

纵向岭谷区参考作物腾发量变化的特点和趋势

顾世祥^{1,2}, 何大明³, 李远华⁴, 李靖⁵

(1. 武汉大学水利水电学院, 武汉 430072; 2. 云南省水利水电勘测设计研究院, 昆明 650021; 3. 云南大学亚洲国际河流中心, 昆明 650091; 4. 水利部农村水利司, 北京 100053; 5. 云南农业大学水利水电与建筑学院, 昆明 650201)

摘要: 以 Penman Montith 方程分析了西南纵向岭谷区大理、元江、保山、昆明、景洪站 46~48 年的逐日 ET₀ 及其余 25 个站 1961~2000 年逐月 ET₀ 系列。研究表明: 日最高温度是年内 ET₀ 变化主导因素, 年际变化主要受日照时数影响, 个别站为最高气温或风速, 短期 ET₀ 变化与雾无直接关系。利用 Mann-Kendall 法对各站年际、年内分季节 ET₀ 趋势检验, 56.7% 站点的年 ET₀ 呈显著增加趋势, 分布于澜沧江耿马—思茅—勐海一带以及横断山区维西、福贡等地。分季节逐日 ET₀ 变化趋势为, 昆明夏秋季显著下降, 景洪冬春季显著增加, 元江、保山、大理有增有减。降水量增加、气温升高, 蒸发和日照时数减少, 导致 80% 的站 ET₀ 呈下降趋势, 湿润指数普遍增加。

关键词: 纵向岭谷区; 参考作物腾发量; Mann-Kendall 检验; 中国西南

中图分类号: S161; P467

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2007)3-0024-06

顾世祥, 何大明, 李远华, 等. 纵向岭谷区参考作物腾发量变化的特点和趋势[J]. 农业工程学报, 2007, 23(3): 24-29.

Gu Shixiang, He Daming, Li Yuanhua, et al. Dynamic variation characteristics and tendency of reference crop evapotranspiration in the longitudinal range gorge region[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(3): 24-29. (in Chinese with English abstract)

0 引言

中国西部地区生态环境的历史演变过程与未来可能变化趋势是科学界面对的一大难题, 区内干旱与洪涝灾害并存, 未来气候变化可能使这种情况加剧^[1]。区域水文循环十分活跃, 年径流与出境水汽量之和与水汽年输入量相等^[2]。纵向岭谷区高耸山系和深切河谷对地表主要自然物质和能量输送表现出明显的南北向通道作用和扩散效应、东西向阻隔作用和屏障效应, 一些河谷地带还存在逆温层, 导致垂直方向上明显的阻隔作用和屏障效应^[3]。西南季风和东南季风在区内交汇, 夏季降水沿河流呈纵向分布, 北部山系高耸、河谷深切, “阻隔”作用对地表水热条件空间分布的影响大于“通道”作用; 南部则以中低宽谷为主, “通道”作用的影响占主导地位^[4]。纵向岭谷对年气温变化的作用较年降水量的影响小, 近十多年来各气候区年均气温显著增高^[5]。

吴绍洪等以 Penman Montith 方程计算了青藏高

原 77 个气象站 1971~2000 年蒸散发, 用 Mann-Kendall 法研究主要气象因素的趋势^[6]。杜军等发现雅鲁藏布江中游年、季平均气温显著升高, 近 20 年来降水增多、最大潜在蒸散减小^[7]。尹云鹤等分析了全国 616 个气象站 1971~2000 年最大可能蒸散和干湿指数及其变化趋势、年际距平变化^[8]。徐海量等研究了塔里木河流域山区 1957~2003 年气象、径流特点和变化趋势^[9]。王国杰等采用奇异谱分析、消除波动趋势法(DFA)等手段, 识别长江干流上 3 个控制站的径流变化趋势、突变、周期振荡等时序结构, 及长期记忆特征^[10]。刘禹等对贺兰山和白音敖包未来 20 年降水趋势进行了预测^[11]。任国玉等发现 1956~2000 年中国水面蒸发显著下降, 但西南诸河未见明显变化^[12]。刘晓英等分析华北地区 6 个站近 50 年主要作物需水量及其变化趋势, 需水变化与日照、风速的下降趋势一致^[13]。在特定区域和作物种类条件下, 参照作物腾发量可表征作物需水变化规律^[14]。西南纵向岭谷区气候资源丰富, 作物种类繁多, 研究作物需水的长期演变趋势只能通过参照作物腾发量的变化来反映。

