

气候变化背景下阿克苏河流域平原水库蒸发规律研究

姜海波, 何新林, 刘兵, 周阳

(石河子大学水利建筑工程学院, 新疆 石河子 832000)

摘要: 为了定量分析阿克苏河流域平原水库蒸发量的变化规律, 利用1981-2010年阿克苏河流域水平衡站20 cm蒸发皿和20 m²蒸发池的蒸发数据和气象数据, 分析阿克苏河流域3座平原水库蒸发量的年内变化规律和年际变化规律, 重点分析水库水面蒸发量与水库水面面积的关系、蒸发量与流域气温之间的关系, 并定量分析了气温变化对平原水库蒸发量的影响。结果表明: 阿克苏河流域3座平原水库蒸发量的年内变化较大, 蒸发量主要集中在4-10月, 分别占全年总蒸发量的88.14%、87.02%和87.63%。流域平原水库的年际蒸发量变化较小, 在气温上升的背景下, 1981-2010年流域3座平原水库的年际蒸发量平均每年以1.5%、0.56%和0.18%的速率增加。

关键词: 气候变化; 平原水库; 水面蒸发; 蒸发规律

中图分类号: P426.2+2

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2014)05-0081-04

Study on evaporation rules of plain reservoir in Aksu river basin under background of climate change

JIANG Haibo, HE Xinlin, LIU Bing, ZHOU Yang

(School of Hydraulic Construction Engineering, Shihezi University, Shihezi 832000, China)

Abstract: In order to quantitatively analyze the evaporation rules of plain reservoir in the Aksu river basin, the paper used the observational data in the Aksu water balance experiment station from 1981 to 2010 to analyze the evaporation change of the three plain reservoirs within the year and inter year, and emphatically analyzed the relationships between water surface evaporation and water surface area of reservoir, evaporation volume and temperature, and quantitatively analyzed the effect of surface evaporation on reservoir evaporation. The results indicate that the inter annual variation of evaporation is larger, evaporation mainly concentrates in April to October. The amount of evaporation in three reservoirs accounts for 88.14%, 87.02% and 87.6% of that of total year respectively. The interannual variation of evaporation is smaller. The evaporations of the three plain reservoirs had increased by 1.5, 0.56 and 0.18 percent from 1981 to 2010 on average annual.

Key words: climate change; plain reservoir; water surface evaporation; evaporation rules

1 研究背景

水面蒸发是干旱区水循环过程中的重要环节,也是区域水循环中最直接受地理环境、下垫面和气候变化影响的一项。区域性的水面蒸发,尤其是大水体的水面蒸发对大气环流和降水均有重要影响^[1-2]。大水体水面蒸发研究是地理环境研究中的重要内容,进行蒸发变化规律的研究,对深入了解气候变化的规律和探讨气候变化的原因具有十分重要的意义。

国内外关于水面蒸发变化规律的研究已有很长

的时间,研究成果层出不穷^[3-11]。利用区域实测蒸发资料和气象资料开发的蒸发模型也较多。大多的蒸发模型是由区域地理条件、气候条件对彭曼公式和道尔顿模型参数的修正而来的^[12-15]。多数的模型在水面蒸发的模拟时,多采用单站实测资料,模型对单站水面蒸发量的模拟效果较好,但异地移用后效果不是很理想。因为水面蒸发对地理条件、气象条件等因素非常敏感,这些水面蒸发实验模型具有很强的局限性和区域性,缺乏空间上的适应性。

新疆地处内陆干旱区,蒸发能力强,相对湿度

收稿日期:2014-03-26; 修回日期:2014-06-01

基金项目:“十二五”国家科技支撑计划项目(2013BAC10B01);石河子大学科学技术研究发展计划项目-创新团队项目(2011ZRKXTB-0305)

作者简介:姜海波(1982-),男,湖南长沙人,博士,副教授,主要从事水文水资源方面的研究。

小,年均蒸发量在 1 600 mm 以上。目前,全疆已建成水库 489 座,,水库总库容 83.78 亿 m³,其中 90% 以上是平原水库。平原水库蒸发渗漏损失可占入库水量的 20% ~ 60%,平原水库的水利用率不到 50%。分析平原水库蒸发渗漏损失规律,对减少平原水库蒸发渗漏损失,提高水资源的利用效率具有重要意义。

