

花都北部山区水库群可利用水量分析研究

赵 平, 马元廷

(广州市水务规划勘测设计研究院, 广东 广州 510640)

摘 要: 针对花都北部山区水库群的特点, 在满足水库群自身的防洪、供水、灌溉等任务的前提下, 充分利用水库群的兴利库容, 采用长系列径流调节计算方法, 通过列表试算求得设计保证率下水库群的可利用水量。与传统的典型年计算方法相比, 长系列径流调节计算方法理论合理, 操作性强, 成果更为可靠。

关键词: 长系列; 径流调节; 水库可利用水量

中图分类号: **文献标志码:** B **文章编号:** 1008-0112(2014)010-0024-04

水库的径流调节计算任务, 一般是在已知河流径流过程及综合利用水资源的要求下, 研究水库的水量供需平衡过程, 求出水库调节流量、调节库容和正常供水保证率三者之间的关系^[1]。本次水库径流调节计算任务是在已知水库调节库容、调节流量的基础上, 分析计算水库设计保证率对应的可利用水量。水库的功能一般有防洪、灌溉、供水、养殖、发电等^[2]。现以花都北部山区水库群为例, 采用长系列径流调节, 分析计算水库群在满足自身防洪、供水、灌溉等任务后设计保证率下的枯水期可利用水量。

1 基本情况介绍

花都区中心城区主要河涌枯水期现状水质较差, 规划利用花都北部山区水库群等水源补充河涌枯水期生态用水。花都北部山区水库群主要有九湾潭水库、蟾蜍石水库、新庄水库、狮洞水库、福源水库、磨刀坑水库、朱高布水库、芙蓉嶂水库、洪秀全水库、六花岗水库、红崩坑水库、吊钟形水库、大布迳水库共 13 宗水库, 其中中型水库 3 宗, 小(1)型水库 6 宗, 小(2)型水库 4 宗。水库群总库容为 10 591 万 m³, 兴利库容为 8 275 万 m³, 实际灌溉面积为 0.485 万 hm²。芙蓉嶂水库和福源水库作为花都水厂的备用水源, 2 宗水库共预留 1 000 万 m³ 的有效库容。

2 径流调节计算方法

2.1 径流调节计算公式

本次水库群长系列调节计算采用水量平衡原理^[3] (图 1), 计算公式如下:

$$W_{\text{可利用}} = W_{\text{来水}} - (W_{\text{供水}} + W_{\text{灌溉}} + W_{\text{损失}} + W_{\text{弃水}} + \Delta W_{\text{水库}})^{[4]} \quad (1)$$

$$W_{\text{来水}} = 0.1 \times H_{\text{降水}} \times F \times r = W_{\text{地表}} + W_{\text{基流}} \quad (2)$$

式中 $W_{\text{可利用}}$ 为可利用水量(万 m³); $W_{\text{来水}}$ 为水库来水量(万 m³); $W_{\text{供水}}$ 为水库供水量(万 m³); $W_{\text{灌溉}}$ 为灌区灌溉水量(万 m³); $W_{\text{损失}}$ 为水库损失水量(万 m³); $W_{\text{弃水}}$ 为水库弃水量(万 m³); $\Delta W_{\text{水库}}$ 为水库变化水量(万 m³); $H_{\text{降水}}$ 为水库降水量(mm); F 为水库集雨面积(km²); r 为径流系数; $W_{\text{地表}}$ 为水库地表径流量(万 m³); $W_{\text{基流}}$ 为水库基流径流量(万 m³)。

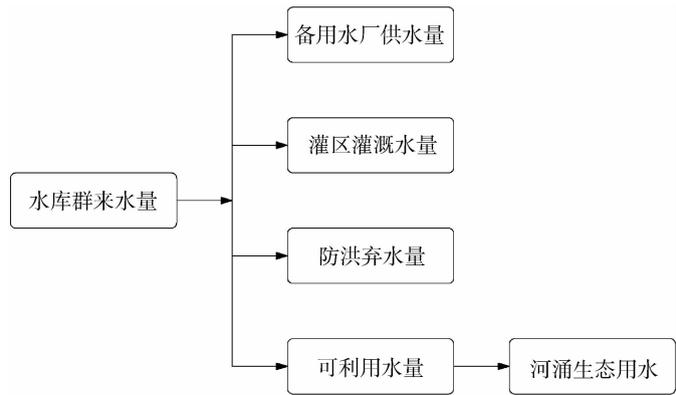


图 1 水库群水量去向示意

2.2 径流调节计算原则

本次花都北部山区水库群长系列径流调节计算原则为:

- 1) 本次长系列径流调节计算年份为 1983—2012 年共 30 年, 逐月计算。

收稿日期: 2014-08-11; 修回日期: 2014-09-12

作者简介: 赵平(1986), 男, 本科, 工程师, 从事水文水资源、水利规划工作。

2) 水库群枯水期优先满足花都水厂备用供水需求,其次满足各水库下游灌区灌溉用水量需求,富余的可利用水量再作为下游河涌枯水期生态用水量。

3) 花都水厂的备用水源为芙蓉嶂水库和福源水库,2宗水库共预留1 000万 m^3 的有效库容。

4) 各水库下游灌区的灌溉需水量根据各年份的降雨量选定的不同代表年的灌溉定额、年内分配和各灌区实际灌溉面积进行计算;水库下游灌区的灌溉水利用系数采用0.70。

5) 水库地下径流所占比例按0.07计,平均分配到各月;水库地表径流占年径流量的0.93,按照月降雨量比例分配到各月;下游河道的区间来水忽略不计。

6) 在各水库调节计算过程中,考虑到各水库的安全运行,利用各水库的兴利库容进行调节计算,控制各水库水位不超过正常蓄水位、不低于死水位,超过正常库容的水量作为弃水处置;各水库初始库容按半库考虑。

7) 先假定各水库可利用水量,计算各水库在满足供水、灌溉用水并扣除防洪弃水后的余水量,该余水量小于假定可利用水量的月份是破坏月,大于等于假定可利用水量的月份是保证月,按年进行统计,计算保证率 $(1 - \text{破坏年份}/\text{总年份} \times 100\%)$ 。反复试算可利用水量,直至保证率达到75%为止^[5]。

3 水库群可利用水量分析计算

3.1 水库来水量

通过对福源水库、芙蓉嶂水库、洪秀全水库、六花岗水库、九湾潭水库共5宗水库1983—2012年共30年的历年各月降雨量、入库水量资料进行分析,发现芙蓉嶂水库的多年平均降雨量、多年平均径流深、径流系数与全部5宗水库的均值较为吻合,同时与花都区多年平均降雨量1 761.0 mm非常接近,因此,为了简化计算,本次以芙蓉嶂水库为代表站,采用芙蓉嶂水库的数据,多年平均降雨量为1 760.0 mm,多年平均径流深为1 161.6 mm,径流系数为0.66。各水库多年平均来水量成果见表1。

芙蓉嶂水库来水量依据1983—2012年共30年的历年各月降雨量、径流系数(采用0.66)计算其径流量,分为地表径流和地下径流。其中地下径流所占比例按0.07计,平均分配到各月;地表径流占年径流量的0.93,按照月降雨量比例分配到各月。

其它水库的历年各月来水量采用面积比由芙蓉嶂水库的来水过程计算得出。

表1 各水库多年平均来水量成果

序号	水库名	工程规模	集雨面积 /km ²	多年平均 来水量/万 m ³	灌溉面积 /万 hm ²
1	新庄水库	小(1)型	6.70	778.3	0.05
2	狮洞水库	小(2)型	6.82	792.2	0.013
3	福源水库	中型	14.60	1 696	1.20
4	朱高布水库	小(2)型	0.80	92.9	0.009
5	磨刀坑水库	小(1)型	3.29	382.2	0.007
6	芙蓉嶂水库	中型	22.00	2 555.5	0.069
7	六花岗水库	小(1)型	4.40	511.1	0.00
8	洪秀全水库	小(1)型	24.12	2 801.8	0.00
9	大布迳水库	小(1)型	3.31	3 84.5	0.00
10	红崩岗水库	小(2)型	3.60	418.2	0.007
11	九湾潭水库	中型	43.13	5 010.0	0.24
12	蟠蜆石水库	小(1)型	15.00	1 742.4	0.011
13	吊钟形水库	小(2)型	1.32	153.3	0.00
合计			150.49	17 480.9	0.485

3.2 水库灌溉水量

1) 灌溉定额

根据《广东省用水定额》、《广东省一年三熟灌溉定额》等相关资料,花都区的耕地多为壤土,透水性一般,在计算灌溉用水时按壤土查求各种灌溉参数。由《广东省一年三熟灌溉定额》查得相应广州市壤土的农田净用水量有关参数为:灌溉用水均值 $W = 8 190 m^3/hm^2$;灌溉用水变差系数 $C_v = 0.22$;灌溉用水偏差系数 $C_s = 2C_v$ 。再根据不同水平年的灌区水利用系数,计算丰水年($P = 10\%$)、平水年($P = 50\%$)、枯水年($P = 90\%$)3个不同代表年的设计灌溉用水定额,见表2。

