



国家骨干高职院校工学结合创新成果系列教材

# 水利水电工程 施工技术

主 编 韦庆辉

主 审 陆克芬 韦英开



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn



责任编辑 韩月平 张鑫  
E-mail: hyp@waterpub.com.cn



国家骨干高职院校工学结合创新成果  
系列教材

销售分类：水利教材

ISBN 978-7-5170-1956-5



9 787517 019565 >

定价：45.00 元

国家骨干高职院校工学结合创新成果系列教材

# 水利水电工程 施工技术

主 编 韦庆辉

主 审 陆克芬 韦英开



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

## 内 容 提 要

本书共分7个项目,包括导截流工程施工、地基处理工程施工、土石方工程施工、钢筋模板工程施工、混凝土工程施工、砌体工程施工、隧洞工程施工。

本书除了作为高等职业教育水利类专业教材外,也可作为水利水电工程施工技术人员的学习参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

水利水电工程施工技术 / 韦庆辉主编. -- 北京 :  
中国水利水电出版社, 2014.5  
国家骨干高职院校工学结合创新成果系列教材  
ISBN 978-7-5170-1956-5

I. ①水… II. ①韦… III. ①水利水电工程—工程施工—  
I—高等教育—教材 IV. ①TV5

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第090334号

书 名	国家骨干高职院校工学结合创新成果系列教材 <b>水利水电工程施工技术</b>
作 者	主编 韦庆辉 主审 陆克芬 韦英开
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 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	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
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 20印张 474千字
版 次	2014年5月第1版 2014年5月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	<b>45.00元</b>

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

# 国家骨干高职院校工学结合创新成果系列教材

## 编 委 会

主 任：刘延明

副主任：黄伟军 黄 波 皮至明 汪卫星

委 员：张忠海 吴汉生 凌卫宁 陆克芬

邓海鹰 梁建和 宁爱民 黄晓东

陈炳森 方 崇 陈光会 方渝黔

况照祥 叶继新 许 昕 欧少冠

梁喜红 刘振权 陈治坤 包才华

秘 书：饶亚娟

# 前言

水利工程建设需要大量的高素质、多层次的水利水电工程施工人才，我国的高等职业教育就是要培养和造就一批适应生产、建设、管理，服务第一线的高技术应用性人才。水利水电工程施工技术是水利类专业的重要学科之一。本教材是国家骨干高职院校工学结合创新成果系列教材之一，为满足教学与生产的需求，缩短高职院校人才培养与社会实践的距离编写而成的。

本教材以水利水电工程及其有代表性的建筑物为对象，依其施工技术和组织管理特征，拟定编写大纲和编写要求。在编写过程中，吸收了水利水电工程施工技术的新理论、新方法、新设备和新工艺，参阅水利水电工程施工的相关技术规范、规程，根据国家骨干高职院校工学结合的创新要求，以项目化改造为手段，共编写了7个建设项目共30个学习任务。

参加本教材编写的人员有广西水利电力职业技术学院的韦庆辉老师、张永祥老师、韦庆华老师、张侠老师、刘俊红老师。具体分工如下：张永祥编写绪论、项目1，韦庆辉编写项目2任务2.1、任务2.2、项目3，刘俊江编写项目2任务2.3、任务2.4，韦庆华编写项目4、项目7，张侠编写项目5、项目6。

本教材由广西水利电力职业技术学院的韦庆辉主编，广西水利电力职业技术学院的陆克芬、广西北海水电勘测设计院有限公司的韦英开主审。全书由韦庆辉统稿、定稿。在拟定编写大纲、课程标准及编写要求的过程中，广西电力工业勘察设计研究院的黄汉球、广西北海水电勘测设计院有限公司的韦英开以及广西国瑞建设工程有限公司的区广强提出了宝贵的意见，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，敬请读者批评指正。

