

普通高等教育土木工程专业“十二五”规划教材

水利工程概论

■ 贡力 孙文 主编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

普通高等教育土木工程专业“十二五”规划教材

水利工程概论

贡力 孙文 主编

中国铁道出版社

2012年·北京

内 容 简 介

本书为普通高等教育土木工程专业“十二五”规划教材。内容包括绪论、水资源开发利用、水利工程和土工建筑物、挡水建筑物、泄水建筑物、取水和输水建筑物、水电站及水电站建筑物、农业水利工程和水土保持、防洪治河工程、水利工程施工、著名水利枢纽及大坝、水资源管理及水权制度等 12 章。

本书为水利学科水文与水资源工程、水利水电工程、农业水利工程等专业的通用教材,亦供土木工程等其他专业开设“水利工程概论”课程使用。

图书在版编目(CIP)数据

水利工程概论/贡力,孙文主编. —北京:中国
铁道出版社,2012.8
ISBN 978-7-113-14665-8

I. ①水… II. ①贡… ②孙… III. ①水利工程—
高等学校—教材 IV. ①TV

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 154968 号

书 名:水利工程概论
作 者:贡力 孙文

策 划:刘红梅 电 话:010-51873133 邮 箱:mm2005td@126.com 读者热线:400-668-0820
责任编辑:刘红梅
封面设计:冯龙彬
责任校对:焦桂荣
责任印制:李 佳

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址:<http://www.51eds.com>

印 刷:化学工业出版社印刷厂

版 次:2012年8月第1版 2012年8月第1次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:15.75 字数:392千

印 数:1~3 000册

书 号:ISBN 978-7-113-14665-8

定 价:32.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部联系调换。

电 话:市电(010)51873170,路电(021)73170(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)63549504,路电(021)73187

前 言

本书为普通高等教育土木工程专业“十二五”规划教材,为水利学科水文与水资源工程、水利水电工程、农业水利工程等专业的通用教材,供各专业开设“水利工程概论”课程使用。随着我国水利事业的发展,以前教材已不能适应教学的需要,为此,根据水利工程专业目前发展状况编写了新的《水利工程概论》教材。

本书内容包括绪论、水资源开发利用、水利工程和水工建筑物、挡水建筑物、泄水建筑物、取水和输水建筑物、水电站及水电站建筑物、农业水利工程和水土保持、防洪治河工程、水利工程施工、著名水利枢纽及大坝、水资源管理及水权制度 12 章。

本教材具有以下特点。

1. 加强水利工程和水工建筑物、挡水建筑物、水利工程施工的编写,另增加农业水利工程和水土保持的内容。

2. 教材中对国内外著名水利枢纽及大坝等进行了介绍。

3. 教材中加入许多工程实例和最新的水利工程案例。

4. 给出大量工程信息,配以一定量的图片,加强形象教学。

本书由兰州交通大学贡力和孙文主编;其中第 1、4、9、10 章由贡力编写;第 2、3、5、6、7、11 章由孙文编写;第 8 章由靳春玲编写;第 12 章由周芳红编写;全书由贡力统稿。

本书除可作为水利类本科和专科有关专业的必修课和选修课教材外,也可供水利类专业参考选用,同时还可作为管理、设计、施工、投资等单位及工程技术人员的参考书。

编者深知内容如此广泛的教材不易写,加之水平所限,错误和不足之处在所难免,敬请读者批评指正,多提宝贵意见。

编者

2012 年 6 月

目 录

1 绪 论	1
1.1 概 述	1
1.2 水利工程的分类	1
1.3 我国的水利水电建设成就	3
1.4 水利工程建设与基础学科的发展	6
思考题	11
2 水资源开发利用	12
2.1 水资源概况	12
2.2 水资源的概念与特性	22
2.3 水量资源	24
2.4 水能资源	26
2.5 水资源开发利用	29
思考题	44
3 水利工程和水工建筑物	45
3.1 水利工程的作用	45
3.2 水 库	49
3.3 水利枢纽及水工建筑物	50
3.4 水利枢纽的分等和水工建筑物的分级	53
思考题	54
4 挡水建筑物	56
4.1 重 力 坝	56
4.2 拱 坝	64
4.3 土 石 坝	69
4.4 支 墩 坝	75
4.5 橡 胶 坝	77
思考题	80
5 泄水建筑物	81
5.1 泄水建筑物的作用与分类	81
5.2 溢 洪 道	82
5.3 水 闸	91

5.4 坝身泄水孔	100
思考题	103
6 取水和输水建筑物	104
6.1 渠 首	104
6.2 水工隧洞	104
6.3 渠系建筑物	106
思考题	112
7 水电站及水电站建筑物	114
7.1 水电开发及水能利用	114
7.2 水能资源开发方式及电站的主要类型	119
7.3 水电站的机电设备	122
7.4 水电站建筑物	123
思考题	132
8 农业水利工程和水土保持	133
8.1 灌排制度与灌水技术	133
8.2 节水灌溉	136
8.3 不同类型地区的灌溉特点与要求	137
8.4 水土保持	139
思考题	141
9 防洪治河工程	142
9.1 洪水基本知识及防洪措施	142
9.2 河道整治工程	144
9.3 分(蓄、滞)洪工程	147
9.4 堤防工程	149
思考题	151
10 水利工程施工	152
10.1 概 述	152
10.2 土石坝施工	153
10.3 混凝土坝施工	164
10.4 施工导流	179
10.5 截 流	187
10.6 施工进度计划	192
思考题	196

