

朱庄水库水面蒸发量损失量及变化特征分析

赵佳怡

(华北水利水电大学, 郑州 450045)

摘要: 根据河北省衡水试验站 20 m²蒸发池与 E601 型蒸发器同步观测结果, 计算出的两种仪器的折算系数, 结合朱庄水库 E601 型蒸发器和水库观测资料, 计算出水库水面蒸发量。采用朱庄水库 2000 年—2010 年蒸发量和水库要素资料, 计算出朱庄水库多年平均蒸发量为 794.38 万 m³, 单位面积蒸发量 85.60 万 m³/km²。朱庄水库年内最大月平均蒸发量出现在 5 月份, 为 106.30 万 m³; 最小月平均蒸发量出现在 1 月份, 为 12.96 万 m³。年内变化极值比为 8.20, 极值差为 93.34 万 m³。

关键词: 水面蒸发量观测; 大水体水面蒸发量; 水面蒸发折算系数; 朱庄水库水面蒸发量

中图分类号: P333.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-1683(2014)04-0213-04

Analysis of the Loss of Water Surface Evaporation and Its Variation Characteristics in Zhuzhuang Reservoir

ZHAO Jia-yi

(North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou 450045, China)

Abstract: Based on the synchronous observation results of the 20 m² evaporation pool and E601 type evaporator at the Hengshui experiment station, the conversion coefficients of the two instruments were calculated. According to the observation data of E601 type evaporator in the Zhuzhuang reservoir, the amount of water surface evaporation in the reservoir was calculated. Based on the evaporation data and reservoir conditions from 2000 to 2010, the average annual evaporation in the Zhuzhuang reservoir was calculated as 794.38 × 10⁴ m³ and the evaporation per unit area was 85.60 × 10⁴ m³/km². The maximum monthly average evaporation, 106.30 × 10⁴ m³, occurred in May, while the minimum monthly average evaporation, 12.96 × 10⁴ m³, occurred in January. The extreme ratio of variation within a year was 8.20, and the extreme difference was 93.34 × 10⁴ m³.

Key words: water surface evaporation observation; large water surface evaporation; conversion coefficient of water surface evaporation; water surface evaporation in the Zhuzhuang reservoir

水面蒸发是水循环过程中的一个重要环节, 是水库、湖泊等水体水量损失的主要部分, 也是研究陆面蒸发的基本参证资料^[1]。准确计算水库水面蒸发量, 对水源调度、水资源评价具有重要意义。

1 朱庄水库概况

朱庄水库位于河北省邢台市沙河县朱庄村西约 1.5 km, 距邢台市 35 km, 控制子牙河系滏阳河支流南涅河上游流域面积 1 220 km²。该水库是以防洪灌溉为主、发电为辅的综合利用大(2)型水利枢纽工程^[2]。朱庄水库工程规模按 243(指溢流坝堰顶高程, 大沽, 下同)方案作为最终规模, 总库容为 4 162 亿 m³。由于坝址处地质复杂, 基础内存有缓倾角软弱夹层, 为安全起见, 在正常运用前先按初期运用规

划指标进行试蓄, 待观测证明大坝安全无问题后, 再逐渐提高蓄水位。

2 水面蒸发量的计算方法

2.1 器测蒸发量

E601 水面蒸发器是目前我国水文、气象行业的标准型蒸发仪器, 应用广泛。该蒸发器主要由蒸发桶、水圈、测针和溢流桶四个部分组成^[4]。E601 型蒸发器观测时用特制测针插在金属管上端, 观测器内的水面高度。并用下式计算器内蒸发量:

$$E = P + (H_1 - H_2) \quad (1)$$

式中: E 为日蒸发量 (mm); P 为日降水量 (mm); H_1 为上日观测时水面蒸发器内水面高度 (mm); H_2 为当日观测时蒸发

器内水面高度(mm)。

进入冰期后,将E601型蒸发器布设于套桶内进行观测。

在不稳定封冻期,用测针测读蒸发量时,蒸发器内的冰体必须全部处于自由漂浮状。如有部分冰体连结在器壁上,则应轻轻敲离器壁后方可测读。

整个封冻期,只要不出现冰层融化脱离器壁的情况,就不再继续进行蒸发量测读,但必须做好蒸发器的防冻措施,如采取钻孔抽水减压的方法:结冰初期钻孔时,可适量抽水,抽水的目的是在冰层下预留一定空隙,以备冰厚增长所产生的体积膨胀;抽水量应视两次钻孔期间冰层增长的厚度而定;每次钻孔抽水时,都应注意防止器内的水喷出器外;每次钻孔和抽水的时间及抽出水量,都必须记入记载簿;如在钻孔时发生水喷出器外的情况,应在附注栏内详细说明,并应估计喷出的水量。

E601蒸发器封冻期蒸发量计算,用测针观测一次总量时,可按下式计算:

$$E_{\text{总}} = h_{\text{前}} - \sum h_{\text{取}} - h_{\text{后}} + \sum P + \sum h_{\text{加}} \quad (2)$$

式中: $h_{\text{前}}$ 、 $h_{\text{后}}$ 分别为封冻前最后一次和解冻后第一次的蒸发器自由水面高度,如封冻期间出现融冰而加测时,则分段计算时段蒸发量(mm); $\sum h_{\text{取}}$ 、 $\sum h_{\text{加}}$ 分别为整个封冻期(或相应时段)各次取出和加入水量之和(mm); $\sum P$ 为封冻期(或相应时段)的降水量之和,如进行了扫雪,则相应场次的降雪量不作统计;如从蒸发器中取出一定量雪,则应从降雪中减去取出雪量(mm)。

如果结冰跨入下个月时,待下月融化时测出停测以来的总量,按天平均分配所得累计值,分别记到上月最末一天和本月融化日的蒸发量栏内,以求取完整的月计值。

2.2 水库水面蒸发量

采用器测法测得蒸发量,再与代表天然水体的蒸发量进行折算,才能得到水库、湖泊等天然水体的蒸发量。

小型蒸发器观测到的蒸发量,与天然水体表面上的蒸发量仍有一定差别。观测资料表明,当蒸发器的面积大于20 m²时,蒸发器观测的蒸发量与天然水体的蒸发量才基本相同^[5]。因此,用上述设备观测的蒸发量数据,都应乘以折算

系数,才能作为天然水体的蒸发量估计值,即

$$E_{\text{天然}} = K E_{\text{仪器}} \quad (3)$$

式中: $E_{\text{天然}}$ 为天然水面蒸发量(mm); K 为折算系数; $E_{\text{仪器}}$ 为小型蒸发器观测的水面蒸发量(mm)。

在20世纪80年代初期,世界气象组织仪器和观测方法委员会提出以20 m²水面蒸发池作为水面蒸发量的国际标准,推荐ΓΓ№3000和A级蒸发器作为站网用蒸发器^[6]。

3 朱庄水库水面蒸发量的计算及其变化特征

3.1 逐月水面蒸发量

朱庄水库水文站水面蒸发量只有E601型蒸发器观测资料,前已述及,需要根据折算系数将器测水面蒸发量换算成天然水面蒸发量。在河北省境内,有大型水面蒸发池观测资料的只有衡水试验站,从地理位置上分析,衡水试验站在东经115°30′,北纬37°45′。朱庄水库水文站在东经114°14′,北纬36°59′,相差较小,几乎在同一经度和纬度。在同经度和纬度的位置,影响蒸发得因子太阳辐射、气温日较差、风速和湿度变化不大。所以利用衡水试验站20 m²蒸发池与E601型蒸发器折算系数,再根据朱庄水库E601型蒸发器观测资料,计算其水面蒸发量,更接近天然水面蒸发量。

衡水站蒸发观测场为20 m²蒸发池,水面蒸发采用器测法,每日8时、20时观测两次。在封冻期间,将观测时间改为14时;在初冰期和解冻期,池面冰盖很薄,中午近池壁的部分融化,冰体呈自由漂浮的大圆片,可正常观测逐日蒸发量。在封冻期,冰盖加厚对冰下水挤压,为防止池壁变形或开裂,用连通管排水的原理来减压。若池面形成坚实的冰盖,必须沿蒸发池壁用电钻打孔,使冰盖脱离池壁而浮起,再用测针观测连通管内的水位^[7]。

