

青藏高原降水量·雨日变化趋势的分形研究

冯自立, 罗隆成³ (1. 中国民航飞行学院空中交通管理学院, 四川广汉 618307; 2. 绵阳师范学院资源环境科学系, 四川绵阳 621000; 3. 国家城市污水处理及资源化工程技术研究中心, 四川绵阳 621000)

摘要 运用 R/S 分析法对青藏高原拉萨、托托河、甘孜等 12 台站的年降水量、年雨日进行分形研究。结果表明: 年降水量、年雨日的总体变化趋势存在着十分明显的 Hurst 现象; 年降水量、年雨日时间序列的长期相关性特征总体表现为持续性。年降水量的变化趋势既有减少趋势, 也有增加趋势; 年雨日的变化出现了完全“统一”的显著减少趋势; 年雨日与年降水量的长期变化趋势不完全一致。

关键词 雨日; 降水量; Hurst 指数; 分形; 青藏高原;

中图分类号 S162 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)01-00295-04

Fractal Research on Changing Trends of Precipitation and Rain Day in Tibetan Plateau

FENG Zi-li et al (College of Air Traffic Management, Civil Aviation Flight University of China, Guanghan, Sichuan 618307)

Abstract The fractal research on annual precipitations and annual rain days of 12 meteorological stations such as Lhasa, Tutuo River and Garzi etc. in Tibetan plateau were conducted by R/S analysis. The results showed that the total change trends of annual precipitation and annual rain day had very obvious Hurst phenomena, and the long-term correlation characteristic between time sequences of annual precipitation and annual rain day showed to be durable on the whole. The change trends of annual precipitation included not only decreasing trend but also increasing trend, the change of annual rain day showed to be completely “unified” significant decreasing trend, and the long-term change trends of annual rain day and annual precipitation were not completely accordant.

Key words Rainy day; Precipitation; Hurst Index; Fractal; Tibetan plateau

作为世界“第三极”的青藏高原已成为继南北极之外, 又一个气候变化研究的热点区域。青藏高原的气候变化对东亚季风的演变, 对东亚和我国气候变化也起着十分重要的作用^[1]。青藏高原气候变化的位相比我国东部提前^[2-3], 所以青藏高原的气候变化对全国的气候变化具有预测和指示意义, 对青藏高原气候与降水变化方面的研究较多^[4-12]。而分形理论主要研究和揭示复杂自然现象中所隐藏的规律性、层次性和标度不变性, 特别是自然界存在的某种程度的“自相似性”^[13-15]。能从部分气象台有限的气候资料来认识青藏高原未来气候的无限变化。笔者为深入探讨青藏高原未来降水气候变化的一些特点和规律, 不仅对降水量运用 R/S 分析进行分形研究, 而且通过雨日的 Hurst 指数试验对雨日进行分形研究。并进一步研究青藏高原雨日与降水量在降水气候变化中的位相关系。

1 材料与方 法

1.1 气候资料 根据中国气象科学数据共享服务网 (<http://cdc.cma.gov.cn/>) 提供的降水资料^[16], 首先整理出青藏高原(包括青藏高原东南缘)拉萨、托托河、甘孜等青藏高原 12 台站夏半年(4~9 月)、冬半年(1~3 月和 10~12 月)及全年的降水量。其次统计整理出 12 台站夏(冬)半年及全年的降水日数, 降水日数定义为日降水量大于等于 0 mm(有雨无量)的日数, 以后统一称作雨日。此由逐日降水量资料统计整理出月雨日数, 再由各月雨日数累加而成夏(冬)半年及全年的雨日数。

1.2 分析方法 R/S 分析法最早是由英国科学家赫斯特(H. E. Hurst)在研究尼罗河多年水文观测资料时提出的一种新的统计方法——变标度极差分析法(Rescaled Range Analysis, 简称 R/S 分析)^[15]。后来经 Mandelbrot 与 Wallis 在理论上对该方法进一步补充完善, 把它发展成为研究时间序

