

冯先林,钱康妮,博尔楠,等. 阿克达拉大气本底站 CO 质量浓度变化特征分析[J]. 陕西气象,2021(1):44-49.

文章编号:1006-4354(2021)01-0044-06

阿克达拉大气本底站 CO 质量浓度变化特征分析

冯先林¹,钱康妮¹,博尔楠¹,王 丹¹,邓凌峰²

(1. 阿勒泰地区气象局,新疆阿勒泰 836500;2. 阿克达拉区域大气本底站,新疆福海 836400)

摘 要:采用阿克达拉大气本底站 2012 年 1 月 1 日—2017 年 12 月 31 日 1 min 观测 1 次的 CO 资料,统计分析 CO 质量浓度在日内、日际、月际、季节和年际时间尺度下的变化特征,结果表明:阿克达拉日内、日际、月际、季节与年际时间尺度下的 CO 质量浓度变化波动均较为剧烈;年平均 CO 质量浓度在 6 年内整体呈逐年减小趋势;季节变化呈现冬季大、其他季节小的特征,各季节 CO 平均质量浓度从大到小排序为后冬、前冬、春季、秋季、夏季;月平均 CO 质量浓度呈“U”型变化特征,峰值在 1 月、谷值在 6 月,6—9 月在底部波动变化;日平均 CO 质量浓度变化大致呈“U”型,峰值在 1 月 17 日、谷值在 6 月 18 日;CO 质量浓度四季日变化特征均为单谷型,每天 14 时之前波动不大,15 时后迅速减小,17 时达到谷值,之后又迅速增大,19 时后相对平稳,四季日 CO 质量浓度逐时平均从大到小排序为后冬、前冬、春季、夏季与秋季。

关键词:大气本底站;CO 质量浓度;变化特征;阿克达拉

中图分类号:P402:X16

文献标识码:A

CO 是一种无色、无味、无臭的气体,高浓度的 CO 对人体有毒害作用。大气中的 CO 主要来源于含碳物质的燃烧过程,是人类活动排放量最大的大气污染物之一。CO 是参与大气碳循环的重要气体之一,尽管 CO 本身不是温室气体,但可以间接地影响其它温室气体(如甲烷)的大气寿命,所以 CO 也是具有气候意义的大气成分。国内许多学者已对不同区域的 CO 展开了大量研究,程巴阳^[1]等通过与 2010 年上甸子大气本底站和城区海淀宝联站的 CO 观测浓度的比较,研究了北京地区 CO 浓度变化特征,并统计分析各类排放源的贡献差异。吴战平^[2]等利用 2013 年 1 月 1 日—2015 年 6 月 30 日贵阳市 9 个环境监测站 CO 监测数据,分析了贵阳市 CO 的年变化、日变化特征,发现 CO 浓度为单谷型年变化,夏季浓度最低,冬季浓度最高,日变化呈双峰型特征,郊区日平均浓度低于市区。苑丽^[3]等对 2015—2017 年焦作市 4 个国控空气监测点位的监测数

据进行统计分析,结果表明:2015—2017 年城区环境空气污染 CO 质量浓度呈逐年下降趋势,季节变化特征明显,冬季最高、夏季最低。赵玉成^[4]等经过在瓦里关全球大气本底观象台进行长期连续的现场实际空气采样,对 1991—2016 年空气样品中的大气本底浓度测量结果进行了分析,发现瓦里关地区大气中 CO 质量浓度的年平均值增长趋势不太明显,且波动较大,其中年平均浓度的高值分别出现在 2004、2005、2007、2010 年,在 1993、2008 年平均浓度则较低。刘洁^[5]等于 2005 年 1 月 1 日—12 月 31 日在北京上甸子区域大气本底站连续观测 CO 浓度,分析了晴天、雨天、霾天和沙尘天气条件下 CO 的变化特征,其变化规律为:晴天、雨天和沙尘天的 CO 浓度水平较低,霾天 CO 的浓度远高于其它天气条件。纪凡华^[6]等对 2009—2017 年聊城空气污染日数据和静稳天气的气候特征进行了分析,发现 CO 平均质量浓度呈降低趋势,月平均污染日数成波浪型变化,

