

# 共和盆地近 50 年水资源的气候变化特征<sup>\*</sup>

郭连云,王万满,熊联胜

(青海省海南州气象局,青海 共和 813000)

**摘 要:**利用青海省共和盆地 2 个站点 1961 - 2007 年的平均气温及降水量资料,分析了共和盆地水资源的气候变化特征。结果表明:年平均气温整体呈上升趋势,平均以  $0.38^{\circ}\text{C}/10\text{a}$  速率上升,气温偏高主要是在冬季,夏季变化幅度不大,1987 年气温发生了由低到高的突变。近 47 a 来共和盆地的年降水量呈微弱的增加趋势,变化倾向率为  $1.9\text{ mm}/10\text{ a}$ 。对共和盆地而言,尽管降水和气温都呈增加趋势,但由于降水增长引起的地表水资源的增加不足以抵消气温升高带来的影响,因而将导致可利用降水资源的总体降低趋势。

**关键词:**共和盆地;水资源;气候变化

**中图分类号:**P467;P331

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2009)01-0141-04

## The Local Climatic Changes of Water Resource on Gonghe Basin in 50 Years

GUO Lian-yun, WANG Wan-man, XIONG Lian-sheng

(Qinghai Province Hainan State Meteorological Bureau, Gonghe, Qinghai 813000, China)

**Abstract:** The local climatic changes of the Gonghe Basin were studied, and the source data are the average annual temperature and annual precipitation from 1961 to 2007, recorded in two weather stations of the Gonghe Basin, Qinghai Province. The main findings were that: (1) the average annual temperature increased with the speed of  $0.38^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ , and the warming mainly occurred in winter, which is the most significant in 1987; (2) the annual precipitation increased as well, with the speed of  $1.9\text{ mm}/10\text{ a}$ . Although the annual precipitation increased slightly, it cannot balance the effects of climatic warming on ground evaporation, and then the water resource in the Gonghe Basin will reduce in some degrees.

**Key words:** Gonghe Basin; water resource; climatic change

共和盆地地处青藏高原东北边缘,黄河上游,龙羊峡库区,环青海湖南侧,是青海省主要的畜牧业生产基地。共和盆地是中国自然生态脆弱区,荒漠化严重发展地区<sup>[1-2]</sup>。共和盆地水资源短缺,加之不合理开发,内陆河流域水资源开发利用率达 48%,下游断流,尾间湖干涸,是环境恶化的主因。盆地多年平均河川径流量 6.09 亿  $\text{m}^3$ ,多年平均地下水补给量 3.46 亿  $\text{m}^3$ ,重复计算水量 2.80 亿  $\text{m}^3$ ,水资源总量为 6.75 亿  $\text{m}^3$ 。

共和盆地地处内陆腹地,干旱少雨,高山截获水汽,形成降水,发育河流,孕育生命。有限的水资源支撑着平原绿洲植被,水是维护干旱地区生态系统的命脉。由于绿洲被荒漠包围,生态基础原本就比较脆弱,而长期以来,在水资源的开发、利用、保护与

配置中,普遍缺乏生态观念,致使共和盆地生态环境的恶化,给海南州经济和农牧民生活带来了严重影响,而且严重威胁着黄河下游地区的经济建设和人民生命财产的安危,尤其对黄河上游最大的水电站龙羊峡水电站构成了严重威胁。同时,共和盆地还濒临青海湖,由于环湖地区草场退化严重,青海湖主要的补充水源地地表径流也遭到破坏,小河干涸,大河断流,入湖的水量大为减少。因此它的生态恶化也直接威胁着青海湖并造成了一定危害。

研究半干旱区水资源相关的气候时空分布及其演变规律并加以科学分析是实现半干旱区水资源优化配置的前提和基础。对西部经济大开发战略的顺利实施,尤其是改善半干旱地区的生态环境,退耕还林还草和进行农牧业结构调整提供科学的依据。

<sup>\*</sup> 收稿日期:2008-06-17

基金项目:国家“十一五”科技支撑计划项目资助(2006BAD26B10)

