



普通高等教育“十二五”规划教材

国家示范性高等职业院校 中央财政重点支持建设专业
水利水电建筑工程专业课程改革系列教材

重力坝设计 与施工

主 编 陈 诚 温国利
副主编 丁秀英 吴 伟
主 审 焦爱萍 张春满



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



普通高等教育“十二五”规划教材

国家示范性高等职业院校 中央财政重点支持建设专业
水利水电建筑工程专业课程改革系列教材

重力坝设计与施工

主 编 陈 诚 温国利
副主编 丁秀英 吴 伟
主 审 焦爱萍 张春满



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书为高职高专水利水电建筑工程、水利工程施工技术、水利工程监理、农业水利工程等相关水利类专业的通用教材。该书的特点就是以重力坝设计与施工项目案例来驱动学生完成预定任务,是水利水电建筑工程在工学结合探索出一个重要具体平台,可操作性强,非常实用。全书包括非溢流坝设计、溢流坝与泄水孔设计、重力坝总体布置图绘制、重力坝施工组织设计编制、重力坝施工进度计划编制、砂石骨料和混凝土生产系统设计、混凝土运输浇筑方案选择、大体积混凝土施工温度控制、重力坝混凝土浇筑施工、坝体接缝灌浆、项目管理软件应用等项目。

本书可供水利水电类相关专业的师生和技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

重力坝设计与施工 / 陈诚, 温国利主编. — 北京 : 中国水利水电出版社, 2011.8

普通高等教育“十二五”规划教材 国家示范性高等职业院校、中央财政重点支持建设专业、水利水电建筑工程专业课程改革系列教材

ISBN 978-7-5084-8920-9

I. ①重… II. ①陈… ②温… III. ①重力坝—设计—高等职业教育—教材②重力坝—工程施工—高等职业教育—教材 IV. ①TV649

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第168471号

| | |
|------|---|
| 书 名 | 普通高等教育“十二五”规划教材 国家示范性高等职业院校 中央财政重点支持建设专业 水利水电建筑工程专业课程改革系列教材 重力坝设计与施工 |
| 作 者 | 主 编 陈 诚 温国利 副主编 丁秀英 吴 伟 主 审 焦爱萍 张春满 |
| 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 (营销中心) 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 |
| 印 刷 | 北京纪元彩艺印刷有限公司 |
| 规 格 | 184mm×260mm 16开本 16.5印张 391千字 |
| 版 次 | 2011年8月第1版 2011年8月第1次印刷 |
| 印 数 | 0001—3000册 |
| 定 价 | 32.00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

高职人才培养的基本模式和教育路径是工学结合模式。工学结合的课程内涵是“学习的内容是工作，通过工作实现学习”。工学结合课程体系的课程目标是培养综合职业能力，课程开发的方法是典型工作任务分析，课程内容的载体是综合性的学习/工作任务（项目教学），课程实施以行为导向学习为主。《重力坝设计与施工》教材是在国家示范性高等职业院校建设中课程建设的一个重要内容。“重力坝设计与施工”是项目化课程，以一个工程案例为导向，按设计与施工的基本工作过程，对案例任务分解成若干实施项目与实施任务。在教材建设过程中，首先对生产单位进行调研，使课程内容与生产实际过程对接。其次，经过多次专家讨论会，研究和编写教材大纲、讲义，2007年开始在水利各专业教学中试用，试用期间根据各方反馈意见进行了反复修正与完善，直至教材的正式出版条件已经成熟，经过有关各方同仁和领导的帮助，终于付梓出版了。

本教材在编写过程中充分吸收企业元素，直接体现工学结合的特点。与企业工程师、专家共同调研生产过程，企业专家直接参与教材大纲、教材内容的讨论、编写与修正工作。项目直接来自某一实际工程案例，项目任务就是围绕完成这一特定的项目任务，展开项目化教学。

设计与施工是整个工程建设过程中两个最为重要、最为密切的两个阶段。“重力坝设计与施工”按重力坝建设主要工作过程整合教学内容，使教学与学习都直接与工作过程对接。

工学结合最主要的特点就是行动和做。项目化课程实施采用“教、学、练、做”一体化教学方法，教应围绕如何做进行教学，学应在做中学，练是做的一个手段，中心任务就是使学生能做。本教材项目驱动是最佳的“教、学、练、做”平台，在项目实施过程中可通过项目分组承担任务、角色变化、技术交底讨论、咨询、答辩，甚至现场操作等方式实现生产过程仿真。

本书由黄河水利职业技术学院陈诚、温国利任主编，丁秀英、吴伟任副主编，焦爱萍教授、张春满教授担任主审。项目实训基本资料、项目实训综述、项目一、项目二中的任务一由陈诚编写；项目二中的任务二、任务三，项目三由赵海滨编写；项目四至项目六由温国利编写；项目七至项目八中的任务一由丁秀英编写；项目八中任务二、任务三、项目九中的任务一由开封市建筑工程质量检测站孙小艺编写；项目九中任务二至任务五、项目十、项目十一中的任

