



普通高等教育高职高专“十二五”规划教材 水利水电类

水利工程测量

(第二版)

主编 牛志宏 吴瑞新



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



普通高等教育高职高专“十二五”规划教材 水利水电类

水利工程测量

(第二版)

主编 牛志宏 吴瑞新



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本教材是普通高等教育高职高专“十二五”规划教材。全书共分 11 章, 主要内容包
括水利工程测量的认知、高程控制测量、平面控制测量、工程地形图测绘及应用、施
工测量基本工作、水工建筑物施工测量、渠道测量、河道测量、水利工程变形观测、
GPS 测量技术在水利工程测量中的应用和测量误差基本知识。

本教材主要供水利水电建筑工程、水利工程施工、工程地质勘察、水文与水资源、
工程造价等专业使用, 也可供从事水利水电工程的专业技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

水利工程测量/牛志宏, 吴瑞新主编. —2 版. —
北京: 中国水利水电出版社, 2013. 4 (2014. 8 重印)
普通高等教育高职高专“十二五”规划教材. 水利水
电类
ISBN 978-7-5170-0751-7

I. ①水… II. ①牛…②吴… III. ①水利工程测量
—高等教育—教材 IV. ①TV221

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 068957 号

书 名	普通高等教育高职高专“十二五”规划教材 水利水电类 水利工程测量 (第二版)
作 者	主编 牛志宏 吴瑞斯
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68367658 (发行部) 北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
刷 印	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16 开本 13 印张 308 千字
版 次	2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月第 1 次印刷 2013 年 4 月第 2 版 2014 年 8 月第 2 次印刷
印 数	3001—6000 册
定 价	28.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

第二版前言

为适应高职高专教学改革发展的需要，本书基于水利水电建筑工程领域测绘项目工作过程系统化，开发与“教、学、做”一体化教学模式相匹配的教材。本教材注重结合水利水电工程行业的实际，体现行业的人才需求特点，重点突出学生职业能力的培养，按照职业教育教学的基本规律，将水利水电工程领域测绘项目的工作任务整合、序化，力求做到简明易学。在内容的编排上，主要体现了水利水电行业特色，既包含了水利水电工程领域工程测量技术岗位基本职业能力的培养内容，又包含了水工建筑物施工测量、渠道测量、河道测量、水利工程变形观测等水利水电工程领域核心职业能力培养的内容。

本教材由长江工程职业技术学院牛志宏、长江工院勘测设计院吴瑞新担任主编，全书共 11 章，分工如下：长江工程职业技术学院牛志宏编写第 1 章，福建水利电力职业技术学院徐启杨编写第 2 章，长江工院勘测设计院吴瑞新编写第 3 章，杨凌职业技术学院孙茂存编写第 4 章，沈阳农业大学高等职业技术学院谷云香编写第 5 章，长江工程职业技术学院徐健梅编写第 6 章，长江工程职业技术学院崔建彪编写第 7 章、第 8 章，华北水利水电学院水利职业学院王郑睿编写第 9 章、第 10 章，长江工程职业技术学院陈吉琴编写第 11 章。全书由牛志宏统稿，沈阳农业大学高等职业技术学院谷云香副教授主审。

本教材在编写过程中引用了大量的规范、专业文献和资料，恕未在书中一一注明，在此对有关作者表示诚挚的感谢。同时也感谢在本书编写过程中得到教务处和宋萌勃系主

第一版前言

本书是根据《全国高职高专水利水电类精品规划教材》编审会的会议精神和水利水电类专业对工程测量技术的要求,在有关学校测量教师多次研讨交流的基础上编写而成的。考虑到高职高专类学校的学生特点和具体情况,特别加强了实践实用环节的内容,力求简化理论知识的叙述。在保持教材内容系统完整的前提下,尽量考虑了水利水电类专业的特点,有针对性地安排了一些实用的章节,并简要地介绍一些新的测量技术。

本教材由长江工程职业技术学院牛志宏担任第一主编,并编写了第1章、第7章和第14章的内容,福建水利电力职业技术学院徐启杨担任第二主编,并编写了第10章和第11章的内容,广西水利电力职业技术学院蓝善勇担任第三主编,并编写了第8章和第9章的内容,长江工程职业技术学院崔建彪参加编写了第6章、第15章和第16章的内容,长江工程职业技术学院刘飞参加编写了第3章和第4章的内容,长江工程职业技术学院李丽参加编写了第5章、第12章和第13章的内容,广西水利电力职业技术学院陆鹏参加编写了第2章的内容。全书由牛志宏统一审核定稿。

