内部变形观测；这种观测常由水工技术人员完成。在这一时期，测量工作的特点是精度要求高、专用仪器设备多、重复性大。

由上所述可以看出：在水利枢纽工程的建设中，测量工作大致可分为勘测阶段、施工阶段和运营管理阶段三大部分。它们在不同的时期，其工作性质、服务对象和工作内容不完全相同，但是各阶段的测量工作有时是交叉进行的，例如，在设计阶段为进行施工前的准备工作，亦着手布置施工控制网；而在施工期间，为了掌握施工质量，要测定地基回弹、基础沉陷等，这就是变形观测的一部分内容；在工程阶段性竣工或全部完工之后，要进行竣工测量、绘制竣工图等，这其中又包括了测图的工作内容。而它们所采用的测量原理和方法以及仪器又基本相同。所以我们不能将各阶段的测量工作绝对分开，应看成是一个互相联系的整体，因此，本书第二、三、四章主要介绍勘测阶段的测量工作；第五、六、七章重点叙述施工阶段的施工控制网与施工放样；最后三章则对运营管理阶段的变形观测及其数据处理进行阐述。

由上述可知，水利工程测量贯穿于水利枢纽工程建设的各个阶段，它随着水工建设事业的发展而发展。在人类社会发展的历史中，早期的水利工程多为河道的疏导，以利防洪和灌溉，其主要的测量工作是确定水位和堤坝的高度。例如，四千多年前，夏禹治水就用简单的工具进行了测量；秦代李冰父子开凿的都江堰水利枢纽工程，用一个石头人来标定水位，当水位超过石头人的肩时，下游将受到洪水的威胁；当水位低于石头人的脚背时，下游将出现干旱。用这种简陋的办法来标定水位，尽管远不如现代最简单的水尺那么精确，但它却是我国水利工程测量发展的标志。

解放以后，我国的水利工程测量从无到有，发展很快。以五十年代初期开始，我国比

较大的河流和水系都进行了勘测规划,当时,测量人员研究的内容是设计对地形图的要求以及地形图的精度等问题。为满足地形图的精度,探讨了测图控制网的合理布设方案及控制网的应有精度。随着各大中型水利枢纽的建造,为保证工程质量,必须研究建筑物施工放样的精度。结合国内外情况,提出了以2cm作为水工建筑物的放样精度要求。这与测图阶段相比较,其精度要求大为提高。为此,需要研究各类误差的分配、施工控制网的应有精度及合理布设、以及标志的构造、埋设及其稳定性,放样的方法等一系列问题。

60年代初期,水工建筑物的变形观测引起人们的极大重视,为达到监视工程安全运营之目的,要求变形观测的精度达 $\pm 1\text{mm}$,而为结合研究工作所进行的变形观测,其精度要求有时高达0.1mm,再次将测量工作的精度提高了一个数量级,而测量精度的每一次提高,都促进了测量工作的发展。为此,必须研究变形观测的专用仪器和方法。例如,引张线、激光准直仪系统和液体静力水准测量系统都相继在大坝变形观测中得到应用。由于水工建筑物的安危对人民生命财产的威胁极大,为及时了解建筑物的变化情况,对变形观测的速度提出了很高的要求,促进了变形观测工作向自动化方向发展。

70年代以来,变形观测的数据处理越来越引起人们的兴趣,在国际测量组织FIG的第六委员会(工测委员会)中,专门设有变形观测专题组,研究变形分析中的问题,交流各国变形观测的经验。

由上述可以看出,水利工程测量的发展与水利建设事业的发展休戚相关。同时,随着其他科学技术的发展,也大大地促进了水利工程测量的发展。

近几年来,测绘仪器正在向电子化和自动化方向发展,精度也在不断提高。例如瑞士Kern厂生产的高精度测距仪Mekometer ME 5000,其测程可达5km。标称精度为 $\pm (0.2\text{mm} + 1\text{ppm})$,已在高精度的变形网中用来测定边长。此外,各种类型的电子速测仪(如OPTON公司出产的Elta 2)已使测角、量边自动化,它不仅可以用来迅速地获取地形信息,并可与计算机连接进行自动绘图。在施工放样中,它们将改变传统的放样方法。迅速并准确地提供放样点位,60年代初出现激光技术后,各种激光仪器已在勘测、施工和变形观测中得到广泛应用。

在以前的测量工作中,由于计算工具的限制,有些合理的测量方案不能应用,复杂而必要的数字计算不能进行。例如,控制网的优化设计、观测成果的平差计算、变形观测的数据处理等都受到限制。现在,电子计算机已广泛用于上述有关项目之中,这不仅极大地减轻了测量人员的劳动强度,也提高了工作效率。

由于水利工程测量贯穿着水工建设的各个阶段,也就是说,它是应用测量学的原理和方法解决水工建设中的若干测量问题。例如,为工程设计提供地形资料时,就要用到地形测量学的知识;为测图、施工、变形观测布设各类型控制网时,则要用到控制测量和测量平差等知识;它们之间有着紧密的联系。随着摄影仪器的改进和摄影质量的提高,以及影像的数字化处理,摄影测量将成为我国成图的主要方法,它可为水工设计阶段提供各种比例尺的地形图。而且,地面立体摄影测量已用于测定大坝局部变形以及进行航迹、流速、流向等测量工作。近年来,遥感技术也逐渐应用于森林、土壤、地质等方面的判读,它将代替在确定淹没边界和移民范围、估算经济损失等方面繁重的外业工作。

水利工程测量是直接为水利工程建设服务的，因此水工测量人员必须具备有一定的水工知识，了解水工建筑物的类型、结构及其特点，了解它们的施工方法、施工程序。为了更好地进行施工放样，必须善于识图和读图，以便选择合适的放样方法，保证放样的精度。因此必须学好水利工程概论。

随着水工建设事业的发展及其对测量精度和速度的要求日益提高，有时，用常规的测量仪器和方法已无法满足这些要求，而必须研制一些专用的仪器和设备。因此，要求水利测量工作者能懂得一些仪器制造方面的知识，包括光学、电学和机械制造方面的知识，并为专用仪器的设计和使用提供方案。

随着空间技术的发展以及全球定位系统(GPS)精度的提高，它可以提供精密的相对定位，特别是它不要求地面控制点之间相互通视，这在水利工程测量中将发挥极大的作用，可以大量减少施工控制网中的中间过渡控制点，它也为水工建筑物的变形观测提供远离建筑物的基准点创造了条件。为了把空间技术应用到水利工程测量中来，水工测量人员应具备一定的空间测量技术方面的知识。

总之，作为一个水利工程测量人员，一定要具备有较宽广的知识面，才能适应新形势的要求，才能更好地为加速祖国四化建设作出贡献。