

干旱区水面蒸发特性及消减技术研究

唐凯, 姜海波, 何新林, 吉磊, 张少博

(石河子大学, 新疆 石河子 832000)

摘要: 根据现代节水灌溉兵团重点试验站 $\Phi 20$ cm 蒸发器、E601 型蒸发器和 20 m^2 蒸发池的蒸发实测资料分析了各蒸发器间的蒸发特性及其折算系数的年内变化规律,得到了水面蒸发折算系数在非冰期呈逐月增大趋势。同时对各蒸发器蒸发量进行相关性分析,得出 20 m^2 - E601 蒸发量相关系数为 0.996, 20 m^2 - $\Phi 20$ cm 蒸发量的相关系数为 0.978,两者相关性均显著。该结果可供玛纳斯河流域水量平衡研究、水资源评价和生态需水计算时参考。同时鉴于我国西北干旱地区降水量少、蒸发量大,试验采取在水面覆盖聚苯乙烯泡沫塑料板的方法以便减少水面蒸发。研究表明:5-11 月份水面平均蒸发消减率可达 51.25%。这为干旱区水资源高效利用提供了理论依据。

关键词: 水面蒸发; 折算系数; 蒸发消减; 干旱区

中图分类号: P332.2

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2014)06-0068-04

Research on characteristics and reduction technology of water surface evaporation in arid area

TANG Kai, JIANG Haibo, HE Xinlin, JI Lei, ZHANG Shaobo

(Shihezi University, Shihezi 832000, China)

Abstract: According to measured data of $\Phi 20\text{ cm}$ evaporator, E601 evaporator and 20 m^2 evaporation pool in the key test station of modern water-saving irrigation Corps, the paper analyzed the evaporation characteristics between evaporation pools and the variation rule of conversion coefficients of the year. The conversion coefficient of water surface evaporation presents the increase trend month by month in period of non glacial. Through the correlation analysis to each evaporator evaporation, it got the result that the correlation coefficient of 20 m^2 - E601 evaporator is 0.996 and that of 20 m^2 - $\Phi 20\text{ cm}$ is 0.978. The relativity of both evaporators is significant. The results can provide reference for water balance research, water resources evaluation and the calculation of ecological water requirement in Manas river basin. Meanwhile, aimed at the little precipitation but large evaporation in arid region of northwest China, the test took the method of covering polystyrene foam board on the surface of water so as to reduce water evaporation. The result shows that the reducing rate of average water surface evaporation from May to November is up to 51.25%. The research can provide the theory basis for efficient utilization of water resources in arid areas.

Key words: water surface evaporation; conversion coefficient; reduction of evaporation; arid area

由于自然原因,我国西北地区气候十分干旱,其多年平均降水量为 235 mm,蒸发量却高达 1 000 ~ 2 800 mm^[1]。干旱缺水成为西北地区可持续发展的最大制约因素。由于水资源总量的严重短缺,西北地区采取了多种节水方式,但主要集中于渠道输送和田间灌溉等方式上。对于如何从减少水面蒸发的角度上进行节水,与之相关研究相对较少,研究进程较为缓慢。

在消减水面蒸发研究中,消减方法主要集中在化学、生物和物理方法上。在化学方法上,澳大利亚的曼斯菲尔德进行了利用 16 烷醇覆盖水面来消减蒸发的实验,其对在水面使用化学试剂消减蒸发进行了初步讨论。日本将主要成分为氧化乙烯的试剂应用到消减水面蒸发上,其消减率达到 70% ~ 80%。我国的廖宗族利用椰油醇提取 C12 - 18 醇后的残渣,制成了水面蒸发抑制剂,其消减水面蒸发率高达 60% ~

收稿日期:2014-06-27; 修回日期:2014-08-25

基金项目:国家科技支撑计划项目(2013BAC10B01)