务一和任务二由茹正波编写；项目十一中的任务二至任务六由吴伟编写。全书由陈诚统稿。

本教材的编写得到了中国水利水电第三、第十四工程局，华东勘测设计研究院，安徽省水利科学研究院，故县水库枢纽管理局等单位技术人员的大力支持，黄河水利职业技术学院水利系郑万勇教授、梁建林教授、郭振宇副教授、王飞寒副教授对课程内容提了很多宝贵意见和建议，黄河水利职业技术学院孙五继教授、杨邦柱教授、刘纯义教授、罗全胜副教授对本书的出版也做了很多工作，还有在国家示范院校建设过程中许多专家、学者对该教材建设提出了宝贵意见，在此一并表示感谢！教材在编写过程中参考了大量的科技文献，因篇幅所限未能在参考文献中一一列出，在此对有关作者表示感谢！

经过国家示范院校建设，工学结合的教学模式确实有很大的突破，也有很多成功的案例，但不可否认的是工学结合教学模式仍然处在探索阶段，还有很多地方需要继续完善，编者也真诚地希望在今后的教学过程中各位同仁共同努力，探索出一种更好的模式，使水利水电建筑工业专业在工学结合的模式上进入到一个全新的阶段。由于编者水平有限，本书难免存在不足之处，恳请读者批评指正！

编者

于 2011 年 6 月

前言

| | |
|-----------------------|-----|
| 项目实训基本资料 | 1 |
| 项目实训综述 | 8 |
| 项目一 非溢流坝设计 | 13 |
| 任务一 非溢流坝剖面设计 | 13 |
| 任务二 坝体抗滑稳定分析与应力分析 | 20 |
| 项目二 溢流坝与泄水孔设计 | 48 |
| 任务一 溢流坝剖面设计 | 48 |
| 任务二 泄水孔设计 | 60 |
| 任务三 重力坝细部构造与地基处理 | 66 |
| 项目三 重力坝总体布置图绘制 | 85 |
| 任务 绘制重力坝总体布置图 | 85 |
| 项目四 重力坝施工组织设计编制 | 95 |
| 项目五 重力坝施工进度计划编制 | 99 |
| 任务一 施工进度主要影响因素分析 | 99 |
| 任务二 施工分期与程序 | 104 |
| 任务三 施工进度计划编制 | 107 |
| 项目六 砂石骨料和混凝土生产系统设计 | 114 |
| 任务一 砂石料生产系统设计 | 114 |
| 任务二 混凝土生产系统设计 | 120 |
| 项目七 混凝土运输浇筑方案选择 | 125 |
| 任务一 混凝土运输方式选择 | 125 |
| 任务二 缆机浇筑施工布置 | 128 |
| 任务三 门机和塔机浇筑施工布置 | 137 |
| 任务四 其他浇筑方案施工布置 | 143 |
| 任务五 浇筑方案分析与比较 | 149 |
| 任务六 混凝土运输与浇筑机械设备需要量计算 | 151 |

| | |
|-----------------------------|-----|
| 项目八 大体积混凝土施工温度控制 | 167 |
| 任务一 混凝土施工温度控制标准 | 167 |
| 任务二 混凝土施工水管冷却 | 170 |
| 任务三 混凝土施工温度控制和防裂综合措施 | 171 |
| 项目九 重力坝混凝土浇筑施工 | 179 |
| 任务一 混凝土浇筑分缝分块形式的选择与浇筑层厚度的确定 | 179 |
| 任务二 混凝土的浇筑 | 184 |
| 任务三 混凝土施工缝的处理 | 191 |
| 任务四 混凝土的养护 | 195 |
| 任务五 二期混凝土的回填施工 | 198 |
| 项目十 坝体接缝灌浆 | 204 |
| 项目十一 项目管理软件应用 | 208 |
| 任务一 了解项目管理软件的工程应用现状 | 208 |
| 任务二 了解 P3e/c 软件概况 | 213 |
| 任务三 P3e/c 软件的初始化设置 | 215 |
| 任务四 应用 P3e/c 软件编制项目进度计划 | 228 |
| 任务五 应用 P3e/c 软件对项目资源和费用进行管理 | 241 |
| 任务六 项目计划的实施与控制 | 248 |

项目实训基本资料

一、工程概况

C重力坝是规划中某江中下游河段梯级电站的第11级，也是某江中下游水电规划报告推荐的首期开发的4个骨干工程之一。

坝址控制流域面积约113987km²，多年平均流量1720m³/s，多年平均年径流量542亿m³。水库正常蓄水位732.00m，相应库容2.412亿m³，死水位727.00m，相应库容1.914亿m³，调节库容0.498亿m³，为日调节水库。电站共装5台220MW水轮发电机组，总装机容量1100MW。

二、地形

坝址处于河道S形拐弯下游出口处，正常蓄水位732m处河谷宽约412m。右岸山坡坡度约60°，左岸高程710m以上为山坡，坡角为25°~36°，以下为河流阶地，阶面宽约74m。左岸河漫滩宽约126m，河漫滩在坝址上游长约240m，下游长约300m。主河床位于右岸，枯水位河床宽约100m，水深约10m，水流湍急。坝基右岸为玄武岩，左岸为白云岩，右河床与左岸漫滩之间为基岩凸起小岛。地形条件有利于布置厂坝导墙兼施工导流纵向混凝土围堰。

