

丹江口水库泥沙淤积 及河床演变观测研究

章厚玉 林云发 编著



长江出版社

丹江口水库泥沙淤积 及河床演变观测研究

章厚玉 林云发 编著

长江出版社

图书在版编目(CIP)数据

丹江口水库泥沙淤积及河床演变观测研究/章厚玉,林云发编著.

—武汉:长江出版社,2012.11

ISBN 978-7-5492-1622-2

I. ①丹… II. ①章…②林… III. ①水库泥沙—泥沙淤积—
观测—研究—丹江口市②水库—河道演变—观测—研究—丹江口市
IV. ①TV697.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 281780 号

丹江口水库泥沙淤积及河床演变观测研究

章厚玉 林云发 编著

责任编辑:冯曼曼

装帧设计:蔡丹

出版发行:长江出版社

地 址:武汉市解放大道 1863 号

邮 编:430010

E-mail:cjpub@vip.sina.com

电 话:(027)82927763(总编室)

(027)82926806(市场营销部)

经 销:各地新华书店

印 刷:武汉科源印刷设计有限公司

规 格:787mm×1092mm

1/16

15.75 印张

340 千字

版 次:2012 年 11 月第 1 版

2012 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5492-1622-2/TV · 208

定 价:38.00 元

(版权所有 翻版必究 印装有误 负责调换)

内 容 提 要

本书是长江水利委员会水文局汉江水文水资源勘测局几十年来对丹江口水库泥沙淤积及河床演变观测研究的全面总结,共分 8 章,系统地介绍了丹江口水库水沙观测过程中开展的相关研究、库区泥沙运动及河床演变规律、近坝区河段冲淤分析、坝下游河道河床演变与河势变化、建库前后水库上下游水位-流量关系变化、丹江口水库航道问题分析,对开展水库淤积观测,全面研究水库淤积相关问题具有一定借鉴和指导意义。

本书可供从事水库淤积及河床演变观测研究的技术和管理人员使用,也可供相关专业大专院校师生参考。

前 言

丹江口水利枢纽是综合开发利用汉江水利资源的重点工程,是南水北调中线工程的水源地,具有防洪、发电、灌溉、航运、水产、调水等综合效益。丹江口水利枢纽位于汉江支流丹江入汇口下游 0.8km 处,下距汉江河口(武汉市)617km。第一期工程于 1958 年 9 月 1 日动工兴建,1959 年 12 月截流,经过 8 年的滞洪期,1967 年 11 月正式蓄水运用,至今蓄水已有 45 年。大坝原设计坝顶高程 162m(吴淞高程,下同),正常蓄水位 155m,库容为 160.5 亿 m^3 ,静库面积 702 km^2 ,回水长度汉江为 174km,丹江为 83km。1973 年起,正常运用蓄水位改为 157m,库容为 174.5 亿 m^3 ,回水长度汉江为 177km,丹江为 84km,静库面积为 745 km^2 。二期工程 2005 年 9 月开工建设,2010 年 3 月混凝土坝段全部加高到设计高程,南水北调大坝加高工程后,坝顶高程抬高到 176.6m,正常蓄水位为 170m,相应库容为 290.5 亿 m^3 ,回水长度汉江为 194km,丹江为 93km,静库面积为 1050 km^2 。二期工程完工后丹江口水库由年调节水库变为多年不完全调节水库。

在天然河道上兴建水利枢纽,特别是兴建对国计民生关系重大的大型水利枢纽,必须研究建库后由于水沙变化可能产生的影响,其中包括:水库泥沙冲淤引起的河床演变问题;如何充分发挥水库综合效益问题;水库使用寿命问题;坝下游河床演变和泥沙运动特点及蓄水运用后航道变化问题,等等。为此,就必须进行系统的水文泥沙观测和相应的实验研究。丹江口水利枢纽的水文泥沙观测工作,早在水库兴建前的 20 世纪 50 年代就已开始,随着枢纽工程的建成和蓄水运用,此项工作逐步加强,收集到大量的原型观测资料,是我国在研究水库淤积从表象分析到理论研究的重要试验场所,且已获得一批有价值的实验分析成果。除了了解水库上下游泥沙冲淤的数量、部位、过程等基本状况外,并对水库变动回水区的冲淤特性、水库不平衡输沙规律、水库调度与库内泥沙冲淤的关系、水沙过程改变对坝下游河道泥沙运动和河床演变的影响、水库泥沙沉降固结、回声仪比测研究、断面布设和滩地测量方法以及水库航道问题研究等一些专题做了探讨,不仅对丹江口水库的调度与运用具有实际意义,同时对研究三峡水库库区及坝下游河床演变、泥沙运动等问题,都具有参考价值和借鉴作用。