11 著名水利枢纽及大坝	197
11.1 中国水利枢纽及大坝.....	197
11.2 国外水利枢纽及大坝.....	213
思考题.....	219
12 水资源管理及水权制度	220
12.1 水资源管理.....	220
12.2 水资源立法.....	226
12.3 水权制度.....	234
思考题.....	242
参考文献	243

1 绪 论

1.1 概 述

水对于人民生活和工农业生产来说是不可代替的,而水资源又是有限的,为了解决来水和用水之间的矛盾,开发利用水资源,采取工程和非工程措施,对天然河流进行控制和改造,以达到除害兴利的国民经济事业称为水利事业。

自然界可利用的天然径流量的缺乏及其在时间、空间上分布的不均匀性,造成枯水期面临干旱,丰水期面临洪水的局面。为防止洪水泛滥成灾、扩大灌溉面积、充分利用水能发电等,需采取各种工程措施对河流的天然径流进行控制和调节,合理使用和调配水资源。这些措施中,需修建一些工程建筑物,这些工程统称水利工程。

水利事业的首要任务是除水害,除水害主要是防止洪水泛滥和旱涝成灾,保障广大人民群众的生命财产安全。其次是利用河水发展灌溉,增加粮食产量,减少旱涝灾害对粮食安全的影响。再次是利用水力发电、城镇供水、交通运输、旅游、生态恢复和环境保护等。

1.2 水利工程的分类

水利工程是指为控制和调配自然界的地表水和地下水、达到除害兴利目的而修建的工程。可同时为防洪、供水、灌溉、发电等多种目标服务的水利工程,称为综合利用水利工程。修建水利工程,既可以在时间上重新分配水资源,做到防洪补枯,以防止洪涝灾害和发展灌溉、发电、供水、航运等事业;又可以在空间上调配水资源,使水资源与人口和耕地资源的配置趋于合理,以缓解水资源缺乏问题。

水利工程所承担的任务通常不是唯一的,而是具有多种作用和目的,其组成建筑物也是多种多样,因此水利工程也称为水利枢纽。按其承担的任务,水利工程主要可分为以下几类。

1.2.1 河道整治与防洪工程

河道整治主要是通过整治建筑物和其他措施,防止河道冲蚀、改道或淤积,使河流的外形和演变过程都能满足防洪与兴利等各方面的要求。一般防治洪水的措施是采用“上拦下排,两岸分滞”的工程体系。

“上拦”是防洪的根本措施,不仅可以有效防治洪水,而且可以综合开发利用水土资源。主要包括两个方面:一是在山地丘陵地区进行水土保持,拦截水土,有效地减少地面径流;二是在干、支流的中上游兴建水库拦蓄洪水,使下泄流量不超过下游河道的过流能力。

水库是一种重要的防洪工程。作为一种蓄水工程,水库在汛期可以拦蓄洪水,消减洪峰,保护下游地区安全,拦蓄的水流因水位抬高而获得势能并聚集形成水体,可以用来满足灌溉、发电、航运、供水和养殖等需要。

“下排”就是疏浚河道,修建堤防,提高河道的行洪能力,减轻洪水威胁。虽然这是治标的

方法,不能从根本上防治洪水。但是,在“上拦”工程没有完全控制洪水之前,筑堤防洪仍是一种重要的有效的工程措施。同时,要加强汛期堤防的防护、管理、监察等工作,确保安全。

“两岸分滞”是在河道两岸适当位置,修建分洪闸、引洪道、滞洪区等,将超过河道安全泄流量的洪水通过泄洪建筑物分流到该河道下游或其他水系,或者蓄于低洼地区(滞洪区),以保证河道两岸保护区的安全。滞洪区的规划与兴建应根据实际经济发展情况、人口因素、地理情况和国家的需要,由国家统筹安排。为了减少滞洪区的损失,必须做好通信、交通和安全措施等工作,并做好水文预报,只有在万不得已时才运用分洪措施。

1.2.2 农田水利工程

农业是国民经济的基础。通过建闸修渠等工程措施,可以形成良好的灌、排系统,调节和改变农田水利状态和地区水利条件,使之符合农业生产发展的需要。农田水利工程一般包括取水工程、输水配电工程和排水工程。

取水工程是指从河流、湖泊、地下水等水资源适时适量地引取水量用于农田灌溉的工程。在河流中引水灌溉时,取水工程一般包括抬高水位的拦河坝(闸)、控制引水的进水闸、排沙用的冲沙闸、沉沙地等。当河流流量较大、水位较高能满足引水灌溉要求时,可以不修建拦河坝(闸)。当河流水位较低又不宜于修建坝(闸)时,可以修建提灌站来提水灌溉。