三、工程地质

1. 库区地质

库区属于中高山区，河谷大都为峡谷地形，沿河两岸阶地狭窄，断续出现且不对称，区域内无严重的坍岸及渗漏问题。

2. 坝址地质

(1) 地貌。坝址上下游两公里范围内，河道S形拐弯，主河槽位于右岸。枯水期河床宽约100m，由于受河流侧向侵蚀，两岸地形不对称。右岸坡度较陡约60°，左岸较缓坡角为25°~36°，河床中除漫滩外，左岸还有三级阶地发育，一、二级阶地高程为700~710m，三级阶地与缓坡相接直达山顶。覆盖层厚度为7~12m的砂砾卵石冲积层。

(2) 岩性。坝区主要岩性为太古界拉马沟片麻岩，其次为第四纪松散堆积物，以及不同时期的侵入岩脉，坝区范围内片麻岩依其岩性变化情况可分为六大层，其中第一、四、六层岩性较好，但第一、六层因受地形限制建坝工程很大。第四大岩层(Ar I 4)为角闪斜长片麻岩，其粗粒至中间细粒纤状花岗变晶结构，主要矿物为斜长石、石英及角闪石。该层岩体呈厚层块状，质地均一，岩性坚硬，抗风化力强，工程地质条件较好，总厚度185m左右。

3. 构造

坝址处虽然断层、裂隙较多，但大部分规模较小，对工程影响不大，坝址区地震基本烈度为Ⅵ度。

四、水文分析

1. 年径流

上游 E 测站多年平均年径流量为 24.5 亿 m^3 ，占全流域的 53%，年内分配很不均匀，主要集中在汛期 7 月、8 月。丰水年时占全年的 50%~60%，枯水年占 30%~40%，而且年际变化也很大。

2. 洪水

多发生在 7 月下旬至 8 月上旬，有峰高、量大、涨落迅速的特点。据调查近一百年来有 6 次大水。其中 1883 年最大，由洪痕估算洪峰流量约为 $24400\sim 27400\text{m}^3/\text{s}$ ，实测的 45 年资料中最大洪峰流量发生在 1962 年，为 $18800\text{m}^3/\text{s}$ 。洪峰历时 3d 左右，由频率分析法求得。见表 1~表 4。

表 1 重现期所对应的洪峰流量和洪量值

| 重现期 (年) | 10 | 20 | 50 | 100 | 1000 | 10000 |
|--------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 洪峰流量 (m^3/s) | 7520 | 11700 | 17800 | 22800 | 40400 | 59200 |
| 三日洪量 (亿 m^3) | 8.06 | 11.4 | 16.0 | 19.7 | 26.1 | 45.4 |

表 2 枯水期洪水过程线 (时段: 9 月 1 日至次年 6 月 30 日; 频率: 5%)

| 日期 (月. 日. 时) | 流量 (m^3/s) | 日期 (月. 日. 时) | 流量 (m^3/s) | 日期 (月. 日. 时) | 流量 (m^3/s) |
|-----------------|---------------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|---------------------------------|
| 6. 16. 2 | 65 | 6. 17. 2 | 490 | 6. 18. 2 | 440 |
| 6. 16. 4 | 72 | 6. 17. 4 | 880 | 6. 18. 4 | 430 |
| 6. 16. 6 | 72 | 6. 17. 6 | 1010 | 6. 18. 6 | 420 |
| 6. 16. 8 | 79 | 6. 17. 8 | 772 | 6. 18. 8 | 400 |
| 6. 16. 10 | 79 | 6. 17. 10 | 730 | 6. 18. 10 | 390 |
| 6. 16. 12 | 86 | 6. 17. 12 | 690 | 6. 18. 12 | 380 |
| 6. 16. 14 | 123 | 6. 17. 14 | 660 | 6. 18. 14 | 360 |
| 6. 16. 16 | 123 | 6. 17. 16 | 610 | 6. 18. 16 | 350 |
| 6. 16. 18 | 130 | 6. 17. 18 | 560 | 6. 18. 18 | 330 |
| 6. 16. 20 | 137 | 6. 17. 20 | 520 | 6. 18. 20 | 310 |
| 6. 16. 22 | 188 | 6. 17. 22 | 490 | 6. 18. 22 | 300 |
| 6. 16. 24 | 231 | 6. 17. 24 | 450 | 6. 18. 24 | 280 |

表 3 设计洪水过程线表

| 重现期 (年) | 10 | 20 | 50 | 100 |
|-----------------|---------------------------------|-----|-----|-----|
| 日期 (月. 日. 时) | 流量 (m^3/s) | | | |
| 7. 25. 2 | 87 | 120 | 195 | 221 |
| 7. 25. 5 | 110 | 180 | 300 | 340 |

