

组织单位：水利部水利水电规划设计总院

中国水电顾问集团水电水利规划设计总院

Sediment Design Manual

泥沙设计手册

◎ 主编 涂启华 杨赓斐



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

组织单位：水利部水利水电规划设计总院

中国水电顾问集团水电水利规划设计总院

Sediment Design Manual

泥沙设计手册

◎ 主编 涂启华 杨赛斐



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

《泥沙设计手册》是与《水利水电工程水利动能设计规范》、《水利水电工程动能设计规范》、《水电水利工程泥沙设计规范》等技术标准相配套使用的工具书。本《手册》总结汇集了我国水利水电工程泥沙设计的实践经验,吸纳了国外研究成果,内容全面,资料丰富,反映了目前水利水电工程泥沙设计的最新成果和技术水平。

全书共九章,内容主要包括:水利水电工程泥沙问题,基本资料及其分析,水利动能泥沙设计理论体系,水库淤积形态及糙率计算,经验法悬移质冲淤计算,河流动力学法悬移质冲淤计算,推移质冲淤计算,水库泥沙控制运用,水库运用对下游河道影响等。本书附有大量的图表、数据和实例。

本书可供从事水利水电工程规划、设计和运行管理人员使用,也可供水利水电工程建设、科研人员和高等院校、中等专业学校的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

泥沙设计手册/涂启华,杨赉斐主编. —北京:中国
水利水电出版社,2006
ISBN 7-5084-3754-3

I. 泥... II. ①涂... ②杨... III. 泥沙工程学—设计—技术手册 IV. TV14-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 040428 号

书 名	泥沙设计手册
作 者	主编 涂启华 杨赉斐
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	北京中科印刷有限公司
规 格	787mm×1092mm 16 开本 27.5 印张 652 千字
版 次	2006 年 5 月第 1 版 2006 年 5 月第 1 次印刷
印 数	0001—3000 册
定 价	98.00 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

本书编写人员名单

审 订	沈凤生 (水利部水利水电规划设计总院) 彭 程 (中国水电顾问集团水电水利规划设计总院)
主 编	涂启华 (黄河勘测规划设计有限公司) 杨赉斐 (中国水电顾问集团西北勘测设计研究院)
编 写	第三、四、五、六、八、九章 涂启华 安催花 李世滢 余 欣 雷兴顺 张 建 (黄河勘测规划设计有限公司) 第一、二、七章 杨赉斐 杨忠敏 王 毅 (中国水电顾问集团西北勘测设计研究院)
统 稿	涂启华
审 稿	谢鉴衡 韩其为 沈凤生 彭 程 沈淦生 唐友一 陈清濂 孙双元 宗志坚 宋 臻 姜乃森 朱鉴远 翁新雄 何定恩 万文功 冯永新
函 审	刘一辛 梅锦山 潘庆桑 黄煜龄 李文学 张会言 张 仁 府仁寿 杨美卿 王兴奎 王运辉 段文忠
工作人员	付 健 孟白兰 车长达 万占伟 刘继祥 张厚军 谢宝萍 周丽艳 张黎平 陈克珞 郭选英 段高云 陈红莉 韦诗涛 魏剑宏
1979 年初稿审稿:	
审 稿	夏震寰 韩其为 沈淦生 唐友一 冯启德 王士强 谢吉存 焦恩泽 白荣隆 麦达铭 曹如轩 朱之葵 唐腾飞 龙德芳 张进谦 张绍竞 朱代丽 朱中之
函 审	朱鹏程 姜乃森 费祥俊 陈文彪 陈礼严 张 实 陈枝霖 以及全国有关高等院校、 科研院所、勘测设计院等 36 个单位