输水配电工程是指将一定流量的水流输送并配置到田间的建筑物综合体,如各级固定渠道系统及渠道上的涵洞、渡槽、交通桥、分水闸等。

排水工程是指各级排水沟及沟道上的建筑物。其作用是将农田内多余水分排泄到一定范围以外,使农田水分保持适宜状态,满足通气、养料和热状况的要求,以适应农作物的正常生长。

1.2.3 水力发电工程

水力发电工程是指将具有巨大能量的水流通过水轮机转化为机械能,再通过发电机将机械能转换为电能的工程措施。

水力发电的两个基本要素是落差和流量。天然河道水流的能量消耗在摩擦、旋滚等作用中。为了能有效地利用天然河道水流的能量,需采用工程措施,修建能集中落差和调节流量的水工建筑物,使水流符合水力发电的要求。在山区常用的水能开发方式是拦河筑坝,形成水库,水库既可以调节径流又可以集中落差。在坡度很陡或有瀑布、急滩、弯道的河段,或者上游不许淹没时,可以沿河岸修建引水建筑物(渠道、隧洞)来集中落差和调节流量,开发利用水能。

1.2.4 供水和排水工程

供水是将水从天然水源中取出,经过净化、加压,用管网供给城市、工矿企业等用水部门;排水是排除工矿企业及城市废水、污水和地面雨水。城市供水对水质、水量及供水可靠性要求很高;排水必须符合国家规定的污水排放标准。

我国水资源不足,现有供、排水能力与科技和生产发展以及人民物质文化生活水平的不断提高不相适应,特别是城市供水与排水的要求愈来愈高;水质污染问题也加剧了水资源的供需矛盾,而且恶化环境,破坏生态。

1.2.5 航运工程

航运包括船运和筏运(木、竹浮运)。发展航运对物质交流、繁荣市场、促进经济和文化发

展是很重要的。它运费低廉,运输量大。内河航运有天然水道(河流、湖泊等)和人工水道(运河、河网、水库、闸化河流等)两种。

利用天然河道通航,必须进行河道疏浚、河床整治、改善河流的弯曲情况、设立航道标志等,建立稳定的航道。当河道通航深度不足时,可以通过拦河建闸、建坝抬高河道水位;或利用水库进行径流调节,改变水库下游的通航条件。人工水道是人们为了改善航运条件开挖的人工运河、河网及渠化河流,可以缩短航程,节约人力、物力、财力。人工水道除可以通航外,还有综合利用的效益,例如,运河可以作为水电站的引水道、灌溉干渠、供水的输水道等。

1.2.6 环境水利工程

一些水利专家根据多年工作实践加以理论总结,将人类水利史重新划分成与古代水利、近代水利和现代水利不同的“原始水利”、“工程水利”、“资源水利”和“环境水利”四个阶段。

(1)原始水利

原始水利是水资源开发的原始阶段,以解决人类生活生存为主要目的,主要是修堤拦洪、挖渠灌溉,但是拦洪只能拦一小部分洪水,灌溉也只能小范围灌溉。

(2)工程水利

工程水利是水资源开发的初级阶段,其活动集中在修建各类调蓄工程和配套设施,对水资源进行失控调节,实现供水管理。

(3)资源水利

资源水利是水资源开发的中级阶段,主要特征是以宏观经济为基础,通过市场机制和政府行政来合理配置、优化调度控制水资源的利用方式,限制水资源的过度需求,提倡节约用水,提高其利用率,以维持经济的持续增长。

(4)环境水利

环境水利既解决与水利工程有关的环境问题,也解决与环境有关的水利问题,在水资源的利用已接近水资源的承载力时,人类对水资源的影响和改造最为活跃,需加强水资源和水环境的保护,以保障社会经济用水需求和水资源的可持续利用。

1979年11月,我国提出从工程水利转变为环境水利、生态水利的战略思想,把水利建设的立足点放到环境水利上,以生态环境的动态评价为准则,促进当代水利科学有一个新发展。

环境工程技术是指人类基于对生态系统的认知,为实现生物多样性保护及可持续发展,所采取的以生态为基础,安全为导向,对生态系统损伤最小的可持续系统工程总称。

水利工程还包括保护和增进渔业生产的渔业水利工程;围海造田,满足工农业生产或交通运输需要的海涂围垦工程等。

1.3 我国的水利水电建设成就

1.3.1 古代水利工程建设成就

几千年来,广大劳动人民为开发水利资源,治理洪水灾害,发展农田灌溉,进行长期的大量的水利工程建设,积累了宝贵的经验,建成一批成功的水利工程。大禹用堵疏结合的办法治水获得成功,并有“三过家门而不入”的佳话流传于世。

我国古代建设的水利工程很多,下面主要介绍几个典型的工程。

1. 都江堰灌溉工程

都江堰坐落在四川省都江堰市的岷江上,是世界上历史最长的无坝引水工程。公元前 250 年,由秦国蜀郡太守李冰父子主持兴建,历经各朝代维修和管理,工程主体基本保持历史原貌;虽历经 2 000 多年的使用,至今仍是我国灌溉面积最大的灌区,灌溉面积达 70.7 万 hm^2 。

