

全国水利行业规划教材 高职高专水利水电类
中国水利教育协会策划组织

水库调度与管理

宋萌勃 岳延兵 陈吉琴 主编
郭海晋 李宗尧 主审



YZLI0890169481



黄河水利出版社

全国水利行业规划教材 高职高专水利水电类
中国水利教育协会策划组织

水库调度与管理

主 编 宋萌勃 岳延兵 陈吉琴
副主编 赵吴静 刘能胜 李太星 刘艳芳
主 审 郭海晋 李宗尧



YZLI0890169481

黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书是全国水利行业规划教材,是根据中国水利教育协会全国水利水电高职教研会制定的水库调度与管理课程标准编写完成的。全书主要包括水库调度的基本资料、水库的兴利调度、水库的防洪调度、水库的综合利用调度、水库运行调度管理、水库群调度简介、水库优化调度及自动化系统简介等。

本书可供高等职业院校、高等专科学校水文与水资源专业教学使用,也可供水利类水利水电工程管理等专业师生及水电规划与调度管理人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

水库调度与管理/宋萌勃,岳延兵,陈吉琴主编. —郑州:黄河水利出版社,2013. 1

全国水利行业规划教材

ISBN 978 - 7 - 5509 - 0419 - 4

I. ①水… II. ①宋…②岳…③陈… III. ①水库调度 - 教材②水库管理 - 教材 IV. ①TV697. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 013611 号

组稿编辑:王路平 电话:0371 - 66022212 E-mail:hhsllwlp@163.com

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940, 66020550, 66028024, 66022620(传真)

E-mail:hhsllcbs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:10.25

字数:240 千字

版次:2013 年 1 月第 1 版

印数:1—4 100

印次:2013 年 1 月第 1 次印刷

定价:22.00 元

前 言

本书是根据《教育部关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)、《教育部关于推进高等职业教育改革创新引领职业教育科学发展的若干意见》(教职成[2011]12号)等文件精神,由全国水利水电高职教研会拟定的教材编写规划,在中国水利教育协会指导下,由全国水利水电高职教研会组织编写的第二轮水利水电类专业规划教材。第二轮教材以学生能力培养为主线,具有鲜明的时代特点,体现出实用性、实践性、创新性的教材特色,是一套理论联系实际、教学面向生产的高职高专教育精品规划教材。

本书是高等职业院校、高等专科学校水文与水资源专业的主干专业课教材之一,主要包括水库调度的基本资料、水库的兴利调度、水库的防洪调度、水库的综合利用调度、水库运行调度管理、水库群调度简介、水库优化调度及自动化系统简介等。在编写过程中,我们努力体现现代高职高专教学特点,注重实践能力培养,突出实用性和职业性,便于学生学习和掌握。

本书编写人员及编写分工如下:长江工程职业技术学院宋萌勃编写绪论、第二章、第八章,山西水利职业技术学院岳延兵编写第一章,长江工程职业技术学院陈吉琴编写第三章,安徽水利水电职业技术学院赵吴静编写第四章,湖北水利水电职业技术学院刘能胜编写第五章,长江工程职业技术学院李太星编写第六章,华北水利水电学院水利职业学院刘艳芳编写第七章。全书由宋萌勃、岳延兵、陈吉琴担任主编,宋萌勃负责全书统稿;由赵吴静、刘能胜、李太星、刘艳芳担任副主编;由长江水利委员会水文局郭海晋教授级高级工程师、安徽水利水电职业技术学院李宗尧教授担任主审。

在本书的编写过程中,承蒙各编写人员所在学院给予的大力支持,本书参考并引用了各种教材和文献资料,除已列出外,其余未能一一注明,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2012年11月

目 录

前 言

第一章 绪 论	(1)
第一节 中国的水能资源和水电建设	(1)
第二节 水库调度的意义和作用	(5)
第三节 水库调度与管理的内容和任务	(8)
第四节 水库调度的分类及水库调度图	(11)
复习思考题	(15)
第二章 水库调度的基本资料	(16)
第一节 流域特性资料	(16)
第二节 河川径流特性资料	(17)
第三节 水库特性资料	(21)
第四节 各用水部门的用水特性资料	(29)
第五节 电力系统及水电厂特征	(32)
复习思考题	(37)
第三章 水库的兴利调度	(39)
第一节 水库年供水计划的编制	(39)
第二节 年调节水库灌溉调度图的绘制	(41)
第三节 年调节水库发电调度图的绘制	(45)
第四节 多年调节水库兴利调度图的绘制简介	(50)
第五节 发电调度图的应用	(52)
复习思考题	(58)
第四章 水库的防洪调度	(59)
第一节 水库的防洪调度图	(59)
第二节 水库的防洪限制水位	(61)
第三节 防洪调度方式的拟定及调度规则的制定	(69)
第四节 短期预报在防洪调度中的应用	(78)
第五节 中小型水库洪水预报调度	(81)
复习思考题	(87)
第五章 水库的综合利用调度	(88)
第一节 防洪与兴利结合的水库调度	(88)
第二节 发电与灌溉结合的水库调度	(91)
第三节 水库的生态与环境调度	(95)
第四节 多沙河流水库的调度简介	(96)

