

1F400000

全国一级建造师执业资格考试用书

水利水电工程管理与实务

● 全国一级建造师执业资格考试用书编写委员会 编写



中国建筑工业出版社

全国一级建造师执业资格考试用书

水利水电工程管理与实务

全国一级建造师执业资格考试用书编写委员会 编写

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

水利水电工程管理与实务/全国一级建造师执业资格考试用书编写委员会编写. —北京:中国建筑工业出版社, 2004

(全国一级建造师执业资格考试用书)

ISBN 7-112-06482-1

I. 水… II. 全… III. ①水利工程—工程施工—建造师—资格考试—自学参考资料②水力发电工程—工程施工—建造师—资格考试—自学参考资料 IV. TV51

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 034646 号

本书为全国一级建造师水利水电专业工程执业资格考试用书,详细叙述了从事水利水电工程所应具备的知识点。全书涵盖水利水电工程技术、水利水电工程项目管理专业知识和解决实际问题的能力实务,有关水利水电工程的法规、标准及相关知识。全书侧重对基础理论知识的了解和应用,对施工技术的掌握和运用,对项目管理的的能力要求。

本书适合参加全国一级建造师执业资格考试和相关专业的工程管理人员学习,也可供高等院校相关专业师生教学参考。

* * *

责任编辑:郭 栋

责任设计:孙 梅

责任校对:赵明霞

全国一级建造师执业资格考试用书

水利水电工程管理与实务

全国一级建造师执业资格考试用书编写委员会 编写

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京世界知识印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 15 $\frac{3}{4}$ 字数: 388 千字

2004 年 5 月第一版 2004 年 5 月第二次印刷

印数: 7001-11000 册 定价: 38.00 元(含光盘)

ISBN 7-112-06482-1

F·515(11719)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

全国一级建造师执业资格考试用书

编写委员会

名誉主任：金德钧 王素卿

主任委员：王早生

副主任委员：丁士昭 江见鲸 缪长江

委员：（按姓氏笔画排序）

丁士昭	刁永海	王早生	王秀娟
王燕鸣	乌力吉图	石中柱	江见鲸
孙宗诚	杨卫东	杨利华	杨陆海
李传德	李建华	李慧民	何孝贵
何佰洲	沈美丽	张之强	张余庆
陈建平	赵泽生	贺 铭	贺永年
骆 涛	顾慰慈	徐义屏	高金华
唐 涛	唐江华	焦凤山	詹书林
蔡耀恺	缪长江		

办公室主任：缪长江

办公室副主任：王秀娟

成 员：张国鑫 杨智慧 魏智成 刘 叶

序

随着我国建设事业的迅速发展,为了加强建设工程项目管理,提高工程项目总承包及施工管理专业技术人员素质,规范施工管理行为,保证工程质量和施工安全,根据《中华人民共和国建筑法》、《建设工程质量管理条例》、《建设工程安全生产管理条例》和国家有关执业资格考试制度的规定,国家人事部、建设部联合颁发了《建造师执业资格制度暂行规定》,对从事建设工程项目总承包及施工管理的专业技术人员实行建造师执业资格制度。

建造师是以专业技术为依托、以工程项目管理为主的执业注册人士。建造师注册受聘后,可以担任建设工程总承包或施工管理的项目经理,从事其他施工活动管理,从事法律、行政法规或国务院建设行政主管部门规定的其他业务。实行建造师执业资格制度后,我国大中型项目的建筑业企业项目经理将逐步由取得注册建造师资格的人士担任,以提高项目经理素质,保证工程质量。建造师执业资格制度的建立,将为我国拓展国际建筑市场开辟广阔的道路。

本书编委会依据人事部、建设部联合发布的《一级建造师执业资格考试大纲》,组织具有较高理论水平和丰富实践经验的专家、教授,本着解放思想、求真务实、与时俱进、开拓创新的精神,组织编写了《全国一级建造师执业资格考试用书》(以下简称《考试用书》)。在编撰过程中,编写人员始终遵循《一级建造师执业资格考试大纲》的总体精神,力求使《考试用书》重点体现“五特性、六结合”的原则,即综合性、实践性、通用性、国际性和前瞻性;与建造师的定位相结合,与高校专业学科设置相结合,与现行工程建设标准相结合,与现行法律法规相结合,与国际通用做法相结合和与目前项目经理资质管理向建造师执业资格制度平稳过渡相结合。