长江工程职业技术学院熊德松参加了审核工作。在编写的过程中长江工程职业技术学院水利工程系主任汤能见给予了大力的支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者的业务水平有限以及时间仓促,热忱希望使用本教材的教师和读者提出宝贵意见,对书中的缺点和错误批评指正。

编者

2005年6月

目 录

第二版前言

第一版前言

第 1 章 水利工程测量的认知	1
1.1 水利工程	1
1.2 水利工程测量	5
第 2 章 高程控制测量	7
2.1 高程控制测量基本知识	7
2.2 水准仪	8
2.3 等外水准测量	13
2.4 三、四等水准测量	16
2.5 高程控制测量数据处理	20
2.6 水准测量误差分析	24
第 3 章 平面控制测量	27
3.1 平面控制测量基本知识	27
3.2 全站仪	32
3.3 导线角度测量	40
3.4 导线距离测量	44
3.5 平面控制测量数据处理	45
第 4 章 工程地形图测绘及应用	55
4.1 工程地形图基本知识	55
4.2 常规地形图测绘	68
4.3 数字地形图测绘	78
4.4 地形图应用	95
第 5 章 施工测量基本工作	111
5.1 施工测量基本知识	111
5.2 基本的测设工作	112
5.3 测设点位的基本方法	115

5.4	圆曲线的测设	118
5.5	坡度线的测设	122
第6章	水工建筑物施工测量	123
6.1	土坝施工测量	123
6.2	混凝土坝施工测量	127
6.3	水闸施工测量	133
6.4	隧洞施工测量	135
第7章	渠道测量	143
7.1	渠道测量基本知识	143
7.2	中线测量	143
7.3	纵、横断面测量	145
7.4	土方计算	149
7.5	渠道施工测量	151
第8章	河道测量	154
8.1	河道测量基本知识	154
8.2	水位测量	154
8.3	水深测量	155
8.4	河道纵、横断面测量	158
8.5	水下地形测量	161
第9章	水利工程变形观测	165
9.1	变形观测简介	165
9.2	垂直位移的观测	169
9.3	水平位移观测	174
9.4	倾斜观测和裂缝观测	178
9.5	挠度观测	181
第10章	GPS测量技术在水利工程测量中的应用	183
10.1	GPS测量技术概述	183
10.2	用GPS测量技术建立工程控制网	186
10.3	GPS测量技术在其他水利工程中的应用	189
第11章	测量误差基本知识	192
11.1	测量误差的来源及其分类	192
11.2	精度评定指标	195
11.3	误差传播律	197
	参考文献	199

5.4	圆曲线的测设	118
5.5	坡度线的测设	122
第 6 章	水工建筑物施工测量	123
6.1	土坝施工测量	123
6.2	混凝土坝施工测量	127
6.3	水闸施工测量	133
6.4	隧洞施工测量	135
第 7 章	渠道测量	143
7.1	渠道测量基本知识	143
7.2	中线测量	143
7.3	纵、横断面测量	145
7.4	土方计算	149
7.5	渠道施工测量	151
第 8 章	河道测量	154
8.1	河道测量基本知识	154
8.2	水位测量	154
8.3	水深测量	155
8.4	河道纵、横断面测量	158
8.5	水下地形测量	161
第 9 章	水利工程变形观测	165
9.1	变形观测简介	165
9.2	垂直位移的观测	169
9.3	水平位移观测	174
9.4	倾斜观测和裂缝观测	178
9.5	挠度观测	181
第 10 章	GPS 测量技术在水利工程测量中的应用	183
10.1	GPS 测量技术概述	183
10.2	用 GPS 测量技术建立工程控制网	186
10.3	GPS 测量技术在其他水利工程中的应用	189
第 11 章	测量误差基本知识	192
11.1	测量误差的来源及其分类	192
11.2	精度评定指标	195
11.3	误差传播律	197
	参考文献	199

第 1 章 水利工程测量的认知

1.1 水 利 工 程

1.1.1 水资源

水对人类社会的产生和发展起到了巨大的作用。所以人们认识到，水是人类赖以生存和发展的最基本的生产、生活资料。水是一种不可或缺、不可替代的自然资源；水是一种可再生的有限的宝贵资源。