利用 1981 年至 2010 年阿克苏河流域水平衡站 20 cm 蒸发皿和 20 m² 蒸发池的蒸发数据和气象数据,分析阿克苏河流域平原水库蒸发量的年内变化规律和年际变化规律,重点分析水库水面蒸发量与平原水库水面面积的关系、蒸发量与流域气温之间的关系,并定量分析了气温变化对平原水库蒸发量的影响。对阿克苏河流域平原水库蒸发量年内和年际变化规律分析、深入了解流域气候变化的规律和探讨气候变化的原因具有十分重要的意义。

2 阿克苏河流域平原水库蒸发量变化规律

阿克苏河流域多年干旱少雨,年平均降雨量为 47.3 mm,而蒸发量达 2 100 mm。阿克苏河流域现有 3 个大型平原水库:上游水库、胜利水库和多浪水库,3 座水库的总库容为 7.274 亿 m³,多年平均水面面积为 248.8 km²,多年平均蒸发量为 1.6377 亿 m³,占总库容的 20% ~ 30%。

为了揭示阿克苏河流域平原水库蒸发量的年内变化规律和年际变化规律,同时分析蒸发水量与平原水库水面面积的关系,利用阿克苏河流域水平衡站 1981 - 2010 年 20 cm 蒸发皿和 20 m² 蒸发池的蒸发数据,计算流域 3 座平原水库的年蒸发量,分析蒸发量的年际变化规律。由月平均水面面积计算水库的月蒸发水量,分析水库蒸发水量与水面面积的关系。图 1 给出了 1981 年至 2010 年阿克苏河流域水平衡站 20 cm 蒸发皿月蒸发量的月平均值和 20 m² 蒸发池月蒸发量平均值的变化规律。

水库水面蒸发损失水量的计算有两种方法:①世界气象组织蒸发组 1972 年在日内瓦会议上提出用 20 m² 蒸发池观测的蒸发量可以很好地代表水库水面蒸发量^[16],由此可以换算成水库蒸发损失水量,其计算公式为^[17]:

$$W = E_0 F \tag{1}$$

式中: W 为月(年) 水面蒸发损失水量, m³; E_0 为水库月(年) 水面蒸发量, mm; F 为对应的水库月(年) 平均水面面积, m²。② 采用蒸发器(皿) 观测资料计算水库水面蒸发量,再换算成水库蒸发损失水量。计算公式为:

$$W = B(\alpha E_s - E_1) \tag{2}$$

式中: B 为月(年) 平均水位相应的水库水面面积, m²; α 为蒸发器(皿) 水面蒸发量折算系数; E_s 为陆上蒸发站蒸发器(皿) 月(年) 水面蒸发量, mm; E_1 为水库建库前月(年) 陆面蒸发量, mm。

本文采用第一种方法计算水库水面蒸发损失水量。图 2、3、4 给出了 1981 - 2010 年阿克苏河流域多浪水库、上游水库和胜利水库水面蒸发水量的年内变化曲线。

从图 2 ~ 图 4 可以看出,阿克苏河流域平原水库的月蒸发水量有以下规律:

(1) 水库水面蒸发水量年内分布很不均匀,主要集中在 4 月 - 10 月。蒸发水量最大的月份为 7 月,多浪水库、上游水库和胜利水库的最大月蒸发水量分别为:348.17 万、1334.388 万、711.396 万 m³。