前言

1949年中华人民共和国成立以来，水利水电建设蓬勃发展，也积累了丰富的规划设计经验。为了推进水利水电规划设计标准化工作，原水利电力部于1977年11月颁布了《水利水电工程水利动能设计规范》，在全国试行。此后，由原水利电力部规划设计管理局主持，会同原水利电力部长江流域规划办公室、原水利电力部中南勘测设计院任主编，国内许多规划设计单位参加，编写了《水利动能设计手册》，作为与上述规范配套使用的工具书。该《手册》的前四个分册，即综合利用分册、防洪分册、治涝分册、灌溉分册已于1988年由原水利电力出版社出版。该《手册》中由黄河水利委员会勘测规划设计研究院和西北勘测设计研究院合作编写的泥沙冲淤计算部分，于1979年完成了“讨论稿”，并根据原水利电力部规划设计管理局（79）水电规水字第21号文，于1979年6月11日至20日在长沙，由中南勘测设计院主持召开了审稿会。审稿会纪要认为该“讨论稿”内容丰富，反映了国内泥沙计算的技术水平，对今后的水库泥沙规划设计，具有很大的参考价值；同时也提出了一些修改意见。原水利部规划设计管理局和原电力工业部规划设计管理局于1979年7月11日以（79）水规水字第26号和（79）电规水字第28号联合发文，转发“审稿会纪要”，同意审稿会意见，要求抓紧修改充实，保质保量如期完成编写任务。按两管理局的要求，黄河水利委员会勘测规划设计研究院和西北勘测设计研究院于1983年完成了“送审稿”，并上报。水利部水利水电规划设计总院于1988年对该稿进行了审查，原定待水文及水力学专门问题分册等完成时一并汇编出版。后由于各种原因，该分册未能出版。

为了推进水利水电工程泥沙设计标准化和规范化，提高工程泥沙设计水平，水电水利规划设计总院和水利水电规划设计总院联合发文（[2001] 0008号），确定“由黄河水利委员会勘测规划设计研究院负责，西北勘测设计研究院配合，修编出版《水利动能设计手册》泥沙分册”。两设计院编写人员按两总院的要求，通力合作，认真深入地进行调查研究，广泛收集资料，得到国内有关单位、专家和同行们的大力支持和帮助。吸取各方面新的研究成果和经验，经修改充实，两设计院于2002年12月提出了《水利动能设计手册》泥

沙分册（初稿），送请 17 位专家进行函审。后根据专家意见，对该初稿进行修改充实，于 2003 年 11 月完成了送审稿。两总院于 2004 年 1 月在北京召开审查会，并以水总科 [2004] 1 号文“关于印发《水利动能设计手册》泥沙分册送审稿审查意见的通知”，要求《手册》编制单位，按照审查意见，对送审稿作进一步的修改和完善，提出报批稿，报送两总院。2004 年 4 月，两设计院完成了本《手册》的报批稿，经两总院审定后于 2005 年 11 月出定稿。

《水利动能设计手册》泥沙分册，简称《泥沙设计手册》，经过长时期努力，不断充实新内容，数易其稿，反映了国内外先进水平，内容丰富和新颖。相信本书的出版，对广大从事水利水电规划、可行性研究、设计、运行管理、科学研究、教学和工程建设等方面的广大泥沙科技人员会有所帮助。

黄委院和西北院两主编单位对本书《泥沙设计手册》的编写给予了大力支持。担任编写和承担出版的同志们积极努力，付出了辛勤的劳动。国内有关单位、专家和同行们对编写工作给予宝贵的指导和帮助。在此，一并谨向他们表示衷心的感谢。

对本书存在的不足之处，热忱期望读者批评，指正。

水利部水利水电规划设计总院

中国水电顾问集团水电水利规划设计总院

2006 年 2 月

目 录

前言	
第一章 水利水电工程泥沙问题	1
第一节 规划设计中应考虑泥沙问题	1
第二节 工程泥沙问题严重程度分析	4
第三节 泥沙计算内容及分析	9
第四节 泥沙设计要求和淤积计算年限的采用	12
第二章 基本资料及其分析	18
第一节 水、沙资料	18
第二节 河道水库地形及其他有关资料	33
第三节 水轮机特性及水工建筑物资料	34
第三章 水利动能泥沙设计理论体系	38
第一节 概述	38
第二节 泥沙冲淤计算方法分类和基础泥沙数学模型	43
第三节 水流挟沙力	57
第四章 水库淤积形态及糙率计算	76
第一节 水库淤积纵剖面形态分析	76
第二节 水库淤积形态计算	98
第三节 水库和河道糙率计算	116
第五章 经验法悬移质冲淤计算	123
第一节 中国水利水电科学研究院方法	123
第二节 黄河勘测规划设计有限公司方法	133
第三节 水库冲淤计算的其他经验方法	156
第四节 水库异重流计算	169
第五节 美国水库淤积简化计算方法	183
第六章 河流动力学法悬移质冲淤计算	189
第一节 不平衡输沙法冲淤计算(I)中国水利水电科学研究院计算方法	189
第二节 不平衡输沙法冲淤计算(II)长江科学院计算方法	235
第三节 不平衡输沙法冲淤计算(III)武汉大学计算方法	255
第四节 不平衡输沙法冲淤计算(IV)黄河水利委员会计算方法	268