作者简介:唐凯(1989-),男,河南驻马店人,硕士,从事水资源高效利用研究。

通讯作者:何新林(1966-),男,新疆石河子人,教授,从事水资源高效利用研究。

80%。从消减蒸发的效率来看化学方法消减效果较好,但化学分子膜在水面上的稳定性、毒性、可降解性以及生态影响还没有有效解决。在生物方法上,中科院新疆地理研究所王积强等利用蒲草覆盖水面来消减水面蒸发。研究表明蒲草的平均抑制率为14.2%。毛锐等通过分析水草水面蒸发量,建议利用水生植物的蒸腾规律来调节水面温度,从而控制水面蒸发。丁成进行了水生植物水花生和浮萍对水面蒸发影响的试验研究,研究表明水花生在生长旺季时对水面耗水比正常水面蒸发增大了约20%,而浮萍却可减少约蒸发量的10%^[2]。从消减水面蒸发量的角度来看生物方法的效果并不理想,此外使用生物方法是否会对当地生态环境造成影响还需进一步研究探讨。在物理方法上新疆农业大学严新军^[3]提出将苯板覆盖在水面上来消减水面蒸发。但其研究仅限于建立苯板在水面抵抗风浪的力学模型,而对苯板消减水面蒸发的效果、苯板随着时间的推移其力学性能是否发生变化以及苯板覆盖对水质的影响却没有进一步研究。

消减水库无效蒸发,在具体应用上,不同地区表现出不同的效果与效益,缺乏统一的技术规范。为了解干旱区水面蒸发特性,在试验点设置了不同类型的蒸发器进行水面蒸发观测试验,同时采取物理覆盖的方式,观测其对水面蒸发量的消减效果,从而为新疆乃至整个干旱区有效利用水资源提供理论和科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验区位于天山北麓准噶尔盆地南缘,新疆石河子市石河子大学西郊农试场二连现代节水灌溉兵团重点试验室,东经85°59′47″,北纬44°19′28″,海拔412 m,平均地面坡度6‰,属于典型的温带大陆性气候,干旱少雨,年均降水量117 mm,年平均蒸发量1945 mm,蒸发量为降水量的16倍^[4]。

1.2 材料与仪器

为了解本地区水面蒸发特性,在试验点设置了E601蒸发器和Φ20 cm蒸发器,20 m²蒸发池进行蒸发对照观测。

影响水面蒸发的因子主要包括气温、水温、风速、水气压差、空气相对湿度等^[5-7]。苯板覆盖在水面上可以有效减少太阳的辐射能量,降低水温,同时可以降低风速对水面的影响,减小水面饱和和水汽压差,减缓水汽扩散的进程和速度,最终达到消减水面蒸发的目的^[8-10],因此本实验采取在水面覆盖苯板

的方式对水面蒸发进行消减。

苯板具有低密度、高强度、耐酸碱、不被生物分解等优点。其生产方法主要有两种^[11]。一种是由模室法生产的泡沫塑料,称为模塑发泡聚苯乙烯。另一种是由挤出法生产的,称为挤塑发泡聚苯乙烯。模塑发泡聚苯乙烯机械强度较高,而挤塑发泡聚苯乙烯各项强度指标相对较低且吸水率大。所以试验所选用的覆盖材料为模塑发泡聚苯乙烯。

试验选定在相同条件下的2个5.0 m×4.0 m×2.0 m的蒸发池上进行。对其中一个蒸发池进行苯板全面覆盖处理,苯板覆盖蒸发池现场布置情况见图1。为了反映苯板抑制水面蒸发的效果,另一个蒸发池作为对照不覆盖任何材料,蒸发池现场布置情况见图2。



图1 覆盖苯板蒸发池



图2 无苯板覆盖蒸发池

1.3 观测内容

水面蒸发消减试验需要观测的主要气象数据有:水温(水下1 cm处)、气温(包括最高、最低温度)、风速、相对湿度、大气压等。气象数据观测在每日早8:00和晚20:00进行,分别记录这两个时刻的观测值。由于新疆处于内陆干旱区,4-10月为非冰期,11-3月为冰冻期^[11],试验点从11月下旬水面开始结冰,水面冻结后蒸发量小,所以在水面结冰后停止观测,试验主要在5-11月进行。