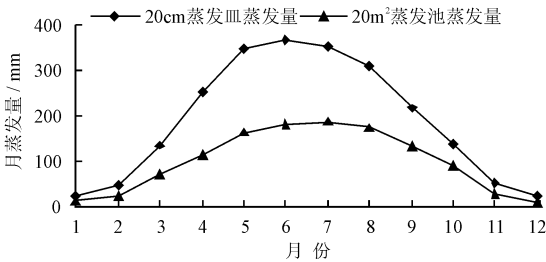


图 1 阿克苏河流域水平衡站 20 cm 蒸发皿和 20 m² 蒸发池月蒸发量变化曲线

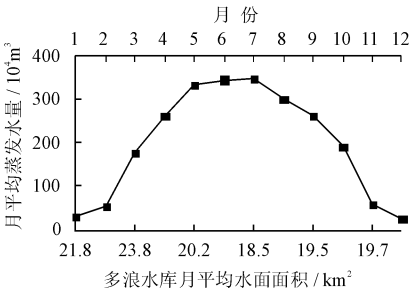


图 2 多浪水库蒸发水量月际变化

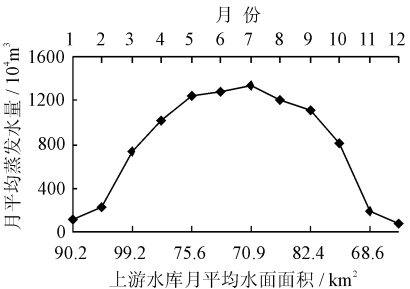


图 3 上游水库蒸发水量月际变化

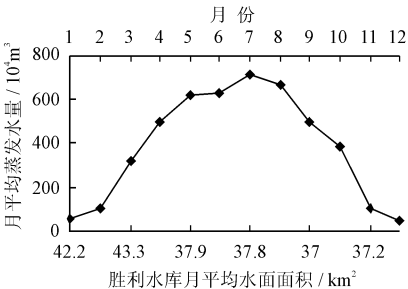


图 4 胜利水库蒸发水量月际变化

蒸发水量最小月份为 12 月,相应的蒸发水量为 25.65 万、86.64 万、45.74 万 m^3 。这 3 座平原水库的最大月蒸发水量与最小月蒸发水量之间的比值分别为:13.57、15.4 和 15.55。

(2)阿克苏河流域多浪水库、上游水库、胜利水库的蒸发水量最大月份水面面积与蒸发水量最小月份水面面积的比值分别为:0.87、0.93 和 0.92。这说明蒸发水量最大月份与蒸发水量最小月份所对应的水库水面面积比较接近,但是蒸发水量却相差较

大。原因是阿克苏河流域的平原水库 11 月至第二年的 3 月气温较低,处于冻结期,因此蒸发量水量较小;而 4 月至 10 月,气温逐渐回升,一般到 7 月气温达到最大值,水面蒸发强烈,所以 7 月份的蒸发水量是全年中最大的。3 座平原水库 4-11 月的蒸发水量占全年蒸发水量的 85.6%、85.3% 和 86.3%。图 5、6、7 给出了 1981-2010 年 30 年间阿克苏河流域平原水库蒸发量以水面面积为变量的年际变化曲线。

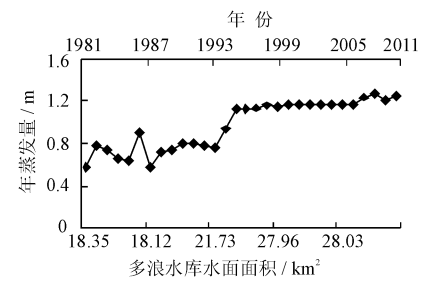


图 5 多浪水库蒸发量年际变化曲线

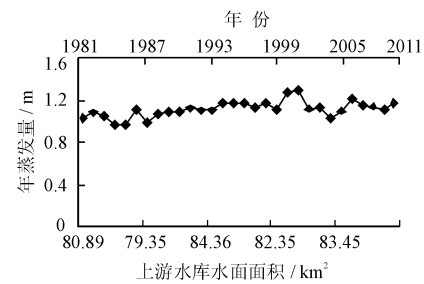


图 6 上游水库蒸发量年际变化曲线

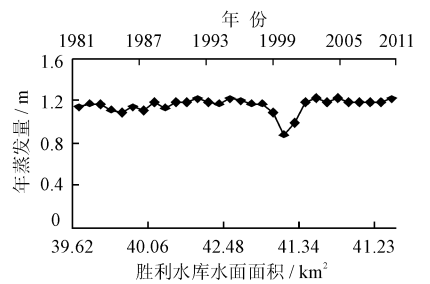


图 7 胜利水库蒸发量年际变化

从图 5~7 可以看出,阿克苏河流域平原水库的年际蒸发水量有以下规律:

阿克苏河流域平原水库水面蒸发量的年际变化较小。从阿克苏河流域 3 座平原水库年际蒸发量的变化趋势来看,多浪水库水面蒸发量最大的年份为 2008 年,蒸发量为 1.27 m,蒸发量最小的年份为 1987 年,蒸发量为 0.57 m,最大年蒸发量水面面积与最小年蒸发量水面面积之比为 1.55;上游水库水面蒸发量最大年份为 2001 年,蒸发量为 1.3 m,蒸发量最小年份为 1984 年,蒸发量为 0.96 m,最大年蒸发量水面面积与最小年蒸发量水面面积之比为 1.12;胜利水库水面蒸发量最大年份为 2003 年,蒸发量为 1.23 m,蒸发量最小年份为 2000 年,蒸发量为 0.88 m,最大年蒸发量水面面积与最小年蒸发量水面面积之比为 1.16。

通过以上的分析可以得出,1981-2010 年阿克苏河流域三座平原水库水面面积的年际变化较小,水面蒸发量的年际变化也较小,水面面积越大,蒸发量也越大,这一点图 5 表现的更加明显;流域水面面积的月际变化较小,而水面蒸发量的月际变化较大,这是因为流域气温的月际变化较大,气温是引起水面蒸发量月际变化的主要原因。

3 气温变化对阿克苏流域平原水库蒸发量的影响

影响水面蒸发的主要因素有:气温、湿度、风速、

水汽压、日照等因素,各因素对水面蒸发量的影响不同。通过对阿克苏河流域平原水库蒸发量年内变化规律的分析,水库水面蒸发年内分布很不均匀,主要集中在 4 月-10 月,而阿克苏河流域年温差较大,气候干燥,日照时间长,水面蒸发量与多年平均气温关系密切,可建立蒸发量与平均气温的回归方程进行水库蒸发量的计算^[18-21]。根据实测资料,阿克苏河流域 1981-2010 年多年月平均气温变化趋势如图 8 所示,年平均气温变化趋势如图 9 所示。

由图 9 可以看出,阿克苏河流域近 30 年来,年平均气温在波动中缓慢上升,年平均气温的变化趋势为每 10 年上升 0.2℃,相关系数为 0.58。说明阿克苏河流域的年平均气温增温趋势显著。在流域气温变暖的背景下,阿克苏河流域平原水库的蒸发量也有所变化,图 10 给出了 1981-2010 年阿克苏河流域平原水库月蒸发量随气温变化的关系曲线,图 11 给出了 1981-2010 年阿克苏河流域平原水库蒸发量随气温变化的年际变化规律。

从图 8 和图 10 可以看出,阿克苏河流域平原水库蒸发量的年内变化趋势与气温变化趋势相同,且符合以下规律:

- (1)阿克苏河流域平原水库蒸发量的年内变化趋势与气温有相同的变化趋势,月蒸发量随着气温的升高而增大。
- (2)由于流域气温年内温差较大,冬季气温较低,水面蒸发量较小,冬季(11-3 月)多浪水库、上

游水库和胜利水库的蒸发总量分别为:139.3、160.2和149.0 mm,分别占水库年蒸发总量的11.86%、12.98%和12.46%,蒸发量多集中在4~10月,最