作者简介:郭连云(1969-),男,青海湟源县人,学士,工程师,从事气象业务管理工作。E-mail:glycloud@126.com

## 1 资料与方法

利用共和盆地(共和、贵南)2个气象站 1961 - 2007 年的气温及降水量资料,用高桥浩一郎公式<sup>[3]</sup>计算,并分析共和盆地近 47 a 来各月、季、年降水资源量的变化趋势;再利用 Mann-Kendall Rank Statisti 方法对本地区平均气温变化情况进行突变检测。该方法由世界气象组织(WMO)推荐,应用于环境数据时间序列趋势分析的有效方法<sup>[4,6]</sup>,也是检验水文时间序列趋势变化的有效工具<sup>[7-8]</sup>。这一方法与其他方法相比,其主要优点是:它可以从观测资料的时间序列中,精确地确定达到信度要求的突变开始时间,是一种较客观定量的方法<sup>[9]</sup>。

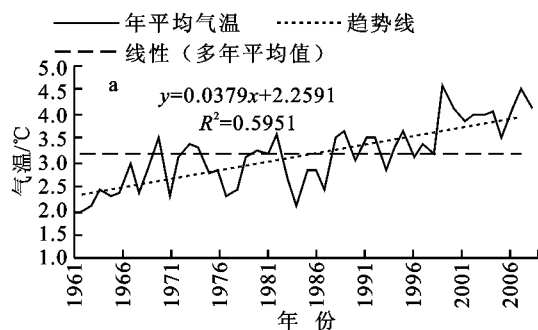
高桥浩一郎计算公式为

$$E = \frac{3100R}{3100 + 1.8R^2 \exp(-\frac{34.4T}{235.0 + T})} \quad (1)$$

式中:  $E$ ——月蒸发量(mm);  $R$ ——月降水量(mm);  $T$ ——月平均气温(°C)。

利用 2 个气象站逐月气温和降水量求取共和盆地的各月、季及年的地面蒸发量。高桥浩一郎的陆面蒸发公式考虑了两个主要影响实际蒸发的物理因子,并有实际观测资料做依据,反映出蒸发特征是与干旱半干旱区实际状况相吻合<sup>[10]</sup>,因此,适宜于在共和盆地计算蒸发时应用。

另外,参考文献[11]的方法,定义本地区可利用



降水资源为  $W = P - E$ 。参考文献[12]的方法,定义为蒸发系数,为可利用降水系数,计算公式为

$$= E/P \quad (2)$$

$$= 1 - = (P - E)/P \quad (3)$$

四季划分,春季(3 - 5月),夏季(6 - 8月),秋季(9 - 11月),冬季(12月至翌年2月)。

## 2 结果分析

### 2.1 气温的变化特征

2.1.1 气温的年际变化特征 由图 1a 可以看出,共和盆地近 47 a 来年平均气温呈明显上升的趋势,年平均气温变化倾向率为  $0.38^\circ\text{C}/10\text{a}$ ,相关系数为 0.77,达到 0.01 的显著性水平,说明年平均气温的增温趋势显著。年平均气温出现两次相同最高值,分别在 1998 年和 2006 年,其值为  $4.6^\circ\text{C}$ ,比 30 a 平均值 ( $3.2^\circ\text{C}$ ) 偏高达  $1.4^\circ\text{C}$ ,也是近 47 a 来最暖的 2 a;最低年平均气温出现在 1961 年 ( $2.0^\circ\text{C}$ ),比 30 a 均值偏低  $1.2^\circ\text{C}$ 。年平均气温在 1987 年以前大多数年份在 30 a 平均值以下,1987 年以后年平均气温大多数在 30 a 平均值以上,这说明 1987 年是年平均气温变化的一个转折点,1987 - 2007 年 21 a 的平均值为  $3.7^\circ\text{C}$ ,较 1961 - 1986 年 26 a 平均值  $2.7^\circ\text{C}$  偏高  $1.0^\circ\text{C}$ ,冷暖时段的温差高达  $1.0^\circ\text{C}$ ,这与施雅风等对西北气候转型的研究<sup>[13]</sup>及刘德祥等对西北五省气候变化的分析结论相一致<sup>[14]</sup>。

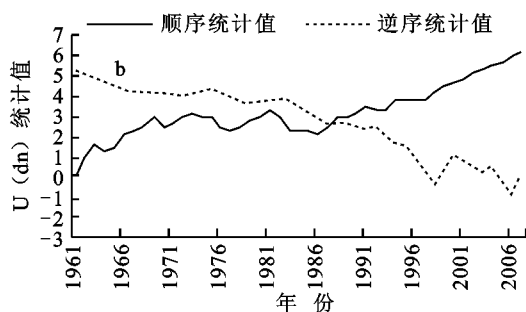


图 1 1961 - 2007 年共和盆地年平均气温变化及突变检测

2.1.2 气温突变检测 气候突变是普遍存在于气候变化中的一个重要现象,是气候预测和模拟应考虑的重要因素。从统计学的角度,可以把突变现象定义为从一个特性到另一个特性的急剧变化,即从考察统计特征值的变化来定义突变,如考察均值、方差状态的急剧变化,同时还要指出严格的显著性水平检验<sup>[15]</sup>。尽管目前对突变的检测方法较多,但 Mann-Kendall 是应用最为广泛的一种,它是一种非参数统计检验方法,其优点是不需要样本遵从一定的分布,也不受少数异常值的干扰,更适用于类型变量和顺序