气温、湿度、水汽压采用通风干湿球法测定,日最高、最低温度采用极值温度计观测,大气压采用试验站自动气象站自动监测,蒸发池蒸发量利用虹吸式水位管进行观测。试验过程中如果遇到下雨天气则需对降雨始末蒸发池的水位进行测量,在当日统计中蒸发水量时需扣除相应的降雨量。

2 结果与分析

2.1 水面蒸发特性分析

为了探求各蒸发器之间的关系,将 20 m^2 蒸发池与 E601 型蒸发器、 $\Phi 20$ 蒸发器的蒸发量进行折算,折算系数可按下式(1)、(2)计算:

$$K_1 = 20\text{ m}^2\text{ 蒸发池蒸发量} / \text{E601 型蒸发器的蒸发量} \tag{1}$$

$$K_2 = 20\text{ m}^2\text{ 蒸发池蒸发量} / \Phi 20\text{ 型蒸发器的蒸发量} \tag{2}$$

5-11 月不同蒸发器的蒸发量以及蒸发器间折算系数见表 1。

表 1 5-11 月不同蒸发器蒸发量对比及蒸发器间折算系数

月 份	不同型号蒸发器蒸发量/mm			折算系数	
	20 m^2	E601	$\Phi 20$	K_1	K_2
5	147.5	194	241.8	0.76	0.61
6	157.0	209	249.2	0.75	0.63
7	178.5	226	274.6	0.79	0.65
8	145.5	189	199.3	0.77	0.73
9	100.5	124	141.5	0.81	0.71
10	74.5	90	103.5	0.83	0.72
11	21.0	26	30.0	0.82	0.70

从表 1 可以看出,在各种类型蒸发器当中, $\Phi 20\text{ cm}$ 蒸发器的蒸发量最大,E601 蒸发器次之, 20 m^2 蒸发池的蒸发量最小,各蒸发器在 5-11 月份对应蒸发总量分别为 1 239、1 058、824 mm, $\Phi 20\text{ cm}$ 蒸发器蒸发量是 20 m^2 蒸发池年蒸发量的 1.5 倍。水面的蒸发主要集中在 5-8 月,并在 7 月达到最大,其中 $\Phi 20\text{ cm}$ 最大蒸发量为 274.6 mm、E601 蒸发器最大蒸发量为 226 mm、 20 m^2 蒸发池最大蒸发量为 178.5 mm。各蒸发器间蒸发量差异的主要原因是由于小水体受外界影响较大,在气温升高时其水温升高的速度和幅度均大于大水体。从表中还可以看出各类型蒸发器的逐月蒸发量具有相似的变化趋势,蒸发量从 7-11 月呈下降态势。蒸发趋势图见图 3。

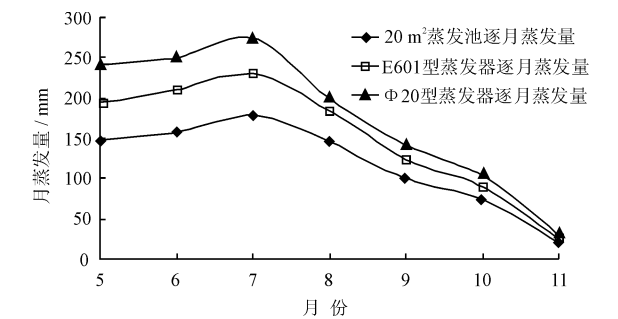


图 3 各蒸发器月蒸发趋势图

从蒸发量的变幅来看不同型号蒸发器的月变化幅度存在一定的差异, $\Phi 20\text{ cm}$ 蒸发皿蒸发量变化幅度最大,变幅范围为 30~274.6 mm, 20 m^2 蒸发池蒸发量变化幅度最小,变幅范围为 21~178.5 mm,这说明 20 m^2 蒸发池受环境变化影响小,所测蒸发量代表性较好。

