



高等学校水利学科教学指导委员会组织编审

普通高等教育“十五”国家级规划教材
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高等学校水利学科专业规范核心课程教材·农业水利工程

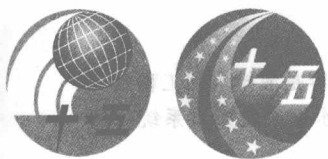
水工建筑物 (第5版)

(供农业水利工程专业用)

主 编 武 汉 大 学 陈德亮
副主编 武 汉 大 学 夏富洲
主 审 西 安 理 工 大 学 陈尧隆



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



高等学校水利学科教学指导委员会组织编审

普通高等教育“十五”国家级规划教材

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高等学校水利学科专业规范核心课程教材·农业水利工程

水工建筑物 (第5版)

(供农业水利工程专业用)

主 编 武 汉 大 学 陈德亮

副主编 武 汉 大 学 夏富洲

主 审 西 安 理 工 大 学 陈尧隆



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

封面设计：张静

地址：北京三里河路67号 邮编：100044

内 容 提 要

本书为高等学校农业水利工程专业的通用教材，基本内容是灌排水利工程及其建筑物设计。全书除绪论外，共13章，包括蓄水枢纽、引水枢纽及渠道系统中的水工建筑物的设计。

本书除适用于农业水利工程专业教学外，也可供水利水电类其他专业的师生及农业水利工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

水工建筑物/陈德亮主编. —5版. —北京: 中国水利水电出版社, 2008

普通高等教育“十五”国家级规划教材·普通高等教育“十一五”国家级规划教材·高等学校水利学科专业规范核心课程教材·农业水利工程

ISBN 978-7-5084-5738-3

I. 水… II. 陈… III. 水工建筑物—高等学校—教材
IV. TV6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 100413 号

书 名	普通高等教育“十五”国家级规划教材 普通高等教育“十一五”国家级规划教材 高等学校水利学科专业规范核心课程教材·农业水利工程 水工建筑物 (第5版) (供农业水利工程专业用)
作 者	主 编 武汉大学 陈德亮 副主编 武汉大学 夏富洲 主 审 西安理工大学 陈尧隆
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 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	北京市兴怀印刷厂
规 格	175mm×245mm 16开本 29.25印张 675千字
版 次	1980年11月第1版 1987年11月第2版 1995年10月第3版 2005年10月第4版 2008年9月第5版 2008年9月第14次印刷
印 数	52801—56800册
定 价	48.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

高等学校水利学科专业规范核心课程教材

编 审 委 员 会

主 任 姜弘道 (河海大学)

副主任 王国仪 (中国水利水电出版社)

李玉柱 (清华大学)

委 员

周孝德 (西安理工大学)

刘 超 (扬州大学)

任立良 (河海大学)

杨金忠 (武汉大学)

梅亚东 (武汉大学)

姜 峰 (大连理工大学)

王元战 (天津大学)

张展羽 (河海大学)

陈建康 (四川大学)

孙明权 (华北水利水电学院)

陈 楚 (水利部人才资源开发中心)

秘 书 周立新 (河海大学)

(河海大学) 姜弘道 主 任

(中国水利水电出版社) 王国仪 副主任

(武汉大学) 谈广鸣 委 员

(河海大学) 吴胜兴 委 员

(三峡大学) 李建林 委 员

(内蒙古农业大学) 朝伦巴根 委 员

(清华大学) 余锡平 委 员

(四川大学) 袁 鹏 委 员

(河海大学) 胡 明 委 员

(河海大学) 郑金海 委 员

(大连理工大学) 康海贵 委 员

(武汉大学) 黄介生 委 员

(天津大学) 冯 平 委 员

(新疆农业大学) 侍克斌 委 员

(中国水利水电出版社) 孙春亮 委 员

丛书总策划 王国仪

农业水利工程专业教材编审分委员会

会员名单

主任 杨金忠 (武汉大学)

副主任 张展羽 (河海大学)

刘超 (扬州大学) 主任

委员

黄介生 (武汉大学)

马孝义 (西北农林科技大学)