续表

| 重现期 (年) | 10 | 20 | 50 | 100 |
|---------------|----------------------------|-------|-------|-------|
| 日期 (月·日·时) | 流 量 (m ³ /s) | | | |
| 7.25.8 | 254 | 378 | 576 | 663 |
| 7.25.11 | 604 | 1170 | 1290 | 1460 |
| 7.25.14 | 1504 | 1830 | 1900 | 2290 |
| 7.25.17 | 1860 | 2630 | 3750 | 4510 |
| 7.25.20 | 3790 | 5370 | 7650 | 9200 |
| 7.25.23 | 5210 | 7350 | 10450 | 12600 |
| 7.26.2 | 6000 | 8150 | 11600 | 14000 |
| 7.26.5 | 6800 | 8830 | 12000 | 15200 |
| 7.26.8 | 7230 | 11400 | 16200 | 19600 |
| 7.26.11 | 7220 | 11700 | 17800 | 22800 |
| 7.26.14 | 7340 | 10400 | 14800 | 17800 |
| 7.26.17 | 5430 | 7700 | 11000 | 13200 |
| 7.26.20 | 3780 | 5350 | 7620 | 9160 |
| 7.26.23 | 2860 | 4040 | 5760 | 6940 |
| 7.27.2 | 2100 | 2960 | 4220 | 5030 |
| 7.27.5 | 1670 | 2360 | 3360 | 4050 |
| 7.27.8 | 1440 | 2080 | 2910 | 3500 |
| 7.27.11 | 1300 | 1840 | 2620 | 3150 |
| 7.27.14 | 2270 | 1700 | 2350 | 2840 |
| 7.27.17 | 1250 | 1680 | 2200 | 2600 |
| 7.27.20 | 1100 | 1600 | 2050 | 2500 |
| 7.27.23 | 1050 | 1580 | 1830 | 2100 |
| 7.28.2 | 1000 | 1450 | 1700 | 2050 |
| 7.28.5 | 950 | 1350 | 1600 | 1880 |
| 7.28.8 | 900 | 1150 | 1550 | 1850 |
| 7.28.11 | 870 | 1100 | 1500 | 1800 |
| 7.28.14 | 850 | 1045 | 1450 | 1700 |
| 7.28.17 | 820 | 1000 | 1400 | 1670 |

表 4

水位—库容关系表

| 水位 (m) | 库容 (10^8m^3) | 水位 (m) | 库容 (10^8m^3) | 水位 (m) | 库容 (10^8m^3) |
|-----------|----------------------------|-----------|----------------------------|-----------|----------------------------|
| 675.0 | 0 | 697.0 | 0.326 | 719.0 | 1.222 |
| 677.0 | 0.012 | 699.0 | 0.408 | 721.0 | 1.461 |
| 679.0 | 0.034 | 701.0 | 0.455 | 723.0 | 1.625 |
| 681.0 | 0.078 | 703.0 | 0.504 | 725.0 | 1.835 |
| 683.0 | 0.096 | 705.0 | 0.602 | 727.0 | 1.914 |
| 685.0 | 0.107 | 707.0 | 0.706 | 729.0 | 2.042 |
| 687.0 | 0.135 | 709.0 | 0.802 | 731.0 | 2.235 |
| 689.0 | 0.152 | 711.0 | 0.851 | 732.0 | 2.412 |
| 691.0 | 0.226 | 713.0 | 0.902 | 733.0 | 2.622 |
| 693.0 | 0.255 | 715.0 | 0.954 | 734.0 | 2.853 |
| 695.0 | 0.303 | 717.0 | 1.015 | 735.56 | 3.015 |

五、河流泥沙

本流域泥沙颗粒较粗，中值粒径 0.0375mm ，全年泥沙大部分来自汛期 7 月、8 月，主要产于一次或几次洪峰内且年际变化很大，由计算得，多年平均年悬移质输沙量为 1825 万 t，多年平均年含沙量 $7.45\text{kg}/\text{m}^3$ 。推移质缺乏观测资料，可计入前者的 10%，这样年总入库沙量为 2010 万 t。厂房坝段淤沙高程以 695.0m 计，其余坝段以 710.00m 计，淤沙浮容重 $9.5\text{kN}/\text{m}^3$ ，淤沙内摩擦角 18° 。

六、气象

库区年平均气温为 10°C 左右，1 月最低月平均气温为 -6.8°C ，绝对最低气温达 -21.7°C (1969 年)，7 月最高月平均气温 25°C ，绝对最高达 39°C (1955 年)，多年平均气温见表 5。

表 5

多年平均气温

单位： $^\circ\text{C}$

| 月份 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|------|
| 气温 | -6.8 | -3.4 | 3.55 | 12.11 | 19.14 | 22.86 | 25.11 | 24.0 | 16.67 | 10.20 | 2.85 | -4.4 |
| 水温 | | | | 10.4 | 17.1 | 21.4 | 24.6 | 23.6 | 18.5 | 11.6 | 3.4 | |