列的分形理论。R/S 分析法的主要原理为: 考虑一个时间序列 $\{X(t)\}, t=1, 2, \dots$, 对于任意正整数 n , 定义均值系列: $\langle X \rangle_n = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n X(t), n=1, 2, \dots$; 累积离差为: $X(t, n) = \sum_{t=1}^n (X(t) - \langle X \rangle_n), 1 \leq t \leq n$; 极差为: $R(n) = \max_{1 \leq t \leq n} X(t, n) - \min_{1 \leq t \leq n} X(t, n), n=1, 2, \dots$; 标准差为: $S(n) = [1/n \sum_{t=1}^n (X(t) - \langle X \rangle_n)^2]^{1/2}, n=1, 2, \dots$; 考虑比值 $R(n)/S(n) = R/S$, 若存在如下关系: $R/S \sim n^H$; 则说明所分析的时间序列存在 Hurst 现象, H 称为 Hurst 指数。H 值可根据计算出的 R 值和 R/S 值, 在双对数坐标系($\ln n, \ln R/S$) 中用最小二乘法拟合上式得到。根据 H 值的大小, 可以判断该时间序列是完全随机的抑或是存在趋势性成分。趋势性成分表现为持续性(Persistence), 还是反持续性(Antipersistence)。

表 1 Hurst 指数分级

Table 1 Classification of Hurst index

等级	Hurst 指数值域	持续性强度	等级	Hurst 指数值域	反持续性强度
Rating	Hurst index range	Persistent strength	Rating	Hurst index range	Antipersistent strength
1	0.50 < H < 0.55	很弱	-1	0.45 < H < 0.50	很弱
2	0.55 < H < 0.65	较弱	-2	0.35 < H < 0.45	较弱
3	0.65 < H < 0.75	较强	-3	0.25 < H < 0.35	较强
4	0.75 < H < 0.80	强	-4	0.20 < H < 0.25	强
5	0.80 < H < 1.00	很强	-5	0.00 < H < 0.20	很强

Hurst 等曾证明, 如果 $\{X(t)\}$ 是相互独立、方差有限的随机序列, 则有 $H=0.5$ 。对应于不同的 Hurst 指数 $H(0 < H < 1)$, 存在以下几种情况: $H=0.5$, 如上所述, 即各项气候要素完全独立, 相互没有依赖, 气候变化是随机的。 $0.5 < H < 1$, 表明时间序列具有长期相关的特征(Long range correlation), 过程具有持续性。反映在气候要素上, 则表明未来的气候总体变化将与过去的变化趋势一致。如过去整体增加的趋势预示将来整体趋势还是增加, 反之亦然。且 H 值越接近 1, 持续性就越强。 $0 < H < 0.5$, 表明时间序列具