第五节	不平衡输沙法冲淤计算(V)成都勘测设计研究院计算方法	279
第六节	平衡输沙法水库冲淤计算 原武汉水利电力学院陈文彪、谢葆玲研发	290
第七节	平面二维水流泥沙数学模型 南京水利科学研究院计算方法	295
第八节	平面二维河床纵向与横向变形数学模型 清华大学计算方法	300
第七章	推移质冲淤计算	317
第一节	推移质输沙率计算	317
第二节	推移质淤积三角洲计算	327
第三节	水库推移质三角洲溯源冲刷计算	329
第四节	计算实例	331
第八章	水库泥沙控制运用	343
第一节	水库淤积控制和水库长期使用条件	343
第二节	泄水孔口防淤堵和电站防沙	355
第三节	工程泥沙问题及防治措施	366
第四节	梯级衔接和泥沙防治	376
第五节	水库泥沙调度设计	379
第九章	水库运用对下游河道影响	390
第一节	水库运用对下游河道影响分析	390
第二节	水库规划设计中应考虑的下游问题	410
第三节	水库对下游河道影响的研究方法	411
第四节	水库下游河道冲淤计算的略估方法及经验模型	411

第一章 水利水电工程泥沙问题

第一节 规划设计中应考虑泥沙问题

我国北方水土流失严重地区的河流，泥沙悬移质年平均含沙量高、输沙量大；而南方，特别是西南地区，河流中推移质泥沙含量较高，因此在这些河流上兴建水利水电工程后，由于改变了天然河道的泥沙输移特性，泥沙将在水库内淤积，而工程下游的河床也将发生冲淤变化，因而将对工程的施工和运行带来一系列问题，严重的要导致工程被迫改建或失败，为此设计中要研究并提出工程中存在的泥沙问题，分析泥沙淤积及河流冲刷等问题带来的影响，估计其危害程度，并提出防治措施，使其对工程的影响减到最低限度，发挥工程的正常效益。现根据我国的经验，提出以下工程泥沙问题供规划设计参考。

一、泥沙淤积对淹没的影响

水库蓄水后，由于泥沙淤积引起库区水位抬高，造成周边土地的淹没和浸没，又因泥沙淤积与回水的相互影响，使淤积末端向上游发展，进一步扩大水库淹没、浸没的范围，造成淤积上延的“翘尾巴”现象。例如黄河三门峡水库建成蓄水后，淤积严重，河床迅速抬高，扩大了土地的淹没、浸没范围，如不控制任其发展将影响西安市的安全，为此被迫对工程进行了两次改建，并改变水库运用方式。又如山西省镇子梁水库因建库后淤积不断上延，实际回水范围超过原设计值，不得不多次增加移民和土地淹没赔偿费。

二、库区泥沙问题

（一）库容损失

工程建成后，普遍存在水库淤积造成库容损失的问题。泥沙淤积将侵占调节库容，降低水库的调节能力，减少工程的效益。此外，泥沙淤积后还将侵占部分防洪库容，影响水库对下游的防洪作用和大坝自身的防洪安全。这些问题如原设计考虑不周，在工程运用一定时间后，往往被迫进行改建，增加坝高或增建泄洪设备等。

（二）拦门沙坎问题

水库中如有含沙量较高的支流汇入，泥沙淤积将在库区或支流的口门形成拦门沙坎。当拦门沙坎过高将丧失兴利库容或降低水库调水调沙的能力。例如黄河刘家峡水库，由于支流洮河来沙量较大，1973年后，洮河的死库容已被淤废，洮河泥沙被淤在库区和干流坝前段并在洮河口原黄河的干流上形成了沙坎，机组开始过沙。至1979年汛后，沙坎的平均淤积高程已与水库死水位齐平，导致1980年当电站突然增加负荷需要水库补水时，出现了坝前水位聚降、沙坎河段过水能力不足的临时阻水现象。

三、水库下游的泥沙问题

水库下游所发生的泥沙问题与水库的类型及运用方式等因素有关，其影响是多方面

的。当水库拦沙运用时,由于水库下泄清水可减少下游河道的淤积或使下游河道发生冲刷,降低洪水位,有利于防洪;但是另一方面由于河床的冲刷下切,主流流路经常变化,险工上提下挫,滩地坍塌,河床展宽,会给防汛工作带来困难,同时,河床冲刷也将威胁桥墩及水闸等建筑物的安全;通航河流由于河床发生冲刷,造成下游航道与船闸底槛不衔接而影响通航;灌溉渠首因脱溜和水位下降而引不上水;对于靠浑水灌溉的农田,由于水库下泄清水而损失肥源;河口则因水库长期下泄清水而受到侵蚀。

