

水利水电工程泥沙池设计

黎运棻 杨晋营 张金凯 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



黎运棻 男，广西阳朔人，教授级高级工程师，享受国务院批准的政府特殊津贴。原任水利部山西水利水电勘测设计研究院副总工程师，山西省力学学会第三、第四届常务理事兼流体力学委员会主任。现为山西水利水电勘测设计研究院技术顾问，山西省工程咨询专家。先后主持、指导大型、中型和重点工程规划设计 40 余项，获省部级科技进步奖、优秀工程设计奖 7 次，立省级个人二等功 2 次，是水利行业标准《水利水电工程沉沙池设计规范》(SL 269—2001) 第一编写人。



杨晋营 男，山西偏关人，高级工程师，现任水利部山西水利水电勘测设计研究院副总工程师。先后参加、主持大型、中型国家重点和省重点水利水电工程项目设计 30 余项，多次获省部级科技进步奖、优秀工程设计奖，是水利行业标准《水利水电工程沉沙池设计规范》(SL 269—2001) 第二编写人。

责任编辑：陈 昊

封面设计：阎莉莉

版式设计：孟繁培

E-mail: jwh@waterpub.com.cn

ISBN 7-5084-2357-7



9 787508 423579 >

ISBN 7-5084-2357-7

定价：19.00 元

水利水电工程沉沙池设计

黎运棻 杨晋营 张金凯 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

数字
资源

PDG

内 容 提 要

根据水利水电工程的需要,作者结合多年在沉沙池设计、科研方面的成果以及主持编写《水利水电工程沉沙池设计规范》(SL 269—2001)的经验,从沉沙池设计的实际出发,系统地总结了水利水电工程沉沙池设计的基础理论和设计方法。本书共分9章及2个附录。第1~3章是绪论、沉沙池类型和布置、沉沙池工作段主要尺寸;第4~6章是沉降计算理论基础及方法;第7章是沉沙池冲洗计算;第8章是运行设计和观测;第9章是工程实例;2个附录分别为算例和计算程序框图。

本书可作为大专院校同类专业课程教材,也可供水利水电工程的规划设计、管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

水利水电工程沉沙池设计/黎运棻,杨晋营,张金凯
编著. —北京:中国水利水电出版社,2004

ISBN 7-5084-2357-7

I. 水 ... II. ①黎 ... ②杨 ... ③张 ... III. 沉沙池
—设计 IV. TV673

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第091204号

书 名	水利水电工程沉沙池设计
作 者	黎运棻 杨晋营 张金凯 编著
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)、68331835 (营销中心)
经 售	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	北京市地矿印刷厂
规 格	850mm×1168mm 32开本 6.625印张 182千字
版 次	2004年9月第1版 2004年9月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	19.00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

序

在我国，多沙河流无调节引水的灌溉、发电以及供水工程中为了防止有害的或过多的泥沙进入，减少渠道淤积及对水轮机的磨损等，大都设置沉沙池。沉沙池的设计涉及到水文、泥沙、水力学、水工建筑物，以及水轮机或水泵的性能等诸多专业内容，特别是泥沙沉降与冲洗。加之我国河流众多，水沙状态差别大，使问题十分复杂。因此，沉沙池的设计是水利、水电工程设计中具有相当难度的内容之一。

20 世纪 50 年代以来，在吸取国外一些经验的基础上，我国科技工作者通过大量工程实践（包括实际资料观测）和一些水沙运动规律研究，在沉沙池设计、运行和管理方面，已积累了丰富的经验，不断有所创新。特别是沉沙池泥沙运动（沉降与冲洗）有了系统的新成果。在《水利水电工程沉沙池设计规范》（SL 269—2001）已较系统地总结了我国上述沉沙池研究成果和经验。

本书作者多年从事沉沙池设计、运行、管理和沉沙池泥沙运动规律等的研究，收集了大量的实际资料，并主持编写了《水利水电工程沉沙池设计规范》（SL 269—2001）。因此，由他们编写本书是很恰当的。

6732 61/01

本书较为全面地总结了我国在沉沙池方面的研究成果，建立了沉沙池学科的体系，包括沉沙池类型和布置、沉沙池工作段主要尺寸、泥沙沉降速度、沉沙池中泥沙沉降的计算、沉降率与淤积计算、沉沙池冲洗，以及运行和观测等。它们涵盖了沉沙池设计、运行与管理的全部内容。其中，在沉沙池泥沙沉降、设计等方面给出的计算方法，是颇有新意和符合实际的。因此，本书的内容，不论在国内外，都是较为全面和先进的，值得有关人员阅读和参考。

另外，本书不仅是已出版的《水利水电工程沉沙池设计规范》（SL 269—2001）的补充和注释，而且也是其进一步的延续和引伸。阅读本书，有助于对该规范中的一些“规定”的深入理解和掌握，同时，也便于展示以后需要进一步研究的问题，以促进学科发展。

中国工程院院士 韩英为

2004.8.3.