广义上的水资源，是指地球上所有能直接利用或间接利用的各种水及水中物质，包括海洋水、极地冰盖的水、河流湖泊的水、地下及土壤水。其总储量达 13.86 亿 km^3 ，其中海洋水约占 97.47%。目前，这部分高含盐量的咸水，还很难直接用于工农业生产。

陆地淡水存储量约为 0.35 亿 km^3 ，而能直接利用的淡水只有 0.1065 亿 km^3 ，这部分水资源常称为狭义的水资源。

一般来讲，当前可供利用或可能被利用，且有一定数量和可用质量，并在某一地区能够长期满足某种用途的并可循环再生的水源，称为水资源。

水资源是实现社会与经济可持续发展的重要物质基础。随着科学技术的进步和社会的发展，可利用的水资源范围将逐步扩大，水资源的数量也可能会逐渐增加。但是，其数量还是很有限的。同时，伴随人口增长和人类生活水平的提高，随着工农业生产的发展，对水资源的需求会越来越多，再加上水质污染和不合理开发利用，使水资源日渐贫乏，水资源紧缺现象也会愈加突出。

1.1.2 水利工程与水工建筑物

水利工程，是指对自然界的地表水和地下水进行控制和调配，以达到除水害和兴水利目的而修建的工程。一个水利工程项目，常由多个不同功能的建筑物组成，这些建筑物统称水工建筑物。而由不同作用的水工建筑物组成的协同运行的工程综合群体，称为水利枢纽。

1. 水利工程的分类

水利工程一般按照它所承担的任务进行分类，如防洪治河工程、农田水利工程、水力发电工程、供水工程、排水工程、水运工程、渔业工程等。一个工程如果具有多种任务，则称为综合利用工程。

水利枢纽常按其主要作用，可分为蓄水枢纽、发电枢纽、引水枢纽等。

蓄水枢纽是在河道来水年际、年内变化较大，不能满足下游防洪、灌溉、引水等用水要求时，通过修建大坝挡水，利用水库拦洪蓄水，用于枯水期灌溉、城镇引水等。

发电枢纽是以发电为水库的主要任务，利用河道中丰富的水量和水库形成的落差，安装水力发电机组，将水能转变为电能。



引水枢纽是在天然河道来水量或河水位较低不能满足引水需要时，在河道上修建较低的拦河闸（坝）等水工建筑物，来调节水位和流量，以保证引水的质量和数量。

2. 水工建筑物的分类

水工建筑物按其作用可分为以下几种：

(1) 挡水建筑物。用以拦截江河水流，抬高上游水位以形成水库，如各种坝、闸等。

(2) 泄水建筑物。用于洪水期河道入库洪量超过水库调蓄能力时，宣泄多余的洪水，以保证大坝及有关建筑物的安全，如溢洪道、泄洪洞、泄水孔等。

(3) 输水建筑物。用于满足发电、供水和灌溉的需求，从上游向下游输送水量，如输水渠道、引水管道、水工隧洞、渡槽、倒虹吸管等。

(4) 取水建筑物。一般布置在输水系统的首部，用于控制水位、引入水量或人为提高水头，如进水闸、扬水泵站等。

(5) 河道整治建筑物。用于改善河道的水流条件，防治河道冲击变形及险工的整治，如顺坝、导流堤、丁坝、潜坝、护岸等。

(6) 专门建筑物。为水力发电、过坝、量水而专门修建的建筑物，如调压室、电站厂房、船闸、升船机、筏道、鱼道、各种量水堰等。

需要指出的是，有些建筑物的作用并非单一，在不同的状况下有不同的功能。例如，拦河闸，既可挡水又可泄水；泄洪洞，既可泄洪又可引水。

1.1.3 水利工程建设程序

按照我国《水利工程建设项目管理规定》（水利部水建 [1995] 128 号令），水利工程建设程序一般分为项目建议书、可行性研究报告、设计阶段、施工准备（包括招标设计）、建设实施、生产准备、竣工验收、后评价等阶段。其主要阶段及各阶段的步骤见图 1-1。

1. 项目建议书

项目建议书应根据国民经济和社会发展规划、流域及区域总体规划，按照国家产业政策和国家有关投资建设方针进行编制，是对拟进行建设项目的初步说明。

项目建议书应按照《水利水电工程项目建议书编制暂行规定》编制。项目建议书编制一般由政府委托有相应资格的工程咨询、设计单位承担，并按国家现行规定权限向主管部门申报审批。项目建议书被批准后，由政府向社会公布，若有投资建设意向，应及时组建项目法人筹备机构，按相关要求展开工作。