水库如采取不合理的运用方式,可能加重下游河道淤积,造成行洪困难。如黄河三门峡水库改建前,泄流规模小,采取了滞洪排沙运用方式,使出库水沙过程的水沙关系很不和谐,加大了下游主槽的淤积量;工程改建后,由于增建了泄流排沙设施并采取“蓄清排浑”合理的运用方式后,水库和下游河道的淤积情况有所改善。因此在多沙河流上修建水库时,对水库泄流规模和运用方式的选定及其相应下游河道的影响问题,应作认真的分析研究。

四、水电站运行中的泥沙问题

水电站运行中出现的泥沙问题,可分以下几类。

(一) 水轮机及过水建筑物的泥沙磨损

对水库淤积较严重的水电站来说,随着淤积的发展,排出水库的泥沙数量不断增加,泥沙粒径逐渐变粗。挟带大量粗沙的水流,通过水轮机和泄水建筑物下泄引起了磨损问题。水轮机磨损使机组效率下降,出力不足、强度削弱,严重时不得不停机检修,不仅影响了发电,而且检修工程量很大。已建黄河三门峡、盐锅峡等水电站,均不同程度地存在水轮机磨损问题。如盐锅峡水电站,由于水轮机被严重磨损,使机组效率降低约 2%~5%,引起水能损失,机械强度降低,影响了水电站的正常运行,由于焊补、大修时间较长,造成很大的经济损失。

泄水建筑物水流流速很高,底孔、泄洪洞流速可高达 30m/s,高流速挟沙水流对混凝土衬砌表面的磨损相当严重。三门峡枢纽改建后经一段时间运行,隧洞底部一般磨深 10mm 左右,深孔沿程磨损逐渐加剧,最大达 80mm,底孔底部混凝土骨料裸露,最大磨损深度为 15mm,更为严重的是磨损和气蚀往往是相伴而生,相互影响,致使衬砌的混凝土成块剥离,淘刷成坑,严重影响建筑物的安全。卵石推移质为主的河道,低水头枢纽泄水建筑物的泥沙磨损问题尤为突出,如南桡河石棉电站,位于四川山区多卵石河流,由于河床坡度陡,泥沙数量多、粒径大,电站投入运行后第一年汛期,遇到两场洪水,汛后发现冲沙闸闸室、护坦、铺盖和海漫均受到严重的磨损和破坏,其磨坑深约 40~70mm 不等,铺盖钢筋出露,部分钢筋折断,磨损和破坏严重。

泥沙过机除造成磨损外,还会发生机组振动和摆动等问题,从而影响正常发电,如天桥水电站遇高含沙水流过机时被迫停机。

(二) 厂房管路被泥沙淤堵

当泥沙已大量淤积至枢纽附近,汛期入库含沙量又较高时,会发生泥沙堵塞发电机冷却水管路系统的情况,此时电站必须降低负荷运行,甚至被迫停机。例如黄河青铜峡水库已达到淤积平衡,1986 年 6 月 27 日,支流祖厉河洪水挟带大量泥沙入库,3 天来沙量 7000 多万 t,最大值一天达 3000 多万 t,造成电站的机组冷却水管全部被堵死,被迫停机。

(三) 沙、草堵塞拦污栅

无论南方或北方水电站,均存在拦污栅可能被沙、草堵塞的问题。汛期当山洪暴发时,水草挟带着大量泥沙进入水库并流到拦污栅前,如不及时清除,会造成拦污栅前的淤堵,增加压差,轻者影响过流,重者会压垮拦污栅而迫使停机。例如黄河盐锅峡水电站,1964年因此问题停机达600h,造成严重经济损失;黄河中游天桥水电站,由于库区内支流皇甫川汛期洪峰挟带大量泥沙、水草等污物入库后迅速流至坝前,堵塞拦污栅,于1981年7月5日1号拦污栅被压断,停机3个月。

(四) 电站下游泥沙淤积抬高尾水位,降低出力

从水库内排出的泥沙,如遇水流不畅,易发生局部淤积而抬高电站下游的尾水位,影响出力。例如长江葛洲坝水利枢纽,由于地形条件的限制,大江和二江电厂的下泄水流不畅,发生局部淤积,尤其是大江电厂下游出现了鸡心滩,水位抬高0.5~0.7m,造成电能损失;黄河天桥水电站每遇停机冲刷时,水库内排出的泥沙,在电站下游发生大量淤积,使下游河道尾水位抬高2~3m,如1979年8月13日至9月30日,电站停机冲刷,造成下游淤积严重,坝下水位大幅度升高,机组出力降低,并威胁电站防洪安全。