本流域无霜期较短 (90~180d)，冰冻期较长 (120~200d)，坝址附近河道一般 12 月封冻，次年 3 月上旬解冻，封冻期约 70~100d，冰厚 0.4~0.6m，岸边可达 1m，流域内冬季盛行偏北风，风速可达七八级，有时更大些，春秋两季风向变化较大，夏季常为东南风，多年平均最大风速为 $21.5\text{m}/\text{s}$ ，水库吹程 $D=3\text{km}$ 。

流域内多年平均年降雨量约为 400~700mm，多年平均年降水天数及降水量见表 6。

表 6

多年月平均降水天数及降水量表

| 月 份 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|------|-----|-----|
| 平均降水天数 (d) | 1.7 | 2.5 | 3.6 | 4.6 | 6.7 | 11.0 | 15.5 | 12.6 | 7.1 | 47.3 | 2.6 | 1.1 |
| 最多天数 (d) | 5 | 9 | 9 | 8 | 11 | 17 | 21 | 20 | 14 | 11 | 5 | 4 |

续表

| 月 份 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|------------|-----|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|
| 最少天数 (d) | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 4 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 平均降水量 (mm) | 1.4 | 5.6 | 8.2 | 25.7 | 39.0 | 89.1 | 277.3 | 215.2 | 68.8 | 30.1 | 9.2 | 2.0 |
| 最大降水量 (mm) | 4.8 | 33.5 | 24.2 | 74.2 | 91.3 | 217.8 | 548.5 | 462.8 | 181.9 | 76.1 | 134.6 | 11.4 |
| 最小降水量 (mm) | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 12.5 | 20.0 | 101.1 | 94.2 | 1.7 | 0 | 0 | 0 |

七、水文地质

坝基的透水性总的看来不大,但不均一,主要决定断裂发育程度和性质,在平面上,一级阶地基岩透水性大于其他地貌单元。

左岸坝头地下水位埋深大于 75.96m, 高程低于 700.18m, 右岸坝头地下水位相对稳定, 高程为 700.49~700.85m。

相对隔水层 ($q \leq 3Lu$) 埋深: 左岸 25.7~72.2m (高程 614.03~724.69m), 右岸 20.60~45.65m (高程 662.79~664.07m), 河床 17.35~59.30m (高程 626.86~654.97m)。

八、建筑材料

坝址附近主要砂石料场有 7 处, 储量足以建坝, 各料场的物理性质、试验指标基本满足技术要求, 可作大坝混凝土骨料使用。且无大量的黏性土及砂壤土料, 可供围堰防渗材料之用。

1. 岩(土)体物理力学参数建议值

根据本工程的工程地质条件, 同时类比其他工程, 提出坝基岩(土)体力学参数建议值如下。

(1) 结构面抗剪断强度建议值。钙质、铁锰质充填结构面: $f' = 0.55 \sim 0.60$, $c' = 0.10 \sim 0.15 \text{MPa}$; 夹岩屑结构面: $f' = 0.45 \sim 0.50$, $c' = 0.10 \sim 0.15 \text{MPa}$; 岩屑夹泥结构面: $f' = 0.35 \sim 0.40$, $c' = 0.05 \sim 0.10 \text{MPa}$ (如 f_1 、 f_2 、 f_4 、 f_8 、 f_9 、 f_{11} 、 f_{15} 、 J_1 、 J_2 等)。

(2) 岩体承载力、抗剪断强度及变形模量建议值见表 7。

表 7 岩体承载力、变形模量及抗剪断强度建议值

| 岩性 | 风化程度 | 岩石坚硬程度 | 结构类型 | 岩体完整程度 | 岩体质量 | 承载力 (MPa) | 混凝土与岩体 | | 岩 体 | | 变形模量 (GPa) |
|-----|-------|--------|------------|--------|-------|-----------|---------|------------|---------|------------|------------|
| | | | | | | | f' | c' (MPa) | f' | c' (MPa) | |
| 玄武岩 | 微风化 | 坚硬 | 块状 | 较完整 | II | 10~12 | 1.1~1.2 | 1.1~1.2 | 1.2~1.3 | 1.3~1.4 | 10~15 |
| | 弱风化下带 | 坚硬 | 次块状~紧密镶嵌碎裂 | 较完整 | III 1 | 8~9 | 1.0~1.1 | 0.8~1.0 | 1.0~1.1 | 1.0~1.2 | 7~10 |
| | 弱风化上带 | 坚硬 | 镶嵌碎裂 | 较破碎 | III 2 | 4~5 | 0.9~1.0 | 0.7~0.8 | 0.8~0.9 | 0.6~0.8 | 4~6 |
| | 强风化 | 中硬 | 碎裂 | 破碎 | IV | 2~3 | 0.6~0.8 | 0.4~0.5 | 0.5~0.7 | 0.3~0.5 | 2~4 |