新平船

PDG

前

言

我国地域辽阔，河流众多，在无调节的多沙河流引水灌溉、发电或供水的工程中，为了防止水中有害或过多的泥沙进入输水系统，减少淤积或减轻对水轮机、水泵的磨损，常设置沉沙池，使泥沙集中沉降，以满足需求。随着社会进步和国家建设需要，沉沙池已逐渐在更多方面得到应用和发展。我国各流域水沙状况差异较大，水利工程与水电工程对沉沙池的要求也有所不同，沉沙池的设计涉及水文、泥沙、水轮机和水泵、水力学及水工建筑物等多学科多专业内容。20世纪50年代以来，国内的沉沙池设计工作大多沿用国外早年沉沙池设计规范，缺乏较系统、较完整的设计方法。实际上，我国在水利水电工程中的沉沙池设计、运行、观测等方面已积累了不少经验，在沉沙池布置、结构型式、设计理论等方面都不断有所创新，并在沉沙池泥沙研究方面取得了一些新成果。《水利水电工程沉沙池设计规范》(SL 269—2001)较系统地总结了我国水利水电工程沉沙池设计经验，为便于SL 269—2001的实施和发展，作者特编写了本书。书中还纳入了部分在SL 269—2001里未涉及的内容，其中包括最新的研究成果。

本书系统地论述了水利水电工程沉沙池设计中的理论基础和方法，共分为9章和2个附录：第1章绪论，第2章沉沙池类型和布置，第3章沉沙池工作段主要尺

寸,第4章泥沙沉降速度,第5章泥沙池泥沙沉降计算方法,第6章沉降率和淤积计算,第7章泥沙池冲洗计算,第8章运行和观测,第9章工程实例,附录A沉降、冲洗计算算例,附录B泥沙池沉降计算程序框图。

在本书的编写过程中,作者研究了大量国内外文献和资料并进行原型观测,得到了引黄济青工程管理局、大禹渡工程管理局、阳武河灌区管理局、山西省水利科学研究所、河南省水利勘测设计院、山东省水利勘测设计院、黄河水利委员会勘测设计研究院和水利科学研究院、清华大学水机教研室、长江水利委员会科学研究院等单位的大力支持,并提供了宝贵资料。在研究过程中,得到了水利部水利水电规划设计总院和国家电力公司水电水利规划设计总院有关领导的大力支持。本书是在SL 269—2001的基础上写成的,引用了国家电力公司成都勘测设计研究院的部分资料和成果,该院胡克让、谭伟民、曹鉴湘、李国梁诸位教授级高级工程师及刘期勇高级工程师给予了支持。本书有关专题研究得到了我院前任院长仝立功和现任院长郭建新的大力支持,王仁龙、李杜元两位工程师参加了本书恢复饱和系数和冲洗计算的研究工作,陈星工程师参加了水泵磨损调查研究工作,刘小梅高级工程师参加了计算程序的编制工作。在此,特向上述单位、专家表示衷心感谢。

书中主要研究成果曾得到国内许多设计、科研、管理和大专院校的专家教授的帮助,特别是中国工程院韩其为院士、中国水利水电科学研究院泥沙所彭润泽教授

曾多次参加了有关研究成果的评审，给予了大力支持，在此深表感谢。

由于作者理论水平有限，书中不妥甚至差错之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

作 者

2004 年 7 月 于太原

鄧平知覺
PDG



序
前言

第 1 章 绪论	1
1.1 沉沙池的用途	1
1.2 沉沙池设计基本资料	1
1.2.1 地形资料	1
1.2.2 工程地质及水文地质资料	2
1.2.3 水文资料	2
1.2.4 泥沙资料	2
1.2.5 沉沙池引水口处河流污物调查研究	3
1.2.6 气象资料	3
1.2.7 其他相关专业资料	3
1.3 入池设计含沙量及颗粒级配选用	4
1.4 沉沙池的设置条件及泥沙沉降设计标准	6
1.4.1 水利工程沉沙池设置条件及泥沙沉降设计标准	6
1.4.2 河流引水式水电站沉沙池设置条件及泥沙沉降 设计标准	18
1.4.3 大于等于设计最小沉降率粒径的泥沙沉降率	21
1.5 沉沙池设计内容和步骤	21
1.6 术语、主要符号	23
1.6.1 术语	23
1.6.2 主要符号	24
第 2 章 沉沙池类型和布置	26