张忠学 (东北农业大学)

文俊 (云南农业大学)

魏新平 (四川大学)

虎胆·吐马尔白 (新疆农业大学)

杨路华 (河北农业大学)

杨培岭 (中国农业大学)

史海滨 (内蒙古农业大学)

迟道才 (沈阳农业大学)

田军仓 (宁夏大学)

孙西欢 (太原理工大学)

总 前 言

随着我国水利事业与高等教育事业的快速发展以及教育教学改革的不断深入，水利高等教育也得到很大的发展与提高。与1999年相比，水利学科专业的办学点增加了将近一倍，每年的招生人数增加了将近两倍。通过专业目录调整与面向新世纪的教育教学改革，在水利学科专业的适应面有很大拓宽的同时，水利学科专业的建设也面临着新形势与新任务。

在教育部高教司的领导与组织下，从2003年到2005年，各学科教学指导委员会开展了本学科专业发展战略研究与制定专业规范的工作。在水利部人教司的支持下，水利学科教学指导委员会也组织课题组于2005年底完成了相关的研究工作，制定了水文与水资源工程，水利水电工程，港口、航道与海岸工程以及农业水利工程四个专业规范。这些专业规范较好地总结与体现了近些年来水利学科专业教育教学改革的成果，并能较好地适用不同地区、不同类型高校举办水利学科专业的共性需求与个性特色。为了便于各水利学科专业点参照专业规范组织教学，经水利学科教学指导委员会与中国水利水电出版社共同策划，决定组织编写出版“高等学校水利学科专业规范核心课程教材”。

核心课程是指该课程所包括的专业教育知识单元和知识点，是本专业的每个学生都必须学习、掌握的，或在一组课程中必须选择几门课程学习、掌握的，因而，核心课程教材质量对于保证水利学科各专业的教学质量具有重要的意义。为此，我们不仅提出了坚持“质量第一”的原则，还通过专业教学组讨论、提出，专家咨询组审议、遴选，相关院、系认定等步骤，对核心课程教材选题及其主编、主审和教材编写大纲进行了严格把

关。为了把本套教材组织好、编著好、出版好、使用好，我们还成立了高等学校水利学科专业规范核心课程教材编审委员会以及各专业教材编审分委员会，对教材编纂与使用的全过程进行组织、把关和监督。充分依靠各学科专家发挥咨询、评审、决策等作用。

本套教材第一批共规划 52 种，其中水文与水资源工程专业 17 种，水利水电工程专业 17 种，农业水利工程专业 18 种，计划在 2009 年年底之前全部出齐。尽管已有许多人为本套教材作出了许多努力，付出了许多心血，但是，由于专业规范还在修订完善之中，参照专业规范组织教学还需要通过实践不断总结提高，加之，在新形势下如何组织好教材建设还缺乏经验，因此，这套教材一定会有各种不足与缺点，恳请使用这套教材的师生提出宝贵意见。本套教材还将出版配套的立体化教材，以利于教、便于学，更希望师生们对此提出建议。

高等学校水利学科教学指导委员会

中国水利水电出版社

2008 年 4 月

第5版

前 言

本教材于2007年由高等学校水利学科教学指导委员会正式列入“水利学科专业规范核心课程‘十一五’教材建设规划”，并被教育部列为普通高等教育“十一五”国家级规划教材，是在第4版基础上的修订。

本次修订是根据采用本教材第4版的院校在使用中发现的问题进行修订的。

本书由武汉大学陈德亮主编，夏富洲副主编。各章编写的具体分工如下：武汉大学陈德亮编写绪论（0.4.2除外）、第1章1.5节和第4章、5章、6章、10章、11章、13章；河海大学任德林编写第7章、8章、9章、12章；武汉大学王长德编写第1章（1.5节除外）；武汉大学夏富洲编写绪论中0.4.2及第2章；武汉大学徐云修编写第3章。

