

重庆主城区云量变化特征^①

李泽明¹, 李永华², 白莹莹², 王勇², 向波²

1. 重庆市气象信息与技术保障中心, 重庆 401147; 2. 重庆市气候中心, 重庆 401147

摘要: 利用 1951—2011 年重庆沙坪坝站的总云量、低云量、平均气温、降水量、日照时数和相对湿度等气象资料, 采用趋势分析、小波及相关等方法分析了重庆主城区总云量和低云量的变化特征及其与主要气象要素的关系, 结果表明: 整个时间域内主城区年及春、夏、秋三季的总云量总体减少, 其中秋季减少最为明显, 而冬季则略有增加的趋势; 年及四季的低云量总体呈增加趋势, 夏季和冬季增加相对明显, 低云量的年际变化幅度大于总云量, 但两者年际和年代际变化趋势比较一致, 阶段性特征大体上体现为 20 世纪 50 年代至 70 年代云量相对偏少, 80 年代至 90 年代相对偏多, 之后至今处于相对偏少的阶段, 总云量年及各季节(除夏季外)均在 20 世纪 90 年代发生转折; 而低云量年及各季发生了 2 次转折, 分别在 1964 年和 2005 年前后(夏季除外), 总云量 1 月、2 月、10 月和 12 月较多, 8 月最少; 低云量最多的是 12 月, 8 月最少, 总云量和低云量冬季最多, 其次为秋季和春季, 最少的是夏季, 总云量和低云量与平均气温、日照时数和相对湿度等气象要素关系显著, 但与降水量的关系总体不太明显; 冬季云量和平均气温等气象要素的相关不太显著, 其它季节云量和平均气温、日照时数及相对湿度显著相关。

关键词: 重庆主城区; 总云量; 低云量; 变化特征

中图分类号: P426.5

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2014)7-0117-09

气候及其变化越来越受到人们的关注, 全球变暖对环境、水资源等的影响已成为世界科学界的重要研究课题, 这也是各国政府作经济和社会决策时所必须考虑的重要问题。气候变暖加剧了极端天气气候事件的频繁出现, 对水资源的影响也不可忽视。水资源是自然界逐年可以得到更新的淡水量, 是一种可以再生的资源, 但这种资源不是恒定不变的, 自然和社会因素都可以改变它的数量和质量, 水资源的任何异常变化都会对经济发展乃至社会的各个方面带来影响。云在地球气候系统的水分循环过程中起着至关重要的作用, 无论是地表水、土壤水还是地下水, 都来自大气的云中降水, 云是影响降水的关键因素, 因此, 研究重庆主城区云变化规律具有十分重要的意义, 可为该地区开发云水资源提供科学依据。

关于云量的变化特征前人已做过一些分析研究。吴润等^[1]分析了东亚地区 1984—2006 年各种不同种类云量的变化趋势, 并重点分析了全球变暖背景下气温与不同云量变化之间的关系, 表明近 20 年东亚地区总云量和高、低云量呈现波动减少趋势, 中云量呈增加趋势, 云量变化存在较大的区域差异。段皎等^[2]分析了我国总云量、高云量及中云量的分布特征, 指出近 20 年来中国大部分地区总云量没有显著的变化趋势, 但是, 在华南地区和西北部分地区的总云量有增加的趋势, 青藏高原中部的总云量有所减少。牛晓瑞等^[3]分析了新疆夏季低云量的长期变化特征, 并重点讨论了极涡对新疆夏季低云量的影响, 结果表明, 近 45 年新疆夏季低云量增加趋势显著, 并在 1987 年发生突变, 新疆夏季低云量与副热带高压、极涡及青藏高原高度场指数关系密切。张琪等^[4]分析了我国西南地区云量的时空分布和变化趋势等特征, 结果表明西