2.1 沉沙池类型.....	26
2.1.1 水力冲洗式沉沙池.....	26
2.1.2 条渠类沉沙池.....	27
2.2 沉沙池布置.....	28
2.2.1 连续冲洗式沉沙池.....	28
2.2.2 定期冲洗式沉沙池.....	32
2.2.3 定期冲洗式复合型沉沙池.....	37
2.2.4 曲线形连续冲洗式沉沙池.....	44
2.2.5 条渠类沉沙池.....	47
第3章 沉沙池工作段的主要尺寸	54
3.1 主要尺寸确定原则.....	54
3.2 连续冲洗式沉沙池工作段主要尺寸.....	54
3.2.1 工作段进口工作深度.....	54
3.2.2 工作宽度.....	55
3.2.3 工作长度.....	56
3.3 定期冲洗式沉沙池工作段主要尺寸.....	56
3.3.1 工作段进口工作深度.....	56
3.3.2 工作段池底纵坡.....	57
3.3.3 池室工作宽度.....	58
3.3.4 池室分厢宽度.....	59
3.3.5 工作段长度.....	60
3.4 复合型沉沙池.....	60
3.5 条渠主要轮廓尺寸.....	61
3.5.1 条渠长度.....	61
3.5.2 条渠水深、流速和宽度.....	61
3.5.3 其他.....	62
3.6 曲线形沉沙池池厢基本尺寸.....	62
第4章 泥沙沉降速度计算	64
4.1 关于泥沙沉降速度.....	64
4.2 泥沙沉降速度计算.....	65

4.2.1	张瑞瑾公式	65
4.2.2	冈恰洛夫公式	65
4.2.3	沙玉清公式	66
4.2.4	河流泥沙颗粒分析规程及 SL 269—2001 推荐 公式	67
4.3	含沙量对沉速的影响	68
4.4	粒径级划分和平均沉速计算	71
第 5 章	沉沙池泥沙沉降计算	72
5.1	概述	72
5.2	准静水沉降法	73
5.2.1	基本公式	73
5.2.2	沉降率计算	77
5.2.3	关于 K 值的讨论	78
5.3	沉降概率法	79
5.3.1	计算公式	79
5.3.2	问题讨论	82
5.4	二度流超饱和输沙法	83
5.4.1	扩散方程及沉降率计算	83
5.4.2	问题讨论	84
5.5	一度流超饱和输沙法	85
5.5.1	基本计算公式	85
5.5.2	池段分组泥沙沉降率计算	87
5.5.3	问题讨论	88
5.5.4	关于沉沙池水流挟沙力	88
5.5.5	恢复饱和系数 α	94
5.6	准静水沉降法和一度流超饱和输沙法对比	100
5.6.1	准静水沉降法公式的演变	100
5.6.2	一度流超饱和输沙法公式的演变	101
5.6.3	结论	102
5.7	定期冲洗式沉沙池溢流堰出池含沙量计算	102

5.7.1	定期冲洗式沉沙池运行特点	102
5.7.2	悬移质泥沙的垂线分布	103
5.7.3	吸出高度及出池含沙量计算	105
5.8	曲线形沉沙池澄清度和澄清量的计算	110
5.8.1	各种泥沙粒径的澄清度 (百分比)	110
5.8.2	各种泥沙粒径的澄清量	111
5.8.3	总澄清量和总澄清度	111
5.8.4	池厢首段大粒径泥沙不淤的验算	111
第 6 章	沉降率和淤积计算	113
6.1	沉沙池水面线计算	113
6.1.1	水面线计算	113
6.1.2	关于沉沙池的糙率系数	115
6.2	沉降率计算	116
6.2.1	池段分组沉降率	116
6.2.2	工作段分组沉降率	117
6.2.3	大于某粒径级泥沙沉降率及某粒径组的沉降百 分数	118
6.3	恢复饱和系数的应用	119
6.3.1	处理悬移质泥沙粒径 $d < 0.25\text{mm}$ 的沉沙池 ...	120
6.3.2	处理悬移质泥沙粒径 $d > 0.25\text{mm}$ 的沉沙池 ...	120
6.4	淤积计算	121
6.4.1	按定床计算冲洗周期和淤沙体积	121
6.4.2	按动床计算冲洗周期和淤沙体积	122
6.4.3	条渠沉沙池的淤积计算	125
6.4.4	动床床面计算	127
第 7 章	沉沙池冲洗计算	129
7.1	水利工程定期冲洗式沉沙池冲洗计算	129
7.1.1	淤积形态和冲洗阶段	129
7.1.2	泄空冲洗	130
7.1.3	溯源冲洗	135