收稿日期:2020-06-24

作者简介:冯先林(1995—),男,汉族,四川安州人,学士,助理工程师,从事短期天气预报工作。

基金项目:阿勒泰地区气象局本级课题(AQ2020006)

1 月和 12 月最严重;冬季污染最严重,夏季最轻;雾、霾天气出现日数与月污染日数呈明显正相关。另外还有许多科研人员对全国不同区域的 CO 进行了特征分析及气象相关要素研究^[7-9]。新疆阿克达拉作为中国继青海瓦里关、北京上甸子、黑龙江龙凤山、浙江临安、云南香格里拉之后第 6 个区域大气本底站,保存了多年的 CO 资料,而基于其数据资料的相关研究却很少,分析阿克达拉 CO 的变化特征,确定阿克达拉上游区域的大气本底信息以及污染物的跨境输送等特征,可为研究气候环境变化、制定环境外交和可持续发展战略提供准确、可靠的基础性科学数据,具有非常重要的意义。

1 资料及方法

1.1 观测仪器与方法

按照大气成分观测规范,仪器安装在阿克达拉区域大气本底站业务楼观测室内,采样口高出屋顶平台 1.5 m,四周开阔无遮挡物,采样口距离地面 5.0 m。观测仪器是由澳大利亚 Ecotech 公司生产的 EC/ML9830T 型 CO 分析仪。该仪器为不分光(非色散)红外光度计,采用气体过滤相关技术和最新光电技术,可准确可靠地测量较低质量浓度的 CO,其产生的红外辐射(IR)被在 5 m 光程长的封闭通道内的 CO 所吸收。EC/ML9830T 内置催化式零气发生器,可提供无 CO 气体。在样气进入转换器后,机内微处理器自动校准零点。除了温度和压力补偿外,EC/ML9830T 可根据标气的已知质量浓度对仪器进行跨度调整。使用时,仪器在所测质量浓度超过正常量程的 90%时,可自动进行高量程切换,而当测量读数回落到正常值的 80%时,仪器自动切换成原量程状态。EC/ML9830T 仪器被美国环保局 USEPA 指定为等效产品。数据采集和记录由外接的数据采集仪或纸带记录仪来完成。

1.2 数据处理

所采用资料为阿克达拉国家大气本底站自有资料以来即 2010 年 1 月 1 日—2019 年 12 月 31 日 1 min 观测 1 次的 CO 资料,经过中国气象科学研究院大气探测中心筛选、整理、检测,并剔除不完整及错误资料,严格实现了数据质量控制。

在此基础上,按照正常资料数据完整率 $\geq 75\%$ 的标准,选取了 2012 年 1 月 1 日—2017 年 12 月 31 日时间段的可用连续资料,统计每 5 min 平均值,即在 1 min 数据资料的基础上,有 ≥ 4 次数据是正常的情况下,统计 5 min 平均数据,依次类推,分别做小时、日、月、季、年的统计。

根据阿勒泰地区气候及农牧业生产特点,将 4—5 月划分为春季,6—8 月为夏季,9—10 月为秋季,11 月—次年 3 月为冬季,其中 11—12 月为前冬,次年 1—3 月为后冬。

2 结果分析

2.1 CO 质量浓度年际变化特征

2012—2017 年阿克达拉大气本底站 CO 年平均质量浓度整体呈逐年减小趋势(图 1),变化范围为 193.6~148.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,6 年平均质量浓度为 173.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,其中 2012—2014 年各年平均质量浓度大于 6 年平均值,2015—2017 年小于 6 年平均值。6 年内 CO 年平均质量浓度最大值出现在 2012 年,最小值出现在 2016 年,最大值约为最小值的 1.3 倍,表明阿克达拉大气本底站 2012—2017 年 CO 年平均质量浓度年际波动较大。