第五节 其他要求下的水库调度	(106)
复习思考题	(109)
第六章 水库运行调度管理	(110)
第一节 水库调度规程及工作制度	(110)
第二节 水库调度方案的编制	(112)
第三节 水库度汛计划的编制	(114)
第四节 水库调度的评价与考核	(116)
复习思考题	(124)
第七章 水库群调度简介	(125)
第一节 水库群调度的基本知识	(125)
第二节 水库群的兴利调度	(129)
第三节 水库群的防洪调度	(135)
复习思考题	(139)
第八章 水库优化调度及自动化系统简介	(140)
第一节 概 述	(140)
第二节 最优化技术简介	(141)
第三节 单一水库优化调度	(144)
第四节 水库调度自动化系统简介	(146)
复习思考题	(152)
附 录 三峡水库调度和库区水资源与河道管理办法	(153)
参考文献	(158)

第一章 绪 论

第一节 中国的水能资源和水电建设

一、中国的水能资源

(一) 水能资源总量

我国是世界上水能资源最丰富的国家之一。2005 年的复查结果表明,我国大陆水能资源理论蕴藏量在 1 万 kW 及以上的河流共 3 886 条,水能资源理论蕴藏量年发电量为 60 829 亿 kWh,平均功率为 69 440 万 kW;技术可开发装机容量为 54 164 万 kW,年发电量为 24 740 亿 kWh;其中,经济可开发装机容量为 40 180 万 kW,年发电量为 17 534 亿 kWh,分别占技术可开发装机容量和年发电量的 74.2% 和 70.9%,见表 1-1。单站装机容量 500 kW 及以上的可开发水电站共 11 000 余座,总装机容量为 37 853.24 万 kW,多年平均发电量为 19 233.04 亿 kWh。1980 年普查的全国各流域水能资源蕴藏量和可开发量统计见表 1-2。

表 1-1 我国大陆水能资源复查成果汇总

序号	项目		单位	数值
1	理论蕴藏量	年电量	亿 kWh	60 829
		年平均功率	万 kW	69 440
2	技术可开发量	水电站数量	座	13 286 + 28/2
		装机容量	万 kW	54 164
		年发电量	亿 kWh	24 740
3	经济可开发量	水电站数量	座	11 653 + 27/2
		装机容量	万 kW	40 180
		年发电量	亿 kWh	17 534
4	已开发量	水电站数量	座	6 053 + 4/2
		装机容量	万 kW	13 098
		年发电量	亿 kWh	5 269

注:表中数值统计范围为理论蕴藏量 10 MW 及以上河流和这些河流上单站装机容量 0.5 MW 及以上的水电站,不含港澳台地区。

表 1-2 全国各流域水能资源蕴藏量和可开发量统计

流域	理论蕴藏量			可开发量		
	理论出力 (万 kW)	年发电量 (亿 kWh)	年发电量 占全国(%)	装机容量 (万 kW)	年发电量 (亿 kWh)	年发电量 占全国(%)
全国	67 604.71	59 221.8	100	37 853.24	19 233.04	100
长江	26 801.77	23 478.4	39.6	19 724.33	10 274.98	53.4
黄河	4 054.80	3 552.0	6.0	2 800.39	1 169.91	6.1
珠江	3 348.37	2 933.2	5.0	2 485.02	1 124.78	5.8
海滦河	294.40	257.9	0.4	213.48	51.68	0.3
淮河	144.96	127.0	0.2	66.01	18.94	0.1
东北诸河	1 530.60	1 340.8	2.3	1 370.75	439.42	2.3
东南沿海诸河	2 066.78	1 810.5	3.1	1 389.68	547.41	2.9
西南国际诸河	9 690.15	8 488.6	14.3	3 768.41	2 098.68	10.9
雅鲁藏布江及西藏 其他河流	15 974.33	13 993.5	23.6	5 038.23	2 968.58	15.4
北方内陆及 新疆诸河	3 698.55	3 239.9	5.5	996.94	538.66	2.8

注:1980 年普查结果,未包括台湾省。

(二) 中国河川水能资源的特点

(1)资源总量大,居世界首位,但人均资源占有量较低。以电量计,人均资源占有量只有世界平均值的 70% 左右。

(2)分布很不均匀,大部分集中在西南地区,其次在中南地区,经济发达的东部沿海地区的水能资源较少,而中国煤炭资源多分布在北部,形成北煤南水的格局。

(3)大型水电站的比重很大,单站规模大于 200 万 kW 的水电站资源量占 50%。已建成的长江三峡工程的装机容量为 2 250 万 kW,多年平均年发电量为 1 000 亿 kWh。位于雅鲁藏布江的墨脱水电站,经查勘研究,其装机容量可达 4 380 万 kW,多年平均年发电量为 2 630 亿 kWh。