本书是对长江水利委员会水文局汉江水文水资源勘测局几十年来丹江口水库泥沙淤积及河床演变观测研究的全面总结,是长江委汉江局广大干部职工长期外业观测的总结,

是几代科技人员研究成果的结晶。全书共分八章,第一章为绪论,主要介绍丹江口水库的概况,研究的内容、方法、目的和意义。第二章介绍了丹江口水库及坝下游原型观测。第三章至第四章阐述了库区河道测量、泥沙观测开展的专题研究。第五章至第六章论述了丹江口水库及坝下游河床演变及泥沙运动规律。第七章阐述了丹江口水库建库前后水位流量关系变化情况。第八章介绍了丹江口水库航道问题的分析研究。

本书第一章由章厚玉撰写,第二章由林云发撰写,第三章由夏定华、马继建撰写,第四章由杨波、王荣新、杨德安撰写,第五章由章厚玉、张洪霞撰写,第六章由廖长路、洪为善撰写,第七章由郎理民、胡家庆撰写,第八章由林云发、柳发忠、杨建撰写。全书的编撰工作由章厚玉主持,组稿、统稿由林云发完成,章厚玉、廖长路、郎理民负责全书的审定工作,全书的图表、文字工作由张洪霞、罗媛、魏琼同志完成。

本书在编撰过程中参阅了大量丹江口水库泥沙观测研究方面的文献及相关报告、研究成果,在此对相关专家、作者深表谢意。由于本书涉及的范围较广、专业性较强,加之成果时空跨度大,难免有所遗漏和错误,敬请读者批评指正。

编 者

2012年8月

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 丹江口水库概况	1
第二节 研究的内容和方法	6
第三节 研究的目的是意义	7
第二章 水文泥沙观测	9
第一节 库区水文泥沙观测	9
第二节 坝区水文泥沙观测	12
第三节 坝下游水文泥沙观测	14
第三章 库区测量观测研究	18
第一节 库区断面布设	18
第二节 淤滩地形测量方法	26
第三节 回声测深仪测深精度研究	33
第四章 库区泥沙观测研究	42
第一节 泥沙观测研究	42
第二节 泥沙沉降与容重变化研究	47
第三节 水库淤积物干容重的测验和确定	52
第四节 泥沙颗粒分析研究	61
第五章 库区泥沙运动及河床演变规律	70
第一节 三向冲淤分析	70
第二节 泥沙淤积计算	95
第三节 库区泥沙淤积分布特点	100
第四节 汉江库区变动回水区的河床演变	111

第六章 坝下游及近坝区河床演变·····	120
第一节 坝下游河道的河床演变与河势变化·····	120
第二节 坝下游冲刷的主要特性·····	127
第三节 近坝区河段冲淤变化分析·····	141
第七章 建库前后水位流量关系变化·····	164
第一节 建库前后白河至郧县水位流量的变化·····	164
第二节 建库后坝下游河道来水变化特点·····	172
第三节 坝下游沿程测站水位流量关系变化分析·····	175
第八章 航道问题分析·····	180
第一节 库区及下游河道水库修建前的航道条件及航运情况·····	180
第二节 建库后航道条件改善及航运情况·····	192
第三节 航道条件改善的原因分析·····	209
第四节 个别条件下出现新的问题及控制或解决措施·····	234
参考文献·····	239

第一章 绪 论

第一节 丹江口水库概况

一、汉江流域概况

(一)河流水系

汉江为长江最长的支流,它有北、中、南三个源头,如按“河源唯远”,以发源于陕西省凤县紫柏山西部的北源沮水为正源(中源石钟沟,南源玉带河)。沮水由北向南流至桃园以下向东始称为汉江。汉江自西向东流经汉中市弧山村会褒河,继续东流经陕南名城汉中,在城固东的陈丁村有湑水河汇入;再东流至洋县渭门村有子午河于左岸注入,在西乡县东咀梁有牧马河于右岸来会。至此流向转为东南,经石泉水库,到达紫阳县城有任河在右岸入汇。此后汉江流向又改为东北,在石泉铺有岚河于右岸注入。至旬阳县城有旬河自左岸入汇。东流至郧西县兰滩村,有湖北省与陕西省界河的金钱河在左岸汇入。出陕西省白河县城后干流全部进入湖北省境,至郧县杨家沟有堵河自南向北于右岸入汇,至丹江口市有丹江来会。汉江自丹江口市开始转向东南流,在谷城有南河、北河自右岸注入,至襄樊市有唐白河在左岸入汇,至钟祥转斗镇有蛮河自右岸注入,以下便进入无较大支流加入的江汉平原。至潜江,河道流向总体上蜿蜒向东,到武汉市汉口龙王庙汇入长江。