**编者**

2014年1月

# 目 录

## 前言

绪论	1
项目 1 导截流工程施工	7
任务 1.1 导流方案的选择	7
1.1.1 施工导流方法	7
1.1.2 导流建筑物	12
任务 1.2 导流方案的实施	18
1.2.1 导流建筑物的设计流量	19
1.2.2 导流时段	20
1.2.3 导流建筑物的水力计算	21
任务 1.3 截流方法	25
1.3.1 截流概述	26
1.3.2 投抛块料截流施工方法	27
1.3.3 爆破截流施工方法	28
1.3.4 下闸截流施工方法	28
任务 1.4 截流参数及截流材料的确定	29
1.4.1 截流时间和设计流量的确定	29
1.4.2 截流戗堤轴线和龙口位置的选择方法	30
1.4.3 截流泄水道的设计	31
1.4.4 截流抛投材料	32
1.4.5 截流水力计算方法	33
1.4.6 截流日期与设计流量的选定	35
1.4.7 截流最大块体选择	36
任务 1.5 基坑排水	41
1.5.1 基坑积水的排除	41
1.5.2 经常性排水	42
1.5.3 人工降低地下水位	43
任务 1.6 围堰拆除	46
1.6.1 爆破的概念	47
1.6.2 爆破的常用术语	47
1.6.3 药包及其装药量计算	49

1.6.4	爆破的分类 .....	50
1.6.5	控制爆破 .....	51
<b>项目 2</b>	<b>地基处理工程施工 .....</b>	<b>58</b>
任务 2.1	防渗墙工程施工 .....	58
2.1.1	防渗墙施工技术措施 .....	58
2.1.2	防渗墙钻孔施工作业 .....	59
2.1.3	混凝土浇筑 .....	67
任务 2.2	灌浆工程施工 .....	69
2.2.1	基岩灌浆 .....	70
2.2.2	砂砾石地层灌浆 .....	82
2.2.3	高压喷射灌浆施工 .....	85
任务 2.3	基岩锚固工程施工 .....	88
2.3.1	锚固分类 .....	90
2.3.2	预应力锚索结构 .....	91
2.3.3	锚固施工 .....	92
2.3.4	锚束的防护 .....	98
2.3.5	试验与观测 .....	98
2.3.6	质量与安全 .....	99
2.3.7	验收 .....	100
任务 2.4	桩基工程施工 .....	101
2.4.1	钻孔灌注桩 .....	102
2.4.2	钢筋混凝土预制桩 .....	109
2.4.3	振冲碎石桩 .....	114
2.4.4	振动沉管灌注桩 .....	116
2.4.5	人工挖(扩)孔灌注桩 .....	119
<b>项目 3</b>	<b>土石方工程施工 .....</b>	<b>125</b>
任务 3.1	土的工程性质和方量计算 .....	125
3.1.1	土的工程性质及工程分级 .....	126
3.1.2	土石方工程量的计算 .....	129
3.1.3	土方挖运工程施工 .....	131
任务 3.2	土石方明挖施工技术 .....	142
3.2.1	明挖施工 .....	142
3.2.2	岩基开挖施工技术 .....	147
3.2.3	岸坡开挖施工方法 .....	153
任务 3.3	土石坝工程施工作业 .....	155
3.3.1	土石坝施工程序及作业 .....	156
3.3.2	土石方开挖难点及解决措施 .....	160



3.3.3	土坝填筑与碾压施工作业	164
3.3.4	土石坝施工质量控制与检查	177
3.3.5	面板堆石坝的施工	182
<b>项目 4</b>	<b>钢筋模板工程施工</b>	<b>187</b>
任务 4.1	钢筋型号用量及加工设备的确定	189
4.1.1	钢筋分类	189
4.1.2	钢筋型号用量和加工设备的确定	191
任务 4.2	钢筋进场	193
任务 4.3	钢筋的下料计算、加工连接及代换	194
4.3.1	钢筋下料计算	194
4.3.2	钢筋加工	197
4.3.3	钢筋的连接	200
4.3.4	钢筋代换	207
任务 4.4	模板的选取	208
4.4.1	模板概述	208
4.4.2	模板的选取	210
4.4.3	其他模板	213
任务 4.5	模板的安装和拆除	217
4.5.1	模板安装	217
4.5.2	模板隔离剂	218
4.5.3	模板的拆除	219
<b>项目 5</b>	<b>混凝土工程施工</b>	<b>220</b>
任务 5.1	砂石骨料生产系统的规划	221
5.1.1	骨料的料场规划	221
5.1.2	天然砂石料开采	222
5.1.3	人工骨料采石场	223
任务 5.2	砂石骨料生产系统开采量的确定	224
5.2.1	骨料的加工过程	224
5.2.2	骨料开采量的确定	225
5.2.3	骨料生产能力的确定	226
5.2.4	天然骨料的开采设备	226
任务 5.3	骨料加工、筛分、储存	227
5.3.1	骨料加工及加工设备	228
5.3.2	骨料的堆存	232
任务 5.4	混凝土生产制备系统的确定	233
5.4.1	混凝土的配料	233
5.4.2	混凝土拌和设备及其生产能力的确定	234