续表

| 岩性 | 风化程度 | 岩石坚硬程度 | 结构类型 | 岩体完整程度 | 岩体质量 | 承载力 (MPa) | 混凝土与岩体 | | 岩体 | | 变形模量 (GPa) |
|-----------|-------|--------|------------|--------|------|-----------|---------|------------|---------|------------|------------|
| | | | | | | | f' | c' (MPa) | f' | c' (MPa) | |
| 白云岩 | 微风化 | 坚硬 | 紧密胶结碎裂 | 较破碎 | Ⅱ | 10~12 | 1.0~1.1 | 0.9~1.1 | 1.1~1.2 | 1.2~1.3 | 10~15 |
| | 弱风化下带 | 坚硬 | 轻度风化松弛镶嵌碎裂 | 较破碎 | Ⅲ1 | 8~10 | 0.9~1.0 | 0.9~1.0 | 0.9~1.0 | 1.0~1.1 | 8~10 |
| | 弱风化上带 | 坚硬 | 中度风化松弛碎裂 | 破碎 | Ⅲ2 | 5~6 | 0.8~1.0 | 0.8~0.9 | 0.8~0.9 | 0.7~0.8 | 5~8 |
| | 强风化 | 中硬 | 碎裂 | | Ⅳ | 2~3 | 0.7~0.8 | 0.45~0.55 | 0.6~0.7 | 0.4~0.5 | 2~4 |
| 弱微风化断层影响带 | | | | | Ⅳ | 2~5 | | | | | 1~3 |
| 碎粉岩、断层泥 | | | | | Ⅴ | 0.3~0.5 | | | | | 0.2~0.5 |

(3) 岩体冲刷系数建议值。根据不同岩(土)体抗冲刷能力,冲刷系数建议值见表8。

表8 基岩冲刷系数建议值

| 岩性 | 风化程度 | 岩体分类 | 岩体特征 | 冲刷系数 |
|-----|-------|------|-------------|---------|
| 砂卵石 | | | | 1.8~2.0 |
| 玄武岩 | 强风化 | ⅣA | 碎块状、碎裂结构 | 1.5~1.7 |
| | 弱风化上带 | Ⅲ2A | 碎块状、碎裂~镶嵌结构 | 1.3~1.5 |
| | 弱风化下带 | Ⅲ1A | 块状、镶嵌结构 | 1.1~1.3 |
| | 微风化 | ⅡA | 块状、砌体结构 | 0.9~1.1 |

2. 混凝土材料参数

(1) 大坝混凝土强度标准值见表9。

表9 坝体混凝土强度标准值

| 标号 | 抗压强度标准值 (静态) | 抗压强度标准值 (动态) | 抗拉强度标准值 (动态) | 混凝土层面抗剪断强度标准值 | | 弹性模量 (静态) | 弹性模量 (动态) | 泊松比 |
|---------|--------------|--------------|--------------|---------------|-----------------|---------------|---------------|-------|
| | (MPa) | (MPa) | (MPa) | f'_{ck} | C'_{ck} (MPa) | (10^4 MPa) | (10^4 MPa) | |
| 常态混凝土 | | | | | | | | |
| C90 10 | 9.8 | 12.74 | 1.274 | 1.08~1.25 | 1.16~1.45 | 1.75 | 2.28 | 0.167 |
| C90 15 | 14.3 | 18.59 | 1.859 | 1.08~1.25 | 1.16~1.45 | 2.2 | 2.86 | 0.167 |
| C90 20 | 18.5 | 24.05 | 2.405 | 1.08~1.25 | 1.16~1.45 | 2.55 | 3.32 | 0.167 |
| C90 25 | 22.4 | 29.12 | 2.912 | 1.08~1.25 | 1.16~1.45 | 2.80 | 3.64 | 0.167 |
| 碾压混凝土 | | | | | | | | |
| C90 10 | 11.9 | 15.47 | 1.547 | | | 1.75 | 2.28 | 0.167 |
| C90 15 | 17.3 | 22.49 | 2.249 | | | 2.2 | 2.86 | 0.167 |
| C90 20 | 22.4 | 29.12 | 2.912 | | | 2.55 | 3.32 | 0.167 |
| C180 10 | 13.5 | 17.55 | 1.755 | 0.91~1.07 | 1.21~1.37 | 1.75 | 2.28 | 0.167 |
| C180 15 | 19.6 | 25.48 | 2.548 | 0.91~1.07 | 1.21~1.37 | 2.2 | 2.86 | 0.167 |
| C180 20 | 25.4 | 33.02 | 3.302 | 0.91~1.07 | 1.21~1.37 | 2.55 | 3.32 | 0.167 |

(2) 混凝土容重。除厂房上部结构取 $2500\text{kg}/\text{m}^3$ 外, 其余取 $2400\text{kg}/\text{m}^3$ 。

(3) 混凝土极限拉伸值。常态混凝土取 0.85×10^{-4} , 碾压混凝土取 0.70×10^{-4} 。

九、交通条件

对外交通在右岸, 公路、铁路均距坝址较近, 略加修改或扩建即可直通坝址, 坝顶无重要交通要求。

十、施工作业天数

全年有效施工天数根据本地区气温及降雨等自然条件统计见表 10。

表 10 全年有效施工天数统计 单位: d

| 项目 \ 月季 | I | | | II | | | III | | | IV | | | 合计 |
|---------|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| 混凝土浇筑 | 8 | 11 | 19 | 27 | 27 | 24 | 20 | 21 | 25 | 26 | 28 | 15 | 251 |
| 土料填筑 | 0 | 0 | 13 | 25 | 24 | 20 | 13 | 17 | 23 | 25 | 27 | 10 | 197 |
| 其他工程 | 20 | 22 | 24 | 27 | 27 | 24 | 20 | 21 | 26 | 26 | 28 | 25 | 289 |