基金项目 中国气象局气候研究开放实验室开放课题(LCS2006-06)和绵阳师范学院重点科研基金项目联合资助项目。

作者简介 冯自立(1970-), 男, 山东无棣人, 博士, 讲师, 从事气候变化、地质灾害与环境的研究。

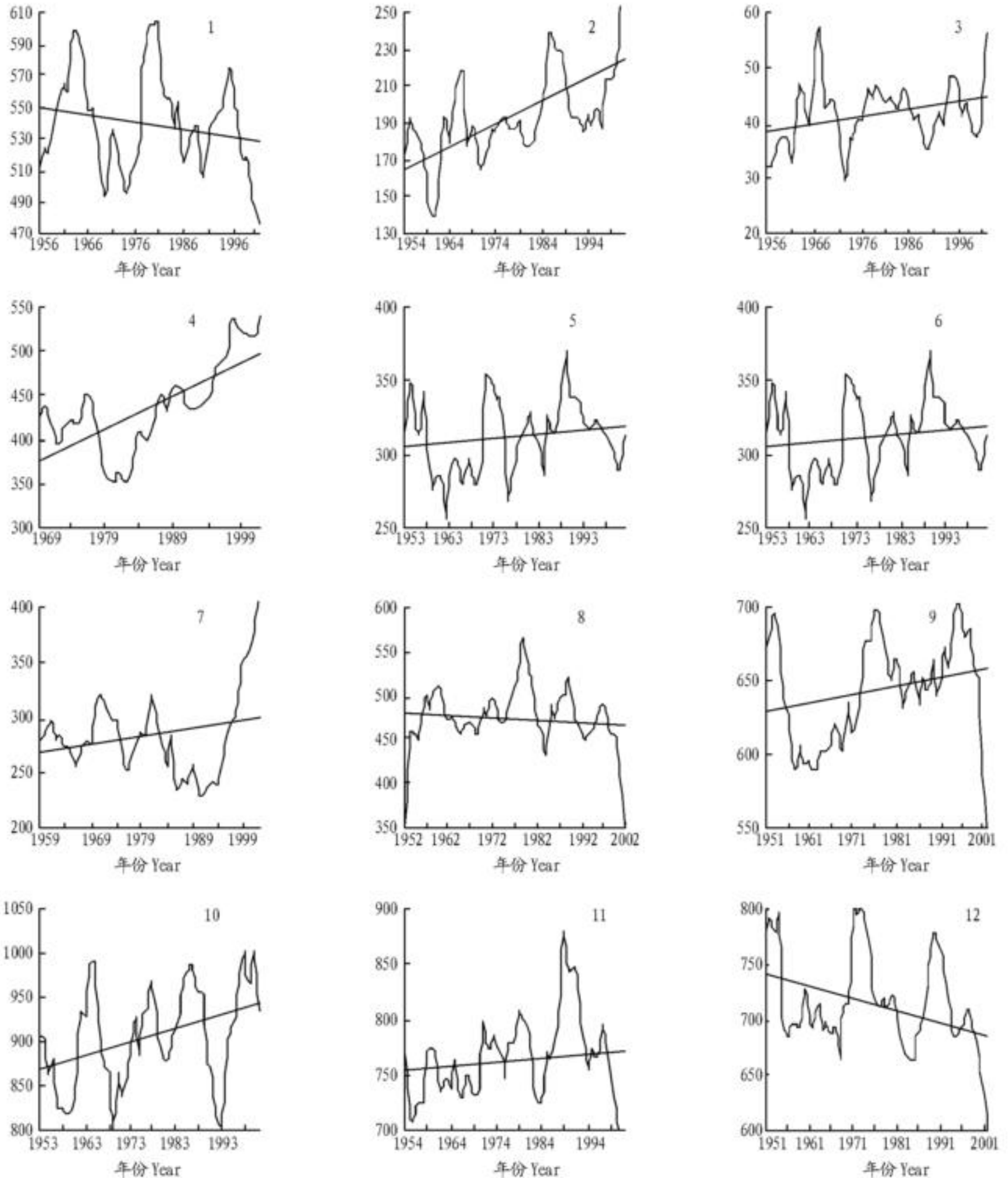
收稿日期 2007-08-21

有长期相关性。但将来的总体趋势与过去相反,即过去整体增加的趋势预示将来整体上的减少,反之亦然,这种现象就是反持续性。H 值越接近0,反持续性越强。Hurst 指数能很好地揭示出时间序列中的趋势性成分,并且能由Hurst 指数值的大小来判断趋势性成分的持续性(反持续性)强度的大小^[17-18],由此总结出了Hurst 指数的分级表。持续性(反持续性)强度由弱到强都分为5级,其中持续性强度用1~5级

表示,反持续性强度则用-1~-5级表示(表1)。

按照上述计算方法对青藏高原12台站的夏(冬)半年及年降水量,根据各台站不同的值,通过计算进行R/S分析。由此得到了青藏高原12台站降水量的R/S分析结果图(图1)和Hurst 指数表(表2)。可以看出青藏高原12台站的降水量时间序列都存在着明显的Hurst 现象。

另外对青藏高原12台站的雨日,进行了Hurst 指数试验



注:1 为达日,2 为都兰,3 为格尔木,4 为拉萨,5 为玛多,6 为曲麻莱,7 为托托河,8 为玉树,9 为甘孜,10 为九龙,11 为马尔康,12 为松潘。下同。

Note :1 , Dai ; 2 , Dlan ; 3 , Geermu ; 4 , Lasa ; 5 , Máduo ; 6 , Qumalai ; 7 , Tutuohe ; 8 , Yúshù ; 9 , Gǎnzǎ ; 10 , Jiulong ; 11 , Mǎrkǎng ; 12 , Sǒngpǎn . The same as below .