大月蒸发量在7月,最小月蒸发量在12月。三座平原水库最大月蒸发量与最小月蒸发量的比值分别为14.97、13.67和14.3。

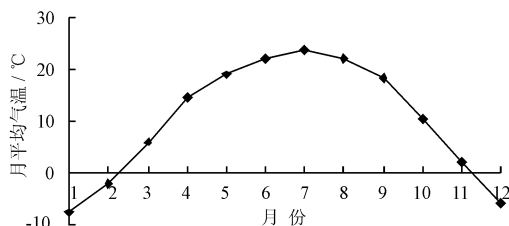


图8 阿克苏河流域多年月平均气温变化趋势

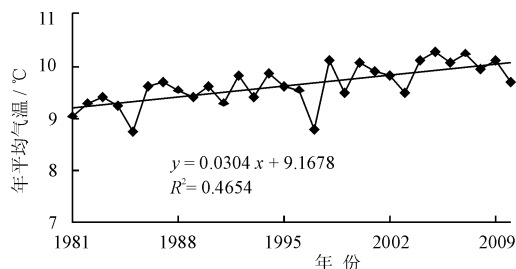


图9 阿克苏河流域气温年际变化趋势

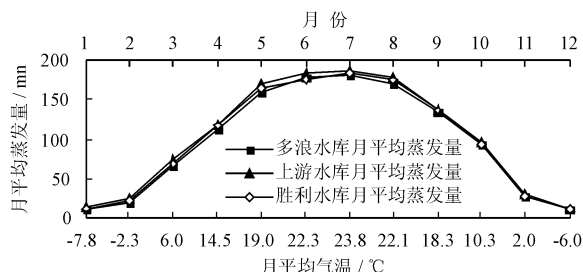


图10 阿克苏河流域平原水库月平均蒸发量与月平均温度的关系

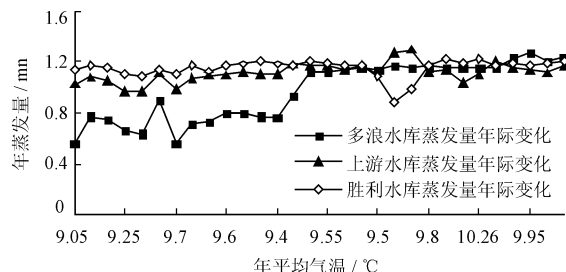


图11 阿克苏河流域平原水库年际蒸发量与年平均温度的关系

从图11可以看出,阿克苏河流域平原水库蒸发量的年际变化不大,且符合以下规律:

(1) 在1981~2010年的30 a里,阿克苏河流域平原水库的年际蒸发量变化不大,年最大蒸发量和最小蒸发量相差较小。多浪水库、上游水库、胜利水库的年最大蒸发量与年最小蒸发量比值分别为2.2、1.35和1.26。这是由于影响水面蒸发的气温、湿度、风速、日照辐射等气象因素年际变化不大。

(2) 1981~2010年阿克苏河流域的气温以每10年0.2℃的速度上升,引起了水面蒸发量的微弱变化:多浪水库的年际蒸发量平均每年增加1.5%;上游水库的蒸发量平均每年增加0.56%;胜利水库的年际蒸发量平均每年增加0.18%。

4 结 语

水面蒸发是水量平衡各要素中最重要且又是最难确定的因素,目前国内外尚无能直接精确测得水面蒸发量的方法。分析平原水库蒸发损失规律,对减少平原水库的蒸发损失,提高水资源的利用效率具有重要意义。

通过对阿克苏河流域平原水库蒸发量的定量分析,可以得出以下结论:

(1) 阿克苏河流域3座平原水库水面面积的年

内变化不大,而蒸发水量的年内变化却较大。蒸发水量多集中在4~10月,3座平原水库4~10月的蒸发水量占全年蒸发水量的85.6%、85.3%和86.3%。

(2) 阿克苏河流域平原水库蒸发量的年内变化趋势与气温有相同的变化趋势,月蒸发量随着气温的升高而增大。

(3) 流域平原水库的年际蒸发量变化不大。在气温以每10年0.2℃的速度上升时,1981~2010年流域年际蒸发量产生了微弱的变化。多浪水库的年际蒸发量平均每年增加1.5%;上游水库的蒸发量平均每年增加0.56%;胜利水库的年际蒸发量平均每年增加0.18%。

参考文献:

- [1] 张志强,孙成权. 全球变化研究十年新进展[J]. 科学通报, 1999, 44(5): 464~477.
- [2] 孙 岚,吴国雄. 陆面蒸散对气候变化的影响[J]. 中国科学D辑, 2001, 31(1): 59~69.
- [3] Paterson T C, Golubev V S, Groisman P Ya. Evaporation losing its strength [J]. Nature, 1995, 377: 687~688.
- [4] Chattopadhyay N, Hulme M. Evaporation and potential evapotranspiration in India under conditions of recent and future climate change [J]. Agric Forest Meteorol, 1997, 87(1): 55~73.

(下转第88页)

性等特征,而有关城市屋面降雨径流冲刷所形成的污染负荷、对受纳水体影响程度、污染控制措施等问题需要采取原型试验、理论分析、模型构建与计算等手段深入研究。

3 结 语

(1)屋面径流水质指标中 SS、COD 变化趋势基本一致,随着降雨过程的持续,浓度逐渐降低并趋于一个稳定值;TN 随着雨量累积浓度逐渐降低,但在降雨结束前有反弹趋势;指标标准差率呈 $SS > COD > TN$ 的趋势,这与其各自浓度变化的指向性一致;