十一、工程总工期

工程总工期为 6 年。

十二、其他

施工期下游无供水要求, 无需考虑通航、过木问题。

十三、主要建筑物特征水位及流量表

主要建筑物特征水位及流量见表 11。

表 11 主要建筑物特征水位及流量见表

| 特征水位 | 洪水频率 (%) | 入库流量 (m^3/s) | 库水位 (m) | 大坝下泄流量 (m^3/s) | 下游水位 (m) |
|-------|----------|--------------------------------|---------|----------------------------------|----------|
| 校核洪水位 | 0.05 | 3580 | 735.56 | 3200 | 700.36 |
| 设计洪水位 | 0.2 | 1959 | 733.40 | 1800 | 698.38 |
| 正常洪水位 | | | 732.00 | | |
| 死水位 | | | 727.00 | | |

项目实训综述

“重力坝设计与施工”课程是水利水电建筑工程专业的一门职业岗位能力课程。整个项目采用项目任务驱动完成各个实训环节，提交各个阶段的实训成果。基于准工作过程把项目实训分解成若干项目任务，每个项目任务又分解成若干单元任务。在项目实训过程中充分引入企业元素，学生充当企业角色，或是设计技术员、技术负责人，或是施工员、施工技术负责人等角色，教师充当项目设计或施工咨询角色。教师与学生在项目实训中的角色具有岗位职业元素，充分激发出主动的职业技能行动激情。整个项目实训充满企业职业氛围与职业元素，从项目任务的发派，到接受项目任务书、项目的执行、项目咨询与质疑，再到项目的考评与评价的每个环节都与实战技能息息相关，学生每完成一个任务技能就能得到现实的提高。

一、项目与任务单元的划分及时间分配

项目与任务单元的划分及时间分配见表 1。

表 1 项目与任务单元的划分及时间分配表

| 学习项目编号 | 学习项目名称 | 学习型工作任务 | 学时 | |
|--------|----------------|-----------------------|-----|-----|
| 项目一 | 非溢流坝设计 | 实训课程的目的与要求 | 0.5 | 3.5 |
| | | 任务一 非溢流坝剖面设计 | 1.5 | |
| | | 任务二 坝体抗滑稳定分析与应力分析 | 1.5 | |
| 项目二 | 溢流坝与泄水孔设计 | 任务三 溢流坝剖面设计 | 1.5 | 4.5 |
| | | 任务四 泄水孔设计 | 1.5 | |
| | | 任务五 重力坝细部构造与地基处理 | 1.5 | |
| 项目三 | 工程图绘制 | 任务六 绘制重力坝总体布置图 | 2 | 2 |
| 项目四 | 重力坝施工组织设计流程编制 | 任务 了解重力坝施工组织设计编制 | 0.5 | 0.5 |
| 项目五 | 重力坝施工进度计划编制 | 任务一 施工进度主要影响因素分析 | 0.5 | 1 |
| | | 任务二 施工分期与程序 | | |
| | | 任务三 施工进度计划编制 | | |
| 项目六 | 砂石骨料和混凝土生产系统设计 | 任务一 砂石料生产系统设计 | 0.5 | 1 |
| | | 任务二 混凝土生产系统设计 | 0.5 | |
| 项目七 | 混凝土运输浇筑方案选择 | 任务一 混凝土运输方式选择 | 0.5 | 2 |
| | | 任务二 缆机浇筑施工布置 | | |
| | | 任务三 门机和塔机浇筑施工布置 | 0.5 | |
| | | 任务四 其他浇筑方案施工布置 | 0.5 | |
| | | 任务五 浇筑方案分析与比较 | 0.5 | |
| | | 任务六 混凝土运输与浇筑机械设备需要量计算 | 0.5 | |

续表

| 学习项目编号 | 学习项目名称 | 学习型工作任务 | 学时 | |
|--------|------------------|-----------------------------|-----|-----|
| 项目八 | 大体积混凝土施工 温度控制 | 任务一 混凝土施工温度控制标准 | 0.5 | 0.5 |
| | | 任务二 混凝土施工水管冷却 | | |
| | | 任务三 混凝土施工温度控制和防裂综合措施 | | |
| 项目九 | 重力坝混凝土 浇筑施工 | 任务一 混凝土浇筑分缝分块形式的选择与浇筑层厚度的确定 | 0.5 | 2 |
| | | 任务二 混凝土的浇筑 | | |
| | | 任务三 混凝土施工缝的处理 | 0.5 | |
| | | 任务四 混凝土的养护 | 0.5 | |
| | | 任务五 二期混凝土的回填施工 | 0.5 | |
| 项目十 | 坝体接缝灌浆 | (选做) | | |
| 项目十一 | 项目管理软件应用 | 任务一 了解项目管理软件的工程应用现状 | 0.5 | 3 |
| | | 任务二 了解 P3e/c 软件概况 | 0.5 | |
| | | 任务三 P3e/c 软件的初始化设置 | 0.5 | |
| | | 任务四 应用 P3e/c 软件编制项目进度计划 | 0.5 | |
| | | 任务五 应用 P3e/c 软件对项目资源和费用进行管理 | 0.5 | |
| | | 任务六 项目计划的实施与控制 | | |