1 研究方法

1.1 数据来源

研究区域为云南境内的红河、澜沧江、怒江、伊洛瓦底江等国际河流区, 流域面积 21.51 万 km², 现有人口 1721 万人, 耕地 328 万 hm², 灌溉面积 65 万 hm²。气象

收稿日期: 2006-03-17 修订日期: 2006-08-15

基金项目: 国家重点基础研究发展规划(973)资助项目(2003CB415105); 国家科技攻关计划项目(2002BA901A22); 国家自然科学基金项目(40261001); 云南省水资源综合规划专题研究(YSZY-2003-01, 05)资助

作者简介: 顾世祥(1972-), 男, 彝族, 云南镇雄人, 高级工程师, 博士生, 主要从事农业节水灌溉和水资源开发利用规划研究。昆明云南省水利水电勘测设计研究院, 650021。Email: gushixiang@public.km.yn.cn

资料有:(1)保山(25.12°N,99.17°E,海拔1654 m)、景洪(22.02°N,100.47°E,海拔650.0 m)、大理(25.42°N,100.11°E,海拔1991 m)、元江(23.60°N,101.98°E,海拔401 m)、昆明(25.02°N,102.68°E,海拔1891 m)等5个典型站建站至2000年的46~48年逐日最高温度、最低温度、平均温度、相对湿度、日照时数、风速、降水、蒸发等资料。(2)纵向岭谷区巍山、文山、思茅、德钦、西盟等25个典型气象站1961~2000年的40年逐月气象资料,各流域典型站点分布:红河6个,澜沧江10个,怒江10个,伊洛瓦底江2个。

1.2 参照作物腾发量

采用的计算方法是FAO(联合国粮农组织)1991年专家咨询会议推荐的参照作物腾发量计算模型Penman Montith方程^[15-17],其定义为一种假想参照作物冠层的腾发速率,假设作物高度为0.12 m,固定叶面阻力70 s/m,反射率0.23,非常类似于表面开阔、高度一致、生长旺盛、完全遮盖地面而不缺水的绿色草地的腾发量。即

$$ET_{oi} = \frac{0.408\Delta_i(R_{ni} - G_i) + \gamma \frac{900}{T_i + 273} U_{2i}(e_{ai} - e_{di})}{\Delta_i + \gamma(1 + 0.34U_{2i})} \quad (1)$$

式中 ET_0 ——参考作物潜在腾发量,mm/d; Δ ——饱和水气压与温度曲线的斜率,kPa/°C; T ——平均温度,°C; R_n ——参考作物冠层表面的净辐射,MJ/(m²·d); G ——土壤热通量,MJ/(m²·d); γ ——干湿表常数,kPa/°C; U_2 ——2 m 高处的平均风速,m/s; e_a 、 e_d ——饱和、实际水气压,kPa; i ——日序数。

1.3 Mann-Kendall 趋势检验

Mann-Kendall 非参数秩次相关检验法主要用于水文气象资料趋势检验,如水质、流量、气温和降雨等^[18,19]。序列 $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, n 为序列长度。所有对偶值 $(x_i, x_j, i < j)$ 及 (X_i, X_j) 出现的次数计为 S 。趋势检验统计量为

$$M = \frac{\tau}{\sigma} \quad (2)$$

$$\tau = \frac{4S}{N(N-1)} - 1 \quad (3)$$

$$\sigma^2 = \frac{2(2N+5)}{9N(N-1)} \quad (4)$$

原假设该序列无趋势,采用双边趋势检验,给定显著性水平 α ,在正态分布表查临界值 $M_{\alpha/2}$ 。若 $|M| < M_{\alpha/2}$,接受原假设,即趋势不显著;若 $|M| > M_{\alpha/2}$,拒绝原假设,即趋势显著,且当 M 为正时表示上升或增加的趋势,为负时表示下降或减少趋势。