图1 青藏高原年降水量5年滑动趋势

Fig. 1 Sliding trend of annual precipitation in Tibetan Plateau in 5 years

的分形研究。由此得出了青藏高原12台站年雨日的Hurst 指数试验分析结果(图2)和Hurst 指数(表2)。试验结果表

明,青藏高原12台站夏(冬)半年雨日和年雨日都存在着明显的Hurst 现象。

表2 青藏高原12 台站6 项气候要素的Hurst 指数

Table 2 Hurst index of 6 climatic factors in 12 stations of Tibetan Plateau

气候因素 Climatic factor	时间 Time	达日 Dai	都兰 Dulan	格尔木 Geermu	拉萨 Lasa	玛多 Maduo	曲麻莱 Qumalei	托托河 Tutuohu	玉树 Yushu	甘孜 Ganzi	九龙 Jiulong	马尔康 Markang	松潘 Songpan
降水量 Precipitation	夏半年	0.64	0.56	0.43	0.74	0.76	0.65	0.59	0.63	0.63	0.59	0.61	0.57
	冬半年	0.68	0.47	0.56	0.87	0.63	0.53	0.45	0.56	0.68	0.63	0.71	0.59
	年值	0.69	0.57	0.57	0.67	0.58	0.64	0.59	0.62	0.68	0.55	0.55	0.51
雨日 Rainy days	夏半年	0.68	0.56	0.44	0.70	0.69	0.65	0.59	0.76	0.76	0.78	0.67	0.54
	冬半年	0.67	0.77	0.65	0.62	0.59	0.80	0.64	0.68	0.68	0.67	0.71	0.50
	年值	0.75	0.60	0.37	0.71	0.59	0.79	0.60	0.80	0.71	0.67	0.72	0.59

2 结果与分析

2.1 全年及夏(冬) 半年降水量变化趋势的 R/S 分析 由图1 可以看出, 拉萨、托托河、甘孜等8 台站的年降水量呈增加的趋势。8 台站10 年平均增加幅度(气候倾向率) 为5.7 mm。R/S 分析结果表明,8 台站年降水量序列长期相关特征表现为持续性,即未来变化与过去变化趋势一致。过去总体增加的趋势预示未来年降水量仍将继续增加。其持续性强度的分布为:属较强3 级的有2 台站,较弱2 级的有4 台站,很弱1 级的有2 台站。总的看来,其持续性强度相对较弱。

达日等4 台站年降水量有减少趋势,4 台站10 年平均减幅(气候倾向率) 为7.0 mm。R/S 分析结果显示4 台站年降水量长期相关性(持续性) 强度除达日为较强的3 级外,其余均为2 级。预示未来降水量趋势仍与50 年来的趋势相同,继续减少。且其持续性强度相对于上述8 台站要强。由图1 可以看出,夏半年降水量变化趋势基本上与全年降水量的变化的趋势一致。也就是说,拉萨、托托河、甘孜等8 台站夏半年与全年降水量增加的趋势一致。达日等4 台站夏半年同全年降水量减少趋势一致。

需要特别提出的是,夏(冬) 半年降水量变化趋势的持续性强度中出现了3 次反持续性。这在年降水量的变化趋势中是没有的,它们分别是:格尔木 $H_{夏} = 0.43$ 属较弱的-2 级,托托河 $H_{冬} = 0.45$ 属很弱的-1 级。而这两个台站都属于夏半年降水量为增加趋势的台站。这就意味着格尔木、托托河的长程相关性特征与过去相反。未来降水量变化的趋势将由过去呈增加的趋势变为减少的趋势。