吸取了国内电站的经验,金沙江水电开发规划设计中,研究了在泥沙淤积条件下的梯级衔接关系。

除上述问题外,如对电站及枢纽泥沙未采取防沙措施,会发生泥沙堵塞电站引水口及枢纽泄洪排沙孔(洞)并造成闸门启闭不灵活等问题。

(五) 抽水蓄能电站的泥沙问题

抽水蓄能电站要考虑防止泥沙对水轮机的磨损问题,为此设计中要研究电站运行中如何避免出现进入水轮机的泥沙粒径超过最大许可粒径的要求。当枢纽布置不能满足此要求时,必须设置沉沙池。沉沙池的泥沙问题则要解决防淤减淤的措施。至于直接从天然河道取水的工程,也要考虑所引水的含沙量高、低,泥沙粒径的大小及其相应的防沙措施。

五、枢纽泥沙问题及施工期泥沙问题

泥沙压力是大坝水工设计中主要荷载之一,泥沙在坝前淤积,淤积面不断抬高,对大坝的压力也随之增加。

根据国内一些大型工程施工的经验,当电站未装机组且又未装尾水闸门时,闸门槽和尾水槽附近泥沙淤积十分严重;当电站未装机组但安装了尾水闸门时,则由于泥沙淤积,尾水闸门启闭也相当困难。如刘家峡、盐锅峡、青铜峡、三门峡等工程,曾不同程度地发生过这类问题,因此在装机之前需进行大量清理工作。

汛期基坑过水也会造成淤积,增加清基工作量。例如安康水电站施工期,汛期一场洪水过基坑,在基坑内淤积几万立方米泥沙,因清理基坑影响了施工进度。黄河青铜峡枢纽施工期,在上横围堰上游形成了小水库,并被泥沙淤满,蓄水前该工程的上横围堰未被拆除,运行后影响水库拉沙。

六、泥沙淤积对航运的影响

修建水库后,库区形成良好的航道有利于发展水运,但是在水库末端,由于泥沙淤积,水深变浅、主槽摆动形成沙滩,水流散乱,航道难以辨认,造成通航困难,而库尾又是推移质泥沙集中堆积的河段,淤积后的泥沙很难清除,俗称“铁板沙”,例如丹江口水库库尾的推移质泥沙堆积河段,曾数次发生翻船事故。

引航道的淤积可能发生在上、下游引航道内及引航道口门附近的异重流淤积。当船闸或引航道的位置布置不当时,还会发生推移质淤积堵塞引航道的情况。设计中除分析通航建筑物可能发生的泥沙问题外,要着重分析河道变化规律及建库后的变化趋势,合理地布置枢纽建筑物的位置并采取一定的工程措施予以解决,以保证航运通畅,如葛洲坝工程在紧靠船闸处设置冲沙闸,并采用“静水过船,动水冲沙”的运用方式,取得了较好的效果。

七、低水头枢纽引水防沙问题

我国水利水电工程建设中,结合一些地区的地形特点,低水头引水枢纽的布置型式已被广泛地采用。其中陕西、甘肃、新疆、青海、宁夏等省(区)及西南地区采用这种型式较为广泛。由于低水头枢纽的库容很小,有些工程甚至没有库容,因此泥沙问题的暴露更为迅速与直接。建在山区河流的低水头枢纽,将会发生大量推移质泥沙堆积在进水口前及对过流部件的磨损等问题;悬移质泥沙在引水渠道中的严重淤积也会影响引水效果。此外,一些工程还发生过泥沙、水草堵塞拦污栅等问题。根据目前的经验,此类工程的泥沙问题在设计中要正确处理入渠的分沙比与引水比,并采取一定的工程措施予以解决。

除了上述工程中各类泥沙问题外,泥沙对环境的影响已逐渐被人们所重视。泥沙在水库中淤积后,除了对上游和下游的环境影响外,又由于水土流失造成大量泥沙流入河中,导致水质污染问题亦不可忽视。据有关资料,水库淤积物中,铜、锌、铅等金属元素的含量远较水流中的含量为高,如铜为水的450倍,锌为水的370倍,铅为水的980倍,这些情况说明泥沙对水质的污染程度必须引起重视。例如广东深圳水库供水香港,由于大量泥沙流入水库,导致水质污染,为解决供水的水质问题,一方面采取措施控制入库泥沙;另一方面进行水库机械清淤,取得效果。