2. 可行性研究报告

可行性研究报告，由项目法人组织编制。经过批准的可行性研究报告，是项目决策和进行初步设计的依据。

(1) 可行性研究的主要任务是根据国民经济、区域和行业规划的要求，在流域规划的基础上，通过对拟建工程的建设条件作进一步调查、勘测、分析和方案比较等工作，进而论证该工程在近期兴建的必要性、技术上的可行性及经济上的合理性。

(2) 可行性研究的工作内容和深度是：基本选定工程规模；选定坝址；初步选定基本坝型和枢纽布置方式；估算出工程总投资及总工期；对工程经济合理性和兴建必要性做出定量、定性评价。该阶段的设计工作可采用简略方法，成果必须具有一定的可靠性，以利于上级主管部门决策。

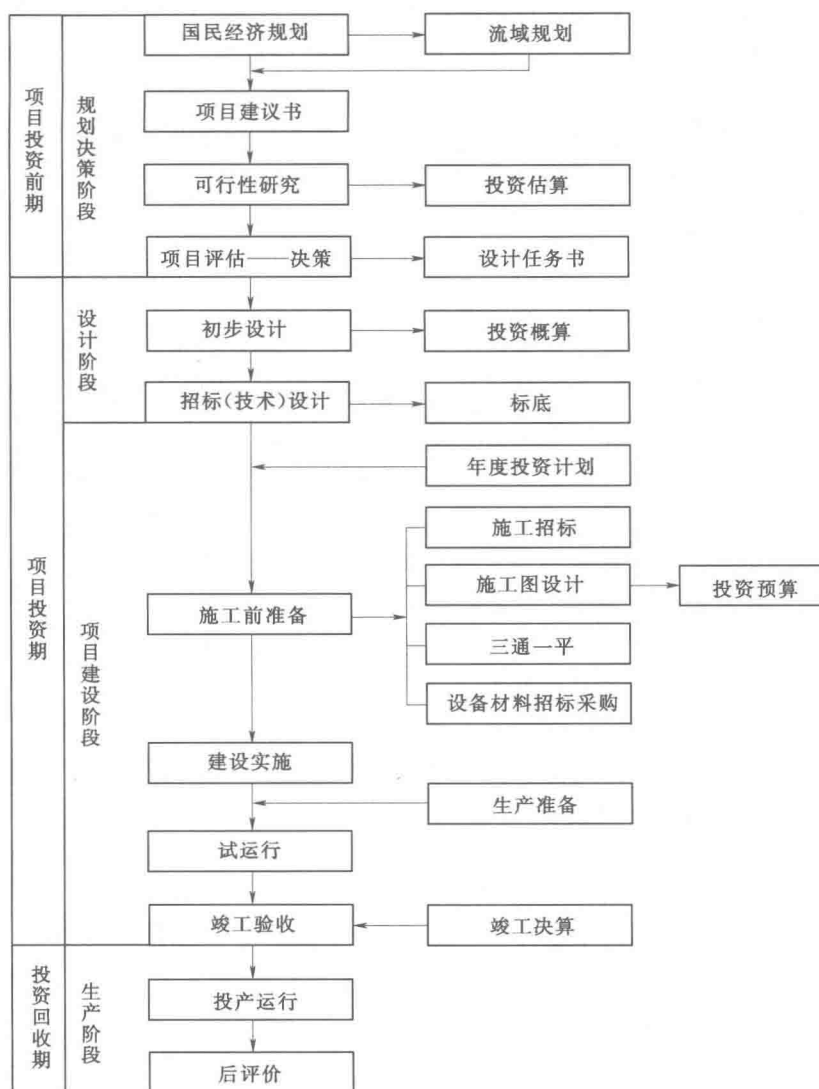


图 1-1 建设项目程序图

(3) 可行性研究报告的审批按国家现行规定的审批权限报批。申报项目可行性研究报告，必须同时提出项目法人组建方案及运行机制、资金筹措方案、资金结构及回收资金的办法，并依照有关规定附具有管辖权的水行政主管部门或流域机构签署的规划同意书、对取水许可预申请的书面审查意见。审批部门要委托有项目相应资格的工程咨询机构对可行性研究报告进行评估，并综合行业归口主管部门、投资机构等方面的意见进行审批。