汉江全长 1577km,总落差 1964m,流域总面积 159000km²。汉江上游白河以上河长 702km,平均坡降 0.64‰,集水面积 59115km²。白河至丹江口市河段长 223km,区间集水面积约 36100km²,上段(白河)河宽 140~290m,下段(黄家港)980~455m。丹江口—碾盘山河段长 270km,平均坡降 0.19‰,区间集水面积 46830 余 km²,河道宽浅,江心滩众多,洪水时汪洋一片,宽约 2~3km,枯水时河汉密布,河宽 300~400m,属游荡型河道。碾盘山~汉口河段长 382km 属蜿蜒型平原河道,平均坡降 0.09‰,区间集水面积 16940 余 km²。上段(潜江以上)河宽约 800m,下段(潜江以下)河宽仅 300m。上宽下窄,呈倒喇叭形,洪水宣泄不畅,易酿洪灾。

汉江流域山地多而平地少,上游几乎全属山地和丘陵,中下游地区山丘和平原约各占一半。汉江江源高程为海拔 2500m 以上,多 V 形河谷。出沮水后是低山丘陵包围的汉中盆地,盆地南北两侧为低山,主要由变质岩组成,海拔为 1000m 左右,盆地内海拔 800m,相对高差 400m,河谷多呈平坦的“盆”状。及至安康、白河、海拔为 400~700m,河谷多呈“U”

字形,河道弯曲系数 1.78。中游海拔 40~210m,河道宽浅。下游海拔 26~40m,河道狭窄弯曲,弯曲系数为 1.81。

(二)水文特征

本流域处于东南季风所及区域,气旋雨较多。流域多年平均降水量为 700~1000mm,下游地区较丰,可达 1100mm 以上,中游地区为 800~900mm,丹江口以上为 700~900mm。汉江流域降水受太平洋副高的南北进退影响,降水量年过程一般有三个峰:每年 4 月下旬至 5 月下旬出现第一个峰,为春汛期;6 月下旬至 8 月上旬出现第二个峰,为夏汛期;8 月下旬至 10 月上旬出现第三个峰,为秋汛期。夏汛峰值高于秋汛者居多。通常称夏汛为前期洪水,秋汛为后期洪水,前后期洪水是汉江最显著的雨洪特征。前期洪水的主要暴雨区在白河以下,历时较短,洪峰高大,且常与长江洪水发生遭遇,如“35.7”洪水;后期洪水则以白河以上为主要产流区,常有几个连续洪峰,历时较长,如“64.10”、“83.10”、“05.10”洪水。

汉江径流较丰沛,碾盘山站(皇庄站)多年平均年径流量约 513 亿 m^3 ,年内分配不均,5—10 月径流量占全年的 75%,年径流变差系数为 0.4,是长江支流中最大的。碾盘山站实测最大流量为 $29100\text{m}^3/\text{s}$ (1964 年 10 月),调查最大流量为 $45000\text{m}^3/\text{s}$ (1935 年 7 月)。1983 年 7 月末,上游发生大洪水,白河最大洪峰流量 $31000\text{m}^3/\text{s}$,安康县城淹水。10 月又发生大水,丹江口入库流量达 $34200\text{m}^3/\text{s}$,碾盘山站洪峰流量虽经丹江口水库调蓄由 $37400\text{m}^3/\text{s}$,削减为 $26100\text{m}^3/\text{s}$,中下游防洪形势仍十分严峻。

汉江干流水位变幅,上游最大在 20m 左右,中游 10m 左右,下游略超过 10m。支流的水位变幅一般在 10m 以上。汉江流域多年平均年水面蒸发量为 900~1500mm,下游大于上游,河谷大于山区,北岸大于南岸。

汉江干流襄阳以上输沙模数较大,年均输沙模数为 $1080\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$,南郑县红庙河输沙模数最大为 $2160\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 。1973 年丹江口水库建成以后,中、下游泥沙大量减少,碾盘山站年输沙量,70 年代比 60 年代减少约 66%。