本书由西安理工大学陈尧隆教授主审，对送审稿提出了许多建设性意见。此外，在修订过程中有关兄弟院校给予了积极支持和帮助。在此，一并向他们表示衷心的感谢。

本教材1980年出版的第1版由武汉水利电力学院赵文华、陈德亮，清华大学姚汝祥、何成旆，华东水利学院任德林、印邦鑫、宋祖诏合编。成都科学技术大学陆文海、庄体仁等主审。

1987年出版的第2版由清华大学何成旆，武汉水利电力学院陈德亮、赵文华，河海大学宋祖诏合编。由成都科学技术大学李国润主审。

1995年出版的第3版由武汉水利电力大学陈德亮、清华大学何成旆、河海大学任德林合编。由成都科技大学路文海主审。

目 录

总前言

第5版前言

绪论

0.1 我国水资源与水利水电工程建设	1
0.2 水利枢纽和水利建筑物	2
0.3 水利水电工程的设计阶段	7
0.4 与本课程学习有关的几个水工建筑物设计中的问题	8
0.5 本课程的任务和本教材的基本内容	17

第1篇 蓄水枢纽的水工建筑物

第1章 重力坝

1.1 概述	21
1.2 重力坝的荷载及荷载组合	25
1.3 重力坝的稳定分析	36
1.4 重力坝的应力分析	41
1.5 重力坝的结构可靠度设计	46
1.6 非溢流重力坝的剖面设计	48
1.7 泄水重力坝	51
1.8 重力坝的材料及构造	60
1.9 重力坝的地基处理	69
1.10 碾压混凝土重力坝	72
1.11 其他类型的重力坝及支墩坝	75

第2章 拱坝

2.1 拱坝的特点、形式及对地形、地质的要求	80
------------------------	----

2.2	拱坝的体形选择和轮廓布置	86
2.3	拱坝的荷载及荷载组合	91
2.4	拱坝的应力分析	94
2.5	拱座稳定分析	108
2.6	拱坝的体形优化	114
2.7	拱坝的坝身泄流	116
2.8	拱坝的构造及坝基处理	122
2.9	碾压混凝土拱坝	127
第3章	土石坝	130
3.1	土石坝的类型、工作特点及基本要求	130
3.2	土石坝的剖面尺寸与构造	133
3.3	土石坝的渗流分析	143
3.4	土石坝的稳定分析	154
3.5	筑坝土料的选择与填筑要求	167
3.6	坝基处理	170
3.7	土石坝与坝基、岸坡及其他建筑物的连接	176
3.8	混凝土面板堆石坝	178
第4章	河岸溢洪道	185
4.1	概述	185
4.2	开敞式正槽溢洪道	188
4.3	侧槽溢洪道及非常泄洪设施	207
第5章	水工隧洞与坝下涵管	212
5.1	水工隧洞的类型和工作特点	212
5.2	隧洞的线路选择及工程布置	213
5.3	隧洞的进、出口建筑物	219
5.4	隧洞洞身的形式及构造	227
5.5	隧洞衬砌的结构计算	237
5.6	坝下涵管	253
第6章	蓄水枢纽的布置	259
6.1	坝址及坝型选择	259
6.2	枢纽布置的一般原则和要求	260
6.3	枢纽布置	262
第2篇 引水枢纽的水工建筑物		
第7章	水闸	269
7.1	概述	269

7.2	水闸的孔口设计	274
7.3	水闸的消能防冲	277
7.4	闸基的防渗排水	285
7.5	闸室的布置和构造	299
7.6	闸室的稳定、沉降和地基处理	307
7.7	闸室结构计算	315
7.8	两岸连接建筑物	326
7.9	闸门及启闭机	335
7.10	其他形式的水闸	339
第8章	引水枢纽的壅水坝及过坝建筑物	344
8.1	壅水坝	344
8.2	通航建筑物	345
8.3	过木建筑物	353
8.4	过鱼建筑物	354
第9章	引水枢纽布置	358
9.1	引水枢纽的类型、工作特点及渠首位置的选择	358
9.2	无坝引水枢纽布置	360
9.3	有坝引水枢纽布置	362
9.4	沉沙池	370