由表 1 还可以看出,水面蒸发量折算系数从 5-11 月份呈整体上升趋势,分析其原因自 4 月份进入非冰期以来,气温在五月份开始大幅度上升,随着气温的骤升,小型蒸发器由于其水体较小相对于大水体蒸发池升温较快,蒸发相对强烈。在相同条件下 20 m^2 蒸发池的水面蒸发量均小于 E601 型蒸发器和 $\Phi 20$ 蒸发器,所以水面蒸发量折算系数 K 值小于 1。

此外由于大水体的蓄热能力大于小水体的蓄热能力,随着月温度的升高, 20 m^2 蒸发池的蓄热能力逐渐增大,其与小型蒸发器蒸发量的差值也逐渐减小,所以蒸发系数在 5-7 月呈现逐渐增大趋势,而在 8-11 月的降温期,由于大水体因有蓄热调节作用,小水体蒸发减小幅度大于大水体,所以水面蒸发系数仍然上升。

从整体来看,5-11 月蒸发量折算系数变化较为稳定, 20 m^2 蒸发池与 E601 型蒸发器平均折算系数为 0.79, 20 m^2 蒸发池与 $\Phi 20$ 蒸发器的平均折算系数为 0.68。从折算系数可以看出 E601 型蒸发器比较接近 20 m^2 蒸发池蒸发量。所以我们可以依据 E601 型蒸发器的历年蒸发资料对水库大水体蒸发规律做进一步的相关研究和分析。

2.2 各蒸发器的蒸发量相关性分析

以 20 m^2 蒸发池的蒸发量为纵坐标,分别以 E601 型蒸发器的蒸发量、 $\Phi 20\text{ cm}$ 蒸发器的蒸发量为横坐标,点绘 20 m^2 -E601 和 20 m^2 - $\Phi 20\text{ cm}$ 的蒸发量相关图,由图 4、5 分析可知,二者呈线性相关, 20 m^2 -E601 蒸发量相关系数为 0.996。 20 m^2 - $\Phi 20\text{ cm}$ 蒸发量的相关系数为 0.978,两者相关性均显著,说明我们可以由小型蒸发器的蒸发数据推求 20 m^2 蒸发池蒸发,两者可以作为互补参照资料使用。

2.3 苯板覆盖条件下对水面蒸发消减的效果

苯板覆盖在水面上可以有效减小风速对水面的影响,白色的苯板可以反射消弱大部分太阳辐射,起到降低水温的作用,同时由于苯板的遮挡,减缓了水汽蒸发到大气中的过程。具体蒸发量见表 2。

表2 两种条件下月蒸发量对比

月份	无覆盖月 蒸发量/mm	覆盖月蒸 发量/mm	消减蒸 发量/mm
5	147.5	72.5	75.0
6	157.0	76.5	80.5
7	178.5	79.5	99.0
8	145.5	67.5	78.0
9	100.5	52.5	48.0
10	74.5	39.5	35.0
11	21.0	13.92	7.08

水面蒸发消减率可以由公式(3)计算求得:

$$I = \frac{E_{\text{自}} - E_{\text{覆}}}{E_{\text{自}}} \times 100\%$$

(3)

式中: $E_{\text{覆}}$ 为苯板覆盖处理的水面蒸发量,mm; $E_{\text{自}}$

为无苯板覆盖的自然水面蒸发量,mm; I 为水面蒸发消减率。

由表2可知在相同气候条件下,水体经过苯板覆盖之后,其蒸发得到了一定的抑制,5-11月总消减蒸发量为423 mm,其中最大月消减蒸发量为99 mm,对应月份为7月。5-11月平均水面蒸发消减率为51.25%,其中5-8月平均蒸发消减率为52.90%,9-11月平均蒸发消减率为45.96%。从总体趋势来看,5-11月蒸发消减率呈现先上升后下降态势,在水面蒸发量较大的5-8月,水面蒸发消减率也较大,这说明苯板覆盖条件下水面蒸发消减率是随着蒸发量的减小而减小的。月蒸发消减率变化过程见图6。