(三)水资源开发利用

汉江流域水资源总量约为 570 亿 m^3 ,除满足两岸生产、生活用水外,丹江口水库还作为南水北调中线水源地,2014 年将实现向北方调水,满足近期调水量 95 亿 m^3 ,后期调水量 120~130 亿 m^3 的需求。

汉江流域水能资源也较为丰沛,据 1980 年普查成果,水能理论蕴藏量达 1093 万 kW,可开发的水电站 465 座,总装机容量 614 万 kW,年发电量 250 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 。截至 2012 年为止,汉江干流已建成水电站 8 座,开发水能资源装机容量 280 万 kW,年发电量 105 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$,在建、拟建水电站 7 座,千里汉江将建成 15 座梯级电站,支流亦建有众多电站,水能资源得到极大的开发和利用。

汉江干流的梯级开发是长江流域一级支流中开发最早、成效较好的水系。早在 20 世纪 50 年代初期,就组织进行了河流勘测和调查研究工作,1954 年起长委会即正式开展了汉江流域规划工作,并于 1956 年编制了《汉江流域规划要点报告》。1984 年北京勘测设计

院和长办又分别对干流夹河上下拟订了开发方案。根据这些规划,汉江流域开发任务是防洪、灌溉、发电、航运等综合利用,首要任务是解决汉江中下游防洪问题,远景还将承担“南水北调”的任务。90年代初编制的黄金峡以下干流梯级开发方案为14级,即黄金峡(装机容量10万kW)、石泉(装机容量13.5万kW,已建成)、喜河(装机容量10.5万kW,已建成)、安康(装机容量80万kW,已建成)、旬阳(装机容量30万kW,已建成)、蜀河(装机容量27万kW,已建成)、夹河(装机容量27万kW,在建)、孤山((装机容量18万kW,在建)、丹江口(装机容量90万kW,初期规模已建成,坝高预留可加高至175m)、王甫洲(装机容量10.9万kW,已建成)、新集(装机容量12万kW)、崔家营(装机容量9万kW,已建成)、雅口(装机容量8万kW)、碾盘山(装机容量20万kW,在建);兴隆(装机容量4万kW,在建)水利枢纽为南水北调汉江中下游补偿工程之一,汉江干流按规划方案将建成15级梯级电站。黄金峡至白河河段,是汉江水利开发的重要河段,开发任务主要是发电和航运,兼顾防洪、灌溉、养殖和旅游。安康至孤山河段,由于受襄渝铁路高程限制,采用航电结合的低水头枢纽;丹江口水库以下河段,受两岸堤防、城镇高程限制,亦采用航电结合的低水头枢纽。

(四)汉江航运情况

汉江上游由于建成石泉、安康和丹江口等水利枢纽,改善了部分河段的航行条件,提高了航道尺度,原有碍航浅滩、礁石被淹没。丹江口水库以下,由于清水下泄,河床刷深,枯季流量增加,航道也得到改善。襄樊至汉口的航道整治工程是国家“七五”“八五”交通重点建设项目,按通航500吨级的Ⅳ级航道标准、双排双列(一顶四驳)实载重量2000吨船队,通航保证率97%的要求设计;以采取整治建筑物为主,整治与疏浚相结合的方法,运用控制河势、固滩护岸、堵汉并流、束水归槽、稳定航道的整治原则,现已完成襄樊、汉口间532km航道整治工程,形成了新的北煤南运,西煤东调通道。

二、丹江口水利枢纽工程概况

(一)工程概况

丹江口水利枢纽位于湖北省丹江口市,在支流丹江入汉江干流的汇口以下0.8km处,是由汉江与支流丹江两个库区组成的并联式水库。丹江口水利枢纽是开发利用汉江水资源的关键工程,具有防洪、发电、灌溉、航运、水产及调水等综合效益。第一期工程于1958年9月动工,1959年12月截流,1967年底下闸蓄水,1968年10月开始发电,1973年底建成。枢纽大坝总长2494m,其中作为主体的混凝土宽缝重力坝,长1141m,两岸土石坝总长1353m。枢纽由左岸土石坝段、左岸连接坝段、厂房坝段、溢流坝段、深孔泄洪坝段、升船机、右岸连接坝段和右岸土石坝段等主要建筑物组成。