二、中国的水电建设

全世界江河的水能资源蕴藏量总计为 50.5 亿 kW,年发电量可达 44.24 万亿 kWh;技术可开发的水能资源为 22.6 亿 kW,年发电量可达 9.8 万亿 kWh。1878 年,法国建成世界上第一座水力发电站,装机容量为 25 kW。迄今为止,全世界水电装机容量已超过 7.6 亿 kW,年发电量达 3 万亿 kWh。

1905 年 7 月,中国第一座水电站——台湾省龟山水电站建成,装机容量 500 kVA。

1912 年,中国大陆第一座水力发电站——云南省昆明石龙坝水电站建成发电,装机容量 480 kW。1949 年年底,全国的水电装机容量为 36 万 kW,年发电量 18 亿 kWh,人均装机和发电量仅分别为 0.000 7 kW、3.3 kWh;至 1999 年年底发展到 7 739 万 kW,年发电量 2 219 亿 kWh,人均装机和发电量分别为 0.06 kW、176.4 kWh。仅次于美国,居世界第二位;到 2005 年,全国的水电总装机容量已达 1.15 亿 kW,居世界第一位,占可开发水电容量的 14.4%,占全国电力工业总装机容量的 20%。截至 2008 年年底,水电装机容量已突破 1.7 亿 kW,占全国发电装机容量的 21.6%,居世界第一位。到 2010 年 8 月,随着华能小湾水电站四号机组投产发电,我国电力装机容量达到 9 亿 kW,其中水电装机容量突破 2 亿 kW,继续稳居世界第一位。预计 2020 年将达到 3 亿 kW 或以上。我国已建、在建的 10 个特大型水电站见表 1-3。

表 1-3 我国已建、在建的 10 个特大型水电站
(按装机容量大小排序)

序号	名称	坝高 (m)	库容 (亿 m ³)	正常蓄水位(m)	装机容量 (万 kW)	年平均发电量(亿 kWh)	所在河流	说明
1	三峡	181	393	175	2 250	1 000	长江干流	(左 14 + 右 12 + 地下 6) × 70 万 kW + 2 × 5 万 kW
2	溪洛渡	278	126.7	600	1 260	571.2	金沙江	(左 9 + 右 9) × 70 万 kW
3	白鹤滩	277	206	820	1 200	515	金沙江	16 × 75 万 kW
4	乌东德	264	42.18	950	870	320	金沙江	12 × 72.5 万 kW
5	向家坝	161	51.63	380	640	307.47	金沙江	8 × 75 万 kW
6	龙滩	216.5	273	400	630	187	红水河	9 × 70 万 kW
7	糯扎渡	261.5	227.41	812	585	239.12	澜沧江	9 × 65 万 kW
8	锦屏 II	37	1.428	1 646	480	242.3	雅砻江	8 × 60 万 kW
9	小湾	294.5	151.32	1 240	420	190.6	澜沧江	6 × 70 万 kW
10	拉西瓦	250	10.79	2 452	420	102.23	黄河	6 × 70 万 kW

但是,中国水能资源开发利用程度还比较低,远低于美国、挪威等发达国家,发展潜力巨大。按照水能资源的总量和技术、经济可开发量及电力结构的合理需求,当我国人均用电达到 1 kW(中等发达国家水平)时,水电比重以 30% 为宜,即如果电力总装机容量达到 14 亿 kW,水电开发应达到 4 亿 kW 左右(相当于我国水能资源经济可开发总量)。近期,我国经济进入了一个调整周期,为我国调整能源结构、加快开发水电资源提供了有利契机。如果说世界水电在中国,中国水电则在西南,仅川、藏、滇三省(区)的技术可开发量就约占全国的 61%,并且未开发的资源也主要在西南地区。因此,不论从调整国家能源结构,推动能源基地(包括后续能源基地)建设看,还是从促进区域发展,改善当地民生计,重点应大力推动西南地区的水电建设,特别是云南、四川、贵州

以及西藏等省(区)若干主要江河的有序开发。

三、中国水资源开发与利用

水资源利用程度的主要指标为水资源开发利用率。通常从水资源规划利用的角度定义,水资源开发利用率是指供水能力(或保证率)为75%时可供水量与多年平均水资源总量的比值,是表征水资源开发利用程度的一项指标。水资源开发利用率是指流域或区域用水量占水资源可利用量的比例,体现的是水资源开发利用的程度。

水资源开发利用又可分为河川径流(简称地表水)水资源开发利用和地下水资源开发利用,一般以河流为单元,只统计地表水资源开发利用,流域为单元时综合统计,或分别统计,但不特别指出时(如综合利用率),也仅指地表水资源开发利用,比如一条河流的开发利用就是指该河流的地表水资源开发利用。