2 逐日 ET_0 的年内变化趋势

2.1 逐日 ET_0 影响因子

分析得到保山、元江、景洪、大理、昆明5个站自建站至2000年46~48年的逐日 ET_0 系列及其与年内同期各气象因子的关联度如表1。逐日 ET_0 与最高温度相关性高达0.827~0.967;其次是日平均温度,日照时数、相对湿度及风速等3个因子与逐日 ET_0 的相关程度最低,各站点间存在差异,如景洪站风速与逐日 ET_0 的相关系数达0.776,超过最低温度的作用。与内地站分析所得结论存在差异,即日平均温度不再是相关性最高者,由于纵向岭谷地处低纬度高原区,热量充足,植被及下垫面条件较好,夏季初的日照与太阳辐射角同时增大,但5月中下旬后,云量多、日照低,直至冬季;相对湿度的作用与日照时数相似,5月之前湿度低,作物蒸散发速度加快,进入雨季后,空气湿度上升并维持在80%左右,对蒸散发的影响程度减弱,成为次要因子;风速仅在其他因子长期维持某一水平时,才会决定 ET_0 值变化。

表1 典型站逐日 ET_0 均值与气象因子相关系数

Table 1 Relative coefficient between average daily ET_0 and climate factors of typical weather stations

站点	T_{max}	\bar{T}	T_{min}	n	RH	U
昆明	0.924	0.824	0.681	0.076	0.198	0.294
元江	0.934	0.864	0.774	0.229	0.317	0.052
大理	0.827	0.794	0.668	0.301	0.044	0.014
景洪	0.967	0.943	0.745	0.258	0.345	0.776
保山	0.920	0.870	0.781	0.493	0.140	0.130

大理、元江、保山的逐日最高温度多年均值如图1所示,与年内 ET_0 变化趋势相似。同内地相比,纵向岭谷区日最高温度变化的差异集中于夏秋之间的“ ET_0 延迟现象”发生期^[17,20],不同于内地连续上升、盛夏达到

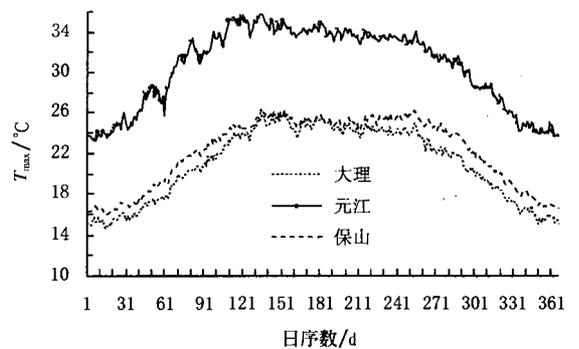


图1 部分站点逐日最高温度多年均值
Fig. 1 Average daily maximum temperature of some weather stations

高峰后逐渐降低的单调趋势,原因是该区茂密森林和良好植被构成天然气候调节器,加上云、雨吸收了部分热量,一定程度上限制盛夏气温上升势头,形成独特气候模式。相关研究表明^[21,22],西南纵向岭谷是中国主要多雾区之一,以思茅站为例,1961 年以来雾日显著减少,年内 5~8 月最低,10 月~次年 2 月渐增至最大雾日,此后逐渐减少。原因是夏季云量多,降水大,气温高,夜间辐射冷却不强,不易形成雾。雾日年内分布与逐日 ET_0 的变化趋势不同,即逐日 ET_0 变化与雾日无明显关

系。

2.2 逐日 ET_0 的水平年变化

将各站逐日 ET_0 以 10 年为一阶段,统计各阶段的逐日 ET_0 均值,并与整个系列对比,如图 2 列出了 1950 年、1990 年及全系列均值趋势对比。各站逐日 ET_0 年内变化较大为 4 月~8 月,1950 年的变化情势较 1990 年更剧烈,除保山外,其余站 1990 年多处于系列均值下侧,表现出下降趋势,但不明显。