表2 各设计频率下的年灌溉用水定额

项目	$P = 10\%$	$P = 50\%$	$P = 90\%$
灌溉用水均值/ $[m^3 \cdot (hm^2 \cdot a)^{-1}]$	8 190	8 190	8 190
C_v	0.22	0.22	0.22
C_s/C_v	2	2	2
K_p	0.73	0.98	1.29
净用水定额/ $[m^3 \cdot (hm^2 \cdot a)^{-1}]$	5 985	8 070	10 545
渠系水综合利用系数	0.7	0.7	0.7
毛用水定额/ $[m^3 \cdot (hm^2 \cdot a)^{-1}]$	8 550	11 940	15 060

由《广东省一年三熟灌溉定额》查得不同代表年的灌溉定额月时段分配比例见表3。根据设计灌溉用水定额、灌溉定额月时段分配比例可计算得丰水年($P = 10\%$)、平水年($P = 50\%$)、枯水年($P = 90\%$)3个不同代表年的各月亩均灌溉需水量,见表3。

表3 灌溉用水定额分配比例及各月用水量

月份	灌溉用水分配比例/%			各月灌溉用水量/($\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$)		
	丰水期	平水年	枯水年	丰水期	平水年	枯水年
1月	18.1	3.8	10.6	1 547	438	1 597.5
2月	10.8	0	3.0	924	0.0	451.5
3月	11.9	7.6	5.0	1 017	876	753
4月	11.4	10.2	3.6	975	1 176	543
5月	0	11	10.5	0.0	1 267.5	1 582.5
6月	0	0	9.1	0.0	0.0	1 371
7月	13.6	12.7	0.0	1 162.5	1 464	0.0
8月	4.4	0.8	7.0	376.5	91.5	1 054.5
9月	11.3	23.2	18.7	966	2 674.5	2 817
10月	8.2	21.8	19.5	700.5	2 512.5	2 937
11月	2.7	1.7	4.4	231	196.5	663
12月	7.6	7.2	8.6	649.5	829.5	1 296
合计	100	100	100.0	8 550	11 529	15 064.5

本次计算采用的数据系列长为30年,由于各年份降雨量的不同,其灌区灌溉需水量也不尽相同,先计算各年份的降雨量频率(经验频率),再合理选取各年份的灌溉定额和时段分配比例^[4]。根据经验,年降雨量频率小于等于35%的年份按丰水年的灌溉定额和时段分配比例计算,年降雨量频率大于35%小于65%的年份按平水年的灌溉定额和时段分配比例计算,年降雨量频率大于等于65%的年份按枯水年的灌溉定额和时段分配比例计算,具体见表4。

表4 长系列灌溉定额代表年的选择

年份	年降雨量/mm	排序	计算频率/%	分配代表年	年份	年降雨量/mm	排序	计算频率/%	分配代表年
1983	2 572(特大值)	1	1.7	丰水年	1993	1 691.1	15	50.8	平水年
2008	2 182	1	5	丰水年	1984	1 688.8	16	54.1	平水年
2006	2 171.4	2	8.2	丰水年	1986	1 637.5	17	57.4	平水年
2002	2 144.1	3	11.5	丰水年	1994	1 598.7	18	60.7	平水年
2005	2 127.4	4	14.8	丰水年	2011	1 554.1	19	64	平水年
1997	2 092.6	5	18.1	丰水年	1989	1 531.9	20	67.2	枯水年
1987	2 079.6	6	21.4	丰水年	1996	1 527.6	21	70.5	枯水年
2010	2 063.8	7	24.6	丰水年	2003	1 513.3	22	73.8	枯水年
2001	2 042.6	8	27.9	丰水年	2007	1 493.8	23	77.1	枯水年
2000	1 936.2	9	31.2	丰水年	2009	1 485.6	24	80.3	枯水年
2012	1 921.4	10	34.5	丰水年	1985	1 484.1	25	83.6	枯水年
1992	1 916.4	11	37.7	平水年	1998	1 458.1	26	86.9	枯水年
1988	1 826.4	12	41	平水年	1990	1 315.1	27	90.2	枯水年
1995	1 727.9	13	44.3	平水年	1999	1 247.8	28	93.4	枯水年
2004	1 712	14	47.6	平水年	1991	1 055.9	29	96.7	枯水年