本套考试用书共18册,书名分别为《建设工程经济》、《建设工程项目管理》、《建设工程法规及相关知识》、《房屋建筑工程管理与实务》、《公路工程管理与实务》、《铁路工程管理与实务》、《民航机场工程管理与实务》、《港口与航道工程管理与实务》、《水利水电工程管理与实务》、《电力工程管理与实务》、《矿山工程管理与实务》、《冶炼工程管理与实务》、《石油化工工程管理与实务》、《市政公用工程管理与实务》、《通信与广电工程管理与实务》、《机电安装工程管理与实务》、《装饰装修工程管理与实务》、《建设工程法律法规选编》。本套考试用书既可作为全国一级建造师执业资格考试学习用书,也可供其他从事工程管理人员使用,以及大专院校相关专业师生教学参考。

《考试用书》编撰者为大专院校、行政管理、行业协会和施工企业等方面的管理专家和学者。在此,谨向他们表示衷心感谢。

在《考试用书》的编写过程中,虽经反复推敲核证,仍难免有不妥甚至疏漏之处,恳请广大读者提出宝贵意见。

全国一级建造师执业资格考试用书编写委员会

2004年5月

《水利水电工程管理与实务》

编 写 委 员 会

审 定：周学文 刘伟平 俞衍升 钱 敏

主 编：唐 涛

副 主 编：郭唐义 王韶华

编写人员：唐 涛 骆 涛 郭唐义 王韶华

韩 新 赵东晓 胡俊江 姬 宏

容 蓉 袁建平 王 立 何建新

刘 健 张先员 黄宗璧 靳学东

李占省 林志重 刘明春

前 言

本书根据《一级建造师执业资格考试大纲(水利水电工程专业)》(以下简称考试大纲)编写。本书主要阐述《考试大纲》规定的各条的核心内容,明确考试的知识点。章内各节按掌握、熟悉、了解的层次排列,故本书内容以条目格式编写,不考虑前后各条之间内容上的逻辑关系。

本书由水利水电工程技术、水利水电工程项目管理实务、水利水电工程法规及相关知识三部分组成。

第一部分“水利水电工程技术”主要对应试者应具备的各类水利水电工程技术知识,尤其是施工技术提出要求。包括工程概论、导流工程、地基处理、土石方工程、土石坝工程、混凝土坝工程、堤防及疏浚工程、水电站与泵站、水闸和渠系建筑物等9节。

第二部分“水利水电工程项目管理实务”主要是对应试者项目管理知识在水利水电工程中的应用提出要求。《考试大纲》的该部分包括水利水电工程项目管理专业知识、检验应试者解决实际问题的能力2节。本书主要是第1节“水利水电工程项目管理专业知识”的内容。围绕水利水电工程建设程序的各个阶段,以水利、水电行业规章和规范为依据,阐述建设程序、招标投标、合同管理、建设监理、施工企业资格管理,以及施工组织设计与进度计划、造价与成本、质量与安全、评定与验收等方面的基本要求;本书第2节“检验应试者解决实际问题的能力”为案例部分的具体工程内容,以及相关知识点(包括综合知识部分)的实际应用,相关知识见本书以及《建设工程经济》、《建设工程法规及相关知识》、《建设工程项目管理》等其他考试用书的相应内容。

第三部分“水利水电工程法规及相关知识”包括水利水电工程法规、水利水电工程建设强制性标准2节,具体叙述了《水法》、《防洪法》、《水土保持法》、《水污染防治法》、《土地管理法》、《电力法》、《大中型水利水电工程建设征地补偿和移民安置条例》等有关法律法规的相关内容,以及《工程建设标准强制性条文》(水利工程部分)施工方面和(电力工程部分)第二篇水力发电工程之2中的有关规定。

本书为全国一级建造师执业资格水利水电工程管理与实务的考试用书,也可作为高等学校工科专业的教学参考用书和从事水利水电工程项目法人(建设单位)、勘察(测)设计、施工、监理、咨询、质量监督、安全管理等工作人员的参考用书。

在本书的编写过程中,得到了汪安南、曹为民、高翔、万迪垂、刘润祺、姚汝祥、李舜才、宛明、王业伟、刘虎、章洪、王宝生、赵坤云、刘少林、刘强、孙颖、邓丽、崔焰、袁建华、叶三元、刘禄铎、吴雄鹰、赵玉红、鄢双红等同志的大力支持,并提出了大量宝贵的意见和建议,在此致以衷心的感谢。