利用河北省衡水实验站20 m²蒸发池观测1985年-2010年的水面蒸发资料,与同步观测的E601型蒸发器观测资料进行分析,计算两种观测仪器各月的水面蒸发量折算系数,结果见表1。

表1 蒸发池(20 m²)与E601型蒸发器水面蒸发量换算系数

Table 1 Water surface evaporation conversion coefficient of 20 m² evaporation pool and E601 type evaporator

| 月份 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 折算系数 | 0.86 | 0.84 | 0.82 | 0.78 | 0.83 | 0.86 | 0.92 | 1.00 | 1.02 | 1.01 | 1.11 | 0.99 |

然后利用朱庄水库E601型蒸发器观测资料和水库水面面积,以月为计算时段,计算朱庄水库水面蒸发量。

$$E_{i, \text{水库}} = k A_{i, \text{水面面积}} E_{i, \text{水面蒸发}} \quad (4)$$

式中: $E_{i, \text{水库}}$ 为第*i*月水库蒸发量(万 m³); k 为单位换算系数; $A_{i, \text{水面面积}}$ 为第*i*月水库水面面积(km²); $E_{i, \text{水面蒸发}}$ 为第*i*月天然水面蒸发量(mm)。

根据公式(4)计算得到朱庄水库2000年-2010年水面蒸发量,结果见表2。可以看出,朱庄水库水面蒸发量较大值出现在5月、6月份,较小值出现在1月、12月份。

4 水面蒸发量及变化特征

水库水面蒸发量变化特征包括单位面积蒸发量和蒸发

量年内分配。

4.1 单位面积水面蒸发量计算

利用朱庄水库2000年-2010年水库水位面积和表1结果,分别计算出朱庄水库多年平均水面蒸发量为794.38万 m³,单位面积水面蒸发量为85.60万 m³/km²。表3为朱庄水库单位面积蒸发量计算表。

4.2 月平均水面年内蒸发量变化特征

利用2000年-2010年水库蒸发量资料,分别计算出朱庄水库多年平均的逐月蒸发量。逐月蒸发量变化柱状图见图1。

从图1可以看出,水面蒸发量较大值出现在5月、6月

表2 朱庄水库 2001 年- 2010 年逐月蒸发量计算结果

Table 2 Monthly evaporation in Zhuzhuang reservoir from 2001 to 2010

| 年份 | 逐月蒸发量/ 万 m ³ | | | | | | | | | | | |
|------|-------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 |
| 2000 | 9.72 | 10.67 | 56.39 | 69.65 | 72.89 | 70.34 | 114.60 | 104.60 | 100.71 | 65.45 | 46.26 | 24.00 |
| 2001 | 16.69 | 24.73 | 111.32 | 98.70 | 175.10 | 141.21 | 117.26 | 94.19 | 76.09 | 59.93 | 52.28 | 26.16 |
| 2002 | 27.78 | 45.49 | 78.98 | 83.14 | 90.85 | 90.14 | 93.36 | 123.69 | 101.26 | 88.61 | 57.37 | 13.18 |
| 2003 | 13.90 | 12.34 | 44.71 | 66.93 | 82.50 | 100.39 | 70.94 | 70.94 | 52.81 | 66.94 | 26.75 | 29.05 |
| 2004 | 33.81 | 38.68 | 72.20 | 100.09 | 122.83 | 108.04 | 78.23 | 82.34 | 93.08 | 98.58 | 65.59 | 28.95 |
| 2005 | 19.46 | 17.31 | 61.84 | 118.12 | 115.07 | 139.86 | 99.39 | 92.18 | 99.09 | 82.22 | 64.17 | 26.98 |
| 2006 | 22.99 | 20.20 | 85.94 | 98.26 | 111.72 | 140.36 | 75.80 | 81.66 | 109.45 | 91.51 | 68.61 | 20.77 |
| 2007 | 13.94 | 45.43 | 49.90 | 89.88 | 139.79 | 110.19 | 96.29 | 93.51 | 80.50 | 47.27 | 41.33 | 24.30 |
| 2008 | 20.91 | 21.40 | 59.35 | 62.93 | 89.91 | 76.42 | 77.58 | 74.14 | 68.26 | 65.55 | 59.26 | 25.12 |
| 2009 | 19.76 | 22.58 | 56.52 | 62.75 | 87.62 | 112.71 | 71.45 | 56.11 | 40.54 | 58.66 | 23.45 | 18.89 |
| 2010 | 12.95 | 14.04 | 36.07 | 50.25 | 81.19 | 78.79 | 52.98 | 36.76 | 38.18 | 44.30 | 45.64 | 26.41 |
| 平均 | 19.26 | 24.81 | 64.84 | 81.88 | 106.32 | 106.22 | 86.17 | 82.74 | 78.18 | 69.91 | 50.07 | 23.98 |