根据水利部、水利水电规划设计总院关于“水资源综合规划名词解释”,与水资源开发利用率相近的有:地表水资源开发率,是指地表水源供水量占地表水资源总量的百分比;水资源利用消耗率,是指用水消耗量占水资源总量的百分比。

从水资源利用统计分析计算的角度,水资源利用率的计算更多的是采用实际耗水量与总的水资源量之比,体现的是水资源量被耗用即消耗利用的程度,与上述水资源开发利用率的差异在于,一个是水量被利用程度,一个是水量被消耗程度。

由于河流来水并不是一成不变的,有丰水年、枯水年和平水年之分,所以在计算当年实际河流水资源开发利用率时,随着水量的变化又有所不同。如黄河断流最严重的1997年,利津入海径流量只有18.6亿 m^3 ,当年地表水资源利用率高达80%,当然这里指的是消耗程度,也就是说80%的水被耗用掉,那么当年的利用程度可能就要高一些,因为利用量中有一部分并没有被消耗。

目前,我国水资源已开发利用约为5600亿 m^3 ,有3000亿 m^3 尚可开发。说明还有“开源”的空间,但衡量水资源利用程度的主要指标为水资源开发利用率。如果按通常的规划概念,水资源开发利用率是指供水能力(或保证率)为75%时可供水量与多年平均水资源总量的比值,是表征水资源开发利用程度的指标。

我国现状水资源开发利用率为20%,国际上一般认为的对一条河流的开发利用不能超过其水资源量的40%的预警线,而黄河、海河、辽河、淮河的水资源利用率都超过了这一预警线,就可能会暴发严重的水资源和水环境危机。事实上,海河流域等已产生水资源和水环境危机,必须采取合理的积极措施,如南水北调及节水、污水再利用等。南方个别地区,如珠江三角洲水资源开发利用率超过80%,2007年珠江流域片水资源开发利用率为20.2%,开发利用程度较上年度提高3.4%。其中,经济发达的珠江三角洲的水资源开发利用率最高,达83.1%,而红水河水资源开发利用率最低,只有5.1%。

我国水资源利用呈现增幅不大的现象,主要是我国在水资源管理方面采用综合管理的方法,比如大力宣传节水惜水意识,从水是“取之不尽,用之不竭”的旧观念到“人无远虑必有近忧”的新观念;水资源节流开源,减少水的使用量的节水技术应用和污水的再利用等在我国已经广泛开展。我国有污水排放接近千亿 m^3 ,随着城市污水处理率的大幅提高,废污水经处理后是缺水地区宝贵的再生资源。雨水利用已成为当今世界缺水地区水资源开发的

潮流之一,通过集水工程技术措施可开发雨水资源。在我国黄土高原地区和干旱缺水地区,通过修建水窖、水柜、旱井、蓄水池等小型及微型水资源工程,发展和建设集雨节灌的雨水集蓄利用工程。微咸水的合理利用,海水利用包括海水的直接利用和海水淡化,以替代淡水资源,已成为我国沿海城市解决淡水资源紧缺的一条重要途径。不存在水能资源开发过度的问题,而是开发不足,任重道远。在电力系统中,水力发电出力仅占全国总出力的 21.6%,优化电网结构还须提高水电的比重,这对电网的节能和安全运行有重要意义。

水利部部长陈雷在 2009 年 5 月 11 日召开的第五届“今日水电论坛”的主旨发言中指出,水电是目前第一大清洁能源,提供了全世界 1/5 的电力。与其他能源相比,水电具有循环可再生、长期成本低、综合效益大等优势,对改善能源结构、减排温室气体、保护生态环境、保障能源安全和促进经济社会可持续发展具有十分重要的战略意义。世界各国都把开发水电作为能源发展的优先领域,全球有 55 个国家 50% 以上的电力由水电提供,其中 24 个国家这一比重超过 90%。目前,发达国家水能资源已基本开发完毕,美国、日本、英国等国家水电开发程度都超过 80%。许多发展中国家大力开发水能资源,如巴西水电开发在电力建设中的比重一直保持在 80% 以上。中国政府正在大力推进节能减排,积极发展核电、水电、风电、太阳能发电等清洁能源。目前,中国水能资源开发程度仅为 31.5%,还有巨大的发展潜力。