二、项目教学目标

“重力坝设计与施工项目实训”课程教学目标包括知识目标、技能目标和态度目标 3 个方面。技能目标是核心目标，这一点相对传统教学把掌握知识作为重点来说是一个重大的转变；知识目标是基础目标；态度目标贯穿整个实训过程，是项目实训的重要保证，成功取决于过程与细节。

1. 知识目标

- (1) 理解重力坝设计的基本方法和思路。
- (2) 理解重力坝荷载分析和计算，掌握稳定分析计算方法。
- (3) 掌握有关绘图方法绘制设计图纸。
- (4) 掌握建筑物的型式、尺寸、构造和作用。
- (5) 掌握大体积混凝土施工技术方案的选择方法。
- (6) 掌握项目管理软件的使用。

2. 技能目标

- (1) 会正确运用有关规范、手册等资料进行初步设计计算。
- (2) 掌握荷载分析与结构分析计算能力。
- (3) 使用绘图工具和计算机绘制水工设计图的能力。
- (4) 能阅读工程设计和施工图纸。
- (5) 选择施工方法和施工机械的能力，能编制大体积混凝土施工方案。
- (6) 能正确利用项目管理软件进行项目管理。
- (7) 会编写工程设计报告。

3. 态度目标

- (1) 不缺席、不迟到，认真严肃进行设计。
- (2) 按设计进度完成任务、上交设计成果。
- (3) 积极担当并做好项目角色，如技术员、技术负责人等。
- (4) 培养团队精神，与项目其他角色人员共同探讨问题，切磋提升技能水平。
- (5) 克服实训中遇到的困难，培养顽强的职业精神。

三、项目实训的方法

1. 全面占有资料，为项目实训顺利开展铺路

在实训期间要尽可能收集有关工程设计与施工的资料，比如工程概况资料、图纸和《重力坝设计规范》、《水工设计手册》、《水力计算手册》、《重力坝设计图集》、《混凝土重力坝施工技术规范》、《水工建筑物》、《水力学》、《土力学》、《工程力学》、《CAD 绘图》、《水利工程施工》等图书资料，丰富的资料是高质量完成实训的重要保证。

2. 抓住重点实训过程，强攻重点实训任务

项目实训大致分为四个阶段，具体表现为：

第一阶段是项目实训的准备阶段。这个阶段一般比较短，尽快准备项目实训所需要的资料和实训计算、绘图工具。

第二阶段是设计计算阶段，这是项目实训一个非常重要的阶段。在这个阶段中要尽快熟悉计算理论，并快速实施具体的计算。在这个过程中，你可能会遇到很多问题，为了解决问题你需要利用上述你准备好的资料，或许你还要利用计算机等媒体设备，有时还要与指导教师甚至是团队成员共同研究才能解决问题。通过这一阶段的实训你的综合专业技能将会有很大的提高。

第三个阶段是绘制设计图，这一阶段实际是把第二阶段的成果绘制成工程图纸。工程图纸的绘制是一项十分艰巨的任务，绘制一张高质量的工程图纸需要大量的时间和精力，还要有顽强的意志和毅力，有时需要连续工作的精神。

第四阶段是工程设计计算报告的编写。工程设计计算报告是工程设计成果的重要体现，报告编写要符合规定要求，这一点在后面将会加以说明。

值得强调的是，第二阶段和第三阶段是整个实训的工作重点，要紧紧抓住计算和绘图这个主题和中心任务不放松，这个阶段的工作没有完成，绝对不要去匆匆撰写设计报告，没有第二阶段和第三阶段扎实细致的工作，不可能完成一个好的高质量的设计报告。

3. 实现实训团队角色转变，提升项目实训效果

在实训工程中，指导教师与学生成为一个项目的自然团队，团队任务直指项目的任务。教师可以理解为项目咨询代表，而学生是设计或施工方。教师成为实训项目的合作指导伙伴，在项目实训中不是传统意义的领导地位，而是项目的咨询参与角色，学生成为设计或施工角色，是项目实训驱动的主体。学生成员之间的角色也可以不同，经常让学生担当如项目总工、技术负责人、设计代表、业主、施工经理、监理工程师等不同角色，让他们以不同的角色身份来讨论、评价、审查设计过程成果。学生角色变化了，项目实训的环境和气氛充分与生产实际相对应，学生对项目的兴趣、责任心等都将得到极大的提高，项目实训的质量将会产生意想不到的效果。