5.4.3 拌和站、拌和楼及其设备容量 .....	236
任务 5.5 混凝土运输方案的确定 .....	238
5.5.1 混凝土的运输设备 .....	238
5.5.2 混凝土运输浇筑方案 .....	244
5.5.3 混凝土运输浇筑方案的选择及起重机械数量的确定 .....	250
任务 5.6 混凝土的浇筑、温控及养护 .....	252
5.6.1 混凝土的浇筑 .....	253
5.6.2 混凝土的温控 .....	259
5.6.3 混凝土的养护 .....	262
<b>项目 6 砌体工程施工</b> .....	266
任务 6.1 砖砌体砌筑 .....	266
6.1.1 砖砌体的准备工作 .....	266
6.1.2 砌筑工艺 .....	267
任务 6.2 砌石工程 .....	272
6.2.1 干砌石施工 .....	272
6.2.2 浆砌石施工 .....	275
<b>项目 7 隧洞工程施工</b> .....	281
任务 7.1 隧洞的施工程序 .....	283
7.1.1 平洞的开挖程序 .....	283
7.1.2 斜洞、竖井和斜井的开挖程序 .....	286
任务 7.2 隧洞的开挖方法 .....	287
7.2.1 钻孔爆破法 .....	287
7.2.2 掘进机开挖法 .....	296
任务 7.3 隧洞的支护 .....	298
7.3.1 新奥法与锚喷支护的原理 .....	298
7.3.2 锚喷支护及施工工艺 .....	299
任务 7.4 隧洞的衬砌与灌浆 .....	305
7.4.1 隧洞衬砌部位 .....	305
7.4.2 隧洞钢筋混凝土衬砌 .....	305
7.4.3 隧洞灌浆 .....	308
<b>参考文献</b> .....	311

# 绪 论

水利水电工程施工技术是一门理论与实践紧密结合的专业课。它是在总结国内外水利水电工程建设先进经验的基础上,从施工技术、施工机械等方面,研究水利水电建设基本规律的一门学科。

水利水电工程施工,要通过工程施工实践检验规划设计方案,使工程完建并投入运用。水利水电工程建设,可以划分为规划、设计和施工等阶段。各个阶段既有分工又有联系,施工以规划、设计的成果为依据,起着将规划和设计方案转变为工程实体的作用。在施工过程中,按照工程招标文件的技术要求及相关技术文件要求,既要实现规划设计的意图,又要根据施工条件和规程规范,综合运用与水利水电工程建设有关的技术和组织管理科学,使工程得以优质、高效、低成本地建成和投产。

## 1. 水利水电工程施工的特点

(1) 水利水电工程承担挡水、蓄水和泄水的任务,因而对稳定、承压、防渗、抗冲、耐磨、抗冻、抗裂等性能都有特殊要求,需按照水利水电工程的技术规范,采取专门的施工方法和措施,确保工程质量。

(2) 水利水电工程对地基的要求比较严格,工程又常处于地质条件比较复杂的地区和部位,地基处理不好就会留下隐患,事后难以补救,需要采取专门的措施。

(3) 水利水电工程多在河道、湖泊、沿海及其他水域施工,需根据水流的自然条件及工程建设的要求进行水上及水下作业。

(4) 水利水电工程要充分利用枯水期施工,有很强的季节性和必要的施工强度,有的工程因受气候影响还需采取温度控制措施,以确保工程质量。水利水电工程施工与社会和自然环境关系密切,因而实施工程的影响也较大,需要把握时机,合理安排计划,精心组织施工,及时解决施工中的防洪、度汛等问题,以策安全。