第二节 水库调度的意义和作用

一、中国的主要水灾害

(一) 中国的洪水灾害

近 15 年来,中国年均洪涝灾害损失约占同期全国 GDP 的 1%,发生流域性大洪水的年份,洪涝灾害损失占同期全国 GDP 的比例高达 2%~3%;我国大江大河综合防洪体系还比较薄弱,尤其蓄滞洪区建设严重滞后,多数大江大河重要支流和中小河流尚未进行系统治理,主要易涝地区排涝能力严重不足,对山洪灾害缺乏有效的监测和防御措施;汛期山区中小河流、沿海风暴潮地区人员伤亡多,江河中下游尤其是蓄滞洪区和低洼涝区财产损失重。山洪泥石流灾害也十分严重,如 2010 年 8 月 8 日凌晨,特大山洪泥石流袭击甘肃舟曲,造成 1 765 人死亡、失踪。

近年来,在党中央国务院的高度重视下,我国的防洪减灾工作取得了巨大成就,全国因洪涝灾害年均死亡人数已经从 20 世纪 50 年代的 8 900 多人下降到 2001 年以来的 1 700 多人。即使这样,频频发生的洪涝灾害造成的巨大危害依然向我们敲响警钟。

(二) 中国的水旱灾害

2009 年秋季到 2010 年春季,我国西南 5 省遭遇特大旱灾,6 000 多万人受灾,2 000 多万人面临饮水困难。2011 年 1~5 月,长江中下游地区普遍遭遇罕见的春夏连旱,3 000 多万人受灾,400 多万人面临饮水困难,受 50 年一遇的干旱影响,我国几大淡水湖(如鄱阳湖、洞庭湖、洪湖等)水位创历史新低,甚至告急。

根据气象部门的监测,近十年来,在全球气候变暖的影响下,我国发生旱灾的频率呈

上升趋势,并且持续时间和影响范围不断扩大。

(三) 中国的水污染及其他灾害

我国一些河流河段受到污染,地下水超采;牧区草原沙化严重,一些地区出现不同程度的退化、沙化;水土流失面积为 356 万 km^2 , 占国土面积的 37%, 每年流失的土壤总量约 50 亿 t; 在一些生态严重恶化的地区, 河流断流、湖泊干涸、湿地萎缩, 对流域的生产生活和生态环境造成了一系列影响。

作为应对自然灾害的重要手段, 水利设施的建设状况直接影响到防灾减灾的效果。然而由于种种因素, 水利作为重要的基础设施, 它的建设却远远滞后于国民经济和社会发展的水平。近年来频发的自然灾害也直接暴露出我国水利设施建设落后的局面。

2011 年 1 月 29 日,《中共中央 国务院关于加快水利改革发展的决定》的中央一号文件正式公布,这是新中国成立以来中共中央首次系统部署水利工作的决定。“水利设施薄弱仍然是国家基础设施的明显短板。”这是中央一号文件给出的明确判断。

二、水库调度的意义

水库调度是指根据水库承担任务的主次及规定的调度规则,运用水库的调蓄能力,在保证大坝安全的前提下,有计划地对入库的天然径流进行蓄泄,达到除害兴利,综合利用水资源,最大限度地满足国民经济各部门需要的目的。

加强水库运行管理,搞好水库运行调度,是对水资源进行合理配置的重要手段之一。开展水库科学管理、合理调度可以实现“一库多用,一水多用”,更好地满足各部门对水库和水资源的综合利用要求。通过合理调度,可以协调防洪、兴利的矛盾;力求使同一库容能结合使用,既用于防洪,又用于为兴利蓄、供水;可使水电站水库在承担电力负荷的同时,尽可能满足下游航运、灌溉用水的要求。

三、水库调度的作用

(一) 防洪

水库是我国防洪广泛采取的工程措施之一。在防洪区上游河道适当位置兴建能调蓄洪水的综合利用水库,利用水库库容拦蓄洪水,削减进入下游河道的洪峰流量,达到减免洪水灾害的目的。水库对洪水的调节作用有两种不同方式:滞洪和蓄洪。

(1) 滞洪作用。滞洪就是使洪水在水库中暂时停留。当水库的溢洪道上无闸门控制,水库蓄水位与溢洪道堰顶高程平齐时,则水库只能起到暂时滞留洪水的作用。

(2) 蓄洪作用。在溢洪道未设闸门的情况下,在水库管理运用阶段,如果能在汛期前用水,将水库水位降到防洪限制水位,且防洪限制水位低于溢洪道堰顶高程,则防洪限制水位至溢洪道堰顶高程之间的库容就能起到蓄洪作用。蓄在水库的一部分洪水可在枯水期有计划地用于兴利需要。

当溢洪道设有闸门时,水库就能在更大程度上起到蓄洪作用,水库可以通过改变闸门开启度来调节下泄流量的大小。由于有闸门控制,所以这类水库防洪限制水位可以高出溢洪道堰顶,并在泄洪过程中随时调节闸门开启度来控制下泄流量,具有滞洪和蓄洪双重作用。