2.2 全年及夏(冬) 半年雨日变化趋势的 R/S 分析 由图2 可以看出,12 台站的年雨日都有着十分一致的明显减少趋势。R/S 分析结果表明,除格尔木外,其余11 台站年雨日序列的长期相关性特征表现为持续性,及未来变化与过去变化趋势一致,过去雨日减少的趋势,预示未来雨日总体趋势仍将继续减少。在年雨日序列长期相关性特征表现为持续性的11 台站中,持续性强度大都分布在3~4 级范围内。其中属较强3 级的有5 台站,属强的4 级有2 台站,还有属较弱的2 级还有4 台站。可以看出,11 台站年雨日变化趋势表现出了相对强的持续性强度。格尔木年雨日序列虽具有下降趋势,但其长程相关性特征为反持续性,属较弱的-2 级。

由图2 可以看出,12 台站夏(冬) 半年的雨日都有着完全一致的明显减少趋势。R/S 分析结果表明,除格尔木夏半年外,其余雨日序列的长期相关性特征都表现为持续性。夏半年和冬半年的持续性强度大部分都在2~4 级范围。其中夏

半年属4 级的有3 台站,3 级的有4 台站,2 级的有3 台站;冬半年属4 级的有2 台站,3 级的有4 台站,属2 级的有4 台站。这十分明显的表现出了无论是夏半年还是冬半年,其雨日变化的总体趋势与全年完全一致,未来仍将继续减少。

3 小结与讨论

(1) 对青藏高原12 台站的年降水量、年平均雨日进行分形研究、R/S 分析。结果表明,年降水量及年雨日的变化趋势存在着十分明显的Hurst 现象。除格尔木外,Hurst 指数都介于0.5~1.0,由此充分证明了:年降水量、年雨日时间序列的长期相关性特征表现为持续性,即青藏高原降水量和雨日的气候变化总体趋势存在着持续性。格尔木年雨日的Hurst 指数值为0.37,表现出了反持续性,无论其总体趋势的持续性及个别台站所表现的反持续性,都表明青藏高原降水气候变化中存在着明显的Hurst 现象。

(2) 青藏高原12 台站年降水量的变化出现了有减有增的复杂多变局面,达日等4 台站年降水量为减少趋势。10 年平均减幅为7.0 mm,减少趋势的持续性强度主要为2~3 级,相对较强;拉萨、托托河等8 台站年降水量有增加趋势,10 年平均增幅为5.7 mm;增加趋势的持续性强度以较弱和很弱的1~2 级为主。格尔木和托托河夏(冬) 半年的Hurst 指数已转变为反持续性,很弱的平均降水增幅,相对弱的持续性强度,个别台站Hurst 指数由持续性转变为反持续性。这种迹象已表明8 台站年降水量未来继续增加的可能性越来越小。

(3) 青藏高原12 台站年雨日的变化出现了非常“统一”的显著减少趋势。最大减幅出现在达日平均每10 年减少雨日13 d,最小减幅是2 d,平均减幅达5 d。从总体来看,年雨日减少趋势的持续性强度大都分布在3~4 级范围,表现出了相对很强的持续性强度,并且无论夏半年,还是冬半年雨日变化趋势都与全年完全一致。

(4) 青藏高原12 台站年雨日与年降水量的长期变化趋势不完全一致,年雨日的“统一”减少以及这种减少趋势所具有相对很强的持续性强度,将必然会使雨日不断减少的趋势继续,而雨日不断减少又将会使降水量最终也明显减少。这是因为青藏高原主体地表反射率的增大引起东亚季风和高原季风显著减弱^[8],首先表现在雨日一致减少,然后才是降水量的逐步减少降水量的减少。可以看出在青藏高原降水的气候变化中雨日和降水量变化的“位相”是不一致的,雨日的位相要比降水量超前。