根据国内外水利水电建设的实践,水利水电工程施工的特点突出反映在水流控制上。水利水电工程施工常在河流上进行,受水文、气象、地形、地质等因素影响很大,不可避免地要控制水流,进行施工导流,以保证工程施工的顺利进行。在冬季、夏季或冰冻、降雪、雨天施工时,必须采用相应的措施,避免气候影响,保证施工质量和施工进度。

河流上修建的挡水建筑物,关系着下游人民生命财产的安全。工程的施工质量,不但会影响建筑物的寿命和效益,而且会影响改建和维修的费用。工程一旦失事,对国民经济及生命财产会带来不可弥补的损失。国内外的水利史上不乏有因施工质量问题而导致的一些惨痛教训,因此,水利水电工程施工必须保证施工安全与工程质量。

在河流上修建水利水电工程,常涉及许多部门的利益,如防洪、发电、航运、灌溉、工业与城市用水、环境保护等,必须全面规划、统筹兼顾,因而增加了施工的复杂性。

水利水电工程往往位于交通不便的山区,施工准备工作量大,不仅要修建场内、外交



通道路，布置施工服务的辅助企业，而且要修建办公和生活用房。因此，必须十分重视施工 1 的准备工作，使之既满足施工要求又减少工程投资。

水利水电枢纽工程常由许多单项工程组成，布置比较集中，工程量大，工种多，施工强度高，加上地形条件方面的限制，容易发生施工干扰。因此，需要统筹规划，重视现场施工的组织与管理，运用系统工程、运筹学等原理，选择施工干扰少、工期合理的优化施工方案。

在水利水电工程的施工中，土方工程、水上水下作业、地下作业以及高空作业等，常常交叉进行，对施工安全不利。因此，必须十分注意安全施工，采取有效措施，防止事故的发生。

## 2. 我国水利水电工程施工的成就与发展

在中国历史上，水利建设成就卓著，水利在中国有着重要地位和悠久历史。古代历代有为的统治者，都把兴修水利作为治国安邦的大计。传说早在奴隶社会初期，禹主持治水，平治水土，疏导江河，三过家门而不入，一直为后人所崇敬。及至春秋战国时期，中国已先后建成一些相当规模的水利水电工程，如淮河的芍陂和期思陂等蓄水灌溉工程，华北的引漳十二渠灌溉工程，沟通江淮和黄淮的邳沟和鸿沟运河工程，以及赵、魏、齐等国修建的黄河堤防工程，都是这一时期的代表性水利工程。

战国末期，秦国国力殷实，重视水利，及至统一中国，生产力更有较大发展。四川的都江堰、关中的郑国渠（郑白渠）和沟通长江与珠江水系的灵渠，被誉为秦王朝三大杰出水利工程。国家的昌盛使秦汉时期出现了兴修水利的高潮。汉武帝瓠子堵口，东汉王景治河等都是历史上的重大事件。在甘肃的河西走廊和宁夏、内蒙古的黄河河套地区，也都兴建了引水灌溉工程。

隋唐北宋五百余年间，是中国水利的鼎盛时期。社会稳定、经济繁荣，水利工程遍及全国各地，技术水平也有提高。隋朝投入巨大人力，建成了沟通长江和黄河流域的大运河，把全国广大地区通过水运联系起来，对政治、经济、文化的发展产生了深远影响。唐代除了大力维护运河的畅通，保证粮食的北运外，还在北方和南方大兴农田水利，包括关中的三白渠、浙江的它山堰等较大的工程共 250 多处。唐末以后，北方屡遭战乱，人口大量南移，使南方的农田水利迅速发展。太湖地区的圩田河网、滨海地区的海塘和御咸蓄淡工程，以及利用水力的碾、水碓等都有较大的发展。

从元明到清中期，中国水利又经历了六百年的发展。元代建都北京，开通了京杭大运河。黄河自南宋时期夺淮改道以来，河患频繁。明代大力治黄，采用“束水攻沙”，固定黄河流路，修建高家堰，形成洪泽湖水库，“蓄清御黄”保证漕运。这些措施对明清的社会安定和经济发展起了很大作用，但也为淮河水系留下严重的后患。在长江中游，强化荆江大堤，并发展洞庭湖的圩垸，促进了两湖地区的农业生产。珠江流域及东南沿海的水利建设也有很大发展。