表3 朱庄水库单位面积蒸发量计算

Table 3 Calculated results of evaporation per unit area in the Zhuzhuang reservoir

| 年份 | 年蒸发量 万 m ³ | 年平均水位 / m | 年平均水面 面积/ km ² | 单位面积蒸发量 /(万 m ³ · km ⁻²) |
|------|--------------------------|--------------|------------------------------|---|
| 2000 | 745.28 | 239.90 | 8.920 | 83.55 |
| 2001 | 993.66 | 246.36 | 10.851 | 91.57 |
| 2002 | 893.85 | 242.09 | 9.573 | 93.37 |
| 2003 | 638.22 | 241.56 | 9.415 | 67.79 |
| 2004 | 922.44 | 244.59 | 10.318 | 89.40 |
| 2005 | 935.68 | 244.96 | 10.428 | 89.73 |
| 2006 | 927.26 | 244.47 | 10.282 | 90.18 |
| 2007 | 832.34 | 242.92 | 9.820 | 84.76 |
| 2008 | 700.83 | 239.03 | 8.659 | 80.94 |
| 2009 | 631.04 | 234.00 | 7.148 | 88.28 |
| 2010 | 517.55 | 231.23 | 6.311 | 82.01 |
| 平均 | 794.38 | | | 85.60 |

面与空气接触,是全年水面蒸发量最小的季节。

年内月平均水面蒸发量极值比为 8.20,极值差为 93.34 万 m³。

5 结论

由于受观测仪器条件的限制,水库水面蒸发量计算常采用 E601 型蒸发器观测资料近似代替水面蒸发量,而天然水面蒸发量与 E601 型蒸发器观测值存在一定的误差。通过河北省衡水试验站 20 m²蒸发池观测资料与 E601 型蒸发器计算的折算系数,将朱庄水库 E601 型蒸发器蒸发量换算水库天然水体蒸发量。计算结果表明,朱庄水库多年平均蒸发量为 794.38 万 m³,单位面积蒸发量 85.60 万 m³/km²;水库年内最大月平均蒸发量出现在 5 月份,为 106.30 万 m³;最小月平均蒸发量出现在 1 月份,为 12.96 万 m³,年内月平均水面蒸发量变化极值比为 8.20,极值差为 93.34 万 m³。

参考文献(References):

[1] 张彦增,秦建文,乔光建.河北省平原区水面蒸发量变化趋势及影响因素[J]. 南水北调与水利科技, 2011, 9(4): 63-65. (ZHANG Yanzeng, QIN Jianwen, QIAO Guangjian. Changing Trends of Water Surface Evaporation and its Influencing Factors in the Plain Area of Hebei Province[J]. South to North Water Diversion Water Science & Technology, 2011, 9(4): 63-65. (in Chinese))

[2] 乔光建.区域水文水资源问题研究[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2010. (QIAO Guangjian. Research on Area Water Resources and Hydrology[M]. Beijing: Chinese Water Conservancy and Hydropower Press, 2010. (in Chinese))

[3] 刘俊民,余新晓.水文与水资源学[M]. 北京:中国林业出版社, 1999. (LIU Junmin, YU Xin Xiao. Hydrology and Water Resources[M]. Beijing: Chinese Forestry Press, 1999. (in Chinese))