都江堰的布置如图 1.1 所示,工程巧妙地利用岷江出山口处的地形和水势,因势利导,使堤防、分水、泄洪、排沙相互依存,共为一体。孕育了举世闻名的“天府之国”。枢纽主要由鱼嘴、飞沙堰、宝瓶口、金刚堤、人字堤等组成。鱼嘴将岷江分成内江和外江,合理导流分水,并促成河床稳定。飞沙堰是内江向外江溢洪排沙的坝式建筑物,洪水期泄洪排沙,枯水期挡水,保证宝瓶口取水流量。宝瓶口形如瓶颈,是人工开凿的窄深型引水口,既能引水,又能控制水量。处于河道凹岸的下方,符合无坝取水的弯道环流原理,引水不引沙。2 000 多年来,工程发挥了极大的社会效益和经济效益,史书上记载,“水旱从人,不知饥馑,时无荒年,天下谓之天府也”。新中国成立后,对都江堰灌区进行了维修、改建,增加一些闸坝和堤防,扩大了灌区的面积,现正朝着可持续发展的特大型现代化灌区迈进。

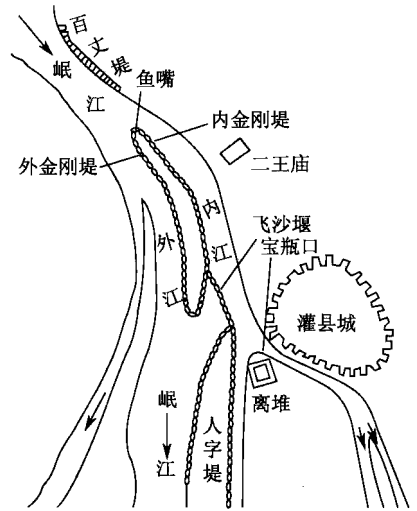


图 1.1 都江堰布置示意图

2. 灵渠

灵渠位于广西兴安县城东南,建于公元前 214 年。灵渠沟通了珠江和长江两大水系,成为当时南北航运的重要通道。灵渠由大天平、小天平、南渠、北渠等建筑物组成(图 1.2),大、小天平为高 3.9 m,长近 500 m 的拦河坝,用以抬高湘江水位,使江水流入南渠、北渠(漓江),多余洪水从大小天平顶部溢流进入湘江原河道。大小天平用鱼鳞石结构砌筑,抗冲性能好。整个工程顺势而建,至今保存完好。灵渠与都江堰一南一北,异曲同工,相互媲美。

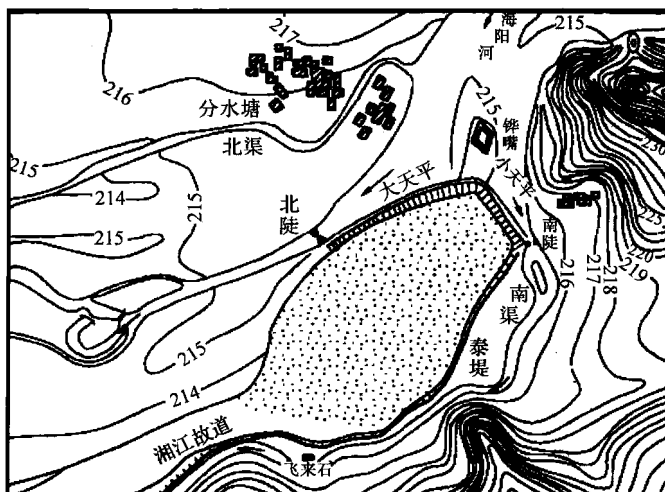


图 1.2 灵渠布置示意图

另外,还有陕西引泾水的郑国渠,安徽寿县境内的芍陂灌溉工程,引黄河水的秦渠、汉渠,河北的引漳十二渠等。这些古老的水利工程都取得过良好的社会效益和巨大的经济效益,有些工程至今仍在发挥作用。

在水能利用方面,自汉晋时期开始,劳动人民就已开始用水作为动力,带动水车、水碾、水磨等,用以浇灌农田、碾米、磨面等。但是,由于我国长期处于封建社会,特别是近代以来,遭受帝国主义、封建主义、官僚资本主义的三重剥削和压迫,贫穷、技术落后等原因,丰富的水资源没有得到较好的开发利用,而水旱灾害时常威胁着广大劳动人民的生命、财产安全。中国的水利水电事业发展非常缓慢。