2) 水库灌溉面积

根据各水库统计资料显示,本次规划涉及到具有灌溉功能的水库共10座,实际灌溉面积为0.495万 hm^2 ,各水库的灌溉面积统计见表1。

3) 水库灌溉用水量计算

根据各水库1983—2012年共30年历年所处的代表年(丰水年、平水年、枯水年),选择相应代表年的灌溉用水月分配比例和灌溉用水年定额,计算历年各月的灌溉用水量月定额,再与各水库的灌溉面积相乘,即为各水库历年各月的灌溉用水量。

3.3 水库供水量

根据广州北江引水工程相关资料,芙蓉嶂水库作为应急备用水源,最大应急备用水量为1 000万 m^3 ,由于芙蓉嶂水库与福源水库互联互通,若福源水库能保证正常库容918万 m^3 ,即水库水位不低于59.5m,芙蓉嶂水库的蓄水量可以大大减少,理论蓄水量不低

于100万 m^3 即可,对应水位不低于34m。若福源水库因灌溉需要降低库容,则芙蓉嶂水库蓄水量需要增大,总之2座水库的有效库容之和保持在1 000万 m^3 以上即可^[5]。

3.4 水库可利用水量计算成果

根据花都北部山区水库群1983—2012年来水量、下游灌区灌溉需水量、花都水厂备用水量,按照上述水库群长系列调节计算原则和公式,采用列表试算法求解,即可求得各水库75%保证率的可利用水量^[5]。

经计算,花都北部山区水库群规划水平年枯水期可利用水量总共为3 382.7万 m^3 ,其中天马河流域各水库枯水期可利用水量为514.2万 m^3 ,新街河流域各水库枯水期可利用水量为1 541.5万 m^3 ,外围(九湾潭水库和蟾蜍石水库)枯水期可利用水量为1 327.0万 m^3 ,计算成果汇总见表5。

表5 水库群长系列调节计算成果汇总

流域	水库名称	区间面积 /km ²	多年平均来 水量/万 m ³	枯水期可利 用水量/万 m ³
新街河	新庄水库	6.70	778.3	54.1
	狮洞水库	6.82	792.2	65.7
	福源水库	14.60	1 695.9	283.0
	朱高布水库	0.80	92.9	0.0
	磨刀坑水库	3.29	382.2	111.4
	小计	32.21	3 741.5	514.2
	大布迳水库	3.31	384.5	83.4
	吊钟形水库	1.32	153.3	64.9
	红崩岗水库	3.60	418.2	40.1
	天马河	芙蓉嶂水库	22.00	2 555.5
	六花岗水库	4.40	511.1	199.1
	洪秀全水库	24.12	2 801.8	791.1
	小计	58.75	6 824.4	1 541.5
	九湾潭水库	43.13	5 010	978.5
外围	蟾蜍石水库	15.00	1 742.4	348.5
	小计	58.13	6 752.4	1 327.0
合计	149.09	17 318.3	3 382.7	

4 结语

本文根据花都北部山区水库群的特点,采用长系列径流调节计算方法,通过列表试算求得水库群枯水期在满足自身防洪、供水、灌溉等任务后设计保证率下的可利用水量,再通过相关引水调水措施,利用水库群可利用水量为下游花都区中心城区主要河涌补充枯水期生态用水,以改善河涌水质和水环境。与传统的典型年计算方法相比,本方法计算成果合理、可靠,为类似山区水库群的可利用水量计算提供一种参考途径。

参考文献:

- [1] 陈惠源,万俊. 水资源开发利用[M]. 武汉:武汉大学出版社,2001.
- [2] 杨诚芳. 地表水资源与水文分析[M]. 北京:中国水利水电出版社,1992.
- [3] 张春燕,范守伟,张峰,等. 综合利用水库可供水量计算[J]. 现代农业科技,2012(13): 219-220.
- [4] 王小军,王海丽,易小兵,等. 广东省长序列供用水量结构性变化分析[J]. 广东水利水电,2013(9): 8-12.
- [5] 于福兰,王志民. “数理统计法”求解水库可利用调节水量的应用[J]. 吉林水利,2010(2): 24-26.

(本文责任编辑 马克俊)

Analysis on the Available Water of Reservoirs in the Northern Mountainous Area of Huadu

ZHAO Ping, MA Yuanting

(Guangzhou Water Design & Research Institute, Guangzhou 510640, China)

Abstract: According to the characteristics of reservoirs in the northern mountainous area of Huadu district, on the basis of meeting the demands of flood control tasks, water supply tasks and irrigation tasks, it is made best of the storage capacity of reservoirs. With a long series of run-off adjustment calculation method and the useable water capacity under the design dependability is calculated with list trial method. Compared with the typical traditional calculation method, the long series of runoff regulation theory calculation method is reasonable, workable, the results are more reliable.

Key words: long series; runoff regulation; the amount of reservoir available water.