从另一个角度看待泥沙在水库中的淤积问题。水库淤积后,在库底形成铺盖层,能起到一定的防渗漏作用。例如云南以礼河水槽子水库距大坝2.0~2.5km范围的水库中段岩溶发育,建库初期漏水严重,后经人工堵漏和水库泥沙淤积,形成天然铺盖,基本上解决了水库的漏水问题。此外黄河小浪底工程设计中考虑水库淤积作为水库防渗漏的手段之一。

第二节 工程泥沙问题严重程度分析

所设计工程确定了存在的泥沙问题后,进一步要对泥沙问题的严重程度进行分析判断。其方法可从下列方面着手。

一、多、少沙河流的划分

根据我国河流的泥沙情况和多年来研究解决工程泥沙问题的实践经验,多沙和少沙河流可用含沙量多少作为标准进行划分:

(1) 多沙河流:年平均含沙量大于 $10\text{kg}/\text{m}^3$ 。该类河流多分布在西北、华北和东北西部地区,属于这类河流有黄河中、下游河段及其大小支流,海河流域的永定河及辽河的西辽河等。

(2) 少沙河流:年平均含沙量小于 $1\text{kg}/\text{m}^3$ 。这类河流大多分布在东北北部和南方地区,属于这类河流有:嫩江、松花江、黑龙江、淮河、长江上游部分支流及汉口、大通等河段,洞庭湖、鄱阳湖水系诸河流及钱塘江、闽江、邕江、珠江、乌江、岷江等河流。

表1-2-1列出中国一些河流水、沙特征值。

表 1-2-1

我国一些河流、沙特征值

流域	河名	站名	流域面积 (km ²)	多年平均 流量 (m ³ /s)	多年平均 输沙量 (万 t)	多年平均 含沙量 (kg/m ³)	历年最大断面平均		输沙模数· [t/(km ² ·a)]	备 注
							含沙量 (kg/m ³)	年份		
黑龙江	松花江	佳木斯	527795	2070	963	0.157	1.27	1965	18.2	· 水文习惯称侵蚀模数
	第二松花江	红石	20342	237	99.6	0.133	3.52	1979	49.0	
	辉发河	五道沟	11600	75.0	113	0.480	17.5	1970	97.4	
	嫩江	江桥	177253	633	139	0.072	0.655	1966	7.84	
	牡丹江	牡丹江	21915	152	51.0	0.109	3.98	1965	23.3	
鸭绿江	浑江	沙尖子	14813	223	254	0.361	2.90	1958	171	
				196	75.9	0.123	5.90	1977	51.2	桓仁水库建库前 桓仁水库建库后
辽河	西辽河	郑家屯	91368	21.8	1260	18.3	88.5	1958	138	
	辽河	卡力马	136191	170	3280	6.12	36.6	1967	241	从 1968 年起, 改为水位站
滦河	滦河	滦县	44100	145	2150	4.70	81.1	1931	488	
	滦河	岳城水库	18100	100	1550	4.82	198	1963	143	
海河	海河	黄壁庄	23000	30.9	49.1	0.505	281	1977	27.1	
	海河			81.4	2920	11.9	142	1956	127	岳城水库建库前 岳城水库建库后
	永定河	官厅	42500	36.5	12.4	0.108	164	1963	5.39	黄壁庄水库建库前 黄壁庄水库建库后
	永定河			43.1	8070	59.4	436	1950	1900	官厅水库建库前 官厅水库建库后
	潮白河	苏庄	17627	40.0	603	4.78	297	1978	141	密云水库建库前 密云水库建库后
	潮白河			61.3	702	3.80	54.1	1932	398	
	大清河	白沟	10000	34.6	70.1	0.642	8.75	1961	39.8	
	拒马河	紫荆关	1760	37.4	159	1.35	21.8	1954	159	
	滏阳河	衡水	17700	9.95	87.6	2.78	136	1961	498	
	黄河	贵德	133650	681	30.7	0.52	30.2	1962	17.3	
		上崆	182821	833	2460	1.15	131	1981	184	
				938	8710	3.31	310	1958	476	盐锅峡建库前 盐锅峡建库后
		兰州	222551	1070	4000	1.35	113	1966	219	
		青铜峡	275010	1010	10300	3.06	329	1959	463	
				755	22600	7.10	431	1940	823	青铜峡建库前 青铜峡建库后
		头道拐	367898	780	7910	3.32	259	1973	288	
		吴堡	433514	952	14700	5.96	37.6	1955	400	
					62300	20.8	888	1970	1440	