(2)径流初期污染物浓度较高,随之逐渐降低,呈现出一定的初期冲刷效应,屋面初期径流量为前 1~3 mm 的降雨量;

(3)径流中 SS 与 COD、TN 之间的相关性较好,表明在控制径流污染时可采取措施同时去除颗粒物、有机物和无机物;

(4)径流污染物直接通过城区排水管网汇入受纳水体后对其水质影响较大,尤以 SS、COD 的变化最为明显。

参考文献:

- [1] 张 巍. 城市径流有毒污染物的环境行为[M]. 北京:科学技术文献出版社,2014.
- [2] 李立青,尹澄清. 雨、污合流制城区降雨径流污染的迁移转化过程与来源研究[J]. 环境科学,2009,30(2):368-375.
- [3] 陈伟伟,詹小来,曹惠提,等. 城市雨水径流非点源污染研究进展[J]. 节水灌溉,2011(12):50-52.
- [4] 潘安君,张书函,陈 建,等. 城市雨水综合利用技术研究与应用[M]. 北京:中国水利水电出版社,2010.
- [5] 祁赛君,王涌涛. 苏州城市典型汇水面雨水径流初期冲刷规律分析[J]. 环境科技,2011,24(z1):41-43.
- [6] 董 欣,杜鹏飞,李志一,等. 城市降雨屋面、路面径流水文水质特征研究[J]. 环境科学,2008,29(3):607-612.
- [7] 陈伟伟,张会敏,黄福贵,等. 城区屋面雨水径流水文水质特征研究[J]. 水资源与水工程学报,2011,22(3):86-88.
- [8] 任南琪,冯玉杰,陈 卫,等. 城市水系统污染物转化规律及资源化理论与技术[M]. 北京:科学出版社,2012.
- [9] Chen J, Adams B J. Urban water control evaluation with analytical probabilistic models[J]. Journal of Water Resources Planning and Management, 2005, 131(5):307-315.
- [5] Lawrimore J H, Peterson T C. Pan evaporation in dry and humid regions of the United States[J]. J Hydrometeor, 2000,1(6):543-546.
- [6] Linacre E T. Evaporation trends[J]. Theoretical and Applied Climatology,2004,79:11-21.
- [7] 左洪超,李栋梁,胡隐樵. 近 40a 中国气候变化趋势及其同蒸发皿观测的蒸发量变化的关系[J]. 科学通报,2005,50(11):1125-1130.
- [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] 安月改,李元华. 河北省近 50 年蒸发量气候变化特征[J]. 干旱区资源与环境,2005,19(4):159-162.
- [10] 邱新法,刘昌明,曾 燕. 黄河流域近 40 年蒸发皿蒸发量的气候变化特征[J]. 自然资源学报,2003,18(4):437-442.
- [11] 杨建平,丁永健,陈仁升. 近 40a 中国北方降水量与蒸发量变化[J]. 干旱区资源与环境,2003,17(2):6-11.
- [12] 洪嘉琰,傅国斌. 一种新的水面蒸发计算方法[J]. 地理研究,1993,12(2):55-62.
- [13] 裴步祥,邹耀芳. 利用小型蒸发器观测水面蒸发量的几个问题[J]. 气象,1989,15(6):48-51+45.
- [14] 濮培民. 水面蒸发与散热系数公式研究[J]. 湖泊科学,1994,6(1):1-12.
- [15] 施成熙,卡毓明,朱晓原. 确定水面蒸发模型[J]. 地理科学,1984,4(1):1-11.
- [16] 洪嘉琰. 水面蒸发试验研究[M]. 北京:气象出版社,1991.
- [17] 姜海波,侍克斌,李玉建. 库盘大面积土工膜防渗体的渗漏估算[J]. 水利水运工程学报,2010(4):58-61.
- [18] 胡安焱,董新光. 南疆水面蒸发量研究[J]. 干旱区资源与环境,2006,20(4):22-24.
- [19] 张国威,周聿超. 新疆内陆干旱区蒸发的计算和分析[J]. 水科学进展,1992,3(3):226-232.
- [20] 胡安焱,郭西万. 新疆平原地区水面蒸发量预测模型研究[J]. 水文,2006,26(1):24-27+41.
- [21] 孙晓娟. 气候变化对阿克苏河流域径流量及平原水库的影响[D]. 阿克苏:塔里木大学,2010.