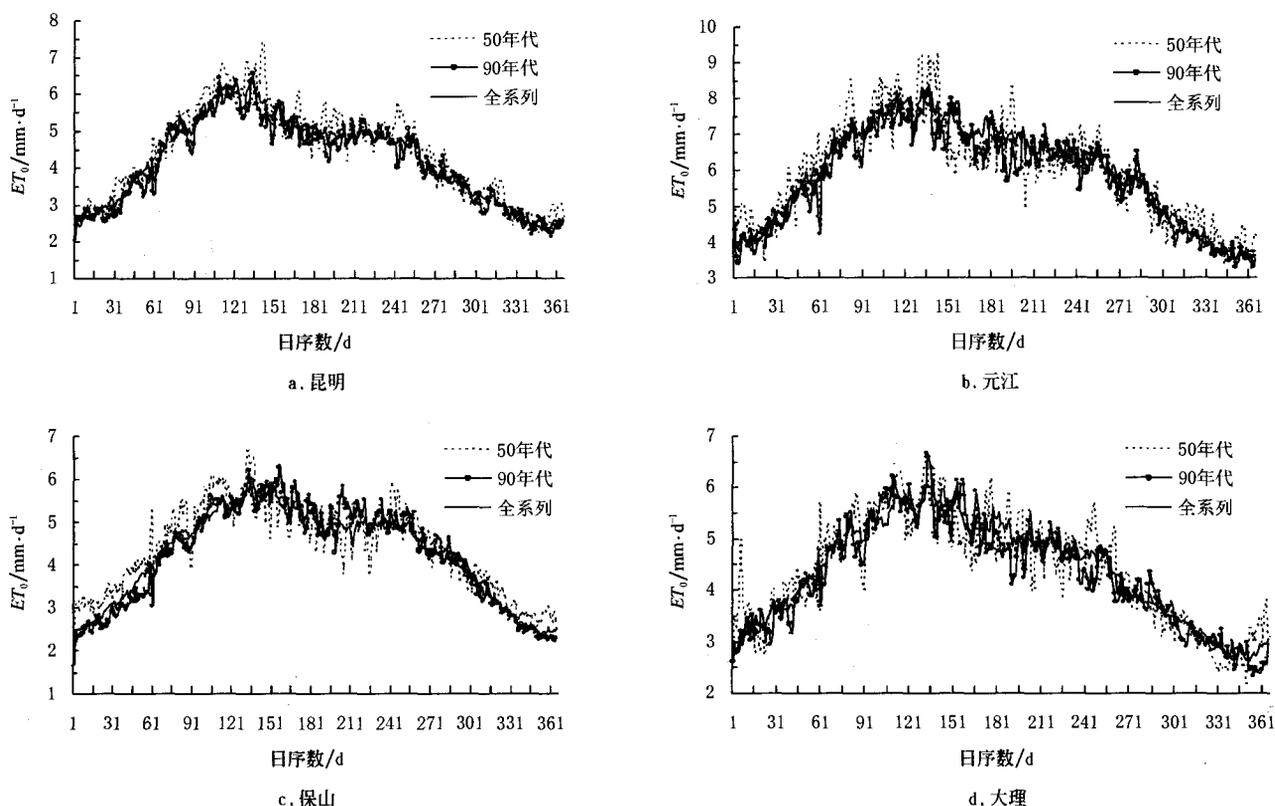


图 2 各站点逐日 ET_0 均值系列

Fig. 2 Average daily ET_0 series in Kunming, Yuanjiang, Baoshan, and Dali station

2.3 逐日 ET_0 的季节变化

按春、夏、秋、冬 4 季统计各站逐日 ET_0 的均值系列,以 Mann-Kendall 法作趋势显著性检验如表 2。各站不同季节 ET_0 变化与年值趋势不完全一致,昆明站 4 个季节均为下降,且夏、秋季通过显著性检验。元江也是下降的趋势,未通过显著性检验。大理为夏季增加、秋季下降的显著变化趋势,冬春两季变化不大。保山为春季显著降低、秋季上升,而冬夏变化不明,秋季上升趋势只达到显著性水平。景洪则冬、春两季显著增加,夏秋增减趋势不明显,与 ET_0 年均值系列的趋势相同。

以图 2 中 4 个站 4~6 月、7~9 月的日最高温度季均值系列作 Mann-Kendall 检验,昆明夏季及元江夏季降低,大理、保山的 4~9 月及昆明秋季均升高,但只

有保山的 7~9 月系列达到 $\alpha = 0.05$ 显著性水平,表明日最高温度与 ET_0 变化趋势不完全一致。

表 2 分季节逐日 ET_0 均值系列 Kendall 检验结果

Table 2 Kendall test results of average seasonal daily ET_0 series

项 目		昆明	元江	大理	景洪	保山
春季	M	-0.798	-1.486	-0.266	4.559	-2.779
	趋势	降低	降低	降低	增加*	降低*
夏季	M	-1.972	-0.085	0.963	0.587	0.064
	趋势	降低*	降低	增加	增加	增加
秋季	M	-3.219	-1.165	-2.980	-0.333	1.917
	趋势	降低*	降低	降低*	降低	增加*
冬季	M	-1.146	-0.994	-0.211	3.072	-0.449
	趋势	降低	降低	降低	增加*	降低