第3篇 渠道系统中的水工建筑物

第10章	渡槽	377
10.1	渡槽的作用、类型及位置选择	377
10.2	渡槽的水力设计、荷载及荷载组合	378
10.3	梁式渡槽	383
10.4	拱式渡槽	395
10.5	其他形式的渡槽	410
10.6	渡槽的进、出口建筑物及总体布置	415
第11章	倒虹吸管及涵洞	419
11.1	倒虹吸管	419
11.2	涵洞	430
第12章	跌水及陡坡	436
12.1	跌水	436
12.2	陡坡	440
12.3	跌水、陡坡的形式选择和消能防冲	441

绪 论

0.1 我国水资源与水利水电工程建设

水是最宝贵的自然资源之一。我国水资源年平均总量为 28000 亿 m^3 ，居世界第六位。但人均水资源量，按 1997 年人口统计，为 2220 m^3 ，仅为世界人均水资源量的 1/3。预计 2030 年人口增至 16 亿时，人均水资源量将降至 1760 m^3 ，接近国际公认的水资源紧张标准 1700 m^3 。中国不仅水资源人均占有量低，而且时空分布极不均匀，与人口、耕地、矿产资源分布不相匹配，加之人均综合用水量大幅度上升，已从 1949 年的不足 200 m^3 增加到目前的 458 m^3 ，供需矛盾十分突出，水资源短缺已成为影响我国经济和社会进一步发展的严重制约因素。如何通过实现水资源的优化配置，满足经济社会发展对水资源的需求，通过实现水资源的可持续利用来支撑经济社会的可持续发展，这将是我国今后水资源工作的根本目标和任务。

我国水利发展经历了从工程水利到资源水利的转变。过去主要以改造和利用水资源和水环境为主要特征，以建设水利水电工程为主要手段，即传统的工程水利阶段，注意力主要集中于单个工程上，而对水资源和社会经济发展的关系考虑较少，已适应不了经济社会发展的需要。现阶段的资源水利则是以水资源的优化配置为主要手段，实现水与经济、社会、环境持续协调发展，用水资源的可持续利用来满足经济社会可持续发展的全面要求，使水资源在整体上发挥最大的经济效益、社会效益和环境效益。

为了对自然界的水进行有效的控制和合理的调配，达到兴利除害以及为水资源的优化配置和可持续利用服务的目的而修建的各项工程措施，统称为水利水电工程。较常见的水利水电工程有治河防洪工程、农业水利工程、水力发电工程、航道与港口工程、给排水工程及综合利用水利工程等。

1949 年以来，我国水利水电工程建设取得了很大的发展。据统计^[8]，到 1998 年底，全国共修建水库 8.5 万多座，总库容 4924 亿 m^3 ；修建加固大江大河各类堤防 26 万 km，保护人口 4 亿多，保护耕地 3.4 亿亩；灌溉面积达 8 亿多亩，占总耕地面积的 41%；兴建水闸 31742 座；固定排灌站 50 万处，配套机井 355 万眼，机井灌溉面

积 2.2 亿亩；全国已开发的水电装机容量 6400 多万 kW，年发电量 2080 亿 kW·h；我国小水电资源十分丰富，总装机已达 2200 多万 kW，年发电量 700 多亿 kW·h，为缓解电力紧缺、推动工业和乡镇企业的发展做出了贡献；形成了比较完善的供水保障系统，全国已形成的供水能力为 5800 亿 m³；全国累计修建农村各类引水工程 315 万处，累计解决了 2.1 亿人的饮水困难；综合治理水土流失面积 78 万 km²，对改善生态环境，发展生产起到了显著作用。21 世纪，世界瞩目的三峡及南水北调两项浩大工程相继启动，这是当今世界最大的水利水电及调水工程，许多指标都位居世界之首，是改造自然环境、支撑我国经济社会可持续发展的重大基础性、战略性工程，将对我国经济社会的发展产生巨大的影响。

水利水电工程建设促进了水工建筑物科学技术的发展。近年来，在新坝型及筑坝新技术、高坝复杂地基的处理、高坝的泄洪消能、水工结构抗震设计的理论和实验模型、结构优化、计算机软件开发和 CAD 技术、水工结构可靠性分析、渠系建筑物新型结构及运用管理等方面均取得了不少成就。