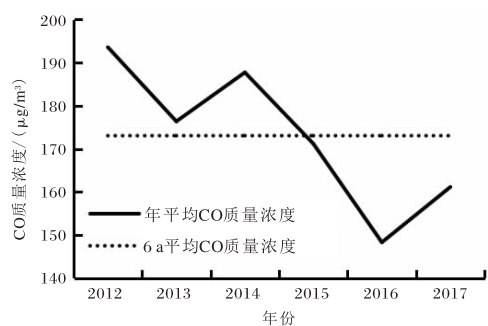


图 1 2012—2017 年阿克达拉大气本底站 CO 平均质量浓度年际变化

2.2 CO 质量浓度季节变化特征

2012—2017 年阿克达拉 CO 季节平均质量浓度变化范围为 129.5~237.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,6 年 CO 季节平均质量浓度在春季至秋季期间较小且变化不大,冬季开始迅速增大,前冬增大的速率明显快于后冬,各季节平均质量浓度从大到小排序为后冬、前冬、春季、秋季、夏季,呈现冬季大、其他季节小的特征,这一特征与浙江临安大气本底站、瑞士 Jungfraujoch 站、青海瓦里关等站略有不同^[10]。

2012—2017年CO季节平均质量浓度峰值出现在后冬,谷值出现在夏季,峰值约为谷值的1.8倍,表明在6年内阿克达拉CO季节平均质量浓度波动较大,冬季显著高于其他季节。阿克达拉冬季CO质量浓度较高,主要原因是阿勒泰地区冬季11月至翌年3月为主采暖期,这5个月的燃煤消费大量增加,而煤不完全燃烧会产生大量CO。阿克达拉站不存在燃煤取暖,因此本站大气中CO主要来自周边城镇和企业煤炭燃烧的大气扩散输入,说明了即使在阿克达拉大气本底站这样偏远的大气背景区,人为污染依然贡献了很大部分^[11]。

2012—2017年阿克达拉本底站春季、夏季和秋季平均CO质量浓度整体呈逐年缓慢减小趋势,而前冬和后冬CO质量浓度呈波动变化,且均比春季、夏季和秋季明显偏高(图2)。各季节平均CO质量浓度中,仅冬季(前冬205.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、后冬237.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)大于6年平均值(173.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$),其余季节小于6年平均值,进一步说明了阿克达拉冬季平均CO质量浓度较高且远高于其他季节。

由表1可知,2012—2017年阿克达拉大气本底站春季、夏季与秋季平均CO质量浓度最大值均出现在2012年,最小值均出现在2016年,而冬

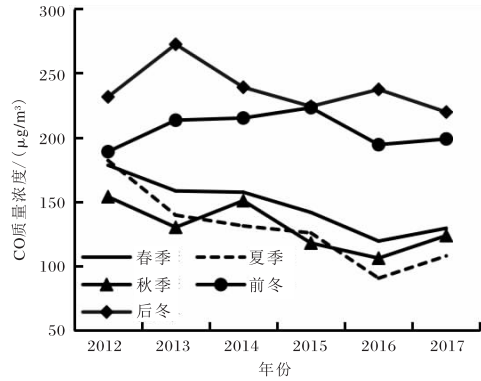


图2 阿克达拉大气本底站2012—2017年各季节CO平均质量浓度年际变化

季平均CO质量浓度变化则无明显的时间分布规律,表明阿克达拉本底站除冬季外,其他季节平均CO质量浓度变化特征较为一致,且整体逐年减小。6年内各季节平均CO质量浓度最大值与最小值之比在1.2~2.0之间,夏季最大为2.0,春季与秋季均为1.5,前冬与后冬最小,均为1.2,表明夏季平均CO质量浓度波动较大,其次是春季与秋季,冬季波动相对较小。季节尺度上,2012—2017年季平均CO质量浓度最大值出现在2013年后冬,为272.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,最小值出现在2016年夏季,为90.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,最大值约为最小值的3.0倍,表明CO质量浓度季节波动较大。