注: * 表示通过 $\alpha = 0.05$ 显著性检验。

3 逐日 ET_0 的年际变化趋势

3.1 ET_0 年际变化影响因素

各站 ET_0 均值年际变化大多与日照时数相关性最高,个别站为最高温度或平均风速(表3)。昆明、景洪、保山的日照时数是关键因子。元江常年气温居高,属于干热河谷区,风速是影响蒸散发的主要因素;反之,大理为风比较频繁地区,气候凉爽,最高温度成为主要影响因素,2个站气象因子与 ET_0 年均值系列相关系数最高分别为 0.794、0.706。

表3 典型站逐日 ET_0 年值与气象因子相关系数

Table 3 Relative coefficient between yearly value of daily ET_0 and climate factors of typical weather stations

站点	T_{max}	\bar{T}	T_{min}	n	RH	U
昆明	0.597	0.330	0.016	0.681	0.511	0.270
元江	0.591	0.700	0.584	0.484	0.682	0.794
大理	0.706	0.599	0.077	0.691	0.411	0.332
保山	0.196	0.308	0.249	0.844	0.622	0.408

3.2 ET_0 年际变化趋势检验

以10年为一阶段,统计分析各站不同年代的 ET_0 年均值,检验昆明、元江、大理、景洪、保山5个站的年均 ET_0 变化趋势,如图3、表4所示,昆明、元江降低及景洪增加的趋势均通过 $\alpha = 0.05$ 显著性水平。与 ET_0 年均值关联度最高的气象因子变化如图3f及图4,昆明、景洪的日照时数和元江的风速达到 $\alpha = 0.05$ 显著性水平。

表4 ET_0 年值系列 Kendall 检验结果

Table 4 Kendall test results of yearly ET_0

站点	α	$M_{\alpha/2}$	M	检验结果	趋势
昆明	0.05	1.960	-3.421	显著	降低
元江	0.05	1.960	-2.168	显著	降低
大理	0.05	1.960	-0.669		降低
景洪	0.05	1.960	3.052	显著	增加
保山	0.05	1.960	-0.596		降低