项目的可行性报告批准后，应正式成立项目法人，并按项目法人责任制实行项目管理。

3. 设计阶段

(1) 初步设计应根据已批准的可行性研究报告和必要的设计基础资料，对设计对象进行通盘研究，确定建筑物的等级；选定合理的坝址、枢纽总体布置、主要建筑物型式和控



制性尺寸；选择水库的各种特征水位；选择电站的装机容量，电气主接线方式及主要机电设备；提出水库移民安置规划；选择施工导流方案和进行施工组织设计；编制项目的总概算。

初步设计报告应按照《水利水电工程初步设计报告编制规程》的有关规定编制。初步设计文件报批前，应由项目法人委托有关专家进行咨询，设计单位根据咨询论证意见，对初步设计文件进行补充、修改、优化。初步设计按国家现行规定权限向主管部门申报审批。经批准后的初步设计文件主要内容不得随意修改、变更，并作为项目建设实施的技术文件基础。如有重要修改、变更，须经原审批机关复审同意。

(2) 技术设计或招标设计。对重要的或技术条件复杂的大型工程，在初步设计和施工详图设计之间增加技术设计。其主要任务是：在深入细致地调查、勘测和试验研究的基础上，全面加深初步设计的工作，解决初步设计尚未解决或未完善的具体问题，确定或改进技术方案，编制修正概算。技术设计的项目内容同初步设计，只是更为深入、详尽。审批后的技术设计文件和修正概算是建设工程拨款和施工详图设计的依据。

(3) 施工详图设计。该阶段的主要任务是：以经过批准的初步设计或技术设计为依据，最后确定地基开挖、地基处理方案，进行细节措施设计；对各建筑物进行结构及细部构造设计，并绘制施工详图；进行施工总体布置及确定施工方法；编制施工进度计划和施工预算等。施工详图预算是工程承包及工程结算的依据。

4. 施工准备

(1) 项目在主体工程开工之前，必须完成各项施工准备工作，其主要内容包括：施工现场的征地、移民、拆迁；完成施工用水、用电、通信、道路和场地平整等工程；建生产、生活必需的临时建筑工程；组织监理、施工、设备和物资采购招标等工作；择优确定建设监理单位和施工承包队伍。

(2) 工程项目必须满足以下条件施工准备方可进行：初步设计已经批准；项目法人已经成立；项目已列入国家或地方水利建设投资计划，筹资方案已经确定；有关土地使用权已经批准；已办理报建手续。

5. 建设实施

建设实施阶段是指主体工程的建设实施，项目法人按照批准的建设文件，组织工程建设，保证项目建设目标的实现。

(1) 项目法人或其代理机构必须按审批权限，向主管部门提出主体工程开工申请报告，经批准后，主体工程方能正式开工。主体工程开工须具备的条件是：前期工程各阶段文件已按规定批准，施工详图设计可以满足初期主体工程施工需要；工程项目建设资金已落实；主体工程已决标并签订工程承包合同；现场施工准备和征地移民等建设外部条件能够满足主体工程开工需要。

(2) 按市场经济机制，实行项目法人责任制，主体工程开工还须具备以下条件：项目法人要充分授权监理工程师，使之能独立负责项目的建设工期、质量、投资的控制和现场施工的组织协调。要按照“政府监督、项目法人负责、社会监理、企业保证”的要求，建立健全质量管理体系。重大建设项目，还必须设立项目质量监督站，行使政府对项目建设的监督职能。

水利工程的兴建必须遵循先勘测、后设计，在做好充分准备的条件下，再施工的建设程序；否则，就很可能设计失误，造成巨大经济损失，乃至灾难性的后果。

6. 生产准备

生产准备应根据不同工程类型的要求确定，一般应包括以下主要内容：

(1) 生产组织准备。建立生产经营的管理机构及相应管理制度；招收和培训人员。按生产运营的要求，配备生产管理人员。

(2) 生产技术准备。其主要包括技术资料的汇总、运行技术方案的制定、岗位操作规程制定和新技术准备。

(3) 生产物资准备。其主要是落实投产运营所需要的原材料、协作产品、工器具、备品备件和其他协作配合条件的准备。

(4) 运营销售准备。及时具体落实产品销售协议的签订，提高生产经营效益，为偿还债务和资产的保值增值创造条件。

7. 竣工验收

竣工验收是工程完成建设目标的标志，是全面考核基本建设成果、检验设计和工程质量的重要步骤。竣工验收合格的项目即从基本建设转入生产或使用。

(1) 当建设项目的建设内容全部完成，并经过单位工程验收、完成竣工报告、竣工决算等文件后，项目法人向主管部门提出申请，根据相关验收规程组织竣工验收。

(2) 竣工决算编制完成后，须由审计机关组织竣工审计，其审计报告作为竣工验收的基本资料。另外，工程规模较大、技术较复杂的建设项目可先进行初步验收。

8. 后评价

建设项目经过1~2年生产运营后，进行系统评价称后评价。其主要内容包括：①影响评价，项目投产后对政治、经济、生活等方面的影响进行评价；②经济效益评价，对国民经济效益、财务效益、技术进步和规模效益等进行评价；③过程评价，对项目的立项、设计、施工、建设管理、生产运营等全过程进行评价。