由于时间仓促,内容广泛,编者水平有限,缺点甚至错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

目 录

1F410000 水利水电工程技术	1
1F411000 工程概论	1
1F411010 熟悉水力学的基本概念	1
1F411020 熟悉水利水电工程基础知识	9
1F411030 熟悉水工建筑材料应用的知识	15
1F411040 了解水利水电工程勘察设计基本知识	18
1F412000 导流工程	28
1F412010 掌握施工导流的概念与导流方式	28
1F412020 掌握围堰施工技术	30
1F412030 熟悉截流的基本方法	34
1F413000 地基处理	37
1F413010 掌握水利水电工程地基处理的基本要求及方法	37
1F413020 熟悉灌浆、防渗墙施工技术	38
1F414000 土石方工程	46
1F414010 掌握土石方工程施工的基础知识	46
1F414020 掌握土石方开挖技术	49
1F415000 土石坝工程	58
1F415010 掌握土石坝施工技术	58
1F415020 掌握混凝土面板堆石坝施工的主要技术	65
1F416000 混凝土坝工程	67
1F416010 掌握混凝土坝的施工技术	67
1F416020 掌握碾压混凝土坝施工的主要技术	70
1F416030 熟悉混凝土的生产与运输	73
1F416040 熟悉模板类型及安装拆除技术要求	79
1F417000 堤防及疏浚工程	82
1F417010 掌握堤防及护岸工程施工技术	82
1F417020 熟悉疏浚工程施工技术	84
1F418000 水电站与泵站	89
1F418010 熟悉水电站机组安装技术	89
1F418020 熟悉泵站的布置及机组选型	99
1F419000 水闸和渠系建筑物	103
1F419010 掌握水闸施工技术	103
1F419020 掌握渠系主要建筑物的施工技术	122

1F420000 水利水电工程项目管理实务	128
1F421000 水利水电工程项目管理专业知识	128
1F421010 掌握水利工程建设程序的主要内容	128
1F421020 掌握水利水电工程招标投标基本知识	133
1F421030 掌握水利水电工程施工分包的基本要求	145
1F421040 掌握水利工程质量管理与事故处理的基本要求	147
1F421050 掌握水电建设工程质量管理与施工安全的基本要求	154
1F421060 掌握水利工程文明建设工地的基本要求	160
1F421070 掌握水利工程验收的基本要求	162
1F421080 掌握水电工程验收的基本要求	169
1F421090 掌握水利水电工程质量评定的基本要求	172
1F421100 掌握水利水电工程施工组织设计及施工进度计划	176
1F421110 掌握水利水电工程造价与成本管理	183
1F421120 掌握《水利水电工程施工合同和招标文件示范文本》的主要内容	195
1F421130 熟悉水利水电工程评标委员会组成和评标程序	198
1F421140 熟悉水利工程施工监理的基本内容	203
1F421150 熟悉水电工程施工监理的基本内容	206
1F421160 了解水利水电工程重要设备材料、监理、勘察设计招标投标的基本要求	209
1F421170 了解水利水电施工企业资质等级的划分和承包范围	215
1F421180 了解水利水电工程建设监理单位、人员的基本要求	217
1F422000 检验应试者解决实际问题的能力	220
1F422010 掌握施工组织设计	220
1F422020 掌握施工进度控制	220
1F422030 掌握施工质量控制	220
1F422040 掌握施工成本控制	220
1F422050 掌握合同管理	221
1F422060 掌握施工安全管理	221
1F422070 掌握施工现场管理	221
1F430000 水利水电工程法规及相关知识	222
1F431000 水利水电工程法规	222
1F431010 掌握《水法》与工程建设有关的规定	222
1F431020 掌握《防洪法》与工程建设有关的规定	223
1F431030 熟悉《水土保持法》与工程建设有关的规定	225
1F431040 了解《水污染防治法》与工程建设有关的规定	226
1F431050 了解《土地管理法》有关水利水电工程建设的规定	226
1F431060 了解《大中型水利水电工程建设征地补偿和移民安置条例》的主要规定	227
1F432000 水利水电工程建设强制性标准	229
1F432010 掌握《工程建设标准强制性条文》(水利工程部分)施工方面的主要内容	229
1F432020 掌握《工程建设标准强制性条文》(电力工程部分)第二篇水力发电工程之 2 工程施工及验收主要内容	236

1F410000 水利水电工程技术

1F411000 工程概论

1F411010 熟悉水力学的基本概念

1F411011 水力荷载

水力荷载主要包括静水总压力、扬压力、浪压力和冰压力。其中静水总压力分为作用于平面上的静水总压力和作用于曲面上的静水总压力两种情形。

(1) 作用于平面上的静水总压力

1) 作用在矩形平面上的静水总压力计算

平面上静水总压力的大小,等于分布在平面上各点静水压强的总和。因此,作用在单位宽度上的静水总压力,等于静水压强分布图的面积;整个矩形平面的静水总压力,则等于平面宽度乘压强分布图的面积。

图 1F411011-1 表示一个任意倾斜放置的矩形平面 $ABEF$, 作用于该矩形平面 $ABEF$ 上的静水总压力为:

$$P = \frac{1}{2} \gamma (h_1 + h_2) b L \tag{1F411011-1}$$

式中 L ——平面的长度(m);

b ——平面的宽度(m);