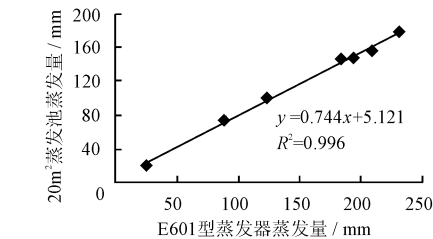


图4 20 m²蒸发池与 E601 型蒸发器月蒸发量相关图

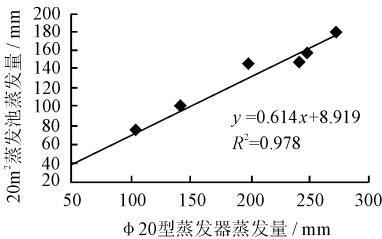


图5 20 m²蒸发池与 Φ20 cm 蒸发器月蒸发量相关图

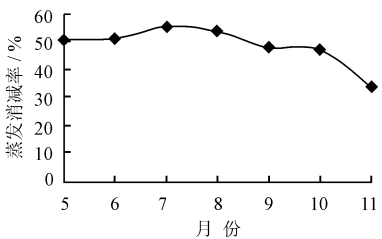


图6 月蒸发消减率变化图

3 结 语

(1)干旱区水面蒸发主要集中在5-8月,其月平均蒸发量约是9-11月月平均蒸发量的2倍,各蒸发器的水面蒸发折算系数从5-11月呈现整体上升趋势。从折算系数可以看出 E601 型蒸发器更接近自然水体蒸发。

(2)利用苯板覆盖消减水面无效蒸发可以取得一定效果,其在非冰期水面蒸发平均消减率可达到51.25%。但对于苯板在水库的固定和连接方式以及力学性能还需进一步研究探讨。

参考文献:

[1] 王 浩. 西部大开发战略下的西北水资源开发、利用与保护[J]. 水利水电技术,2004,35(1):17-21.
[2] 丁 成. 水草对水面蒸发的影响分析[J]. 甘肃水利水电技术,2009,45(1):17-18.
[3] 严新军,侍克斌,诸葛伍荪. 干旱区平原水库防蒸发节水试验初探[J]. 新疆农业科学,2004,41(4):228-232.
[4] 杨 广,何新林,王振华,等. 北疆滴灌春小麦参考作物蒸

发蒸腾量与气象因子的关系[J]. 石河子大学学报(自然科学版),2013,31(2):236-241.
[5] John D L,Timothy K K,Carl J B. Effects of climate variability on lake evaporation: Results from a long-term energy budget study of Sparkling Lake, northern Wisconsin (USA) [J]. Journal of Hydrology,2005,308(1-4):168-195.
[6] Rayner D P. Wind Run Changes: The dominant factor affecting pan evaporation trends in Australia[J]. Journal of Climate,2007,20(14):3379-3394.
[7] 陈伯龙. 蒸发皿蒸发过程的微气象观测及其模拟研究[D]. 兰州:兰州大学,2013.
[8] 任国玉,郭 军. 中国水面蒸发量的变化[J]. 自然资源学报,2006,21(1):31-44.
[9] 武金慧,李占斌. 水面蒸发研究进展与展望[J]. 水利与建筑工程学报,2007,5(3):46-50.
[10] 杜 骋,杨 军. 聚苯乙烯泡沫(EPS)的特性及应用分析[J]. 东南大学学报(自然科学版),2001,31(3):138-142.
[11] 赵成义,施枫芝,盛 钰,等. 近30年阿克苏绿洲水面蒸发趋势及影响因素[J]. 水土保持学报,2012,26(1):237-240+245.