清末民国时期，内忧外患频繁，国家无力兴修水利，以致河防失修、灌区萎缩、京杭大运河中断，水利处于衰落时期。但是海禁渐开，西方的一些科学技术传入中国，成立了海河工程专门学校等水利院校，培养水利技术人才。各地开始设立雨量站、水文站、水工试验所等，研究编制了《导淮工程计划》、《永定河治本计划》等河流规划。在这一期间也修



建了一些工程,如1912年在云南建成了石龙坝水电站,20世纪20年代修建了珠江的芦苞闸,20世纪30年代修建了永定河屈家店闸、苏北运河船闸和陕西的关中八惠灌溉工程等。但在全国范围内,水旱灾害日益严重,整治江河、兴修水利已成为广大人民的迫切要求。1949年新中国立后,水利进入飞跃发展时期。经过60多年的努力,取得了远远超过前代的成就。对黄河、淮河、海河、辽河等江河开始了全面的整治。

截至2007年底,全国整修加固堤防约20万km,修建了大、中、小型水库共8万多座,总库容4500亿 $m^3$ 。普遍提高了江河的防洪能力,初步解除了大部分江河的常遇水害,并为工农业和城市供水4700亿 $m^3$ 。农田水利方面,建成了万亩以上的灌区5300多处,配套机井250多万眼,全国灌溉面积由1949年的2.4亿亩猛增到9.51亿亩,居世界各国的首位。在不足全国耕地一半的灌溉土地上,生产出占全国产量2/3的粮食和占全国产量60%的经济作物。中国以占世界7%的耕地,基本解决了占世界22%的人口的温饱问题。全国水电装机到1987年已超过3000万kW,年发电量达1000亿 $kW \cdot h$ ,占全国总发电量的20%。全国内河航运的里程已发展到11万km,年货运量达6.6亿t。与此同时,中国水利建设的科技水平也有很大提高,在修建高坝大库、大型灌区、整治多沙河流、农田旱涝盐碱综合治理和小水电开发等许多方面已接近或达到世界先进水平。

我国水利建设在取得巨大成就的同时,也积累了许多宝贵的施工经验。几千年来,勤劳勇敢的中国人民为兴水利、防水害进行着坚持不懈的努力,修建了许多施工技术难度大的水利工程。在抗洪斗争中,创造了平堵与立堵相结合的堵口方法,取得了草土围堰等施工经验。这些伟大的水利工程和独特的施工技术,至今仍发挥作用,有力地促进我国水利水电工程建设的发展。

在水资源调配方面,兴建了一批流域控制性工程,以及跨区域调水工程,初步解决了区域水资源分布和城乡工农业用水的矛盾,缓解国民经济和社会发展用水的需要。如正在修建中的新中国成立以来投资额最大、涉及面最广的战略性工程——南水北调工程,通过跨流域的水资源合理配置,解决了黄淮海流域的水资源短缺问题,促进南北方经济、社会与人口、资源、环境的协调发展。

在水电站的建设方面,1910年建设了中国第一座240kW发电机水电站——云南石龙坝水电站。由于当时社会的不稳定,造成了新中国成立前我国的水电站建设极为缓慢。新中国成立后,修建了狮子滩、新安江、刘家峡、新丰江、六郎洞、葛洲坝、白山、东江、龙羊峡、李家峡、鲁布革、天生桥、龙滩、二滩等各种类型的大型水电站,还修建了数以万计的中、小型水电站。目前大、中型水电站装机6400多万kW,年发电量约为2080亿 $kW \cdot h$ 。大型水电站供应了工业和城市用电,支持灌溉用量。中、小型水电站供应全国1/3的县、45%国土面积和70%贫困山区的用电。我国已建成世界上最大的水利枢纽工程三峡工程水利枢纽,我国装机容量位居世界前列,在水电技术上达到国际水平,能修建各种类型、条件复杂的大型水电站。