γ ——水的密度(kN/m^3);

h_1, h_2 ——倾斜放置的矩形平面的顶面和底面距水面的深度(m)。

静水总压力 P 的作用点通过矩形平面 $ABEF$ 的对称轴 $O-O$ 上,同时,静水总压力 P 的作用点还通过压强分布图的形心点 Q 。

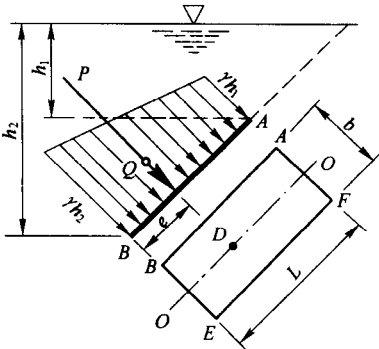


图 1F411011-1 矩形平面上的静水总压力

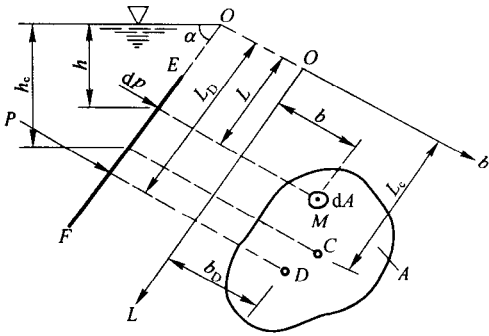


图 1F411011-2 任意平面上的静水总压力

2) 作用在任意平面上的静水总压力计算

如图 1F411011-2, 当受压面为任意形状时, 静水总压力等于平面形心点上的静水压强和平面面积的乘积, 即:

$$P = \gamma h_c A \quad (1F411011-2)$$

式中 L_c ——平面 EF 形心点 C 至平面 EF 的延长面与水面的交线 Ob 的距离(m);

h_c ——平面 EF 形心点 C 液面下的淹没深度(m), $h_c = L_c \sin \alpha$;

A ——平面 EF 的面积(m^2)。

(2) 作用于曲面上的静水总压力

当其受压面是曲面, 作用于曲面上任意点处的相对静水压强, 等于该点的淹没深度乘以水的重度, 即 $p = \gamma h$; 其方向垂直指向作用面。具体计算时, 分别计算作用于曲面上静水总压力的水平分力 P_x 和垂直分力 P_z , 最后再将 P_x 和 P_z 合成为总压力 P 。

1) 静水总压力的水平分力 P_x

$$P_x = \gamma h_c A_x \quad (1F411011-3)$$

式中 A_x ——曲面在 yOz 平面上的投影面积(m^2);

h_c ——为 A_x 面形心点在液面下的淹没深度(m)。

2) 静水总压力的垂直分力 P_z

$$P_z = \gamma V = \gamma b \Omega \quad (1F411011-4)$$

式中 b ——曲面宽度(m);

Ω ——曲面到水面所包围的面积(m^2)。

3) 静水总压力 P

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2} \quad (1F411011-5)$$

如图 1F411011-3, 静水总压力 P 的作用线应通过 P_x 与 P_z 的交点 K , 过 K 点沿 P 的方向延长交曲面于 D , D 即为总压力 P 在曲面 AB 上的作用线。

(3) 扬压力

各种混凝土坝、水闸等挡水建筑物由于其与地基接触面间存在孔隙, 而地基和混凝土也都有一定的透水性, 因而在一定的上下游静水头作用下, 最终要形成一个渗流场。扬压力是指流场内作用于计算截面以上的水压强度的集合。在此渗流场内, 如取某计算截面以上的坝体部分为讨论对象, 则该部分坝体就承受渗流场导致的扬压力。

1) 坝底扬压力

如图 1F411011-4 所示, 库水经坝基向下游渗透时, 沿程受到阻力, 造成水头损失。上游坝踵处的扬压力强度为 γH_1 , 下游坝趾处的扬压力强度为 γH_2 , 通常假定扬压力从坝踵到坝趾呈直线变化。矩形 $abcd$ 部分是下游水深 H_2 形成的上举力, 称浮托力; 多边形 $cdef$ 部分是由上下游水位差形成的渗透水流产生的上举力, 称为渗透压力。坝底扬压力是浮托力和渗透压力两者之和。