(5) 值得提出的是,尽管分形理论对部分气象台站(这个局部) 认识青藏高原总体提供了有效方法,但毕竟所使用气

象台站数有限,因此,还需要进一步深入研究,使青藏高原具有更好的代表性。

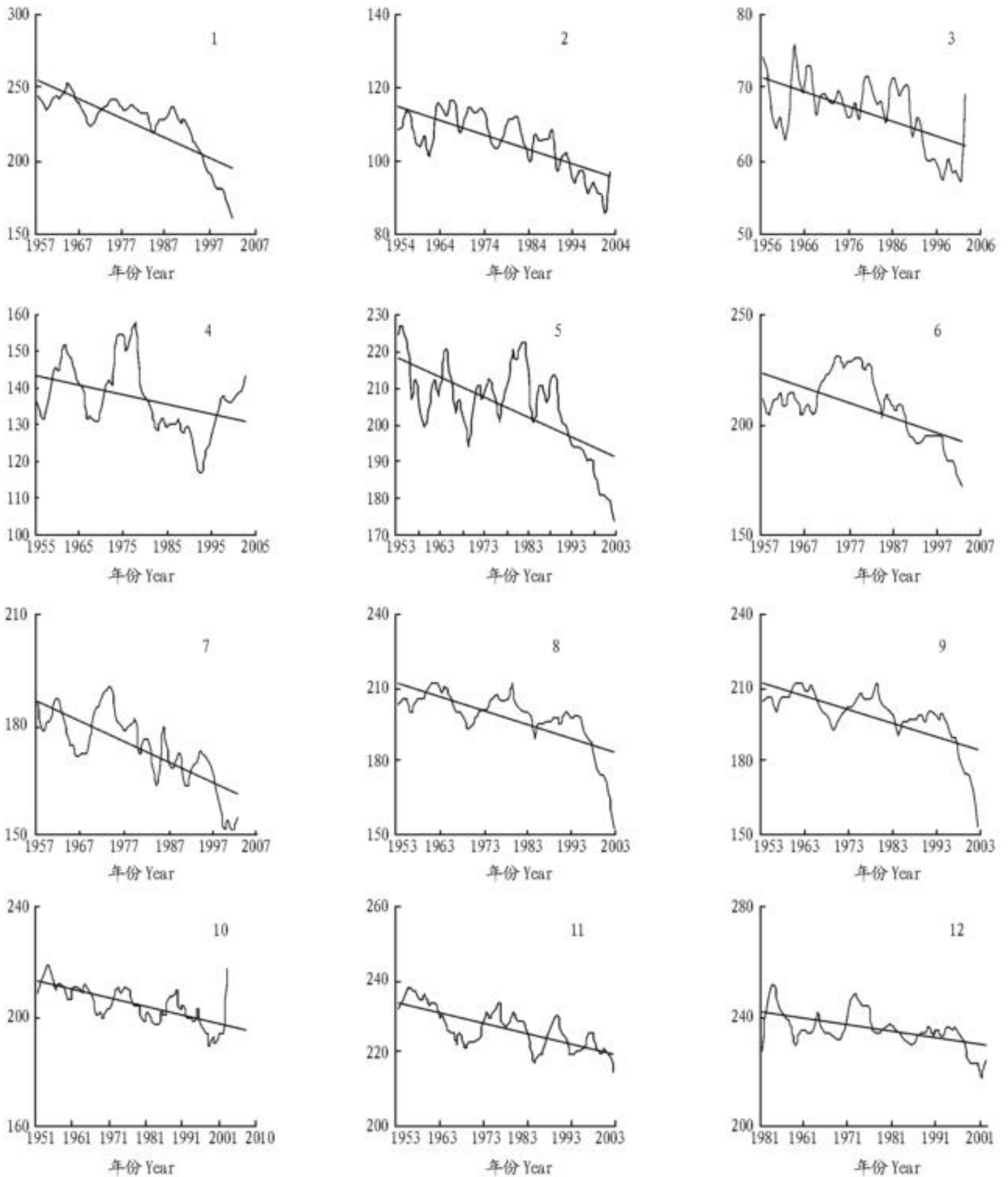


图2 青藏高原年雨日5年滑动趋势

Fig. 2 Sliding trend of annual rain days in Tibetan Plateau in 5 years

参考文献

- [1] 李潮流, 康世昌. 青藏高原不同时段气候变化的研究综述[J]. 地理学报, 2006, 61(3): 327-335.
- [2] 姚檀栋, 刘晓东, 王宁练. 青藏高原地区的气候变化幅度问题[J]. 科学通报, 2000, 45(1): 98-106.
- [3] 冯松, 汤懋苍, 王冬梅. 青藏高原是我国气候变化启动区的新证据[J]. 科学通报, 1998, 43(6): 633-636.
- [4] 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.
- [5] 牛涛, 刘洪利, 宋燕, 等. 青藏高原气候由暖干到暖湿时期的年代际变化特征研究[J]. 应用气象学报, 2005, 16(6): 763-771.
- [6] IPCC. Climate Change 2001: Impacts, Adaptation & Vulnerability[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2001: 1-18.
- [7] 王堰, 李雄, 缪启龙. 青藏高原近50年来气温变化特征的研究[J]. 干旱区地理, 2004, 27(1): 41-46.
- [8] 刘晓东, 张敏锋, 惠晓英, 等. 青藏高原当代气候变化特征及其对温室效应的响应[J]. 地理科学, 1998, 18(2): 113-121.
- [9] 姚莉, 吴庆梅. 青藏高原气候变化特征[J]. 气象科技, 2002, 30(3): 162-164.
- [10] 李林, 朱西德, 秦宁生. 青藏高原气温变化及其异常类型的研究[J]. 高原气象, 2003, 22(5): 524-530.
- [11] 林振耀, 赵昕奕. 青藏高原气温降水变化的空间特征[J]. 中国科学D辑, 1996, 26(4): 354-358.