续表

流域	河名	站名	测站以上 流域面积 (km ²)	多年平 均流量 (m ³ /s)	多年平均 输沙量 (万 t)	多年平均 含沙量 (kg/m ³)	历年最大断面平均		输沙模数· [t/(km ² ·a)]	备 注
							含沙量 (kg/m ³)	年份		
淮 河 江 长 江	淮 河	龙 门	497561	1050	106000	31.9	933	1966	2130	1960 年陕县站撤销
		陕 县	687869	1350	160000	37.7	590	1954	2330	
		三门峡	688421	1250	131000	33.3	911	1977	1900	
		利 津	751869	1330	108000	25.6	222	1973	1440	
		红 旗	24973	165	2880	5.52	536	1971	1150	
		民 和	15342	56.4	2010	11.3	843	1974	1310	
		享 堂	15126	90.8	324	1.13	322	1955	214	
		靖 远	10647	4.28	6100	452	1110	1971	5730	
		温家川	8645	23.6	13100	176	1700	1958	15200	
		川 口	30217	43.3	15900	117	1290	1966	5270	
	泾 河	河 津	38728	47.3	4210	28.2	286	1957	1090	北洛河河道加洛惠渠资料 北洛河河道资料 泾河河道加洛惠渠资料 泾河河道资料
		头 头	25154	27.2	9350	109	1190	1950	3720	
		张 家 山	43216	22.8	9020	125	1100	1957	3590	
	渭 河	威 阳	46827	169	28100	179	1430	1958	6500	北洛河河道加洛惠渠资料 北洛河河道资料 泾河河道加洛惠渠资料 泾河河道资料
		黑石关	18563	99.1	16600	31.0	729	1968	3540	
		武 陟	12880	36.0	766	6.17	103	1969	1040	
		蚌 埠	121330	889	1220	6.75	103	1961	594	
		寸 滩	866559	11100	46500	0.435	11.0	1958	101	
		宜 昌	1005501	13900	52200	1.32	13.7	1959	669	
		汉 口	1488036	22300	43100	1.19	10.5	1959	519	
		大 通	1705383	28000	49100	0.614	4.42	1975	290	
		屏 山	485099	4570	24100	0.557	3.24	1959	288	
		泸 宁	108164	1380	1810	1.67	21.5	1971	497	
	岷 江	小得石	116490	1650	2740	0.417	46.8	1967	167	只有 2 年的泥沙资料
		中滩铺	20109	352	352	0.526	55.6	1967	235	
		紫坪铺	22664	455	808	0.315	14.5	1966	175	
大渡河	大渡河	高 场	135378	2790	4990	0.563	74.2	1964	357	只有 2 年的泥沙资料
		金 大	40484	517	396	0.566	15.3	1966	369	
						0.242	7.02	1980	97.8	

续表

流域	河名	站名	测站以上 流域面积 (km ²)	多年平 均流量 (m ³ /s)	多年平 均输沙量 (万吨)	多年平均 含沙量 (kg/m ³)	历年最大断面平均		输沙模数· [t/(km ² ·a)]	备 注
							含沙量 (kg/m ³)	年份		
钱塘江	花江 嘉陵江 渠江 涪江 白龙江 乌江	泸定	58943	942	981	0.330	9.04	1966	166	1966年后泥沙停测
		石棉	65946	1150	1440	0.397	13.3	1966	218	1976年后泥沙停测
		沙坪	75016	1350	2680	0.630	27.6	1980	357	
		铜街子	76383	1490	3300	0.698	12.2	1961	432	1968年后铜街子撤销
		李家湾	23283	398	1310	1.04	12.2	1981	563	
		北碚	156142	2160	16300	2.38	32.8	1969	1040	
		罗渡溪	38071	686	2740	1.26	12.1	1978	720	
		小河坝	29488	490	2120	1.36	27.5	1964	719	
		三磊坝	29247	336	1800	1.69	169	1966	615	
		乌江渡	26496	504	1650	1.04	30.2	1971	623	乌江渡水库建库前
瓯江	瓯江 闽江 建溪 沙溪	龚滩	58346	408	200	0.155	2.58	1980	75.5	乌江渡水库建库后
		武隆	83035	1120	1900	0.538	13.7	1972	326	
		湘潭	81638	1560	3130	0.637	25.8	1979	377	
		湘江	4659	2020	1150	0.181	1.94	1972	141	
		东江	26704	134	85.5	0.202	4.70	1967	184	
		桃江	26704	719	276	0.121	7.45	1969	103	
		安江	40305	804	422	0.167	6.85	1959	105	
		沅江	78595	1760	1200	0.216	4.14	1965	153	1965年后停止测沙
		三江口	15242	477	691	0.459	11.1	1970	453	
		安康	41439	629	2580	1.30	28.6	1958	623	
瓯江	瓯江 闽江 建溪 沙溪	磻盘山	140340	1730	16500	2.39	16.9	1953	1180	丹江口水库建库前
		樟江	36818	1390	3370	0.77	5.97	1970	240	丹江口水库建库后
		棉津(万安)	924	759	759	0.261	5.05	1975	206	
		外州(南昌)	80948	2050	1130	0.176	1.63	1960	140	
		芦茨埠	31300	879	703	0.253	1.76	1956	225	新安江水库建库前
				685	336	0.156	1.70	1964	107	新安江水库建库后, 1965年后泥沙停测
		圩仁	13560	409	201	0.156	2.68	1974	148	
		竹歧	54500	1680	733	0.138	2.62	1960	134	
		七里街	14787	484	172	0.113	2.54	1962	116	
		沙县	9922	285	110	0.123	3.88	1966	111	