1.3.2 新中国水利工程建设成就

新中国成立以来,我国的水利事业建设得到了迅猛发展,水利水电科学技术水平也得到迅速发展和提高,跨入了世界先进水平行列。

新中国成立后,水利水电建设方面取得的主要成绩有以下几个方面。

1. 整治大江大河,提高防洪能力

在大江大河中,长江是我国第一黄金水道。但是,自1921年以来,长江共发生大洪水11次,其中1931年和1954年最为严重。解放后,整治加固荆江大堤等中下游江堤3750 km,修建荆江分洪区等分洪、蓄洪工程,下游荆江段河道裁弯工程,在长江中上游的支流上修建了安康、黄龙滩、丹江口、王甫洲、东风、乌江渡、龚嘴、铜街子、五强溪、凤滩、东江、江垭、安康、古洞口、隔河岩、高坝洲、二滩等大中型工程,干流上有葛洲坝、三峡工程。三峡工程在治理长江方面起到不可替代的作用。以前,长江防洪险区为湖北枝城到湖南城陵矶长337 km的荆江大堤,其防洪能力不到10年一遇。1998年长江发生全流域的洪水后,国家进一步加大了长江堤防的投资,大大增强了长江的防洪能力,千军万马守大堤的情况将进一步减少。现在标准提高到10年一遇。再加上三峡工程的投入使用,汛期水库运用库容拦截洪水,可使荆江大堤防洪标准达到100年一遇。

黄河是中国的母亲河。但是,黄河水患更甚于长江。自公元前602年至1938年的两千多年间,黄河下游决口有543年,并多次改道。解放后,整治堤防2127 km,修建东平湖分洪工程和北金堤分(滞)洪工程,在干流上修建了龙羊峡、李家峡、刘家峡、青铜峡、盐锅峡、万家寨、天桥、三门峡、陆浑、伊河、故县(洛河)以及小浪底等工程,使干堤防洪标准提高到60年一遇。

淮河流域修建了淮北大堤、三河闸、二河闸等排洪工程和佛子岭、梅山、响洪甸、磨子潭等5332座大中小型水库,其干流标准提高到40~50年一遇。2003年,人工修建的淮河入海道的修通,为提高淮河的防汛能力起到了关键性的作用。

2. 修建了一大批大中型水电工程

新中国成立60多年来,我国水电建设迅猛发展,工程规模不断扩大。代表性的工程中,20世纪50年代有浙江新安江水电站、湖南资水柘溪水电站、甘肃黄河盐锅峡水电站、广东新丰江水电站、安徽梅山水电站等;60年代有甘肃黄河刘家峡水电站、湖北汉江丹江口水电站、河南黄河三门峡水电站等;70年代有湖北长江葛洲坝水电站、贵州乌江渡水电站、四川大渡河龚嘴水电站、湖南西水凤滩水电站、甘肃白龙江碧口水电站等;80年代有青海黄河龙羊峡水电站、河北滦河潘家口工程、吉林松花江白山水电站等;90年代有湖南沅水五强溪水电站、广西红水河岩滩水电站、湖北清江隔河岩水电站、青海黄河李家峡水电站、福建闽江水口水电站、云南澜沧江漫湾水电站、贵州乌江东风水电站、四川雅砻江二滩水电站、广西和贵州南盘江天生桥一级水电站等;21世纪有三峡水电站、小浪底水电站、大朝山水电站、棉花滩水电站、龙滩水电

站、水布垭水电站等。

3. 修建了一大批农田水利工程

著名的大型灌区有：四川都江堰灌区(70.7万 hm^2)、内蒙古河套灌区(57.43万 hm^2)、安徽淠史杭灌区(68.43万 hm^2)、宝鸡陕引渭灌区(19.54万 hm^2)、新疆(石河子)玛纳斯河灌区(20.01万 hm^2)、河南人民胜利渠灌区(3.67万 hm^2)、湖南韶山灌区(6.67万 hm^2)。

4. 对全国水资源进行普查及保护

在国务院统一安排下，各地有关部门对水资源进行了普查，取得了《水资源初步评价》、《水利区划》、《水资源综合利用》等成果，对水资源的利用和规划提供了科学依据。我国还制定了水法，为保护和合理利用水资源提供了法律依据。

5. 设计、施工水平不断提高

半个世纪以来，我国的坝工技术得到了高度发展。已建成的大坝坝型有实体重力坝、宽缝重力坝、空腹重力坝、重力拱坝、拱坝、双曲拱坝、连拱坝、平板坝、大头坝、土石坝等多种坝型，建成了大量100~150 m高度的混凝土坝和土石坝，进行了200~300 m量级的高坝的研究、设计和建设工作。

贵州乌江渡重力拱坝成功地建于岩溶地区。广东泉水薄拱坝，坝高80.0 m，厚高比仅0.114。湖北西北口水电站为我国第一座面板堆石坝(坝高95 m)。凤滩空腹重力拱坝是世界同类坝型中最高的一座。四川二滩双曲拱坝(坝高240 m)是我国目前建成的最高拱坝，居世界第九位。葛洲坝工程的三线船闸、举世闻名的三峡工程的双线五级船闸多项技术为世界领先技术，充分反映了我国坝工技术水平。

计算机的引入，使坝工建设更加科学，更加精确，更加安全。CAD技术显著降低了设计人员的劳动强度，提高了设计水平，大大缩短了设计周期。计算技术从线性问题向非线性问题发展，弹塑性理论使结构分析更符合实际，大坝计算机仿真模拟、可靠度设计理论、拱坝体形优化设计理论和智能化程序等，使大坝设计更安全、更经济、更快捷。