项目后评价一般按3个层次组织实施，即项目法人的自我评价、项目行业的评价、计划部门（或主要投资方）的评价。

项目后评价工作必须遵循客观、公正、科学的原则，做到分析合理、评价公正。通过后评价以达到肯定成绩、总结经验、研究问题、吸取教训、提出建议、改进工作的目的。

1.2 水利工程测量

1. 工程测量

测量学是研究地球形状和大小以及确定地球表面物体的空间位置，并将这些空间位置信息进行处理、储存和管理的科学和技术。以3S技术（GPS、RS、GIS）和4D产品（DLG、DOM、DRG、DEM）为代表的当代测绘成果正为未来中国数字化的建设提供坚实的保障和基础。

工程测量是测量学的重要组成部分，是为工程建设服务的，贯穿于工程建设的整个过程中，是研究工程建设在规划设计、施工和管理阶段进行测量工作的理论、技术和方法，



其任务主要有以下几个阶段：

(1) 规划设计阶段。为项目规划的实施提供各种比例尺的地形图与相关的地形数据资料和属性资料，并为施工准备期的地质勘探及水文测验提供位置及标高等。

(2) 施工阶段。经过设计论证及勘测后，项目进入施工阶段。工程测量任务首先要将所设计的工程建筑物，按施工的要求在现场标定出来，作为实地修建的依据。首先，根据工地地形、工程性质及施工计划等，建立不同形式的施工控制网，作为定线放样的基础。之后，按照施工进度需求，采用各种放样方法，将图纸上设计的内容转移到实地。

在工程收尾完工时，还要进行工程的竣工测量，作为工程日后运行期间维护、管理的主要依据。

(3) 经营管理阶段。在工程建筑物营运期间，为了了解其安全及稳定情况，确定其设计是否合理，需定期对工程建筑物位移、沉降、倾斜及摆动等实行变形观测。

2. 水利工程测量的任务和内容

水利工程测量是在水利工程规划设计、施工和运营各阶段所进行的测量工作。主要工作内容包括以下几个阶段：

(1) 规划设计阶段。为规划设计人员提供各种比例尺的地形图；编制河流纵断面图及河谷地形图；水库淹没界线测量；地质勘察测量；为河道的开发整治进行河道测量。

(2) 施工阶段。建立工程施工控制网；测设工程建筑物轴线和轮廓点，进行设备安装测量和隧洞贯通测量；测定水库淹没界线，进行工程的竣工验收测量。

(3) 运营管理阶段。水利工程建筑物在投入运营后，由于本身的自重和外力的原因，建筑物会产生变形。例如，大坝、水闸会产生位移、沉降、倾斜和挠曲等变形；码头建筑物可能出现滑移、沉降、倾斜和裂缝等变形；水库可能出现库岸崩塌，水库淤积。为了使建筑物正常运行，必须定期地对建筑物进行监视观测。

第2章 高程控制测量

测量地面点高程的测量工作，称为高程测量。高程测量是先测定地面点间的高差，然后测定已知点的高程，推算其余各点的高程。本章主要介绍等外水准测量及三、四等水准测量的施测方法和成果计算等内容。

2.1 高程控制测量基本知识

水准测量是利用水准仪提供的一条水平视线，配合竖立在地面点上的水准尺，测出两地面点之间的高差，然后根据已知点的高程和高差，推算出另一个点的高程。

2.1.1 水准测量原理

如图 2-1 所示，设已知 A 点高程为 H_A ，要测出 B 点高程 H_B ，在 A、B 两点间安置一台能提供水平视线的水准仪，并在 A、B 两点各竖立水准尺，利用水平视线分别读出 A 点水准尺上的读数 a 及 B 点水准尺上的读数 b ，则 A、B 两点间的高差为