二、工程泥沙问题严重程度分析

以多年平均含沙量作为标准,将河流划分为多沙和少沙只具有相对意义,而要分析所设计工程泥沙问题是否严重及其程度,可从库沙比 K_t 的指标进行判别, K_t 为正常蓄水位以下的库容与入库年输沙量的比值。从已成水库的实测资料分析统计,库沙比较小者工程中泥沙问题较严重,由于来沙量大、库容小,水库蓄水后很快暴露出各种泥沙问题。结合我国已制定的水工结构可靠度设计基准期为 100~50 年,以库沙比小于、大于主要拦水建筑物设计基准期作为判断水库泥沙淤积严重、不严重的指标。泥沙问题不严重,是指泥沙问题的暴露可能延缓到设计基准期以后出现,设计中可少考虑。现将水库分为两类:

第一类泥沙问题不严重的水库:水库库容大,河流来沙量小, $K_t > 100$ 。此类水库泥沙淤积速度相对较慢,水库淤满年限在百年以上,泥沙问题不严重,规划设计阶段可适当简化分析计算。例如丰满水库 K_t 值为 4490,该水库 1943 年投入运用,现已 60 多年,未出现严重的泥沙问题。

第二类泥沙问题严重的水库:水库库容小,河流来沙量大, $K_t < 100$ 。此类水库泥沙淤积速度快,10~20 年甚至更短的时间内水库就可以淤满,泥沙淤积的影响严重,规划设计阶段对于水库运用后可能出现的泥沙问题要仔细分析研究并提出防淤、减淤,保证水库正常运用的有效措施。例如黄河刘家峡水库 K_t 值为 86,因近在坝前 1.5km 的洮河为多沙支流,洮河库区库容小来沙量大,洮河死库容很快被淤满后,洮河泥沙来到坝前严重影响刘家峡水库的运用;青铜峡水库 K_t 值为 3.33,说明建库后几年水库即淤达平衡,泥沙问题在设计基准期以内将被暴露出来。这类工程应认真对待泥沙问题。

此外,设计中还应按本章第一节中提出的各类工程泥沙问题,结合所设计工程的开发利用目标、水库及河道特点、来水来沙情况,逐项定性地分析研究可能产生泥沙问题的严重程度,制定应采用相应的泥沙冲淤计算方法。对一些重要的泥沙问题必要时需进行专题研究。对坝前淤积形态、枢纽排沙效果等要进行物理模型试验,与计算成果相互验证,得出比较可靠的成果,为分析工程泥沙问题的严重程度提供可靠的依据。

第三节 泥沙计算内容及分析

一、来水、来沙分析

进行水库规划设计时,首先应分析河流来沙量大小,并应分析以下几项内容:

- (1) 河流多年平均年输沙量。
- (2) 系列代表性。
- (3) 泥沙年际变化及年内分配。
- (4) 来水来沙变化趋势的分析。
- (5) 洪峰期水沙特性。
- (6) 入库泥沙粒径的变化规律。
- (7) 上游有已建在建工程入库水沙分析。

二、冲淤计算内容

淤积回水计算在整个泥沙计算中是一项很重要的工作。在可行性研究和初设阶段,要