在泄水消能方面，我国首创了重力坝宽尾墩消能工，并进一步将其发展到与挑流、底流、屏流相结合，改善消能效果，增加单宽流量。拱坝采用多层布置、分散落点、分区消能，有效解决了狭窄河谷内大泄量消能防冲问题。此外，窄缝消能工、阶梯式溢流面消能工、异型挑坎、洞内孔板消能工等不同形式的消能工应用于不同的工程，以适应不同的地质、地形条件和枢纽布置。

施工方面，碾压混凝土坝、面板堆石坝、预裂爆破、定向爆破、喷锚支护、过水土石围堰、高压劈裂灌浆地基处理、高边坡处理、隧洞一次成型技术等新坝型、新技术、新工艺标志着我国坝工建设的发展成就。特别是葛洲坝大江截流，截流流量4400 m^3/s ，历时36 h 23 min，是我国水电建设的一大壮举。二滩水电站双曲拱坝年浇筑混凝土152万 m^3 ，月浇筑16.3万 m^3 ，达到了狭窄河谷薄拱坝混凝土浇筑的世界先进水平。

我国水利建设从重点开发开始走向系统地综合开发，例如，黄河梯级工程、三峡工程、南水北调工程等重大工程项目的计划和实施，使我国水利事业提高到一个新水平。

1.4 水利工程建设与基础学科的发展

水利工程建设的发展推动了研究利用水资源来满足国民经济发展需要和防止水害的科学发展。20世纪以来，在现代工业和科学技术迅速发展的推动下，特别是混凝土等新材料的应用以及施工机械和施工方法的进步，使水利科学进入一个新阶段。水利科学成为一门相对独

立的综合性科学,在学科体系上包括基础学科(数学、物理学、地理学等),专业基础学科(水文学、河流动力学、固体力学、土力学、岩石力学等),专业学科(水资源综合利用、水工学、河工学、灌溉与排水、水力发电、航道与港口、水土保持、城镇给排水等)。水利工程学研究的领域极广,它包括水资源及其状况和水利工程设计、施工、管理等方面的问题,是为水利工程建设服务的。

本节仅对几门专业基础学科加以说明,为读者提供学习和解决问题的引线。

1.4.1 水利工程建设与工程力学

1. 工程力学的性质、任务和内容

工程力学是研究工程结构的受力分析、承载能力的基本原理和方法的科学。工程力学是工程技术人员从事结构设计和施工必须具备的理论基础。

在水利工程建设、房屋建筑和道路桥梁等各种工程的设计和施工中都要涉及工程力学问题。为了承受一定荷载以满足各种使用要求,需要建造不同的建筑物,如水利工程中的水闸、水坝、水电站、渡槽、桥梁、隧洞等。

工程力学的研究对象是杆件结构和二维平面实体结构。任务包括:研究结构的组成规律、合理形式以及结构计算简图的合理选择;研究结构内力和变形的计算方法以便进行结构强度和刚度的验算;研究结构的稳定性。

工程实际中,建筑物的主要作用是承受荷载和传递荷载。由于荷载的作用,组成建筑物的构件产生变形,并且存在着发生破坏的可能性。而构件本身具有一定的抵抗变形和破坏的能力,这种能力称为承载能力。构件承载能力的大小与构件的材料性质、几何形状和尺寸、受力性质、构件条件和构件情况有关。构件所受的荷载与构件本身的承载能力是矛盾的两个方面。因此,在结构设计中利用力学知识,既要荷载进行分析和计算,也要对构件承载能力进行分析与计算,这种计算表现为三个方面:强度、刚度、稳定性。因为水工建筑物构件所用材料多为钢筋混凝土或混凝土,所以工程结构设计任务就是研究钢筋混凝土或混凝土结构构件的设计计算问题,根据各种钢筋混凝土或混凝土构件的受力特点,结合材料的特性,研究各类构件的强度、刚度、裂缝的计算及配筋和构造知识。

2. 工程力学在水利工程建设中的发展

工程力学在水工设计中是不可缺少的,它主要解决建筑物本身的可靠性,以及进行稳定、强度、变形校核,以确定截面尺寸及配筋和抗裂、限裂的要求。

工程力学和工程结构是在生产实践和科学实验的基础上发展起来的,我国古代劳动人民在房屋建筑、桥梁工程和水工建筑方面取得了辉煌成就。如赵州桥、都江堰水利工程等。古代的工程结构,主要是根据实践经验和估算建造的,长期的建筑实践为工程力学和工程结构的建立和发展奠定了基础,并随着社会的进步而不断改善和提高。

由于国际上岩土力学、混凝土力学、流体力学以及有关数值方法的发展,水工结构学科的力学基础有了很大的进步,为更深入地了解水工建筑物(如大坝)工作性态和破坏机理提供了研究手段。尽管我国在以往的工程实践和研究中积累了大量的理论成果和丰富的实践经验,许多技术处于世界领先水平,但我国水工结构学科的基础研究仍有待提高。