表1 2012—2017年阿克达拉大气本底站各季节平均CO质量浓度最大值、最小值及其出现年份

季节	平均质量浓度 最大值/ $(\mu\text{g}/\text{m}^3)$	出现 年份	平均质量浓度 最小值/ $(\mu\text{g}/\text{m}^3)$	出现 年份	最大值与最小值 之比
春季	178.4	2012	119.4	2016	1.5
夏季	182.2	2012	90.6	2016	2.0
秋季	153.9	2012	106.1	2016	1.5
前冬	223.1	2015	189.0	2012	1.2
后冬	272.4	2013	219.7	2017	1.2

2.3 CO质量浓度月变化特征

2012—2017年阿克达拉月平均CO质量浓度范围为120.7~287.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,呈“U”型变化特征(图3),其中6—9月平均质量浓度在底部波动变化,10月后开始逐月快速升高,1月达到峰值,随后又逐月迅速下降,在6月出现谷值,峰值约为谷值的2.4倍,表明6年内CO质量浓度

月变化较为剧烈。各月平均CO质量浓度中,1月(287.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)、2月(239.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)、3月(198.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)与12月(254.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)大于6年平均值(173.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$),其余月份小于6年平均值。说明4—11月,尤其是6—9月空气质量较好,6月最好;而采暖期空气污染较为严重,其中1月环境空气质量最差,其次是12月。这种变化特

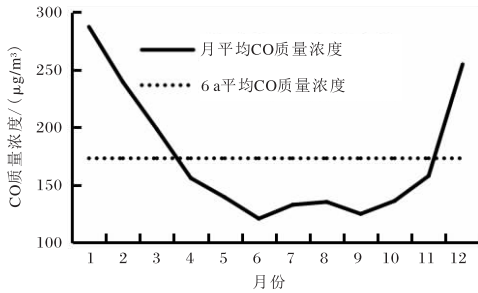


图3 2012—2017年阿克达拉大气本底站CO平均质量浓度月变化

征与范佳文与王红军^[12-13]等研究得出的北方区域大气污染物的变化特征几乎一致。

由表2可知,2012—2017年阿克达拉大气本

底站各月平均CO质量浓度最大值出现在2012年的较多,而最小值出现在2016年居多,尤其4—9月平均CO质量浓度分布均表现出这一特征,从另一方面表明这6个月的平均CO质量浓度变化特征几乎一致,且整体逐年减小,其他月份CO平均质量浓度则无明显变化规律。6年内各月平均CO质量浓度最大值与最小值之比在1.2~2.3之间,7月最大,11月最小;月际尺度上,2012—2017年月平均CO质量浓度最大值出现在2014年1月,为 $340.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$,最小值出现在2016年6月,为 $85.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$,最大值约为最小值的4.0倍,这也表明CO质量浓度月变化较为剧烈。

表2 2012—2017年阿克达拉大气本底站各月平均CO质量浓度最大值、最小值及其出现年份

月份	平均质量浓度 最大值/ $(\mu\text{g}/\text{m}^3)$	出现 年份	平均质量浓度 最小值/ $(\mu\text{g}/\text{m}^3)$	出现 年份	最大值与最小值 之比
1	340.0	2014	244.2	2017	1.4
2	275.0	2014	188.5	2013	1.5
3	252.7	2017	165.1	2016	1.5
4	192.7	2012	124.9	2016	1.5
5	164.6	2012	114.1	2016	1.4
6	155.7	2012	85.6	2016	1.8
7	215.4	2012	93.0	2016	2.3
8	175.6	2012	93.2	2016	1.9
9	160.1	2012	86.9	2016	1.8
10	153.3	2014	119.5	2015	1.3
11	172.4	2015	141.1	2017	1.2
12	275.4	2013	216.5	2012	1.3