变量,计算也比较简便。给定显著性水平为 0.05,置信区间  $[-1.96, +1.96]$ ,对该地区年均气温检测结果表明(图 1b),自 20 世纪 60 年代以来,共和盆地年平均气温有一明显的增暖趋势,年平均气温在 1987 年发生了由低到高的突变 ( $\alpha = 0.01$ ),比全国年平均气温在 1993 年后明显变暖提前 6 a<sup>[16]</sup>。1989 年开始这种增暖趋势大大超过了 0.001 显著性水平 ( $U_{0.001} = 2.56$ ),表明共和盆地气温的上升趋势是十分显著的。气候变暖会影响整个水循环过程,使蒸发加大,改变区域降水量和降水分布格局,增加降水极端异常事件

的发生,导致洪涝、干旱灾害的频次和强度都增加,使水资源量发生变化<sup>[17]</sup>。

2.2 降水的变化特征

2.2.1 降水的年际变化特征 从图 2a 可以看出,近 47 a 来共和盆地的年降水量呈微弱的增加趋势,年降水量的增多现象和马晓波<sup>[18]</sup>等的研究结果一致。

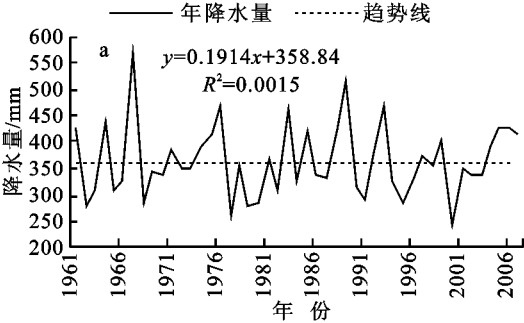


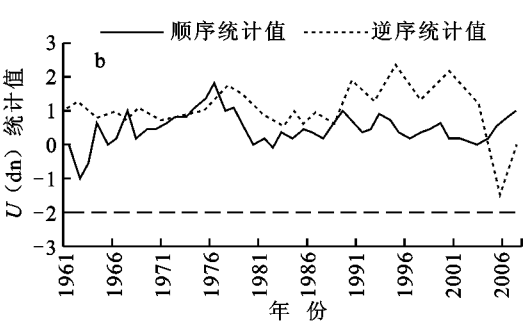
图 2 1961 - 2007 年共和盆地年降水量变化及突变检测

2.2.2 降水突变检测 从图 2b 可以看出,共和盆地的年降水量未发生突变,UF 和 UB 有多个交点,但是 UF 均未超过临界线,但 1976 年接近临界值线,说明有一次明显的增多趋势,1976 年后年降水量呈下降趋势,2004 年开始又呈增多趋势。

2.3 可利用水资源月、季节变化

由表 1 可看出,共和盆地的年降水量为 363.4 mm;降水量夏季最为丰富,占全年的 60.62%,春季次之,占全年的 19.10%,秋季略少于春季,较春季小 0.14 个百分点,冬季降水最少,只占年降水量的 1.32%,自然降水是该地区水资源的主要来源。从

年降水量变化的倾向率为 1.9 mm/10 a,相关系数为 0.039,未通过置信度  $\alpha = 0.05$  的显著性水平检验,说明共和盆地年降水量的增加趋势是不显著的。其中,最大降水年出现在 1967 年(571.1 mm),比 30 a 平均值偏多 211.9 mm;最小降水年出现在 2000 年(246.2 mm),比 30 a 平均值偏少 113.0 mm。



蒸发量的季节分布看,共和地区年蒸发量为 246.1 mm,其中夏季(6 - 8 月)蒸发量最大,占全年的 57.29%;冬季最小,只占全年的 1.91%,春季和秋季蒸发量基本一致,分别占全年的 20.64%和 20.15%,相差 0.49 个百分点。可利用的降水量年合计为 117.3 mm,其中夏季最多,占全年可利用降水资源的 67.60%;其次为秋季,占 16.45%,春季可利用降水占全年的 15.86%,较秋季略少;冬季最少,只占 3.50%。虽然夏季降水量最大,但由于蒸发也是最大的,所以表现出蒸发系数最小(0.64)和可利用降水系数最大(0.36)。