① 收稿日期: 2013-03-25

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40975058); 重庆市自然科学基金计划资助项目(CSTC2008BA0022, CSTC2010BB7335); 公益性行业(气象)科研专项(GYHY201006054); 重庆市气象局业务技术攻关项目(YWGG-201303); 重庆市气象局科技计划项目(ZL-200810)共同资助; 重庆市科技攻关项目(CSTC2012GGB00001)。

作者简介: 李泽明(1960-), 女, 重庆人, 工程师, 主要从事气候资料分析工作。

南地区云量变化具有明显的季节特征,冬、春和秋季总云量和低云量分布均呈“东多西少”型,夏季相反,呈“东少西多”型;总云量和低云量均呈减少趋势,并存在较明显的准 8 年周期变化.关于重庆的气候及其相关问题也有一些研究^[5-12],但涉及本地云量的研究很少,本文利用重庆沙坪坝站(代表主城区)的总云量和低云量等气象资料,对重庆主城区总云量和低云量的时间变化特征和年际变化趋势等进行分析,从而认识重庆主城区空中云水资源时间分布与变化,为揭示重庆气候变化异常的机理提供科学依据.

1 资料和方法

本文所使用的资料包括重庆沙坪坝站 1951—2011 年总云量、低云量、平均气温、降水量、日照时数和相对湿度等逐日气象观测资料以及 NCEP/NCAR 全球逐月的 $2.5^{\circ}\times 2.5^{\circ}$ 经纬度再分析资料.

本文对重庆主城区云量的变化特征分析中,分析年代际特征使用线性倾向估计和多项式拟合曲线方法.在分析云量的突变性质中,采用 Mann-Kendall 方法^[13-14],该法是一种非参数统计检验方法,其优点在于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,而且计算简便.为了揭示重庆主城区云量的多时间尺度特征,拟进一步采用 Morlet 小波分析方法^[15-17].

2 重庆主城区云量特征分析

2.1 云量的年际及年代际变化特征

图 1a 显示的是 1951—2011 年重庆主城区年平均总云量和低云量的时间变化情况.可见,整个时间域主城区年平均总云量无明显的线性变化趋势,稍有减少,减少率为 0.04 成/10a;年平均总云量具有明显的年代际变化特征,20 世纪 50 年代到 70 年代中期总体略偏少,70 年代后期到 90 年代前期略偏多,之后转为偏少阶段,近年来有偏多的变化趋势;年平均总云量的年际变化幅度相对较小,大部分年份总云量在 7.5—8.5 成之间,最多的年份是 1954 年和 1989 年,均达到 8.6 成,最少的年份为 1978 年,为 7.4 成.主城区低云量呈增多的线性变化趋势,增加率为 0.1 成/10a;从年代际变化来看,主城区 20 世纪 50 年代至 70 年代年平均低云量相对较少,80 年代到 90 年代末低云量相对较多,之后转为偏少;相对总云量而言,年平均低云量年际变化幅度较大,最多的年份是 1964 年和 1986 年,均达到 7 成,最少的年份为 1960 年,仅有 4 成.

从重庆主城区春季年平均总云量和低云量的时间变化(图 1b)来看,整个时间域重庆主城区春季平均总云量线性变化趋势也不明显,稍有减少,减少率为 0.07 成/10a;春季平均总云量具有明显的年代际变化特征,20 世纪 50 年代到 70 年代中期总体略偏少,70 年代后期到 90 年代后期略偏多,之后转为偏少阶段,近年来有偏多的变化趋势,这与年总云量的变化比较一致;春季平均总云量的年际变化幅度也相对较小,大部分年份总云量在 7—9 成之间,最多的年份是 1976 年和 1989 年,均达到 8.9 成,最少的年份为 1998 年,为 6.9 成.春季平均低云量线性趋势也不太明显,呈略增多的线性变化趋势,增加率为 0.04 成/10a;从年代际变化来看,主城区 20 世纪 50 年代至 70 年代年平均低云量相对较少,80 年代到 90 年代末低云量相对较多,之后转为偏少,与春季总云量和年低云量变化趋势比较一致;相对春季平均总云量而言,低云量年际变化幅度较大,最多的年份是 1996 年,达到 7.9 成,最少的年份为 1960 年和 1974 年,仅有 3.7 成.