[4] 孙夏利,费良军,李学军.我国水面蒸发研究与进展[J]. 水资源与水工程学报, 2009, 20(4): 17-25. (SUN Xiaoli, FEI Liangjun, LI Xuejun. Research and Development of Water Surface Evaporation in China[J]. Journal of Water Resources and Water Engineering, 2009, 20(4): 17-25. (in Chinese))

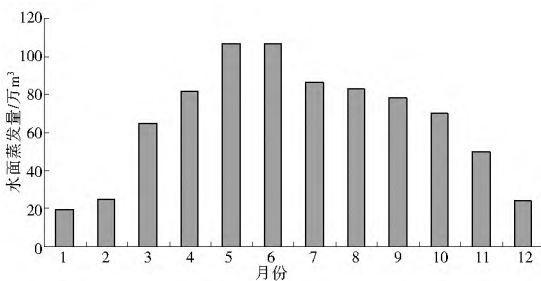


图1 朱庄水库水面蒸发量年内变化柱状图

Fig. 1 Variation of water surface evaporation within a year in Zhuzhuang reservoir

份,分别为 106.30 万 m³ 和 106.22 万 m³,即最大月平均蒸发量为 6 月份的 106.30 万 m³。在北方地区,5 月、6 月份气温虽不是最高,但气候干燥,风速大,蒸发损失量也大,是全年中最干旱的季节。较小值出现在 1 月和 12 月份,分别为 12.96 万 m³ 和 23.94 万 m³,即最小月平均蒸发量为 1 月份的 12.96 万 m³。北方地区的 1 月、12 月在冰期,水库水面结冰影响水面蒸发量,在水与空气之间有冰层的存在,影响水

- [5] 刘敏,沈彦俊,曾燕,等.近 50 年中国蒸发皿蒸发量变化趋势及原因[J].地理学报,2009,64(3):259-269. (LIU Min, SHEN Yan jun, ZENG Yan, et al. Changing Trend of Pan Evaporation and its Cause over the Past 50 Years in China. Acta Geographica Sinica, 2009, 64(3): 259-269. (in Chinese))
- [6] 刘德辉,梁珍海,李荣锦.蒸发研究的概况与展望[J].江苏林业科技,1998,25(4):54-57. (LIU De hui, LIANG Zhen hai, LI Rong jin. Research Situation and Prospect of Evaporation[J]. Journal of Jiangsu Forestry Science & Technology, 1998, 25(4): 54-57. (in Chinese))
- [7] 王永亮,张学知,乔光建.河北省平原区 20m² 水面蒸发池与不同型号蒸发器折算系数分析[J].水文,2012,32(4):58-62. (WANG Yong liang, ZHANG Xue zhi, QIAO Guang jian. Conversion Coefficient Analysis of 20m² Evaporation Pond and Other Evaporators for Hebei plain[J]. Journal of China Hydrology, 2012, 32(4): 58-62. (in Chinese))
- [8] 河北省邢台水文水资源勘测局.邢台市水资源评价[R].2003. (Xingtai hydrology and Water Resources Survey Bureau of Hebei Province. Evaluation of Water Resources in Xingtai City [R]. 2003. (in Chinese))

版权转让声明

本刊已加入万方数据数字化期刊群(www.wanfangdata.com.cn)、中国知网(www.cnki.net)、维普资讯网(dxl.cqvip.com)和龙源期刊网(www.qikan.com)等网站,并被中国核心期刊(遴选)数据库、中国期刊全文数据库、美国《化学文摘》(CA)等数据库收录。凡本刊录用的稿件将通过因特网进行网络出版或提供信息服务,稿件一经录用,将一次性支付作者著作权使用报酬(即包括印刷版、光盘版和网络版各种使用方式的报酬),作者将该论文的复制权、发行权、信息网络传播权、汇编权等在全世界范围内转让给本刊。若有异议,请在投稿时作文字说明,编辑部将酌情处理。

特此声明!

《南水北调与水利科技》编辑部