表 1 1961 - 2007 年共和盆地各季和年 P、E、W 及 值

	P/mm	P 占全年/%	E/mm	E 占全年/%	W/mm	W 占全年/%		
春季	69.4	19.10	50.8	20.64	18.60	15.86	0.73	0.27
夏季	220.3	60.62	141.0	57.29	79.30	67.60	0.64	0.36
秋季	68.9	18.96	49.6	20.15	19.30	16.45	0.72	0.28
冬季	4.8	1.32	4.70	1.91	4.10	3.50	0.98	0.02
全年	363.4		246.1		117.30		0.68	0.32

从 47 a 逐月平均的 P、E 及 W 来看(图 3),该地区降水量、蒸发量和可利用降水资源逐月变化趋势基本相同,且每月分布极不平衡,呈现 7 月为最大值的近似抛物线分布,7 月份 P、E 及 W 分别占全年的 22.5%,20.7%和 26.3%,而最小月(12 月)分别占全年的 0.3%,0.4%和 0。

综合该地区月、季、年的情况来看,P、E、W 的季节变化顺序是相似的。降水量的大小决定可利用降水量的大小,夏季降水最多但不均衡,全年降水、蒸发和可利用降水都是 7 - 8 月最大。

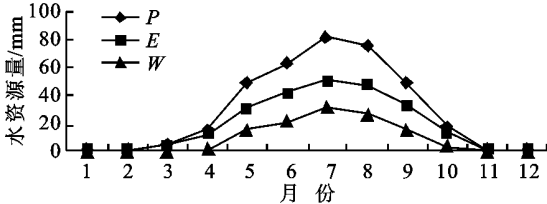


图 3 共和盆地平均逐月 P、E、W 分布

2.4 可利用水资源年际变化

由图 4 可以看出,共和盆地年降水量、蒸发量和可利用降水资源量变幅都很大,尤其是降水量年际变化很大,这和该地区历年来旱涝交替明显的气候

特点非常一致。1967 年和 1989 年为异常丰水年,其值分别达 571.1 mm 和 514.5 mm,1993 年、1976 年和 1983 年虽然降水偏多,但都没有超过 470.0 mm,远低于 1967 年和 1989 年的降水峰值。20 世纪 60、70 年代降水增多,80 年代降水增加最多,90 年代减少,为最小值,进入 21 世纪降水又增多。年蒸发量变幅没有年降水量大,但由于 20 世纪 90 年代降水量呈减少趋势,可利用水资源也呈减少趋势,但进入 21 世纪后,降水量又呈逐年增多趋势,可利用水资源又呈逐年增多态势。从地表水、地下水的补给情况看,主要为雨洪补给,气候变化特别是降水变化对水资源的变化起着决定性的作用<sup>[19]</sup>。

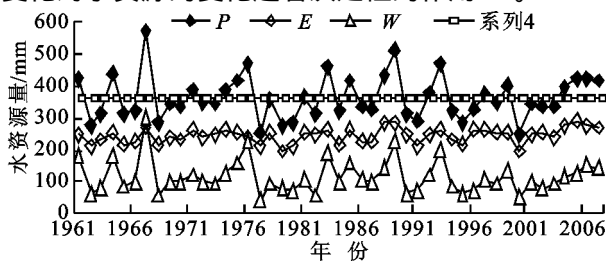


图 4 1961 - 2007 年共和盆地水资源各分量变化状况

### 3 结论

(1) 近 50 a 来共和盆地的年平均气温呈极显著的上升趋势,年平均气温变化倾向率为 0.38 / 10 a,年平均气温在 1987 年发生了由低到高的突变;年降水量呈微弱的增加趋势,倾向率为 1.9 mm/10 a,未通过显著性检验,说明年降水量的上升趋势是不显著的。对共和盆地而言,尽管降水和气温都呈增加趋势,但由于降水增长引起的地表水资源的增加不足以抵消气温升高带来的影响,因而将导致可利用降水资源的总体降低趋势,全地区用水紧张状况会逐年加剧<sup>[20-21]</sup>。