在水工建筑物坝高方面,我国已建成水库8万多座,其中高15m以上的大坝2.4万座,占世界大坝的一半。已建成大、中型水利工程1100多座,如丹江口、新安江、刘家峡、葛洲坝、五强溪等水利工程。在建设中学习国外施工技术,并加以消化吸收、改进提高,积累了较多的经验,也开发了一些先进的施工技术,施工水平不断提高。特别是改革



开放以来,施工技术提高更快,与世界先进水平的差距逐步缩小,从90年代开始,中国建设了一系列的高坝,如2011年竣工的233m高的水布垭面板堆石坝,位列世界第一;2009年开工建设的云南万家口子水电站,电站大坝设计高度167.5m,为目前世界在建最高的碾压混凝土双曲拱坝。特别引以为豪的是中国已经成功建设了世界上最大的水利枢纽工程——三峡水利枢纽工程,它的建成标志着中国水利史上的一次重大突破和质的飞跃。

长江三峡水利枢纽工程,是中国长江上游段建设的大型水利工程项目。大坝位于三峡西陵峡内的宜昌市夷陵区三斗坪,在重庆市到湖北省宜昌市的长江干流上,并和其下游不远的葛洲坝水电站形成梯级调度电站。它是世界上规模最大的水电站,是中国也是世界上有史以来建设的最大的水坝。三峡水电站共安装32台70万kW水轮发电机组,其中左岸14台,右岸12台,右岸地下6台,另外还有2台5万kW的电源机组,总装机容量2250万kW,年发电量约1000亿kW·h。

三峡大坝为混凝土重力坝,坝长2335m,底部宽115m,顶部宽40m,坝顶高程为海拔185.00m,最大浇筑坝高181.00m,正常蓄水位海拔175.00m。大坝下游的水位约海拔66.00m,坝下通航最低水位海拔62.00m,通航船闸上、下游设计最大落差113.00m。工程主体建筑物的土石方挖填量约1.34亿 $m^3$ ,混凝土浇筑量约2794万 $m^3$ ,钢筋制作安装25.65万t,金属结构安装25.65万t,水库全长600余km,坝轴线全长2309.47m,水面平均宽度1.1km,总面积1084 $km^2$ ,总库容393亿 $m^3$ ,其中调洪库容约221.5亿 $m^3$ ,调节能力为季调节型。

三峡工程主体和导流建筑物混凝土总量达2800万 $m^3$ ,1999—2001年是混凝土施工的高峰年,年浇筑强度均在400万 $m^3$ 以上。2000年,计划浇筑混凝土540万 $m^3$ ,相应月高峰浇筑强度达50万~55万 $m^3$ ,远远超出国内外已建工程的最高水平。为了保证三峡大坝的高强度施工,业主方、设计方多年来对各种可能的施工方案和主要施工机械进行了长期的比较和研究,最后选用的是塔带机、高架门机、缆机相结合的综合机械化施工方案。塔带机是一种新型的混凝土浇筑机械,可实施从拌合楼至浇筑仓面的工厂化、连续式混凝土生产、运输、提升,直至入仓浇筑。这一方案具备高强度浇筑混凝土的显著优点。

随着我国水电建设的长足发展,水电施工技术水平得到很大的提高。在施工导流、截流方面,长江和黄河多次截流成功,其截流流量、流速和水深,以及抛投强度都达到了世界先进水平。采用的围堰型式有土石围堰、木笼围堰、草土围堰、常态混凝土围堰、碾压混凝土围堰、钢板桩围堰等十余种。最大填筑水深达60m,挡水高度愈70m,突破了在各种复杂水流和地质条件下建造围堰的技术难点,成功地解决了施工期通航问题。

土石方开挖方面,采用了预裂爆破、光面爆破、保护层一次爆破、定向爆破、水下岩石爆破等先进技术及凿裂开挖方法,明挖工程最大开挖深度达176m的岩质高边坡技术,20世纪70年代才引起重视,20多年来控制爆破及喷锚支护技术发展很快。三峡船闸开挖边坡最高170m,采用的控制爆破和支护技术已达世界先进水平。地下开挖技术采用多臂钻机、盾构机、反井钻机等先进机具,喷锚、预应力锚、预注浆及管棚支护方法,成功地应用于各种复杂岩层中开挖泄水隧洞及地下厂房,如鲁布革、引大人秦、天生桥二级、小浪底等水利工程。小浪底地下厂房跨度26.2m,高度61.39m,采用光面控制爆破获得了满意的开挖轮廓。引黄入晋工程在建的最长隧洞为41km,开挖洞径4.7m,采用掘进机