0.2 水利枢纽和水工建筑物

0.2.1 水利枢纽

水利水电工程中采用的各种建筑物称为水工建筑物。在水域的适当地点，为了一种或多种目标而集中布置若干个不同类型的水工建筑物，各自发挥不同作用并协调工作，构成一有机综合体，称为水利枢纽。在农业水利工程中，常见的水利枢纽有以下三种。

(1) 蓄水枢纽。为了满足防洪、灌溉、发电等各种要求，常需在河流上修建拦河坝，以形成水库、抬高水位、调节径流。这种以拦河坝为主体的水利枢纽称为蓄水枢纽（或水库枢纽）。蓄水枢纽除拦河坝外，还包括泄水建筑物和取水建筑物。这三种建筑物是任何蓄水枢纽均不可缺少的。除上述三种建筑物外，根据开发目标的不同，还可能有专门建筑物，如水电站、通航船闸等。

(2) 引水枢纽。为了从河流、湖泊等水源引水，以满足灌溉及其他用水部门的需要，在渠首河段附近修建的建筑物综合体，称为引水枢纽。主要包括进水闸、壅水坝（或拦河闸）、防沙及冲沙设施等，对综合利用引水枢纽，还可能有水电站、船闸、鱼道、筏道等专门建筑物。

(3) 泵站枢纽。为了将低处水抽送到高处，以达到灌溉、排涝、航运、发电等目的而兴建的以泵站为主体的水工建筑物综合体，称为泵站枢纽。组成这种枢纽的建筑物类型，因枢纽任务和工作条件不同而各有差别，但多以泵站及水闸为主体。

农业水利工程通过上述蓄水枢纽、引水枢纽解决了河流天然来水在时间、水量、高程上的矛盾后，还需借助渠道将水输送和分配到田间和其他用水部门。渠道在输水和配水过程中，为了控制水流、合理分配水量、保证渠道安全运用以及使渠道通过天然或人工障碍，需在渠道上修建一系列建筑物，统称为渠道系统上的水工建筑物，或简称渠系建筑物。

我国湖南省韶山灌区工程是以灌溉为主，兼有发电、航运等效益的大型水利水电工程。该工程在涟水中游水府庙以下 2km 处建有蓄水枢纽（水府庙水库枢纽），枢纽

由拦河坝、水电站和船闸等建筑物组成。经水库调节后的水通过下游 18km 处的洋潭引水枢纽进水闸进入总干渠。引水枢纽的主要建筑物有壅水坝、泄洪闸、重力坝、土坝、水电站、斜面升船机和进水闸等。配合泵站工程及渠系建筑物，共同组成了一个完整的、联合运用的灌溉系统。

0.2.2 水工建筑物分类

1. 按建筑物作用分类

(1) 挡水建筑物。用以拦截水流、抬高水位、调蓄水量的水工建筑物。例如，各种类型的拦河坝。

(2) 泄水建筑物。用以宣泄水库多余水量、保证枢纽安全的水工建筑物。例如，溢洪道、泄洪隧洞等。

(3) 取水建筑物。用以从水库或河流引取各种用水的水工建筑物。例如，取水隧洞、坝下取水涵管、水闸等。

(4) 输水建筑物。用以将水输送到用水处的水工建筑物。例如，渠道、输水隧洞、渡槽等。

(5) 整治建筑物。为加固河岸、整治河道等目的而修建的水工建筑物。例如，丁坝、顺坝、导流堤、护岸等。

(6) 专门建筑物。为某种特定的单一目标而专门设置的水工建筑物。例如，船闸、鱼道、筏道等。枢纽中是否设置专门建筑物或设置何种专门建筑物，由工程任务而定。

同一种水工建筑物有时可起不同的作用，有时可兼有多种作用。前者如蓄水枢纽中的隧洞，有的是配合溢流坝或河岸溢洪道作为泄水建筑物，有的则是作为水电站或灌溉的取水建筑物；后者如水闸，既起挡水作用，又起泄水作用。在布置水利枢纽时，应尽量使一个建筑物起到多种作用。