2.4 日平均CO质量浓度变化特征

2012—2017年阿克达拉大气本底站日平均CO质量浓度大致呈“U”型变化,峰值出现在1月17日,该日6年平均CO质量浓度为 $413.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$,谷值出现在6月18日,为 $107.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$,峰值约为谷值的3.9倍。日际尺度上,2012—2017年日平均CO质量浓度最大值出现在2014年1月17日,为 $763.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$,远低于 $4000 \mu\text{g}/\text{m}^3$,表明阿克达拉6年内日平均CO质量浓度均达到了环境空气质量一级标准^[14];最小值出现在2013年2月14日,为 $43.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。最大值约为最小值的17.7倍,说明CO质量浓度日际波动非常剧烈。

通过分析2012—2017年逐年日平均CO质量浓度最大值与最小值及其出现的日期(表3)可知,日平均CO质量浓度最大值全部出现在冬季,其中有5年出现在后冬,1年出现在2013年前冬末期;最小值几乎全部出现在除冬季外的其他季节,以春季和夏季居多,从侧面说明了6年内阿克达拉日平均CO质量浓度变化有明显的季节性。2012—2017年各年逐日平均CO质量浓度最大值与最小值的比值范围较大,在3.7~15.4之间,2013年最大,为15.4,2012年最小,为3.7,进一步说明了阿克达拉CO质量浓度日际波动非常剧烈。

表3 2012—2017年阿克达拉大气本底站逐年日平均CO质量浓度最大值、最小值及其出现日期

年份	日平均质量浓度 最大值/($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	出现 日期	日平均质量浓度 最小值/($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	出现 日期	最大值与最小值 之比
2012	455.2	1月17日	123.9	5月27日	3.7
2013	665.5	12月30日	43.1	2月14日	15.4
2014	763.9	1月17日	95.6	8月3日	8.0
2015	754.8	1月13日	53.6	5月18日	14.1
2016	612.7	1月1日	48.0	9月18日	12.8
2017	745.7	1月24日	73.9	8月20日	10.1

2.5 CO质量浓度四季日变化特征

由图4可知,2012—2017年阿克达拉大气本底站CO质量浓度四季日变化特征基本一致,均为单谷型。00—14时呈波动变化,幅度不大,且无明显峰值,但从15时开始迅速减小,在17时达到谷值,之后又迅速增大,在19时后又相对平稳。阿克达拉本底站CO质量浓度的日变化特征与龙凤山本底站有明显差异^[15],其主要原因是阿克

达拉而言,每天17时左右为一天中气温最高的时刻,此时边界层较高,大气垂直扩散混合较快。此外,相对于其它时刻,午后大气中OH自由基质量浓度较高,因而进一步消耗了环境中的CO,说明阿克达拉四季CO质量浓度日变化主要受人为排放和CO的光化学反应等因素的影响。6年内四季CO质量浓度逐时平均从大到小排序为后冬、前冬、春季、夏季与秋季,夏季与秋季非常接近。

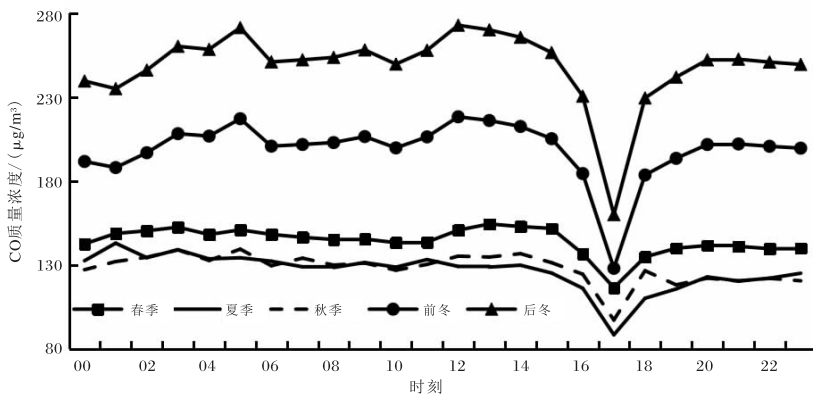


图4 2012—2017年阿克达拉大气本底站CO质量浓度四季日变化

3 结论

(1)阿克达拉大气本底站2012—2017年年平均CO质量浓度整体呈逐年减小趋势,6年平均CO质量浓度值为 $173.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$,最大值出现在2012年,为 $193.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$,最小值出现在2016年,为 $148.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