1.4.2 水利工程建设与水力学

1. 水力学的性质、任务和内容

水力学是研究以水为代表的平衡和机械运动的规律及其应用的一门学科,是力学的一个

分支,属于应用力学的范畴。

水力学在工农生产的许多部门,如农田水利、水力发电、航运、交通、建筑、石油、化工等都有应用。针对不同的专门问题,水力学学科又形成了工程水力学、计算水力学、生态环境水力学、冰水力学等。

水力学是在人类与水、旱灾害作斗争的过程中发展起来的,并随着水利工程的发展而发展,在水利水电工程建设中发挥着重要作用。

水力学所研究的基本规律分为水静力学和水动力学两大部分。水静力学研究液体在平衡或静止状态下的力学规律;水动力学研究液体在运动状态下的力学规律。利用这些规律可解决许多实际工程问题。水利工程中的水力学问题归纳起来有以下几方面。

(1)水对水工建筑物的作用力问题

确定水工建筑物,如坝身、闸门及管壁上的静水压力、动水压力以及透水地基中的渗透压力等,为分析建筑物的稳定性提供依据。静水压力是静止液体对与之相邻的接触面所作用的压力,受压面单位面积上的静水压力称为静水压强。动水压力是液体在流动时,对与之相邻的接触面所作用的压力,受压面单位面积上的动水压力称为动水压强。

(2)水工建筑物的过水能力问题

主要是研究输水和泄水建筑物以及给排水管道、渠道的过水能力,为合理确定建筑物的形式和断面尺寸提供依据。

(3)水流流动形态问题

研究和改善水流通过河渠、水工建筑物及其附近的水流形态,为合理布置建筑物,保证其正常运用和充分发挥效益提供依据。如河道、渠道、溢洪道和陡坡中的水面曲线问题。如为了确定溢洪道陡槽的边墙高度,需要推算出陡槽中的水面曲线。

(4)水能利用和水能消耗问题

分析水流能量损失规律,研究充分利用水流有效能的方式、方法和高效率消除高速水流中多余有害动能的消能防冲措施。如溢流坝、溢洪道、水闸下游的消能问题。消能就是采取一定措施,消耗下泄水流的部分动能,以减轻水流对下游河床和岸坡的冲刷作用。

(5)水工建筑物中渗流问题

如混凝土坝、土坝、水闸渗流、渠道渗漏及布设井群进行基坑排水等。渗流又可分为有压渗流和无压渗流两类。

1)有压渗流

在透水地基上修建闸、坝、河岸溢洪道等水工建筑物后,使上游水位抬高,在上下游水位差的作用下建筑物透水地基中产生渗流,这种渗流因受建筑物基础的限制,一般无自由表面,故称为有压渗流。

2)无压渗流

在很多情况下,如土坝坝身的渗流,水井的渗流等,这种渗流像地面明渠水流一样,水面可自由升高和降落,有一自由表面,水面各点的压强就是大气压强,这种渗流称为无压渗流。无压渗流的计算可以确定浸润线,为土坝设计提供依据。

当然,在实际中所遇到的水力学问题不止上述内容,需要解决的问题还很多,如掺气与气蚀,冲击波与冲击力以及江、河、湖、海水面的波浪运动以及力学模型试验等。此外,水利工程中还会遇到某些特殊水力学问题,如空蚀问题、掺气问题、挟沙水流问题以及污染扩散、冰压力等问题。

2. 水力学在水工建设中的发展

(1) 水利事业的发展带动了水力学学科的发展,水力学理论的研究和发展为水利水电工程建设发挥了重要的作用。人类在治河防洪的千百年来生产实践中不断地积累经验,使人们对水流运动的规律逐渐从不了解到了解,并逐步懂得了如何利用这些规律解决工程实际问题。由汉朝的“不与水争地”到明朝的“筑堤束水”,“以水攻砂”,从而得到“砂刷则河深”的较稳定河道断面的认识,反映了古代人民对泥沙运动认识已经有了很高水平。古代劳动人民兴建了都江堰、郑国渠等著名的水利工程,都是正确运用水流运动规律的结果。中华人民共和国成立后,我国大量的水利工程建设推动了水力学的发展和研究。我国治淮、治黄、长江规划、水力发电工程、大型灌溉工程、长江三峡等水利工程中的复杂水力学问题如大、中、小型工程的下游消能问题,高水头水工建筑物水力学问题,泥沙异重问题等的研究和解决,使水力学的研究达到一个新的水平,促进了水利事业的发展,使水工建设的水平达到新的高度。

(2) 水工建设中水工设计、规划、施工、管理都离不开水力学问题。如设计水工建筑物水闸时,只有通过水力设计,才可确定闸孔的尺寸和下游的消能防冲措施的构造、尺寸。通过对葛洲坝、三峡工程水力学问题的研究和解决,进一步提高了我国水工规划、设计、施工、管理的水平和能力。

1.4.3 水利工程建设与土力学

1. 土力学的性质、任务和内容

土力学是以力学为基础,结合土工试验来研究土的强度和变形及其规律的一门技术科学,主要任务是正确反映和预测土的力学性质,确定各类工程的土体在各种复杂环境下的变形和强度稳定性的需要。