2. 按建筑物使用期限分类

可分为永久性水工建筑物和临时性水工建筑物两大类。永久性水工建筑物是指枢纽工程运行期间使用的建筑物。按其在工程中发挥的作用和失事后对整个工程安全的影响程度的不同，又分为主要建筑物和次要建筑物。前者是指失事后将造成下游灾害或严重影响工程效益的建筑物，如坝、水闸、泄洪建筑物、水电站厂房等；后者是指失事后不致造成下游灾害或对工程效益影响不大并易于修复的建筑物，如挡土墙、护岸、导流墙等。临时性水工建筑物是指枢纽工程施工期间使用的建筑物，如导流建筑物、施工围堰等。

0.2.3 水利水电枢纽工程分等和水工建筑物分级

水利水电工程和水工建筑物的等级划分，既关系到工程自身的安全，又关系到下游人民生命财产、工矿企业和设施的安全，并对工程效益的正常发挥、工程造价和建设速度有直接影响。它的确定是国家经济政策和技术政策的具体体现。水利水电工程按其规模、效益及其在国民经济中的重要性划分为不同的等别；水利水电工程中的永久建筑物，一般根据工程等别及其在工程中的重要性进行分级；临时建筑物则根据被保护建筑物的级别、本身的规模、使用年限及重要性分级。等别是对整个枢纽工程而言的，级别是对具体建筑物的设计而言的。工程等别和建筑物级别是相互联系，但性

质不同的两个方面。首先确定工程等别,再确定相应的建筑物级别。工程等别确定后不再改变,建筑物级别则根据具体情况,经过论证,可适当提高或降低。SL 252—2000《水利水电工程等级划分及洪水标准》规定,水利水电工程按水库的规模、防洪对象的重要性、治涝规模、灌溉面积、供水对象的重要性、水电站装机容量等划分为五等,见表0-1。对于水利水电工程中的永久性水工建筑物,按所属工程等别及其在工程中的重要性划分为五级,见表0-2。对于施工期使用的临时性挡水和泄水建筑物的级别,按表0-3确定。

表0-1 水利水电工程分等指标

工程等别	工程规模	水库总库容 (亿 m ³)	防 洪		治涝	灌溉	供水	发电
			保护城镇及 工矿企业的 重要性	保护 农田 (万亩)	治涝 面积 (万亩)	灌溉 面积 (万亩)	供水 对象 重要性	装机 容量 (万 kW)
I	大(1)型	≥10	特别重要	≥500	≥200	≥150	特别重要	≥120
II	大(2)型	10~1.0	重 要	500~100	200~60	150~50	重 要	120~30
III	中 型	1.0~0.10	中 等	100~30	60~15	50~5	中 等	30~5
IV	小(1)型	0.10~0.01	一 般	30~5	15~3	5~0.5	一 般	5~1
V	小(2)型	0.01~0.001		<5	<3	<0.5		<1

注 1. 水库总库容为水库最高水位以下的静库容。

2. 治涝面积和灌溉面积均为设计面积。

表0-2 永久性水工建筑物级别

工程等别	I	II	III	IV	V
主要建筑物	1	2	3	4	5
次要建筑物	3	3	4	5	5

表0-3 临时性水工建筑物级别

级 别	保护对象	失 事 后 果	使用年限 (年)	临时性水工 建筑物规模	
				高度 (m)	库容 (亿 m ³)
3	有特殊要求的1级永久性水工建筑物	淹没重要城镇、工矿企业、交通干线或推迟总工期及第一台(批)机组发电,造成重大灾害和损失	>3	>50	>1.0
4	1、2级永久性水工建筑物	淹没一般城镇、工矿企业或影响工程总工期及第一台(批)机组发电而造成较大经济损失	3~1.5	50~15	1.0~0.1
5	3、4级永久性水工建筑物	淹没基坑,但对总工期及第一台(批)机组发电影响不大,经济损失较小	<1.5	<15	<0.1