7.1.4	沿程冲洗计算	136
7.1.5	冲洗总耗水量和总历时	137
7.2	水电站连续冲洗式沉沙池冲洗计算	139
7.2.1	冲沙流速计算	139
7.2.2	沿廊道长度的水头变化	140
7.2.3	支廊道沿长度方向的截面积	140
7.2.4	支廊道进沙孔断面面积	141
7.3	水电站定期冲洗式沉沙池冲洗计算	141
7.3.1	无压排沙冲沙临界流速及单宽流量	141
7.3.2	无压排沙冲沙历时	142
第 8 章	运行设计和观测	143
8.1	运行设计	143
8.1.1	运行设计的基本要求	143
8.1.2	定期冲洗式沉沙池运行	144
8.1.3	连续冲洗式沉沙池运行	145
8.1.4	条渠沉沙池运行	146
8.2	原型观测和安全监测设计	147
8.2.1	原型观测和安全监测设计的目的	147
8.2.2	原型观测和安全监测内容	147
8.2.3	原型观测和安全监测的要求	148
第 9 章	工程实例	151
9.1	大禹渡灌溉抽水站沉沙池	151
9.1.1	沉沙池布置	151
9.1.2	运用情况	153
9.2	南桡河三级电站沉沙池	154
9.2.1	沉沙池布置	154
9.2.2	运用情况	157
9.3	引黄济青城市供水沉沙池	157
9.3.1	引水口位置选择	157
9.3.2	水沙引用调度	159

9.3.3	泥沙处理设计	159
9.3.4	沉沙池工程布局	160
9.3.5	主要水沙设计指标和实测数值	161
9.4	禹门口工农业供水沉沙池	162
9.4.1	沉沙池布置	162
9.4.2	试验和运用效率	164
9.5	羊卓雍湖抽水蓄能电站沉沙池	165
9.5.1	上游连接段	166
9.5.2	工作段	168
9.5.3	下游连接段	168
9.5.4	冲排沙系统	168
9.6	部分已建沉沙池工程主要技术参数	168
9.7	讨论与期望	177
附录 A	沉降、冲洗计算算例	179
A.1	基本资料	179
A.1.1	设计流量	179
A.1.2	设计水位	179
A.1.3	设计泥沙粒径	179
A.2	设计标准	180
A.3	主要布置尺寸	180
A.4	泥沙沉速计算	181
A.5	泥沙沉降计算	182
A.5.1	第 1 时段水力计算成果	182
A.5.2	第 1 时段泥沙沉降计算	182
A.5.3	第 2 时段及其以后各时段计算	186
A.5.4	综合成果	186
A.5.5	入池、出池及淤积级配曲线	186
A.6	冲洗计算	192
附录 B	沉降计算程序框图	194
B.1	程序功能	194

B.2 子程序说明	194
B.3 沉降计算程序框图	195
参考文献	196



绪 论

1.1 沉沙池的用途

沉沙池是用来沉降挟沙水流中有害或过多的泥沙，减轻下游渠道淤积，满足供水要求，以及在水利工程中减轻对水泵磨损和在水电工程中减轻对水轮机的磨损的一种水工建筑物，主要是利用沉沙池过流断面大、流速小、水流挟沙力很低的条件，使得水流中大于设计沉降粒径的泥沙得到沉降、出池含沙量得到减小。

随着社会进步和国家建设发展，水利水电工程沉沙池已不仅仅是为减轻输水系统淤积、水泵和水轮机磨损而设置，已逐渐在城市供水、工业供水、河道整治、淤培固堤、水沙资源调度、淤滩造地和水环境整治等方面得到应用和发展。

1.2 沉沙池设计基本资料

为了保证沉沙池设计质量，在进行沉沙池的规划设计时，应收集包括水文、气象、地形、地质、泥沙及相关专业资料。

1.2.1 地形资料

为选择沉沙池位置及其工程布置型式，应收集沉沙池所在地址的地形图。地形图的比例尺可据工程大小和工程所处位置的地形、地貌情况确定，一般根据不同的设计阶段及地形条件在 $1/1000 \sim 1/200$ 范围内选取。地形图的施测范围必须大于建筑物占地面积，还应包括引渠、输水渠、相邻河道及相关建筑物的