(2) 水资源各分量  $P$ 、 $E$ 、 $W$  年际差别大,季节变化明显,可利用水资源变化趋势下降水分布特征基本相同,但蒸发量的演变过程并不明显。由于夏季  $W$  占全年的 67.60%,降水量占全年的 60.62%,因此,汛期高温干旱是影响该地区降水量与水资源量的主要因素,同时也使得夏季成为该地区最易发生洪涝灾害的季节,春季成为该地区最易发生干旱的季节。春季降水量平均只有 69.4 mm,远远不能满足该地区草地牧草返青所需的水量和农作物播种所需的水量。在该地区地表水资源缺乏,外来水资源短缺的情况下,通过人工增雨手段,充分利用丰富的夏季水汽资源,转变成降水,来增加水资源,合理利用水资源,解决水资源日渐短缺的问题<sup>[22-23]</sup>。

(3) 共和盆地降水资源分布特点突出表现为,降

水资源年际变化大,降水量的季节性分配极不均匀,年、冬、春、夏季降水呈不显著的增加趋势,但秋季降水量呈不显著的减少趋势。年降水量在 20 世纪 60 - 80 年代呈增加趋势,80 年代增加最多,90 年代减少,为最小值,进入 21 世纪以来,年降水量又呈逐年增加趋势。

#### 参考文献:

- [1] 卢琦. 中国沙情[M]. 北京:开明出版社,2000:25-32.
- [2] 曹广超,曾永年,马海州,等. 在 GIS 支持下的龙羊峡库区草场现状分析[J]. 干旱区地理,2001,24(3):283-287.
- [3] 高桥浩一郎. 用月平均气温、月降水量估算蒸发量的经验公式[J]. 天气,1979,26(12):29-32.
- [4] 刘昌明,郑红星. 黄河流域水循环要素变化趋势分析[J]. 自然资源学报,2003,18(2):129-135.
- [5] Yu P S, Yang T C, Wu C K. Impact of climate change on water resources in southern Taiwan [J]. Journal Hydrology, 2002, 260:161-175.
- [6] Liu Changming, Zheng Hongxing. Changes in components of the hydrological cycle in the Yellow River basin during the second half of the 20th century [J]. Hydrological Process, 2004, 18:2337-2345.
- [7] Xu Z X, Takeuchi K, Ishidaira H. Monotonic trend and step changes in Japanese precipitation [J]. Journal Hydrology, 2003, 279:144-150.
- [8] Xu Z X, Takeuchi K, Ishidaira H. Long term trends of annual temperature and precipitation time series in Japan [J]. Journal Hydro Science Hydraulic Engin, 2002, 20(2):11-26.
- [9] 符淦武,王强. 南亚夏季风长期变化中的突变现象及其与全球迅速增暖的同步性[J]. 中国科学(B), 1991(6):666-672.
- [10] 李林,李凤霞,郭安红. 近 30 年来“三江源”地区气候变化趋势及其突变研究[J]. 自然资源学报,2006,21(1):79-85.
- [11] 施雅风. 中国气候与海面变化及其趋势和影响(四):气候变化对西北华北水资源的影响[M]. 济南:山东科学技术出版社,1995:153-158.
- [12] 康桂红,杨宗波,赵素华,等. 泰安市降水特征与水资源分析[J]. 气象科技,2005,33(4):355-359.
- [13] 施雅风,沈永平,胡汝驥. 西北气候由暖干向暖湿转型的信号、影响和前景初步探讨[J]. 冰川冻土,2002,24(3):219-226.
- [14] 刘德祥,董安祥,陆登荣. 中国西北地区近 43 年气候变化及其对农业生产的影响[J]. 干旱地区农业研究,2005,23(2):195-201.
- [15] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京:气象出版社,2007:57-104.

(下转第 148 页)

累所致。草丛阶段土壤全量养分的含量都很高,全钾含量甚至远高于其它任何演替阶段,全磷含量也仅低于两个峰值,这同样是由于退耕前大量施用化肥所致。

## 4 结 论

(1) 在滇东喀斯特植被自然恢复演替的初始阶段,土壤逐渐板结,容重增加;进入灌木林阶段以后,容重逐渐降低,到麻栎和高山栎林阶段降到最低,高山栎林阶段则有所回升。土壤孔隙度则正好相反。

(2) 滇东喀斯特植被自然恢复演替过程中,土壤始终为弱酸性,其中又以滇石栎和高山栎林阶段土壤的酸性最强。

(3) 在滇东喀斯特植被自然恢复演替过程中,随时间推移,土壤中有机质、速效养分含量均从草灌阶段开始上升,直到高山栎林阶段达到最大。

(4) 在滇东喀斯特植被自然恢复演替过程中,土壤中全氮含量随时间推移从草灌阶段开始上升,逐渐增加到高山栎林阶段达到最大;全磷含量分阶段上升,两个峰值分别出现在滇石栎和高山栎林阶段、高山栎林阶段;全钾含量先上升到滇石栎和高山栎林阶段达到最大,然后逐渐下降。