对纵向岭谷内其余25个站1971~2000年逐月 ET_0 作年均值系列的趋势检验,有14个站通过 $\alpha = 0.05$

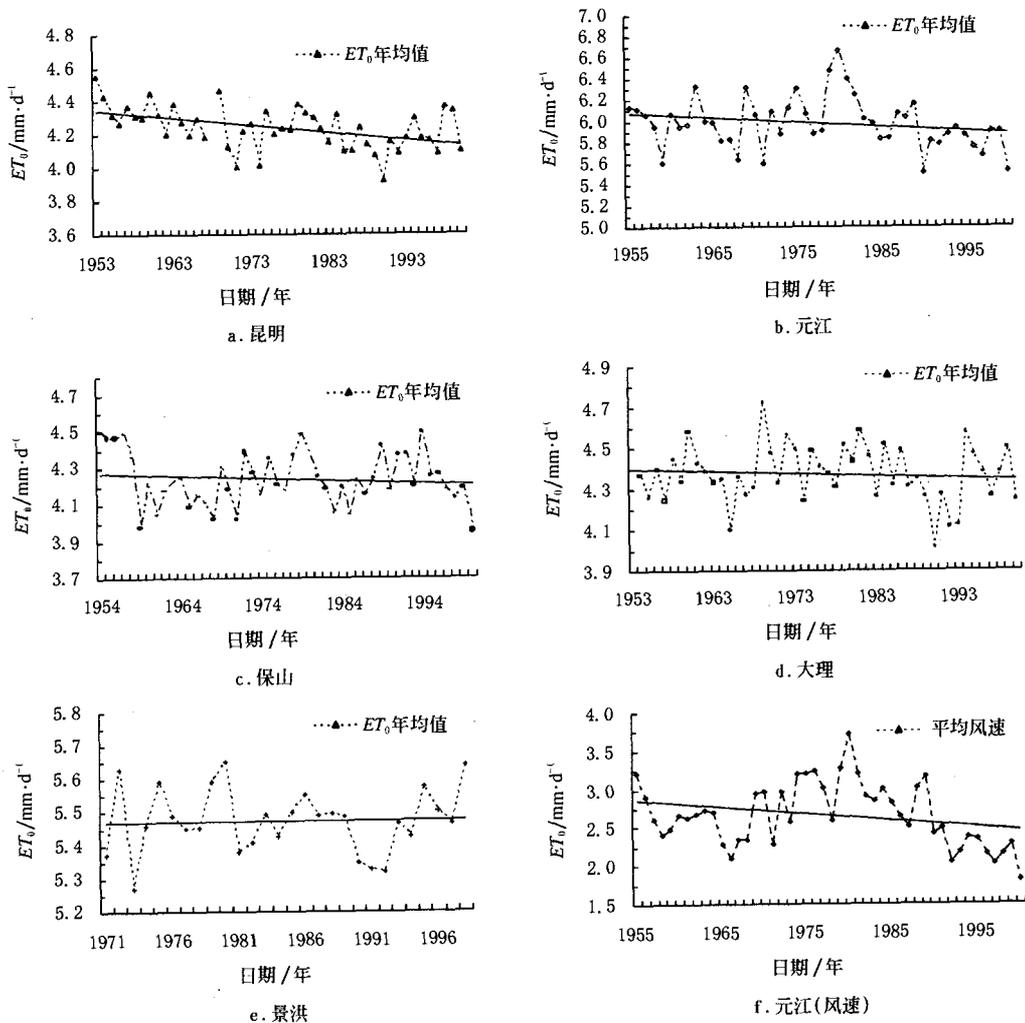


图3 各站点 ET_0 年均值系列

Fig. 3 Average yearly ET_0 series in five weather stations

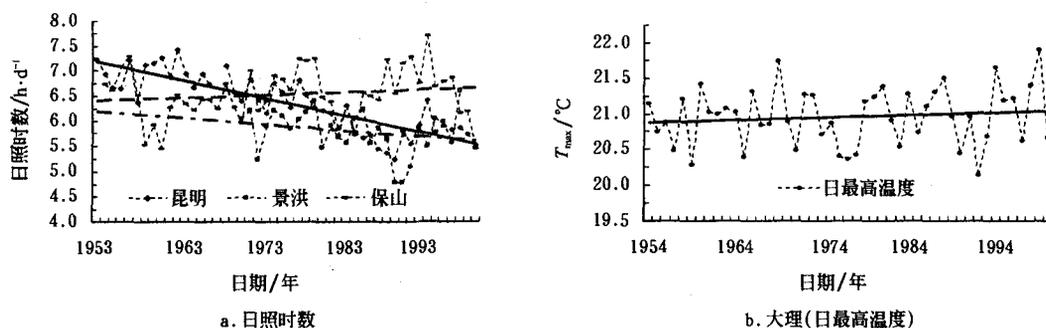


图4 典型站点关键气象因子变化

Fig. 4 Changes of key climate factors of typical weather stations

显著性检验,除思茅、勐海外的其余12个站都呈减少趋势。 ET_0 。年均值增加的区域是靠近青藏高原的福贡、维西等的怒江和澜沧江流域,及澜沧江下段耿马—思茅—勐海一带;伊洛瓦底江、红河及澜沧江流域中段显著减少;中间地区属于过渡带。

3.3 主要气候因子的年际变化趋势

为研究气候环境变化对中长期 ET_0 的影响,对所有被选站降水、蒸发、气温及日照时数的年际变化趋势进行分析,如表5。各站降水量的年际间有增有减,趋势不明显,只有11.8%的站达到 $\alpha = 0.05$ 显著性水平,怒江河谷的贡山~潞江坝一线及伊洛瓦底江流域的陇川、盈江站显著增加;红河流域普遍增加,但未通过显著性检验;澜沧江流域的德钦、景洪、勐海等地显著降低。蒸发量有62.9%的站呈降低趋势,其中54.3%的站通过检验;而李仙江流域的镇源、江城,及澜沧江流域德钦、昌宁、景洪显著增加。各站年平均温度普遍升高,有62.9%的站通过显著性检验,怒江流域镇康、施甸等呈降低趋势。与 ET_0 年际变化最密切的日照时数有77.1%的站呈减少趋势,34.3%的站通过 $\alpha = 0.05$ 显著性检验,证明日照时数与 ET_0 的变化趋势极为相似。