从重庆主城区夏季年平均总云量和低云量的时间变化(图 1c)来看,夏季平均总云量线性变化趋势也不明显,稍有减少,减少率为 0.06 成/10a;夏季平均总云量也具有明显的年代际变化特征,20 世纪 50 年代到 60 年代中期总体略偏多,60 年代后期到 70 年代后期总体略少,80 年代到 90 年代略偏多,之后转为偏少阶段,近年来有继续偏少的变化趋势;夏季平均总云量的年际变化幅度大部分年份在 6—8.5 成之间,最多的年份是 1998 年,均达到 8.7 成,最少的年份为 2006 年和 2011 年,均为 5.5 成.夏季平均低云量线性趋势较明显,呈增多的线性变化趋势,增加率为 0.17 成/10a;其年代际变化和夏季总云量的变化相似;夏季低云量年际变化幅度较大,最多的年份是 1998 年,达到 6.2 成,最少的年份为 1972 年,仅有 2.6 成.

图 1d 显示的是重庆主城区秋季平均总云量和低云量的时间变化情况.可见,秋季平均总云量有减少的线性变化趋势,减少率为 0.1 成/10a;秋季平均总云量具有明显的年代际变化特征,20 世纪 50 年代到 90 年代总体略偏多,21 世纪以来总体偏少,近期略有增多的趋势;秋季平均总云量的年际变化幅度大部分

年份在 7~9 成之间, 最多的年份是 1986 年和 1989 年, 均达到 9.1 成, 最少的年份为 2002 年, 为 6.9 成. 秋季低云量线性变化趋势变化不明显, 略有增加, 增加率为 0.05 成/10a; 从年代际变化来看, 主城区 20 世纪 50 年代至 70 年代秋季平均低云量相对较少, 80 年代到 90 年代末低云量相对较多, 之后转为偏少; 秋季平均低云量年际变化幅度较大, 大部分年份在 4.5~7.5 成之间, 最多的年份是 1964 年和 1986 年, 均达到 8.3 成, 最少的年份为 1960 年, 仅有 4.4 成.