施工。

土石方填筑方面,充分利用开挖料做填筑料,尽量做到挖填平衡。天生桥一级混凝土面板堆石坝,高178m,居世界第二位,填筑量达1800万 $\text{m}^3$ ,月最大填筑强度达77.4万 $\text{m}^3$ 。小浪底坝为壤土斜心墙堆石坝,最大坝高154m,填方5574万 $\text{m}^3$ ,施工机械使用了12 $\text{m}^3$ 液压挖掘机及9 $\text{m}^3$ 装载机,90t底开车,77t和45t自卸车运输。

混凝土施工技术方面,全面推广使用规格化、定型化钢模板,钢模板周转次数可达50次以上。采用软盘真空滑动模板,提高了混凝土表面强度。在混凝土温控技术方面,葛洲坝工程已达到夏季拌和混凝土出机口温度 $7^{\circ}\text{C}$ 以下;三峡工程采用的高效空气冷却器专利技术及两次风冷技术、大型片冰制冰设备、冰库及片冰运输称量等成套设施等,已经达到国际先进水平。五强溪通仓浇筑工程一次浇筑混凝土最大仓面面积达1600 $\text{m}^2$ 。在施工强度方面,三峡二期工程1999年浇混凝土458.5万 $\text{m}^3$ ,最大月强度55.4万 $\text{m}^2$ ,超过了世界已有记录(古比雪夫水电站最大年强度313.4万 $\text{m}^3$ ,最大月强度38.9万 $\text{m}^3$ ;伊泰普水电站最大年强度302.3万 $\text{m}^3$ ,最大月强度33.9万 $\text{m}^3$ )。采用的大型浇筑设备有皮带机运送混凝土的塔带机[由美国罗泰克(Rotec)公司供应的TC2400型塔带机4台;法国波坦(Potain)公司供应的MD2200型塔带机2台]、胎带机、20t高架门机和大跨度摆塔式缆机(跨度1416m,起重量20t)。碾压混凝土快速筑坝采用了高掺粉煤灰、薄层低稠度、短间歇连续浇筑、全断面浇筑的施工技术。

由于经济、社会发展的需要和综合国力的提高,21世纪我国水利水电建设将加速发展。

大江大河及城市防洪标准要逐步提高,要建设许多防洪或综合利用水库,堤防建设也要现代化、高标准,以保安全并减小防汛抢险的负担。目前,我国水能资源仅开发20%,今后要大力开发中、西部水电,实现西电东送,20年内每年要投产400万~500万kW。到21世纪中叶,不仅中、东部条件较好的水电项目将大部分开发完,西部的长江、黄河上游及澜沧江等条件较好的水电项目也将大部分开发完,后期还要开发更艰巨的工程。

最近几年建设的水利水电工程既有—般大、中型工程,还有许多特大型工程,200万~500万kW级有几十个(如清江水布垭工程为200万kW,乌江构皮滩、大渡河瀑布沟为300万kW,黄河的拉西瓦为400万kW等)。溪洛渡、白鹤滩、虎跳峡等千万千瓦级电站。

西部许多大型及特大型工程地处高山深谷,地震烈度高,交通不便,施工条件复杂,又要建很高的坝。峡谷区高混凝土坝将更多地采用快速缆机和塔带机、胎带机,混凝土温控先进技术将进一步普及和提高,混凝土预冷将更多地采用先进的集料两次风冷及高效冷风机,砂子风冷也可能实现。碾压混凝土坝比重将提高。特大的混凝土坝将采用26~9 $\text{m}^3$ 拌和机组成的拌和楼,先进的涡轮式拌和机也将采用。混凝土的运输将广泛使用汽车、缆机及皮带机。高土石坝中面板堆石坝比重也将进一步提高,将使用15t以上的振动碾。每层碾压厚度由1m提高到1.5m或更多。石料开采将更多地采用洞室与梯段相结合的爆破方案,以提高效率。集料加工将采用先进的反击式、“石击石”冲击式及高效圆锥破碎机和旋盘制砂机。