最大坝高102.4m,其泄流段总长为384m,包括12个深孔(每孔最大泄量 $807\text{m}^3/\text{s}$)和20个溢流堰(每孔最大泄量 $1995\text{m}^3/\text{s}$),最大总泄量可达 $49589\text{m}^3/\text{s}$ 。发电厂房设在坝体左侧25~32坝段,装机6台,总容量90万kW,单机最大过水能力 $275\text{m}^3/\text{s}$ 。

船舶过坝设施布置在右岸。上段采用垂直升船机,最大提升高度50m,设计载重能力

150 吨,加高改造后承重能力达 300t。下段为斜面升船机,轨道长 350m,坡度 1:7。连同上下游导墙,过坝设施总行程 1166m,设计年过坝运输量 83 万 t。

丹江口大坝加高工程自 2005 年 9 月 26 日开工建设,2007 年 6 月 23 日,大坝加高贴坡混凝土全线达到原坝顶高程。2008 年 12 月 28 日,右岸土石坝填筑到 176.6m 设计高程。2010 年 3 月 31 日,丹江口大坝加高工程混凝土坝段全部加高到 176.6m 设计高程。

在丹江坝址上游丹江左岸 30km 处已建 2 座灌溉取水渠首。陶岔渠首,引水流量 $500\text{m}^3/\text{s}$,闸室为 5 孔涵洞式钢筋混凝土结构,孔口尺寸 $6\text{m}\times 6.7\text{m}$,闸底板高程 140.0m,主要供湖北省生产用水。清泉沟渠首,引水流量 $100\text{m}^3/\text{s}$,无压隧洞,宽 7m、高 7m、长 6775m,进口高程 143m 主要供河南省生产用水。

(二)来水来沙特点

汉江是一条水量丰沛、产沙较多的河流。汉江流域多年平均降雨量为 700~1100mm,其中 5—10 月份占 70%~80%。汉江径流主要来源于降雨,因此,径流也具有与降雨相同的特点。坝址处多年平均水量 $379\times 10^8\text{m}^3$,其中汉江库区占 87.4%,丹江库区占 12.6%。坝址处多年平均悬移质输沙量 $1.15\times 10^8\text{t}$,其中汉江库区占 79%,丹江库区占 21%。来水量 5—10 月占年水量 78.3%,来沙量 5—10 月占年输沙量的 95%。由于汉江库区的来水来沙量都远大于丹江库区,因此汛期由汉江库区倒流水量于丹江库区。汉江干流入库站白河水文站悬移质级配统计, $d<1.0\text{mm}$ 占 100%, $d>0.1\text{mm}$ 占 15.6%, $d>0.25\text{mm}$ 占 7.3%。据 1966 年汉江滞洪期库区勘测调查估算:汉江库区多年平均推移质 $d>0.2\text{mm}$ 输沙量为 $563\times 10^4\text{t}$ (1960—1965 年),其中 $0.2<d<1.0\text{mm}$ 的沙量 $430\times 10^4\text{t}$; $1.0<d<10\text{mm}$ 的粗沙砾石量为 $23\times 10^4\text{t}$; $d>10\text{mm}$ 的卵石量为 $110\times 10^4\text{t}$ 。由上述水文泥沙数据表明,丹江口水库的入库水、沙量主要来自汉江库区,水量汉江库区是丹江库区的 7 倍,沙量汉江库区是丹江库区的 4 倍左右。今根据水库出库控制站(黄家港水文站)1954—1991 年实测资料统计,并考虑库容量及陶岔、清泉沟灌溉量,其坝址处多年平均水量实为 $393.8\times 10^8\text{m}^3$ 。汉江库区上游干流的石泉(1973 年运用)、安康(1989 年运用)及支流堵河的黄龙滩(1974 年运用)、陡岭子(2002 年运用)等水库先后梯级开发运用后,目前汉江库区入库来沙量已有所减少,以上四个水库的死库容都较小,到了排沙期,以上水库今后的来沙量仍会排入汉江库区。

(三)调度运用特点

丹江口水库正常蓄水位为 157m(吴淞,以下未作特殊说明则为吴淞高程),秋汛防洪限制水位为 152.5m(8 月 21 日至 9 月 30 日)、夏汛为 149m(6 月 21 日至 8 月 20 日),设计低水位为 139m,下面将不同水位级对应的库容与面积列表 1.1 如下:

表 1.1 丹江口水库初始水位与面积、库容数据统计表

水位 $H(\text{m})$	库容 $V(10^8\text{m}^3)$	库面积 $A(\text{km}^2)$
170	290.5	1050
157	174.5	745
152.5	143.2	645
149	121	576
139	72.3	409