为了减少坝底扬压力, 改善坝的稳定和强度条件, 常在坝踵附近的坝基中灌浆, 形成防

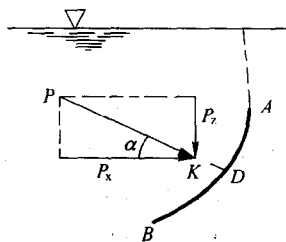


图 1F411011-3 曲线上的静水总压力

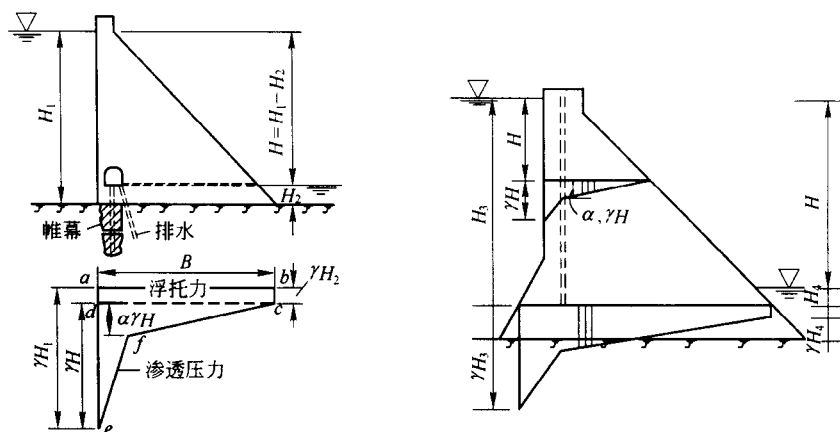


图 1F411011-4 扬压力分布图

渗帷幕,并在防渗帷幕后设排水孔幕,此时坝底扬压力分布中,浮托力近似按矩形分布,压力强度为 γH_2 ;渗透压力呈折线分布,在坝踵处为全水头 $\gamma(H_1 - H_2) = \gamma H$,在排水幕处为 $\alpha\gamma H$, α 为扬压力折减系数,在坝趾处为 0,中间按直线变化。《混凝土重力坝设计规范》(SDJ 21—78)(以下简称《重力坝设计规范》)建议河床坝段 $\alpha = 0.2 \sim 0.3$,岸坡坝段 $\alpha = 0.3 \sim 0.4$ 。

2) 坝体扬压力

作用于坝体各计算截面上的扬压力,因坝身排水管幕有降低渗压的作用,《重力坝设计规范》建议在排水幕处折减系数 $\alpha_3 = 0.15 \sim 0.3$ 。

(4) 浪压力

因波浪对水工建筑物临水面形成的浪压力与波浪的几何要素直接相关。波浪的几何要素包括波高、波长、波速等。波高为从波的波峰到波谷的高差,波长为沿波动方向两个相同相位点之间的距离。若坝前水深为 H_l ,波高为 $2h_l$,波长为 $2L_l$,波浪中心线高出静水面的高度为 h_0 ,当波浪推进到坝前,由于坝面的反射作用产生驻波,波高为 $4h_l$,而波长仍保持不 $2L_l$ 变。

当时 $H_l > L_l$ 时,波浪运动不受库底的约束,称为深水波。当 $H_k < H_l < L_l$ 时(H_k 为临界水深),波浪运动受库底的约束,称为浅水波。当 $H_l < H_k$ 时,波浪发生破碎,称为破碎波。

《水工建筑物荷载设计规范》(DL 5077—1997)和《重力坝设计规范》对波高、波长均有规定或推荐。后者对于山区峡谷水库,如图 1F411011-5 所示,推荐的官厅公式为:

$$2h_l = 0.0166V^{\frac{5}{4}}D^{\frac{1}{3}} \quad (\text{m}) \quad (1F411011-6)$$

$$2L_l = 10.4(2h_l)^{0.8} \quad (\text{m}) \quad (1F411011-7)$$

式中 V ——计算风速(m/s),是指水面以上 10m 处 10min 内的风速平均值。在正常蓄水位和设计洪水位时,宜采用相应季节 50 年重现期的最大风速;在校核洪水位时,宜采用相应洪水期多年平均最大风速;

D ——风作用于水域的长度(km)。称为吹程或风区长度,为坝前(逆风向)到对岸的距离。当沿风向有局部缩窄且缩窄处的宽度 B 小于 12 倍计算波长时,可近似

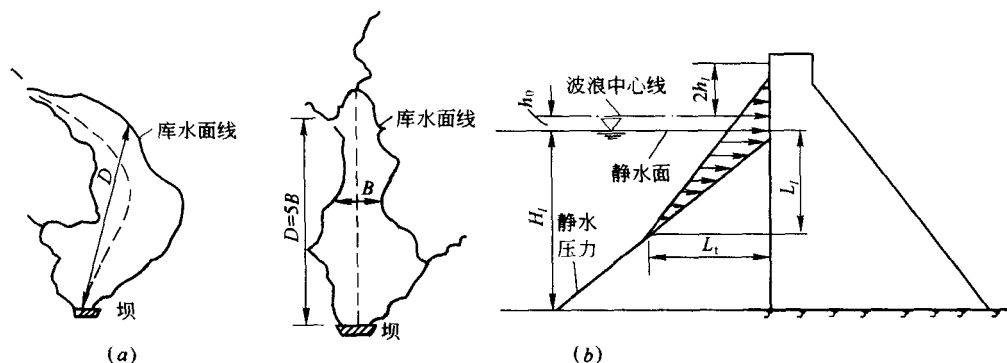


图 1F411011-5 浪压力分布示意图

取 $D=5B$, 同时不小于计算点到缩窄处的直线距离。

由于空气阻力比水的阻力小, 所以波浪中心线高出静水面一定高度, 其数值 h_0 可按公式(1F411011-8)计算:

$$h_0 = \frac{4\pi h_i^2}{2L_i} \quad (1F411011-8)$$

铅直坝面上的浪压力计算公式为:

$$P_i = \gamma \frac{(L_i + 2h_i + h_0)L_i}{2} - \gamma \frac{L_i^2}{2} \quad (1F411011-9)$$

当坝面与水平面的交角大于 45° 时, 波浪的性质与坝面为铅直时情况接近; 小于 45° 时, 则应按斜坡上的波浪考虑。

(5) 动水压力

溢流坝泄水时, 在溢流面上作用有动水压力。坝顶曲线段和直线段上的动水压力很小, 可忽略不计。在反弧段上, 可根据水流的动量方程求解动水压力。

计算时假定水流为匀速流, 流速为 V , 如果忽略水重 W 、侧面水压力 F_1 和 F_2 , 如图 1F411011-6 所示, 则可以直接由动量方程求出作用于整个反弧上的动水压力分量:

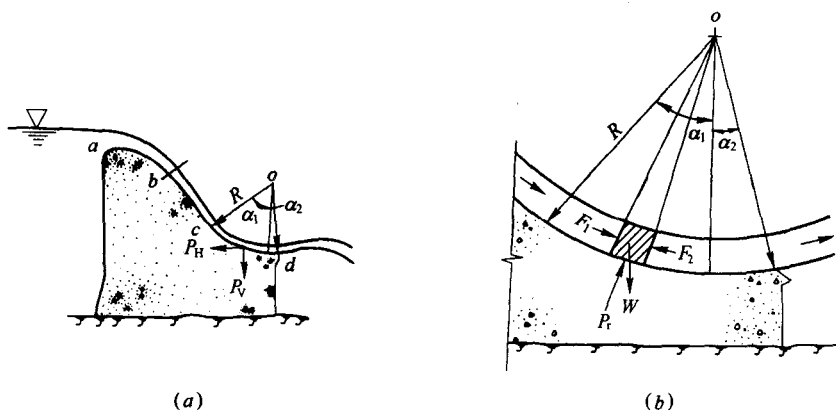


图 1F411011-6 动水压力分布示意图

$$\begin{cases} P_H = \frac{\gamma q}{g} V (\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1) \\ P_V = \frac{\gamma q}{g} V (\sin \alpha_1 + \sin \alpha_2) \end{cases} \quad (1F411011-10)$$

式中 P_H, P_V ——总动水压力的水平和铅直分量(kN);

α_1, α_2 ——反弧最低点两侧弧段所对的中心角;

q ——单宽流量[m³/(s·m)];

g ——重力加速度(m/s²);

V ——水的流速(m/s)。

合力作用点可近似取圆弧中点。当反弧上的水深较大时,在 P_V 中应计入反弧段的水体重量 W 。

(6) 冰压力

冰压力包括静冰压力和动冰压力。

1) 静冰压力

在寒冷地区的冬季,水面结冰的厚度自数厘米至 1m 以上。当温度回升时(仍低于 0℃),因冰盖膨胀对建筑物表面产生的冰压力称为静冰压力。

2) 动冰压力

冰盖解冻后,冰块随水流漂移,撞到建筑物上而产生撞击力称为动冰压力。

1F411012 水流形态及能量转换

(1) 水流形态

从描述水流的不同角度出发,水流形态主要包括:恒定流与非恒定流、均匀流与非均匀流、渐变流与急变流、层流与紊流。

1) 恒定流与非恒定流

A. 恒定流。在流场中任何空间上所有的运动要素都不随时间而改变,这种水流称为恒定流。例如一水库有一泄水隧洞,当水库水位、隧洞闸门保持不变时,隧洞中的水流的运动要素都不会随时间改变,即为恒定流。

在恒定流的情况下,任一空间点上,无论哪个液体质点通过,其运动要素都是不变的,运动要素仅仅是空间坐标的连续函数,而与时间无关。

B. 非恒定流。在流场中任何空间上有任何一个运动要素随时间而改变,这种水流称为非恒定流。例如上述水库泄水时,如果水库水位逐渐降低,那么流量、流速会随之变小,此时隧洞中的水流即为非恒定流。

2) 均匀流与非均匀流

A. 均匀流。当水流的流线为相互平行的直线时,该水流称为均匀流。例如一水渠,某顺直渠段中没有进出水(流量不变)、渠道横断面尺寸沿程不变,则该渠段内的水流即为均匀流,水面线为一直线,且平行与渠底坡线。

均匀流的过水断面为平面,且过水断面的形状和尺寸沿程不变;均匀流中,同一流线上不同点的流速应相等,从而各过水断面上的流速分布相同,断面平均流速相等;均匀流在同一过水断面上各点测压管水头为一常数。