$$h_{AB} = a - b \quad (2-1)$$

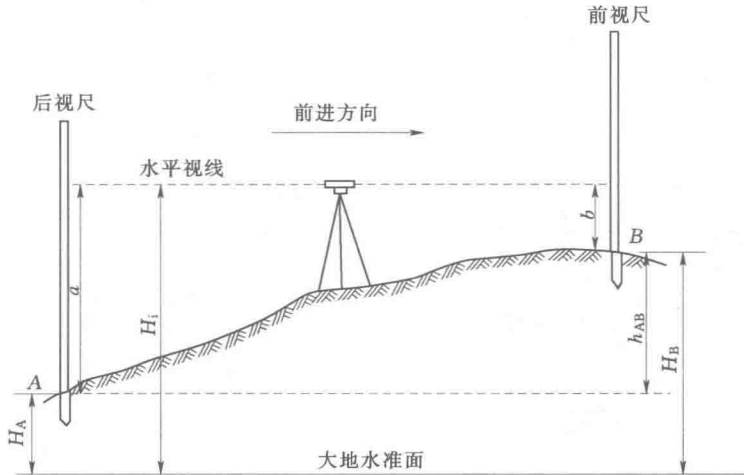


图 2-1 水准测量原理

如果测量路线是由 A 点到 B 点的前进方向，则 A 点称为后视点，B 点称为前视点， a 和 b 分别为后视读数 and 前视读数，两点间的高差就等于后视读数减去前视读数。如果 B 点高于 A 点，则高差 h_{AB} 为正；反之，高差 h_{AB} 为负。

2.1.2 高程计算

1. 高差法

如图 2-1 所示，首先通过水准仪测得 A、B 两点的高差，然后利用公式 (2-1) 根



据 A 点的高程 H_A 计算 B 点的高程 H_B ，即

$$H_B = H_A + h_{AB} = H_A + (a - b) \quad (2-2)$$

由式 (2-2) 根据高差推算待定点高程的方法叫做高差法。

2. 仪器高法

如图 2-1 所示，B 点高程 H_B 也可以通过仪器视线高程求得。由图可知，A 点的高程 H_A 加上后视读数 a 可得仪器高程（或称视线高程），用 H_i 表示，即

$$H_i = H_A + a \quad (2-3)$$

$$H_B = H_i - b \quad (2-4)$$

此法利用一个已知点的高程，就能较简单地测出数个前视点的高程，因而仪器高法在建筑施工中被广泛采用。

由上述可以看出，用水准测量测定地面点的高差时，视线水平是最重要、最基本的条件，水准仪的位置和高度可以较自由地选择，只要水准仪视线水平时能在前、后尺上读数即可。

2.2 水准仪

水准仪和水准尺是水准测量的主要仪器，按其精度可分为 $DS_{0.5}$ 、 DS_1 、 DS_3 等，其中 D、S 分别为“大地测量”和“水准仪”的汉语拼音第一个字母，数字 0.5、1、3 表示该仪器精度，即每千米往返测量高差中数的偶然中误差值，以 mm 计。本章着重介绍 DS_3 微倾式水准仪。

2.2.1 DS_3 型微倾式水准仪的构造

如图 2-2 所示， DS_3 型水准仪主要由望远镜、水准器及基座 3 个部分组成。

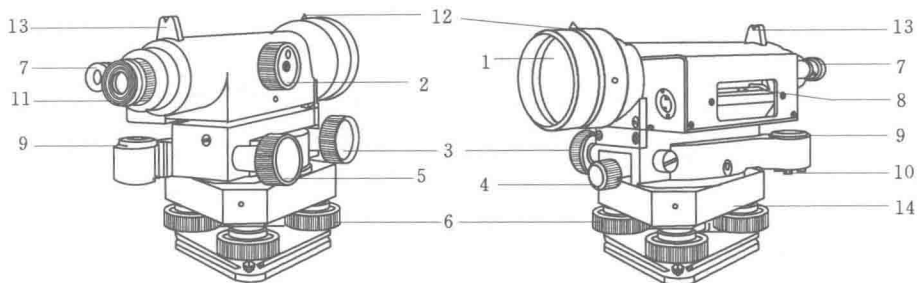


图 2-2 DS_3 型水准仪

1—物镜；2—物镜调焦螺旋；3—微动螺旋；4—制动螺旋；5—微倾螺旋；6—脚螺旋；

7—管水准气泡观察窗；8—管水准器；9—圆水准器；10—圆水准器校正螺钉；

11—目镜；12—准星；13—照门；14—基座

2.2.1.1 望远镜

望远镜是用以照准目标和对水准尺进行读数的设备。它由物镜、十字丝分划板、调焦镜、目镜等，如图 2-3 所示。镜筒外面装有准星，用来初步照准目标。目标通过物镜在望远镜内形成倒立的小物像（实像）；转动物镜调焦螺旋，对光透镜则随之前后移动，可