(2)CO质量浓度季节变化呈现冬季大、其他季节小的特征,从大到小排序为后冬、前冬、春季、秋季、夏季,峰值出现在后冬,为 $237.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$,谷值出现在夏季,为 $129.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$;6年内逐季平均CO质

量浓度最大值出现在2013年后冬,为 $272.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$,最小值出现在2016年夏季,为 $90.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

(3)月平均CO质量浓度呈“U”型变化特征,在1月达到峰值 $287.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$,6月出现谷值 $120.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$;6年内逐月平均CO质量浓度最大值出现在2014年1月,为 $340.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$,最小值出现在2016年6月,为 $85.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

(4)日平均CO质量浓度大致呈“U”型变化特征,峰值出现在1月17日,为 $413.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$,谷值出现在6月18日,为 $107.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$;6年内逐日

平均 CO 质量浓度最大值出现在 2014 年 1 月 17 日,为 $763.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$,最小值出现在 2013 年 2 月 14 日,为 $43.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

(5)CO 质量浓度四季日变化均为单谷型,14 时之前波动不大,15 时后迅速减小,17 时达到谷值,之后又迅速增大,19 时后相对平稳;四季 CO 质量浓度逐时平均从大到小排序为后冬、前冬、春季、夏季与秋季。

致谢:感谢原中国气象科学院大气探测中心林伟立老师为本文提供质控程序!

参考文献:

- [1] 程已阳,安兴琴,周凌晞,等. 本底站和城区站 CO 浓度变化特征和源贡献[J]. 中国环境科学, 2016, 36(10):2930-2937.
- [2] 吴战平,王烁,宋丹,等. 贵阳市大气污染物浓度特征及降水的清除作用[J]. 高原山地气象研究, 2019, 39(1):41-47.
- [3] 苑丽,闫瑞敏. 焦作市大气污染物特征和相关性分析[J]. 中国环境监测, 2019,35(5):114-119.
- [4] 赵玉成,李宝鑫,黄建青. 瓦里关大气本底浓度的长期连续监测及变化特征[J]. 青海环境, 2018,28(1):36-38.
- [5] 刘洁,张小玲,谢璞,等. 上甸子区域本底站大气痕量活性气体的变化规律[J]. 环境化学, 2007, 26(5):693-698.
- [6] 纪凡华,韩雪蕾,徐娟,等. 聊城市空气质量及相关大气污染事件特征分析[J]. 陕西气象, 2019(1): 27-31.
- [7] 徐晓斌,刘希文,林伟立. 输送对区域本底站痕量气体浓度的影响[J]. 应用气象学报, 2009,20(6): 656-664.
- [8] 金赛花. 瓦里关地面臭氧与一氧化碳浓度变化特征研究[D]. 南京信息工程大学, 2008.
- [9] 周凌希,汤洁,Ernst M,等. 中国西部本底大气中 CO 的连续测量[J]. 环境科学, 2001, 22(3):1-5.
- [10] 方双喜,周凌晞,栾天,等. 浙江临安大气本底站 CO 浓度及变化特征[J]. 环境科学, 2014, 35(7): 2454-2459.
- [11] 李海花,方雯,李佳林,等. 阿克达拉大气本底站污染物的总体特征变化[J]. 环境生态学, 2019,1(2):80-84.
- [12] 范佳文,谭丽静,王文武,等. 丹东市大气颗粒物质量浓度变化特征及其与气象要素的关系[J]. 陕西气象,2020(3):20-25.
- [13] 王红军,何晓媛,苏静,等. 关中区域主要大气污染物时空分布特征分析[J]. 陕西气象,2020(3):26-30.
- [14] 国家环境保护局. 环境空气质量标准:GB 3095-1996[S]. 北京:中国环境科学出版社, 1996.
- [15] 吴艳玲,徐宏辉,于大江. 龙凤山区域大气本底站一氧化碳浓度的变化特征[J]. 环境化学, 2008,27(6):847-848.