表5 典型站点气候因子变化趋势

Table 5 Change trend of climate factors in typical stations

项目	降水	气温	蒸发	日照	ET_0^*	V_p^*
站点数	34	35	35	35	30	30
增加/%	67.6	88.6	37.1	22.9	20.0	70.0
减少/%	32.4	11.4	62.9	77.1	80.0	30.0
95%置信/%	11.8	62.9	54.3	34.3	56.7	10.0
90%置信/%	17.6	77.1	57.1	40.0	60.0	16.7

注:德钦、勐腊、贡山、泸水、西盟5个站未计算 ET_0 和湿润指数, V_p 为湿润指数。

根据Vyshotskii模型,湿润指数以 P 与 ET_0 之比确定。对选取的30个典型站1971~2000年系列的分析显示,13.3%的站属于半干旱区,分属金沙江、红河、怒江流域的昆明、祥云、元江、保山,其余站属湿润区和

半湿润区各占一半。半湿润区为南盘江流域的曲江、泸江,红河流域的礼社江、绿汁江、盘龙河等主要支流上游区,澜沧江支流的漾濞、大理、剑川一带,怒江流域为潞江坝、永德、临沧等中下段左岸区。区内的湿润指数普遍增大,但趋势不明显,仅10.0%的站通过显著性检验,伊洛瓦底江流域显著增大;文山州南盘江下游、盘龙河上段及澜沧江下游思茅—景洪—勐海一线呈降低趋势。

4 结论

1) 根据纵向岭谷区大理、元江、保山、昆明、景洪等站建站至2000年的逐日 ET_0 值,及其余25个站1971~2000年的逐月 ET_0 系列的研究结果显示,日最高温度是年内 ET_0 变化主导因子,年际变化主要受日照时数的影响,个别站为最高气温或风速。

2) 以Mann-Kendall方法对各站 ET_0 年值和分季节系列的趋势检验, ET_0 年均值呈增加趋势的区域内有56.7%的站点通过显著性检验,分布在澜沧江下段耿马—思茅—勐海一带及北部横断山区维西、福贡等地。春、夏、秋、冬4个季节中,昆明的夏、秋季显著下降,景洪冬、春季显著增加,元江、保山、大理则有增有减。

3) 短期 ET_0 与雾日之间没有密切的相关关系。主要气候因子的长期变化趋势是降水量增加、气温升高,蒸发量和日照时数减少,导致80%的站 ET_0 呈下降趋势;湿润指数普遍增加,有一半多站点的气温、蒸发及 ET_0 通过显著性检验。

[参考文献]

- [1] 秦大河,丁一汇,王绍武,等. 中国西部生态环境变化与对策建议[J]. 地球科学进展,2002,17(3):314-319.
- [2] 夏军,孙雪涛,谈戈. 中国西部流域水循环研究进展与展望[J]. 地球科学进展,2003,18(1):58-67.
- [3] 何大明,吴绍洪,彭华,等. 纵向岭谷区生态系统变化及西南跨境生态安全研究[J]. 地球科学进展,2005,20(3):338-344.