B. 非均匀流。若水流的流线不是相互平行的直线,该水流称为非均匀流。流线虽然平行但不是直线(如管径不变的弯管中的水流),或者流线虽为直线但不相互平行(如管径沿程缓慢均匀扩散或收缩的渐变管中的水流),都属于非均匀流。

3) 渐变流与急变流

按照流线不平行和弯曲的程度,可将非均匀流分为渐变流和急变流两种类型。

A. 渐变流。当水流的流线虽然不是相互平行直线,但几乎近于平行直线时称为渐变流。

B. 急变流。若水流的流线之间夹角很大或者流线曲率半径很小,这种水流称为急变流。

4) 层流与紊流

当同一液体在同一管道中流动,当流速不同时,液体可有层流和紊流两种不同的流态。

A. 层流。当流速较小,各流层的液体质点有条不紊地运动,互不混掺,该流动形态为层流。

B. 紊流。当流速较大,各流层的液体质点形成涡体,在流动过程中互相混掺,该流动形态为紊流。实际工程中,紊流是最为常见的流态,如闸后、跌水、泄水、水轮机中的水流均为紊流。

(2) 能量转换

根据能量守恒原理,恒定水流的能量方程为:

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + h_w \quad (1F411012)$$

上式代表断面 1、2 间水流的能量守恒,其中 h_w 表示两个断面间的能量损失,其余三项分别代表单位质量水体的机械能,分别为位能、压能和动能。即位能、压能和动能在水体流动过程中是可以互相转化的。

明渠均匀流中,压能、动能不变,而位能逐渐减小,是为克服阻力,成为沿程水头损失。

水库泄水,位能转化为动能,水流从泄水口喷射而出。为防止冲刷破坏,需进行消能。

在应用能量方程计算时,应注意以下几点:

A. 基准面的选择是可以任意的,但在计算不同断面的位置水头 z 值时,必须选取同一基准面;

B. 能量方程中 $\frac{P}{\gamma}$ 一项,可以用相对压强,也可以用绝对压强;但对同一问题必须采用相同的标准;

C. 在计算过水断面的测压管水头 $z + \frac{P}{\gamma}$ 值时,可以选取过水断面上任意点来计算;

D. 对渐变流多数情况,可令不同过水断面上的动能修正系数 $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$,但在某些特殊情况下,应根据具体情况酌定。

1F411013 渗透系数及渗透变形

(1) 渗透系数

渗透系数是反映土的渗流特性的一个综合指标。渗透系数的大小主要取决于土的颗粒形状、大小、不均匀系数及水温,一般采用经验法、室内测定法、野外测定法确定。

1) 经验法:进行初步估算时,参照有关规范和已建成工程的资料来选定 k 值。

2) 室内测定法:将天然土取若干土样,在试验室内测定其渗透系数 k 值。将实测的流量和水头损失及设备装置的有关已知数据代入下式即可得出渗透系数 k :

$$k = \frac{QL}{AH} \quad (1F411013-1)$$

式中 Q ——实测的流量;

A ——通过渗流的土样横断面面积;

L ——通过渗流的土样高度;

H ——实测的水头损失。

3) 野外测定法。在所研究的渗流区域的现场进行实测。此方法能获得较为符合实际的大面积的平均渗透系数值。多是采用钻孔抽水或压水试验,通过对渗流参数的研究来求得平均渗透系数。

各类土常见的渗透系数变化范围见表 1F411013。

土的渗透系数参考值

表 1F411013

土的类别	渗透系数		土的类别	渗透系数	
	(cm/s)	(m/d)		(cm/s)	(m/d)
黏土	$<6 \times 10^{-6}$	<0.005	细砂	$1 \times 10^{-3} \sim 6 \times 10^{-3}$	1.0~5.0
壤土、亚黏土	$6 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-4}$	0.005~0.1	中砂	$6 \times 10^{-3} \sim 2 \times 10^{-2}$	5.0~20.0
砂壤土、轻亚黏土	$1 \times 10^{-4} \sim 6 \times 10^{-4}$	0.1~0.5	粗砂	$2 \times 10^{-2} \sim 6 \times 10^{-2}$	20.0~50.0
黄土	$3 \times 10^{-4} \sim 6 \times 10^{-4}$	0.25~0.5	圆砾	$6 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10^{-1}$	50.0~100.0
粉砂	$6 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-3}$	0.5~1.0	卵石	$1 \times 10^{-1} \sim 6 \times 10^{-1}$	100.0~200.0