施工技术不断提高。采用了定向爆破、光面爆破、预裂爆破、岩塞爆破、喷锚支护、





预应力锚索、滑模和碾压混凝土及混凝土防渗面板等新技术、新工艺。

施工机械装备能力迅速增长，使用了斗轮式挖掘机、大吨位的自卸汽车、全自动化混凝土搅拌楼、塔带机、隧洞掘进机和盾构机等。水利工程施工学科的发展，为水利水电建设事业展示了一片广阔的前景。

在取得巨大成就的同时，应认识到我国施工水平与先进国家相比，尚有较大差距。如新技术新工艺研究、推广、使用不够普遍；施工机械还比较落后、配套不齐、利用率不充分，施工组织管理水平不高。这些和我国水利水电工程建设事业的发展是不相适应的，这就要求我们必须认真总结过去的经验和教训，努力学习和引进国外先进的技术和科学的管理方法，走出一条适合我国国情的水利水电工程建设新路。

### 3. 课程内容和学习方法

本课程将系统地阐述水利水电工程中各主要工种的施工工艺、主要水工建筑物的施工程序与方法等内容。要求了解水利水电工程常用施工机械的主要组成部分、工作原理、主要性能及其选择；掌握主要工种的施工过程、施工方法、操作技术、质量控制检查、施工安全技术，以及主要水工建筑物的施工特点、施工程序和施工技术要求、施工方法以及质量控制检查。

根据课程实践性强的特点，学习中应注重理解基本概念、基本原理、基本方法，结合已学过的课程，循序渐进地掌握本课程的内容；密切联系生产实际，配合生产实习、生产劳动、生产现场教学、电化教学、多媒体教学、课程作业、毕业设计等教学环节，运用所学的施工知识，有效地掌握本课程的学习内容。



# 项目1 导截流工程施工

## 任务1.1 导流方案的选择

**【引例 1.1】** 柘溪水电站位于湖南柘溪峡谷河段，为深V形河床。枯水期水面宽约96m，水深15m；洪水期水面宽度增加不多，而水深可达28m。基岩由变质细砂岩及长石英岩组成，岩性坚硬。坝型为混凝土溢流式大头坝，全长310.5m，坝高104m。坝后式厂房，位于右岸，由隧洞引水入厂房，厂房长132m，宽22.9m。

根据坝址的自然特点、河床形状、水深、冲积层厚等考虑，首先放弃了分期导流方式，提出了四个导流方案：长隧洞导流；短隧洞导流；明渠导流；明渠和隧洞联合导流。导流方案图如图1.1所示。

### 【思考】

- (1) 为什么要施工导流？
- (2) 施工导流有哪几种方案？
- (3) 施工导流各个方案的优缺点有哪些？
- (4) 什么是围堰？
- (5) 什么是全段围堰法和分段围堰法？
- (6) 导流围堰的种类有哪些？各有什么优缺点？

### 1.1.1 施工导流方法

施工导流是对施工过程中水流控制的全面部署，是水利水电工程施工中的关键性问题。导流方案的合理选择是导流规划的核心。天然河道径流量的大小及全年分配情况，枢纽建筑物的特征、坝址的地形、地质情况，施工队伍的技术水平，器材的供应情况等因素不但影响导流分期和导流时段的划分，而且影响导流方案的确定。

施工导流的基本方法大体可分为两类：一类是全段围堰法，即用围堰拦断河床，全部水流通过事先修好的导流泄水建筑物流走；另一类是分段围堰法，即水流通过河床外的束窄河床下泄，后期通过坝体预留缺口、底孔或其他泄水建筑物下泄。不管是分段围堰法还是全段围堰法导流，当挡水围堰可过水时，均可采用淹没基坑的特殊导流方法。这里介绍二种基本的导流方法。

#### 1.1.1.1 全段围堰法

全段围堰法导流，就是在修建于河床上的主体工程上、下游各建一道拦河围堰，使水流经河床以外的临时或永久建筑物下泄，主体工程建成或即将建成时，再将临时泄水建筑物封堵。该法多用于河床狭窄，基坑工作量不大，水深，流急，难于实现分期导流的地方。全段围堰法按其泄水道类型有以下几种。