- [4] 曹杰,何大明,姚平. 纵向岭谷区冬、夏水热条件空间分布研究[J]. 地球科学进展, 2005, 20(11): 1176—1182.
- [5] 尤卫红,何大明,段长春. 云南纵向岭谷地区气候变化对河流径流量的影响[J]. 地理学报, 2005, 60(1): 95—105.
- [6] 吴绍洪,尹云鹤,郑度,等. 青藏高原近 30 年气候变化趋势[J]. 地理学报, 2005, 60(1): 3—11.
- [7] 杜军,胡军,陈华,等. 雅鲁藏布江中游地表湿润状况的趋势分析[J]. 自然资源学报, 2006, 21(2): 33—41.
- [8] 尹云鹤,吴绍洪,郑度,等. 近 30 年我国干湿状况变化的区域差异[J]. 科学通报, 2005, 50(15): 1636—1642.
- [9] 徐海量,叶茂,宋郁东,等. 塔里木河流域水资源变化的特点与趋势[J]. 地理学报, 2005, 60(5): 487—494.
- [10] 王国杰,姜彤,陈桂亚. 长江干流径流的时序结构与长期记忆[J]. 地理学报, 2006, 61(1): 47—56.
- [11] 刘禹, V. Shishov, 史江峰, 等. 内蒙古西部贺兰山和东部白音敖包未来 20 年降水趋势预测[J]. 科学通报, 2004, 49(3): 270—274.
- [12] 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.
- [13] 刘晓英,李玉中,郝卫平. 华北主要作物需水量近 50 年变化趋势及原因[J]. 农业工程学报, 2005, 21(10): 155—159.
- [14] 顾世祥,李远华,袁宏源. 霍泉灌区作物需水量实时预报[J]. 武汉水利电力大学学报, 1998, 31(1): 37—41.
- [15] Allen R G, Pereira L S, Raes D, et al. Crop evapotranspiration: guideline for computing crop requirement [M]. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, Rome, Italy. 1998: 51—202.
- [16] 刘钰, Pereira L S, Teixeira J L, 等. 参照腾发量的新定义及计算方法对比[J]. 水利学报, 1997, 28(6): 27—33.
- [17] 顾世祥,何大明,李远华,等. “通道—阻隔”作用对纵向岭谷区水稻灌溉需水的影响[J]. 科学通报, 2006, 51(增刊): 8—14.
- [18] Yue S, Pilon P, Phinney B, et al. Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series[J]. Journal of Hydrology, 2002, 259: 254—271.
- [19] 孟彩侠,黄领梅,赵长森. 近半个世纪来和田地区气候要素变化趋势和周期分析[A]. 周孝德、沈冰主编,水与社会经济发展的相互影响及作用——全国第三届水问题研究学术研讨会文集[C]. 北京:中国水利水电出版社, 2005: 134—139.
- [20] 顾世祥,何大明,李远华,等. 逐日参照腾发量预测的改进方法[J]. 水利学报, 2005, 36(11): 1292—1297.
- [21] 王丽萍,陈少勇,董安祥. 中国雾区的分布及其季节变化[J]. 地理学报, 2005, 60(4): 689—697.
- [22] 李子华,仲良喜,余香仁. 西南地区和长江下游雾区的时空分布和物理结构[J]. 地理学报, 1992, 47(3): 242—251.

Dynamic variation characteristics and tendency of reference crop evapotranspiration in the longitudinal range gorge region

Gu Shixiang^{1,2}, He Daming³, Li Yuanhua⁴, Li Jing⁵

(1. School of Water Resources and Hydropower, Wuhan University, Wuhan 430072, China; 2. Yunnan Institute of Water Resources and Hydropower Engineering Investigation, Design and Research, Kunming 650021, China;

3. Asian International Rivers Center, Yunnan University, Kunming 650091, China;

4. Department of Irrigation, Drainage and Rural Water Supply, Ministry of Water Resources, Beijing 100053, China;

5. School of Water Resources and Hydropower Engineering, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract: Penman Monteith equation was used to compute daily ET_0 for five stations: Dali, Yuanjiang, Baoshan, Kunming, and Jinghong, based on the history meteorological data range from 46 to 48 years, and monthly ET_0 series of the other 25 meteorological stations from 1961 to 2000. The most important influence factor of daily ET_0 is daily maximum temperature. The key influence factor of yearly ET_0 is sunshine, but is wind speed and maximum temperature in some stations. And the fog is not relative with ET_0 . Then, Mann-Kendall method was used to test seasonal and yearly ET_0 series of five stations. Results indicate that yearly ET_0 series for 56.7% of weather stations increase significantly, which locates at Gengma, Simao, Menghai of Lancang River basin, and Weixi, Fugong of Hengduan Mountainous Area. Daily ET_0 in summer and autumn at Kunming station markedly decrease, while dialy ET_0 in winter and spring at Jinghong station increase, but daily ET_0 at Yuanjiang, Baoshan, and Dali station changes irregularly. The change trend of main meteorological factors is that precipitation and temperature increase, evaporation and sunshine decrease, moisture index increase too, which make ET_0 series of 80% stations decrease observably.

Key words: longitudinal range gorge region; reference crop evapotranspiration; Mann Kendall test; southwest China