丹江口水库正常蓄水位 157m,设计低水位 139m。夏汛的防洪限制水位 149m;秋汛防洪限制水位 152.5m。自 1968—2011 年蓄水运用 44 年以来,其坝前历年最高平均水位 152.9m;历年最低平均水位 138.1m;历年平均水位 145.1m。其中坝前最高运用水位 160.07m(1983 年 10 月 7 日),最低运用水位 131.28m(1979 年 4 月 15 日),不包括 1968—1969 两年试运期。据 1970—2011 年坝前水位统计,全年正常运用年份共 20 年,占 48%,出现过超低水位运用年份是 22 年,占 52%。自 1968—2011 年 44 年间,共计超低水位运用 2744 天,占 44 年总天数的 17.1%。即正常运用天数与超低水位运用天数之比为 4.9:1,其中,超低水位运用最多的年份为 1977—1979 年,分别达 294 天、274 天和 196 天,三年共计 764 天。由于丹江口水库是防洪、发电、灌溉、航运、养殖等综合利用水库,其调节库容仅只 $102.2 \times 10^8 \text{m}^3$,因此,枯水年份的超低水位运用是难免的。44 年中,超高水位运用年份有三年:1974 年最高达 157.7m;1983 年最高达 160.07m,2011 年最高达 157.29m。由于丹江口水库调节库容小,1983 年出现“83.8”、“83.10”两次特大洪水,其入库流量分别为 $33600 \text{m}^3/\text{s}$ 、 $34300 \text{m}^3/\text{s}$,1983 年总水量 $752 \times 10^8 \text{m}^3$,但当年的净弃水量就达 $378 \times 10^8 \text{m}^3$,相当于弃走了多年平均水量 $379 \times 10^8 \text{m}^3$ 一年的入库水量。

三、丹江口水库库形特征

丹江口水库 1968 年蓄水运用后,形成丹江、汉江两大库区,改变了原来天然河道的水沙输移特性,入库水、沙输移受工程运用所控制。两个库区沿程宽、窄相间,湖泊型库段与河道型库段相间的库形特征。

丹江口水库在正常蓄水位 157m 时,总库容 $174.5 \times 10^8 \text{m}^3$,总库面积约 745km^2 ,正常蓄水位 170m 时,总库容 $290.5 \times 10^8 \text{m}^3$,总库面积约 1050km^2 。蓄水位 157m 时,汉江、丹江库区库容为 $90.8 \times 10^8 \text{m}^3$,其中干流库区占 60.2%,支流库区占 39.8%;库面积约 380km^2 ,其中干流库区占 47%,支流库区占 53%。

汉江干流库区自上而下有大小三个湖泊型库段相间,其中有距坝 113.7~92km 的郧县库段,呈藕节状库型,湖泊库长 18km,最宽 3.6km,库容 $6 \times 10^8 \text{m}^3$,库面积 30km^2 ;距坝 84.7~79km 的安阳库段,库长 5.7km,最宽 2km,库容 $2 \times 10^8 \text{m}^3$,库面积 7.7km^2 ;距坝 56.7~37.3km 的老均县库段,库长 19.4km,最宽 6km,库容 $19.8 \times 10^8 \text{m}^3$,库面积 59km^2 。因此,在汉江干流库长 177.4km 中,上述三个湖泊型库长共 43.1km,占干流库长的 24.3%,其余的狭谷河道型库长 134.3km,占干流库长的 75.7%。三个湖泊库容共 $27.8 \times 10^8 \text{m}^3$,占汉江干流库容的 50.8%。汉江库区内支沟众多,157m 库水位时,共有大小支沟 400 余条,其中最大支流库区是距坝 39.8km 的曾河库区,属湖泊型库段,库长 32.6km,最宽 4.5km,库容 $19.7 \times 10^8 \text{m}^3$,库面积约 76km^2 。其次是距坝 19.4km 的浪河库区,库长 34.4km,库容 $5.13 \times 10^8 \text{m}^3$,库面积约 24.5km^2 。实际上老均县与曾河是干、支流相连的整体大湖泊库区,两者合计总库容为 $39.3 \times 10^8 \text{m}^3$,占汉江库区总库容的 43.3%;总库面积 135km^2 ,占汉江库区总面积的 35.5%。