(5) 滇东喀斯特地区实施封山育林能很好地促进钙离子和镁离子的累积;封山育林前期铁含量上升,后期铁含量降低,土壤熟化程度不断加深。在喀斯特地区,耕作过程会加剧土壤中钙离子的淋洗。

### 参考文献:

- [1] 王世杰. 喀斯特石漠化概念演绎及其科学内涵的探讨[J]. 中国岩溶, 2002, 21(2): 101-105.
- [2] 李阳兵, 王世杰, 容丽. 关于喀斯特石漠和石漠化概念的讨论[J]. 中国沙漠, 2004, 24(6): 689-695.
- [3] 王德炉, 朱守谦, 黄宝龙. 石漠化的概念及其内涵[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2004, 28(6): 87-90.
- [4] 俞遵典. 论喀斯特地貌的成因与演化[J]. 云南地质, 2003, 22(1): 1-15.
- [5] 李阳兵. 西南岩溶山地生态环境研究进展与若干问题[J]. 云南地理环境研究, 2006, 18(2): 61-65.
- [6] 蔡秋, 陈梅琳. 贵州喀斯特山区环境特征与生态系统的恢复和重建[J]. 农业系统科学与综合研究, 2001, 17(1): 49-53.
- [7] 苏维词. 贵州喀斯特山区生态环境脆弱性及其生态整治[J]. 中国环境科学, 2000, 20(6): 547-551.
- [8] 苏维词, 杨华, 李晴, 等. 我国西南喀斯特山区土地石漠化成因及防治[J]. 土壤通报, 2006, 37(3): 447-451.
- [9] 司彬, 何丙辉, 姚小华, 等. 喀斯特石漠化形成原因及植被恢复途径探讨[J]. 江西农业大学学报, 2006, 28(3): 392-396.
- [10] 龙健, 江新荣, 邓启琼, 等. 贵州喀斯特地区土壤石漠化的本质特征研究[J]. 土壤学报, 2005, 42(3): 419-427.
- [11] 涂成龙, 林昌虎, 何腾兵, 等. 黔中石漠化地区生态恢复过程中土壤养分变异特征[J]. 水土保持通报, 2004, 24(6): 22-25.
- [12] 罗海波, 宋光煜, 何腾兵, 等. 贵州喀斯特山区石漠化治理过程中土壤质量特性研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(6): 112-115.
- [13] 刘方, 王世杰, 刘元生, 等. 喀斯特石漠化过程土壤质量变化及生态环境影响评价[J]. 生态学报, 2005, 25(3): 639-644.
- [14] 朱海燕, 刘忠德, 钟章成. 喀斯特退化生态系统不同恢复阶段土壤质量研究[J]. 林业科学研究, 2006, 19(2): 248-252.
- [15] 龙健, 李娟, 黄昌勇. 我国西南地区的喀斯特环境与土壤退化及其恢复[J]. 水土保持学报, 2002, 16(5): 5-8.
- [16] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978.
- [17] 郝振纯, 李丽, 王加虎, 等. 气候变化对地表水资源的影响[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 2007, 32(3): 425-432.
- [18] 秦大河. 中国西部环境变化评估(综合卷)[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 55-56.
- [19] 张云海, 杨洪斌, 李法云. 辽宁水资源与气候变化分析及对策研究[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(4): 6-9.
- [20] 李应业, 李加洛, 赵恒和, 等. 海南州气候变化对生态环境的影响及对策研究[J]. 青海环境, 2005, 15(4): 139-143.
- [21] 陈隆勋, 周秀骥, 李维亮, 等. 中国近 80 年来气候变化特征及其形成机制[J]. 大气科学, 2004, 62(5): 634-646.
- [22] 时兴合, 张国胜, 唐红玉, 等. 黄河上游地区降水对水资源的影响[J]. 气象, 1999, 25(9): 7-10.
- [23] 马晓波, 胡泽勇. 青藏高原 40 年来降水变化趋势及突变的分析[J]. 中国沙漠, 2005, 25(1): 137-139.
- [24] 南阳春, 李国华. 黄冈市水资源分析与利用[J]. 气象, 2004, 30(7): 47-51.

(上接第 144 页)