(二) 兴利

降落在流域地面上的降水有部分渗至地下,由地面及地下按不同途径泄入河槽后的水流,称为河川径流。由于河川径流具有多变性和不重复性,在年与年、季与季以及地区之间来水都不同,且变化很大。大多数用水部门(例如灌溉、发电、供水、航运等)都要求比较固定的用水数量和时间,它们的要求经常不能与天然来水情况完全相适应。人们为了解决径流在时间上和空间上的重新分配问题,充分开发利用水资源,使之满足用水部门的要求,往往在江河上修建一些水库工程。水库调度的兴利作用就是进行径流调节,蓄洪补枯,使天然来水能在时间上和空间上较好地满足用水部门的要求。

四、水库调度的发展

水库调度的理论与方法是随着 20 世纪初水库和水电站的大量兴建而逐步发展起来的,并逐步实现了综合利用和水库群的水库调度。在调度方法上,1926 年苏联 A. A. 莫洛佐夫提出了水电站水库调配调节的概念,并逐步发展形成了水库调度图。这种图至今仍被广泛应用。20 世纪 50 年代以来,由于现代应用数学、径流调节理论、电子计算机技术的迅速发展,使得以最大经济效益为目标的水库优化调度理论得到迅速发展与应用。随着各种水库调度自动化系统的建立,水库实时调度达到了较高的水平。中国自 20 世纪 50 年代以来,水库调度工作随着大规模水利建设而逐步发展。目前,大中型水库比较普遍地编制了年度调度计划,有的还编制了较完善的水库调度规程,研究和拟定了适合本水库的调度方式,逐步由单一目标的调度走向综合利用调度,由单独水库调度开始向水库群调度方向发展,考虑水情预报进行的水库预报调度也有不少实践经验,使水库效益得到进一步发挥。对多沙河流上的水库,为使其能延长使用年限而采取的水沙调度方式已经取得了成果。由于水库的大量兴建,对于水库优化调度也在理论与实践上作了探讨。在我国,对丰满水电站、丹江口水利枢纽、三门峡水利枢纽等水库的调度工作都积累了不少经验。

我国的水库调度工作经历了从无到有、逐步发展的过程。新中国成立前,修建的水库既少又小,谈不上系统的水库调度工作。在 20 世纪 50 年代,一批重要的大型水库(例如官厅水库、佛子岭水库、梅山水库、大伙房水库、狮子滩水库等)相继建成,国外的径流调节、水库调度方面的理论与实践经验也逐步被介绍引进,从而使水库调度工作逐步开展起来,一批水库工作者开始研究合理的调度方式,并每年制订当年的控制运用计划,在全国性的会议上进行过交流。1959 年,一本专门介绍水库调度的书——《丰满水电站的水库调度》出版。进入 60 年代,对水库调度工作的研究逐步深入,有关科研单位及大专院校曾探讨过利用预报进行水库调度、综合利用水库调度、运用现代数学进行水库优化调度等。水利电力部也在总结全国经验的基础上,编制出了我国第一个包含水库调度运用内容的管理规范——《水库工程管理通则》。

但是,水库调度工作也和其他方面一样,20 世纪六七十年代受社会影响,不少水库原来已建立起来的一套工作方法与制度不能继续实施。同时,不顾客观条件,任意按主观意志盲目调度的情况也较普遍发生,其中最突出的问题就是盲目多发电,造成大部分水电站低水位运行,从而损失了大量电能。据 1975 年全国水电站水库调度座谈会估计,当时新安江等 12 座水电厂低水头发电的损失每年共达 13 亿 kWh,占这些厂年发电量的 7.4%。

在防洪方面,则表现为不严格控制汛限水位,盲目提前蓄水,致使发生洪水时防洪库容不足,从而造成上、下游不应有的损失。再就是对综合利用的其他方面照顾不够,往往挤掉了次要的需水部门。

20 世纪 80 年代以后,水库调度运用工作取得了显著成绩,主要表现在做了大量的基础工作,增加了经济效益,加强了技术培训,提高了调度技术水平,如湖北的丹江口、陆水,吉林的丰满、海龙,辽宁的大伙房,广东的合水、江谷,湖南的欧阳海,福建的汀溪,河北的岳城、安各庄,河南的三门峡等。他们在防洪、兴利及水沙调度以及水库调度管理等方面的成功经验,标志着我国的水库调度工作达到了一个新水平。

第三节 水库调度与管理的内容和任务

一、水库调度的基本概念

(一) 水库调度的概念

水库调度是利用水库的调蓄能力,按一定规则有计划地对入库径流进行的蓄泄安排。水库调度是一种控制运用水库的技术管理方法,是根据各用水部门的合理需要,参照水库每年蓄水情况与预计的可能天然来水及含沙情况,有计划地合理控制水库在各个时期的蓄水和放水过程,亦即控制其水位升、降过程。一般在设计水库时,要提出预计的水库调度方案,而在以后实际运行中不断修订校正,以求符合客观实际。在制订水库调度方案时,要考虑与其他水库联合工作互相配合的可能性与必要性。