丹江库区库容 $80.5 \times 10^8 \text{m}^3$,库面积 365km^2 。自上而下有距坝 61~77km 的老淅川(湖泊库段),库容 $5.2 \times 10^8 \text{m}^3$,库面积 49km^2 ,平均宽 3.06km;距坝 64~68.8km 的淅水马登湖泊库段,库容 $1.4 \times 10^8 \text{m}^3$,库面积 19km^2 ,平均宽 3.9km;距坝 15~39km 的李官桥湖泊库段,号称“小太平洋”,库容 $64 \times 10^8 \text{m}^3$,占丹江库区总库容的 79.4%,库面积 241.3km^2 ,最宽 11km。

第二节 研究的内容和方法

一、水库观测研究的内容

水库观测研究主要是通过丹江口水库淤积的各种现象和问题,开展相关观测和研究,在观测研究的过程中不断总结和改进观测研究的手段和方法。对收集的大量原型观测资料通过分析计算,揭示其内在规律,在通过观测研究验证规律的正确性,通过数学关系式的引入,将规律定量地表达。

主要包括的内容有:丹江口水库泥沙淤积的基本现象和规律、丹江口水库泥沙运动及河床演变规律、丹江口水库泥沙淤积计算、丹江口水库泥沙淤积的防治、观测过程中的专题研究、丹江口坝下河演分析、丹江口水库建库前后水位流量关系变化分析、丹江口水库航道问题分析。

二、水库观测研究的方法

(一)野外查勘

在天然河道上兴建水库,造成人为改变河道、水流自然特性,必然会在水库上、下游产生不同天然情况的状况。如:库内发生淤积、航道情况得到改善;原有水位流量关系发生变化;出现异重流现象;坝下游由于大量泥沙拦蓄库中,清水下泄,造成河道冲刷,发生崩岸、河道变迁等。并且这些现象会随着工程不同的阶段及运用时间的推移有着不同的变化。为了解发生变化的部位及变化的现象,需要现场查勘、调查、了解,并根据需要定期或不定期开展调查相关工作。

分析研究人员参加查勘相关工作,有利于透过查勘现象,通过试验研究、分析计算揭示其本质。

(二)原型观测

1.水文资料收集

水库泥沙分析研究是建立在大量水文、河道原型观测资料基础之上的。在建库的干流回水上游、出库下游稳定段及入库支流设立水文站,长期收集进出库水沙资料;在库区回水区段根据水位控制要求设立若干水位站,根据需要监测库区水面线变化;在常年回水末端设立水文站,收集变动回水区水沙资料。水文监测因子包括水位、流量、悬移质含沙量、推移质、颗粒分析、降水量、水温等。

2.河道资料收集

建立库区及坝下游统一平面、高程控制网,在建库前应进行一次全库及水库下游一定距离的河道地形测量,以后每隔5年或发生大洪水年施测全库及水库下游一定距离的河道地形。对发生变化重点部位如崩岸、浅滩、冲坑等实施多次连续观测。

在库区及坝下游按控制淤积量的要求布置固定断面,建立固定断面标志设施,每隔2年或发生大洪水年施测断面,隔断面采集3~7点河床质。

(三)试验研究

试验研究是对原型观测的补充和替代,通过建立物理模型或数学模型,来演示天然河道变化情况,找寻其变化规律。

(四)分析计算

水库淤积计算是水库规划设计以及运用中解决泥沙淤积问题的常用手段之一。目前针对不同的问题,已提出各种计算方法。目前存在的计算方法分为三类:第一类为水库总淤积量及发展过程估算,这种计算方法适用于中小型水库;第二类是根据水库淤积的规律直接计算各种参数,这类计算可将各种计算组成数学模型,以全面地反映水库淤积过程和部位。第三类为采用河流动力学方程求解来计算水库淤积过程和部位,以及其他淤积和输沙的信息,这类计算较为复杂,必须组成数学模型进行。丹江口水库在计算泥沙淤积时多采用第一、二类方法进行计算。

随着水库淤积研究的不断深入和发展,从实际现象的表述、内在机理的揭露向规律的定量方向发展,通过数学关系式的表达,使现象达到量化。随着计算技术的应用与发展,借助计算机处理相关计算问题及部分分析成为可能,极大地提高了分析、计算的工作效率和准确性。

第三节 研究的目的是和意义

丹江口水利枢纽是综合开发利用汉江水利水电资源的关键性控制工程,它具有防洪、发电、灌溉、养殖、航运、调水六大经济效益和社会效益。丹江口水库是南水北调中线工程的水源地,也是三峡水利枢纽的最大实验模型。开展丹江口水库泥沙观测和实验研究工作,是丹江口水库自身科学调度、高效运行的必然要求,同时对举世瞩目的三峡水利枢纽工程、南水北调中线工程的建设和运行管理也有着特别重大的意义。