由于土是一种复杂的多相体系,研究时要考虑各种因素对变形和稳定的影响。例如土体饱和程度的变化,物理状态的变化,渗流和孔隙压力的存在,土与结构的相互作用、温度、时间、湿度等。这就引出了土力学学科与土体的强度理论、固结理论、土压力理论、边坡理论和地基承载力理论等的关系。土力学在不同的工程领域中都有应用。如水利、交通、建筑、水运、石油、采矿、环境等。随着科学的发展,土力学的研究领域也在不断扩大,如冻土力学,岩土工程中的水文地质灾害成因、预报和防治等。它将在工程建设中解决复杂的工程问题。

土力学是利用力学知识和土工试验技术来研究土的强度、变形及规律性的一门学科。一般认为,土力学是力学的一个分支,但由于它研究的对象土是以矿物颗粒组成骨架的松散颗粒集合体,其力学性质与一般刚性或弹性固体、流体等都有所不同。因此,一般连续体的力学规律,在土力学中应结合土的特殊情况作具体应用。此外,还要用专门的土工试验技术来研究土的物理力学性质。土力学的研究内容,主要有以下几个方面。

(1) 土的物理力学性质、土工试验的基本原理和操作方法。主要包括土的物理性质及指标、力学性质及指标以及土的工程分类。土的力学性质主要是指土的抗剪强度、土的渗透性、土的压缩性及土的压实性。

(2) 土体在承受荷载和自重作用下的应力计算和应力分布,以及对周围环境的影响,土体的变形和稳定性。

(3) 建筑物设计中有关土力学内容的计算方法,包括地基承载力,土坡的稳定性,挡土结构土压力,基础设计等。

2. 土力学在水工建设中的发展

在工程建设中,特别是在水利工程建设中,土被广泛用做各种建筑物的地基、材料和周围

介质。当在土层上修建房屋、堤坝、涵闸、渡槽、桥梁等建筑物时,土被用做地基。当修建土坝、土堤和路基等土木建筑物时,土还被用做填筑材料(土料)。当在土层中修建涵洞及渠道时,土又成为建筑物的周围介质。

在工程建设中,勘测、设计、施工都与土有联系,自然就离不开土力学的基本知识。

(1) 勘测阶段

该阶段要为设计收集资料,因此首先必须根据土的多样性、复杂性特点,了解土的物理力学性质,重视土的工程地质勘探,取样和土工试验工作,充分研究土的类别、性质和状态,针对具体工程进行分析,区别利用。有许多工程在此阶段对地基或填土的基本资料分析研究得不够而造成浪费或工程事故。

(2) 设计阶段

土工建筑物设计的基本理论,有许多基于土力学的知识,如设计土坝,需要选择土料和坝型,土坝的断面形式、尺寸是否合适,坝坡能否产生滑动,土坝的坝基及下游是否产生渗透变形。又如水闸的地基是否稳定,沉降量是否过大,挡土结构在土的压力作用下是否稳定等。总之,在水工稳定性分析及结构设计中都离不开土力学的基本理论和方法。只有依据这些理论和方法,才能确定经济安全的建筑物合理形式和断面尺寸。

(3) 施工、管理运用阶段

在土坝的施工中要用碾压方法压实填土,而碾压质量控制和施工要求都与土的压实性有关。在施工中运用时要充分了解和掌握土的易变性特点,即土的性质易随外界的温度、湿度、压力等的变化而发生变化。注意加强观测,及时采取有力措施,以保证建筑物的安全。

土力学是一门既古老,又新兴的学科,由于生产的发展和生活上的需要,人类很早就已懂得广泛利用土进行工程建设。近四十年来,由于生产建设的发展和需要,土力学的领域又有了明显的扩大,如土动力学、冻土力学、海洋土力学、环境土力学、地基加固的方法与理论等。

1.4.4 水利工程建设与工程水文学

1. 工程水文学的性质、任务和内容

水文学和水资源学是水资源可持续利用的科学基础,是水利类专业技术基础课。它为水利工程设计和运行管理提供基本水文知识和水利计算方法。水文学是研究地球上水的时空分布与运动规律,并应用于水资源开发利用与保护的学科,水资源学是水文学在水文循环领域的延伸。

水文学的学习是要求学生了解水文测验的一般方法,能收集水文计算与径流调节所需的基本资料;初步掌握水文计算与径流调节的基本原理和主要方法;能从事中小型水利水电工程规划设计的水文计算及以灌溉为主的水库径流调节计算和一般调洪计算。为进行方案比较,进一步确定工程规模和运行管理提供水文依据。

地球上的降水与蒸发、水位与流量、含沙量等水文要素,在年际及年内不同时期,因受气候、下垫面、人类经济活动等因素的影响,而进行复杂的变化,这些变化的现象称为水文现象。经过对水文要素长期的观测和资料分析,发现水文现象具有不重复性、地区性和周期性等特点。

不重复性是指水文现象无论什么时候都不会完全重复出现。如河流某一年的流量变化过程,不可能与其他任何一年的流量变化过程完全一致,它们在时间上、数量上都不会完全重复出现。