- [12] 杜军, 马玉才. 青藏高原降水变化趋势的气候分析[J]. 地理学报, 2004, 59(3): 375-382.
- [13] 徐建华. 现代地理学中的数学方法[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.

3.2.2 营养性。鲜奶经过杀菌后可包装销售。此时牛奶的营养成分得到很好地保留,营养价值高。但现实中许多乳品企业为了突破奶源的瓶颈,应对价格竞争,大量使用进口奶粉调制还原奶,以大幅度地降低生产成本,尤其是在进口奶粉的关税降低,进口奶粉的价格优势得到体现之后。根据国家统计局公布的数据,2004 年我国进口 14.5 万 t 奶粉。连盛产奶粉的黑龙江和内蒙古也在大量进口奶粉,这也从侧面反映出进口奶粉在我国的强大竞争力。大量的奶粉进口意味着还原奶的广泛存在。还原奶是乳品加工企业在竞争中做出的扭曲的成本策略选择,即企业开始以牺牲产品质量为代价来进行竞争^[5]。还原奶的使用降低了乳品的营养性,不利于乳品企业的长期发展。

3.2.3 外观与口感。外观和口感也是决定产品竞争力的重要因素。国产乳品与进口乳品的质量差距较大。进口奶粉不仅包装好,而且奶粉的口感好,奶香浓郁,速溶度高,不结块,且国外乳品的差异化程度较高,不但每个类型的产品都细分为 10 多种口味和功能,还按照质量指标对产品进行分级分类,按照脂肪含量的高低将液态奶分为 10 多个类型。然而,国内乳品的差异化程度却明显不足。从横向差异化的角度看,我国市场上乳品的品种雷同;从纵向差异化的角度看,我国乳品分类过于简单,液态奶只分为全脂、低脂和无脂三种类型。另外,由于现有乳品加工企业的生产线和包装设备基本相同,乳品的外观也相差无几。这在一定程度上降低了我国乳制品的国际竞争力。

3.3 信誉竞争力 品牌是商品的识别标志。名牌产品利用它使自己与其他同类产品区别开来,产生一种特有的竞争能力。尤其是当产品发展到成熟阶段,市场竞争白热化时,产品市场的竞争越来越多地表现为品牌竞争。

我国乳品加工业目前仍较为分散。由于乳品加工业进入壁垒低,从而形成市场过度进入,造成产业过度竞争,也给大型乳品企业的品牌经营造成一定难度。2003 年,我国乳品加工企业共有 1 600 多家,其中,中小型乳品加工企业占 90%~95%,国有企业及年销售额在 500 万元以上的非国有企业有 359 家,年销售额上亿元的有 12 家^[6]。此外,国外乳品品牌的进入也给国内企业造成一定压力。但少数大型乳品企业如伊利、蒙牛等品牌意识较强,具有一定信誉竞争力。