丹江口水利枢纽工程于1958年9月1日动工兴建,1959年12月截流,经过8年的滞洪期,于1967年11月正式蓄水,蓄水运用至今已四十多年。丹江口水库泥沙观测与实验在枢纽工程施工准备阶段即已展开,并随着工程的兴建过程、蓄水运行的各阶段技术需要而逐步发展。若按时间阶段来划分,可分为枢纽工程施工前期阶段、枢纽工程施工阶段、水库蓄水运行阶段等3个阶段;如按观测实验服务目的对象来划分,可分为丹江口枢纽工程建设、丹江口枢纽工程运行管理、三峡工程建设与运行类比实验、南水北调中线工程论证与设计、王甫洲枢纽工程施工建设及汉江流域其他梯级枢纽的开发规划与论证等6个对象。同时,丹江口水库也是三峡水库的实体模型,对丹江口水库的研究主要是对其泥沙运动基本规律的研究,重点关注的是泥沙运动后,水库河床形态的改变情况,水库淤积位置及淤积量,为三峡水库运作提供可靠的依据。

水库淤积控制是指如何利用水库淤积的客观规律改造水库淤积,使其尽可能发挥水库最大综合效益。水库淤积控制包括水库长期使用高度控制、淤积引起洪水位抬高控制、变动回水区航深控制、坝前泥沙及水流条件控制及下游河道冲刷控制等五个方面。水库的修建社会上最关注的就是库容及坝下冲刷问题,库容损失的速度与多少和坝下沿程冲刷数量、距离都是关注的焦点。新中国成立初期我国在水库淤积控制和研究上缺乏经验,在问题研究、机理揭示上还处在摸索阶段,丹江口水库建库初期就开始水库淤积观测研究,收集了大量的原型观测资料和分析研究成果,极大地丰富了我们在水库泥沙问题的感性和理性的认识,为解决大型水利枢纽工程泥沙问题提供了丰富的经验和宝贵的资料。对其库容及淤积量的大小已充分掌握,并根据数据确定了其淤积部位及淤积规律。

在丹江口水库淤积观测的基础上,长江委汉江局科技人员和观测人员,结合水库具体情况,有针对性地开展了大量原型观测资料收集,并对这些资料进行了深入分析,并将结果予以应用,为水库淤积理论体系的建立和丹江口水库调度运用及安全稳定发挥了较大作用。

第二章 水文泥沙观测

丹江口水库的水文泥沙观测工作,始于建库前枢纽工程施工准备阶段的 1952 年,并随着工程的兴建过程、蓄水运行各阶段的技术需要而逐步发展,收集了系统丰富的原型观测成果,满足了本水库从设计、施工到管理运用各阶段的基本要求,积累了水库观测的经验,同时也为三峡工程泥沙问题的论证,提供了有价值的类比资料。

第一节 库区水文泥沙观测

一、进出库水沙测验

进出库水沙测验,利用汉江原有测站,选定进库站 8 个,出库站 1 个,详见表 2.1。

表 2.1 丹江口水库进出库控制站一览表

位置	河名	站名	控制面积 (km ²)	距坝 里程 (km)	设站 年月	领导 关系	主要观测项目				
							水位	流量	含沙量	粒径	水化
汉江 入库 站	汉江干流	白河	59115	203	1934.12	长办	√	√	√	√	√
	白石河	白石	690	221	1959.08	陕西	√	√	√		
	天河	贾家坊	1281	190	1958.10	湖北	√	√	√		√
	堵河	黄龙滩	10668	160	1936.06	长办	√	√	√		
丹江 入库 站	丹江	荆紫关	7060	133	1953.06	河南	√	√	√		
	滔河	江湾	781	97	1958.10	湖北	√	√	√		
	淇河	西坪	1267	150	1951.04	河南	√	√			
	老灌河	西峡	3410	122	1951.03	河南	√	√	√		
出库站	汉江干流	黄家港	95217	6	1953.08	长办	√	√	√	√	√

上述进出库站,位置适中,进库站略上于回水末端,出库站下距大坝 6km,处于大坝泄流时形成的水流不稳定段之外,8 个进库站控制坝址流域面积 89%,水量 94%,沙量 95%,已超过规范规定的 80%的要求。丹江口水库进出库控制站及断面布设见图 2.1。