注:本表摘自《工程地质手册》,中国建筑工业出版社,1975年。

(2) 渗透变形

渗透变形又称为渗透破坏,是指在渗透水流的作用下,土体遭受变形或破坏的现象。渗透变形的形式及其发展过程,与土料的性质及水流条件、防渗排渗等因素有关。一般可分为管涌、流土、接触冲刷、接触管涌或接触流土等类型。破坏性的渗透变形能够导致水工建筑物的失事。

1) 管涌

在渗流作用下,非黏性土土体内的细小颗粒沿着粗大颗粒间的孔隙通道移动或被渗流带出,致使土层中形成孔道而产生集中涌水的现象称为管涌。

当土体内的渗流速度达到一定数值时,土壤中的细小颗粒将开始悬浮移动,并被水流带走。随着细小颗粒的流失,土壤孔隙将加大,渗流速度也随之增大,继而带走较粗大的土体颗粒。管涌首先从渗流逸出处开始,然后向上游逐步发展。当土体中个体细小粒在渗流作用下开始在孔隙内移动时的水力坡降称为临界坡降。更粗大的土粒开始流动,产生渗流通道,土体表面发生大面积破坏时的水力坡降,称为破坏坡降。若进一步发展,则可能引起土体塌陷失事。

管涌可发生在坝基内部,也可能发生在渗流的下游出口处。管涌是某类土的特性。只有某些土,在一定的渗透坡降作用下才可能发生管涌现象。对于黏土,由于颗粒之间存在凝

聚力,渗流不可能把土颗粒带走,因此一般不会发生管涌。

在非黏性土中发生管涌的临界坡降 J_c ,可按式计算:

$$J_c = \frac{42d_3}{\sqrt{\frac{K}{n^3}}} \quad (1F411013-2)$$

式中 d_3 ——相应于含量为 3% 的粒径(cm);

n ——土体孔隙率;

K ——土的渗透系数(cm/s)。

管涌的允许渗透坡降 $[J]$ 等于求得的管涌的临界坡降 J_c 除以安全系数即可。安全系数可按照建筑物的级别和非黏性土的类别取 2~3。对于正常级配的土,管涌的允许渗透坡降 $[J]$ 可参考下列不均匀系数 η 值选用: $10 < \eta < 20$ 的非黏性土, $[J] = 0.20$; $\eta > 20$ 的非黏性土, $[J] = 0.10$ 。

对大中型工程应进行管涌试验,以了解实际产生管涌的临界坡降。

2) 流土

在渗流作用下,非黏性土土体内的颗粒群同时发生移动的现象;或者黏性土土体发生隆起、断裂和浮动等现象,都称为流土。因为在渗流出口处往往渗透坡降最大,所以流土现象主要发生在黏性土及较均匀的非黏性土体的渗流出口处。

流土不是某类土的特性,而是在渗流力作用下的结果。因此,包括黏性土及非黏性土在内的任何土,都可能在一定渗透坡降作用下产生流土现象。

根据极限平衡条件,非黏性土发生流土的破坏坡降 J_F 可按式计算:

$$J_F = (G-1)(1-n) \quad (1F411013-3)$$

式中 G ——土粒相对密度, $G = \gamma_s / \gamma$;

n ——土体孔隙率;

γ_s ——土粒的重度。

流土的允许渗透坡降 $[J]$ 等于求得的流土的破坏坡降 J_F 除以安全系数即可。在设计中,对黏性土安全系数采用 1.5;对非黏性土的 I、II 级坝,安全系数采用 2.5,对 III 级以下的坝采用 2.0。 J_F 值一般在 0.8~1.2 之间变化。

3) 接触冲刷

当渗流沿着两种颗粒不同的土层交界面流动时,在交界面处的土壤颗粒被冲动而而产生的冲刷现象称为接触冲刷。

4) 接触流土和接触管涌

接触流土是指在两种不同的介质(其中至少一种是颗粒材料)的接触面上,有渗透水作用下所发生的流土现象。接触管涌是指在两种不同的介质(其中至少一种是颗粒材料)的接触面上,有渗透水作用下所发生的管涌现象。

(3) 防止渗透变形的工程措施

产生管涌和流土的条件主要取决于渗透坡降和土的颗粒组成。因此,设计中应当尽量降低渗透坡降,同时增加渗流出口处土体抵抗渗透变形的能力。具体工程措施为:

1) 设置水平与垂直防渗体,增加渗径的长度,降低渗透坡降或截阻渗流。

2) 设置排水沟或减压井,以降低下游渗流口处的渗透压力,并且有计划地排除渗水。