(二) 水库调度的特点

(1) 多目标性。水库工程多功能的特性,决定了水库调度时要综合考虑各部门、各地区、上下游、左右岸各方面的安全和利益。

(2) 风险性。河川径流、电力负荷、气候条件、其他用水信息等因素可视为随机变量,这些因素的随机性直接决定了水电站及其水库的运行调度方式具有一定的风险性。

(3) 经济性。通过水电站水库的合理调度,可以在保证工程安全的前提下,提高天然径流的利用效率,增加发电效益。

(4) 灵活性。水电站可以针对河川径流来水、电力负荷变化,灵活机动地调节水库的蓄泄水量,同时,动力设备水轮机、闸门等具有启闭迅速、工作灵活的特点,保证了水库调度的灵活性。

(三) 水库调度的运用指标

水库调度的运用指标是在水库调度中用作控制条件的一系列特征水位与数据。它们应当根据水库设计中规定的相应特征水位,考虑工程安全情况、国民经济各部门的现实要求,以及水文数据的变化等具体情况研究确定,并应获主管部门审查批准。水库控制运用指标主要有:

(1) 允许最高水位,即水库遇校核洪水允许充蓄到的最高水位,是判断水库防洪安全的重要指标。

(2) 防洪限制水位,是水库在汛期为预留防洪库容而限制蓄水的上限水位。

(3) 汛末蓄水位,即水库在汛末计划充蓄到的正常高水位,它在很大程度上决定了水库在下一个汛期到来之前可能发挥的兴利效益。

(4) 兴利下限水位,即水库在正常兴利运用情况下允许消落到的最低水位,它反映了兴利需要及各方面的控制条件。

(5) 防洪运用标准,即水库本身及为下游防洪安全制定的防洪标准,一般采用一定重现期的设计洪水或以可能最大洪水为标准。

(四) 水库调度计划

水库调度计划由水库管理部门在每年年初根据本水库的控制运用指标、水库调度方式及当年各方面的要求制订。主要包括:当年的入库径流量及过程的预测,各运行期的运行方式及各种控制水位,遭遇各种洪水的调度规则,兴利计划供水过程和计划效益指标(如灌溉面积及计划供水过程、计划发电出力过程及年发电量、工业及城市供水计划与供水量等),以及在调度中应注意的事项等。还可以根据长期径流预报及其误差概率分布,并结合水库调度图拟订年内水库运行控制水位过程线及其可能的变幅,作为指导执行年度调度计划的重要依据。必要时,还应拟订各运行期的调度计划。

二、水库调度与管理的内容

水库调度运用水库的调蓄能力,按来水蓄水实况和水文预报,有计划地对入库径流进行蓄泄。在保证工程安全的前提下,根据水库承担任务的主次,按照综合利用水资源的原则进行调度,以达到防洪、兴利的目的,最大限度地满足国民经济各部门的需要。

水库调度是水库工程管理的主要环节之一,其内容包括:拟定水库调度方式、编制水库调度计划及确定各项控制运用指标、进行面临时段的实时调度等。水库调度与管理的具体内容如下。

(一) 水库调度与管理的基本任务

(1) 在确保水电站水工建筑物安全的前提下,按设计确定的任务、调度原则,合理安排水库的蓄、泄、供水方式,充分发挥水库防洪、发电、灌溉、供水、航运等综合利用的效益,发挥水电厂在电力系统中的调频、调峰和事故备用作用。

(2) 合理调度水库,提高电厂经济运行水平。

(二) 水库运行

(1) 水电站水库设计的开发任务、水文特性和功能经济指标(如正常高水位、死水位、防洪限制水位等)是指导水电厂运行调度的依据,运行时必须遵照执行,未经批准不得任意改变。

(2) 水库调度应与水文气象部门保持密切的联系,做好水文预报工作,随时掌握雨情、水情,合理安排水电厂机组的开机方式。

(3) 依据系统实际情况和各水库综合利用部门的要求,编制水库调度计划,发挥水电站水库的最大经济效益。

(4) 水库调度计划的编制,应采用保证率和水文气象预报相结合的方法,所采用的保证率一般为 70% ~ 75%,结合电力系统实际情况进行编制。计划要留有余地,根据实际的来水和水位情况及时调整。

(5) 水库调度人员应根据雨情、水情及水库下游的情况,对水库运用方式和发电安排提出建议和修改意见,及时调整水库运行方式。

(三) 水库控制运用基本原则

(1) 在保证安全的前提下,充分发挥水库综合利用最大效益,当安全与兴利二者发生矛盾时,必须服从安全。

(2) 水库运行应以水库调度图为依据,水库调度应充分利用水头和水量,提高水量利用率。丰水期要尽量安排多发电,减少弃水。枯水期水电一般作为电力系统调峰和事故备用,有计划地消落水位,防止多用超发,除特殊情况外,水库水位不得低于死水位。