4 结语

通过对我国乳制品显示竞争力和产品竞争力 2 个方面分析,发现我国奶业国际竞争力整体不高,与发达国家相比还有很大差距,但具发展潜力;我国乳制品国际市场占有率

较低,不具国际竞争力;我国乳品在售价上具有一定优势,但乳品销售的利润低;乳品整体质量不高,质量竞争力弱;少数大型乳品企业具信誉竞争力。

就提高我国乳制品国际竞争力而言,提出以下建议:

(1) 调整加工结构及出口结构。在加工结构上,要重视原奶加工产品的生产。将乳业生产结构与农业结构调整相结合,发挥我国奶制品成本优势。改变国内以奶粉为主的产品格局,加大消费需求较大的消毒奶、保鲜奶、酸奶、冰淇淋及其他含乳饮料的比重。在出口方面,要改变国内市场生产的产品标准低而国外市场生产的产品标准高的做法,从而保证 2 个市场的竞争力。另外,利用我国在亚洲市场的出口潜力,积极调整出口结构。

(2) 加强奶源基地建设,规范乳制品标准。奶源是我国乳业发展的瓶颈。所以,应加大国家对乳业生产基础设施以及良种培育与推广、疾病防治等方面的投入,加强奶源基地建设。在保证原奶质量方面,应建立奶牛重大疫病和常见病防疫诊断预报体系,加强动植物卫生检疫、质量标准体系建设。制订生产急需的标准,如饲料安全卫生标准,无公害或有机牛奶生产标准,形成从饲料、养殖环节、牛奶加工和包装的一系列标准,使之达到 ISO、FAO 及 WHO 所发布的先进标准水平,提高我国乳制品的国际竞争力。

(3) 改善乳制品贸易环境。我国乳业参与经济全球化进程,良好的贸易环境至关重要。我国应加强双边贸易谈判以及反倾销、反补贴调查,改善乳制品贸易环境。在调整乳制品进口关税时,要考虑国内生产情况,合理设置关税水平。在遵守国际贸易准则的条件下,有必要采取非关税保护措施依法保护本国奶业。进一步加大打击乳品走私力度,把走私奶粉拒于国门之外,保护国内乳品生产,提高乳业国际竞争能力,逐步形成乳品生产、加工和内外贸管理一体化。

参考文献

- [1] 佚名. 乳业: 长期增长动力充足给予增持评级 EB/ OL. (2005-04-13) [2007-05-22] <http://gp.stock.163.com/05/0413/11/1HYDKHG00121AS1.htm>.
- [2] 刘艺卓,田志宏. 中国乳品的国际贸易格局及市场策略分析[J]. 世界农业, 2005(8): 18-21.
- [3] 赵美玲,王述英. 农业国际竞争力评价指标体系与评价模型研究[J]. 南开经济研究, 2005(6): 39-44.
- [4] 张文兵. 中国奶业竞争力: 基于 RCA 和“钻石”模型的分析[J]. 农村经济问题, 2005(11): 36-41.
- [5] 王威,顾海英. 中国乳品加工业的过度竞争分析[J]. 中国农村经济, 2005(2): 43-49.
- [6] 赵剑峰. 中国乳品消费水平及影响因素的经济学分析[J]. 中国乳业, 2003(9): 4-8.

(上接第 298 页)

- [14] 孙博文. 分形算法与程序设计[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 1
- [15] 孙霞,吴自勤,黄叙. 分形原理及其应用[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2003.
- [16] 国家气象信息中心气象资料室. 中国地面气候资料国际交换站月值

- 年值数据 EB/ OL. [2007-07-21]. <http://cdc.cma.gov.cn/>, 2006.
- [17] 赵晶,王乃昂,杨淑华. 兰州城市化气候效应的 R/S 分析[J]. 兰州大学学报: 自然科学版, 2000, 36(6): 122-128.
- [18] 江田汉,邓蓬堂. Hurst 指数估计中存在的若干问题[J]. 地理科学, 2004, 24(2): 177-182.