使物像落到十字丝平面上。再经过目镜放大作用，使物像和十字丝同时放大成虚像。放大后的虚像与眼睛直接看到的目标大小的比值，称为望远镜放大率，通常以 V 表示。放大率是鉴别望远镜质量的主要指标。DS₃ 型水准仪望远镜放大率为 30 倍。

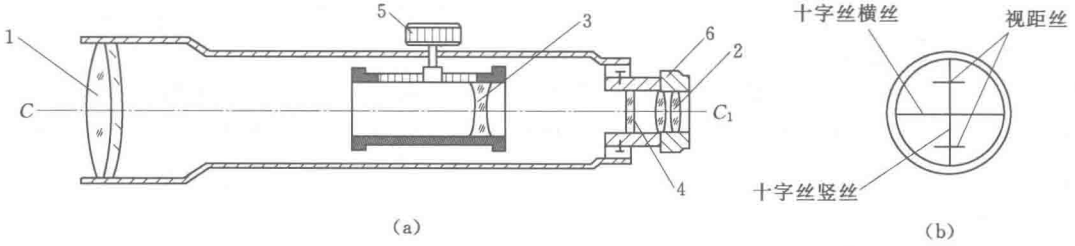


图 2-3 望远镜的构造

1—物镜；2—目镜；3—调焦透镜；4—十字丝分划板；5—物镜调焦螺旋；6—目镜调焦螺旋

十字丝分划板是用来瞄准目标和读数的，其形式一般如图 2-3 (b) 所示。十字丝分划板是一块刻有分划线的玻璃薄片，分划板上互相垂直的两条长丝称为十字丝，竖丝与横丝是用来照准目标和读数用的。在横丝的上下各有一根短丝，称为视距丝，可用来测定距离。其中十字丝的交点与物镜光心的连线，称为望远镜的视准轴，视准轴的延长线就是望远镜的观测视线。

2.2.1.2 水准器

水准器是整平仪器的器具。水准仪上通常装置有圆水准器和管水准器（简称水准管）两种。

1. 圆水准器

如图 2-4 所示，圆水准器是一个顶面内壁磨成球面的玻璃圆盒，盒内亦装有酒精或乙醚之类的液体，并留空间形成气泡。球面中央可有小圆圈，圆圈中心称为圆水准器的零点，零点与球心的连线称为圆水准器轴。当气泡中心与圆圈中心重合时，表示气泡居中；此时圆水准器轴处于铅垂位置。在圆水准器表面通过零点的各个方向上，每 2mm 弧长所对应的圆心角，称圆水准器分化值。国产 DS₃ 型水准仪的圆水准器，其分化值一般为 10'。

2. 管水准器

如图 2-5 所示，水准管的玻璃管内壁为圆弧，圆弧的中心点称为水准管的零点。通过零点与圆弧相切的切线 LL 称为水准管的水准管轴。当气泡中心与零点重合时称为气泡

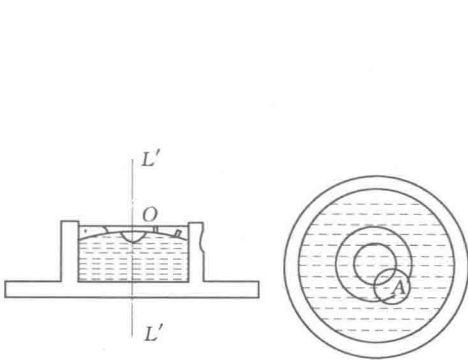


图 2-4 圆水准器

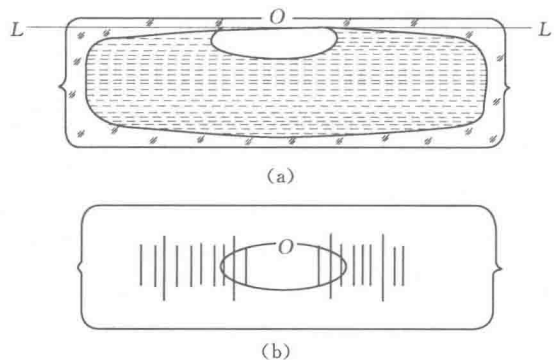


图 2-5 管水准器