(3) 在汛期应严格执行规定的防洪限制水位,当超过防洪限制水位时,水库的蓄、泄由水库所在地区的防汛指挥部(地区三防)调度。水库拦截洪水尾巴必须经防汛管理部门批准,并备案。

(4) 水库防洪限制水位以下,由二级调度机构(省(自治区)级调度机构,简称中调)调度。

(5) 水库运行中,如发现水工建筑物有险情,或遇重大水情有可能超过防洪限制水位,或泄流超过下游允许的安全泄流量等重大问题,应及时报告上级主管部门。当超过容许时间尚未得到上级批复时,为了保护水电工程和设备及上下游的安全,水电厂有权先行处理,但应立即报告上级及中调值班调度员。

(四) 水库调度工作制度

(1) 各水电厂每年 10 月底前,应根据水文气象预报和历史资料分析,编制下一年度水库调度计划(包括主设备检修计划),并报中调。中调应根据各水电厂的发电计划及系统电力电量平衡的要求制订水库调度计划。

(2) 各水电厂应在每年汛前和汛末,根据当时水文气象预报情况,重新提出本水库调度计划的修改意见报中调,中调应相应修改水库调度计划。

(3) 各水电厂每日 10 时前,应将本日 8 时的水库上下游水位、平均入库流量、发电用水量、单位耗水率、溢(泄)流量、水量损失值及降雨量等报中调,必要时应按中调要求内容增报。

(4) 各水电厂每月 22 日前,应提出下月水库调度计划(含水量预报修正值及水库运行方式)。每月 5 日前按规定表格内容填好上月水库管理统计表及水电厂生产情况表报中调。

(5) 每年 1 月 10 日前,应按规定表格填写本厂水库上年度运行资料报中调及对本厂年度运行情况进行的总结报中调,10 月 15 日前中调依据系统水库调度情况参照各厂水库运行情况进行总结。

(6) 各水电厂均应建立水库调度技术档案,不断积累水库运行资料,对水库运行资料进行分析和总结。

三、水库调度与管理的任务

(一) 水库调度的主要工作

(1) 加强水库调度的基础工作,逐步建立健全水文、雨量报讯站网,改善水库通信报

汛手段。

- (2) 努力掌握完整的基本资料。
- (3) 研究采取合理的水库调度方式。
- (4) 建立完整的调度工作制度。
- (5) 加强水库调度的科研工作。

(二) 水库调度的任务

(1) 水库调度的基本任务:确保水库大坝安全,并承担水库上下游的防洪任务;保证满足电力系统的正常用电和其他有关部门的正常用水要求;在保证各用水部门正常用水的基础上力争尽可能充分利用河流水能多发电,使电力系统供电更经济。

(2) 防洪调度的任务:在发生设计洪水或校核洪水时确保水利水电枢纽的安全,在发生下游防洪标准洪水时确保下游防洪安全,合理解决防洪与兴利的矛盾。

(3) 兴利调度的任务:依据规划设计的开发目标、运用参数和兴利间的主次关系及要求,合理调配水量、水能或水质,充分发挥水库的综合利用效益。

(三) 水库调度员日常应做的工作(以南平市水库调度管理为例)

(1) 科学地进行水库调度,保证水库的安全运行,充分发挥水库的综合效益。

(2) 服从市、区、乡防汛抗旱主管部门调度,按水库防洪调度原则,妥善处理防洪与兴利的矛盾,充分发挥水库调节能力,进行洪水调蓄。

(3) 按南政综[2007]213号水库调度管理规定第八条:综合利用水库兴利调度原则,在确保大坝安全的前提下,首先根据“先生活、后生产,先灌溉、后发电”的原则,按照供水、灌溉、发电的先后顺序分配水量,最大限度地综合利用水资源;其次贯彻“一水多用”的原则,提高水资源重复利用率,充分发挥水库的社会效益、经济效益和生态效益。

(4) 汛期严禁水库超汛限水位运行。

(5) 非主汛期,水库不得低于兴利下限水位运行。

(6) 汛期(4月1日至8月30日)实行24h值班制度,非主汛期实行阶段性住库管理。

(7) 水库水位上报,按区水库主管部门规定,实行日记周报制度,主汛期按防汛主管部门要求及时上报。

(8) 做好其他工作。①大坝迎水坡与背水坡两侧进行清除杂草;②溢洪道自进水口至泄水口保持三面光,并服从区、乡防汛办规定要求及时清除溢洪道内行洪障碍;③清除启备房四周杂草,启备设备保养好,保持启动灵活;④做好水库站房安全防火及环境卫生等工作。

第四节 水库调度的分类及水库调度图

一、水库调度的分类

水库调度主要包括防洪调度和兴利调度。防洪调度是为减免下游防洪区的洪灾损失,并保证水库本身的防洪安全所进行的水库调度。兴利调度是根据灌溉、发电、工业、生