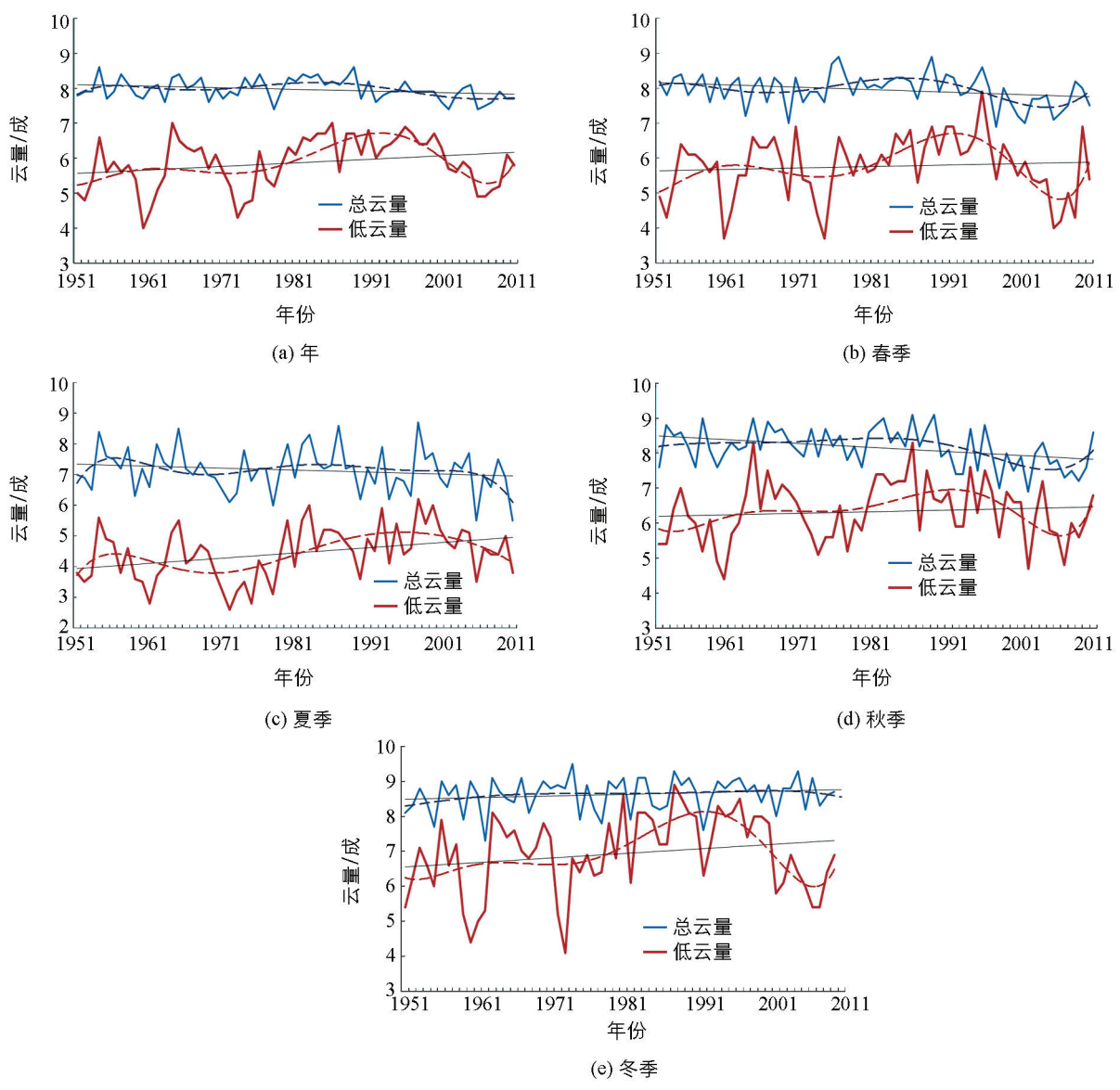


图 1 重庆主城区 1951—2011 年年(a)及春(b)、夏(c)、秋(d)、冬(e)平均总云量和低云量(单位: 成)变化(细实线—云量序列, 虚线—5 阶多项式拟合, 粗实线—线性趋势)

从主城区冬季年平均总云量和低云量的时间变化(图 1e)来看, 冬季平均总云量线性变化趋势也不明显, 稍有增加, 增加率为 0.05 成/10a; 冬季平均总云量的年代际变化特征不太明显; 冬季平均总云量的年际变化幅度大部分年份在 7.5~9 成之间, 最多的年份是 1974 年, 均达到 9.5 成, 最少的年份为 1962 年, 为 7.3 成. 冬季平均低云量线性趋势较明显, 呈增多的线性变化趋势, 增加率为 0.13 成/10a; 其阶段性变化特征是, 20 世纪 50 年代至 70 年代相对偏少, 而 80 年代和 90 年代相对偏多, 之后转入偏少阶段; 冬季低云量年际变化幅度也较大, 最多的年份是 1981 年, 达到 8.6 成, 最少的年份为 1973 年, 仅有 4.1 成.

综上, 年及春、夏、秋三季的总云量线性趋势都是减少, 秋季减少率相对明显, 而冬季则略有增加的趋势; 年及四季的低云量线性趋势都是增加, 夏季和冬季增加相对明显. 总体来说, 低云量的年际变化幅度大于总云量, 但两者的年际及年代际变化趋势比较一致, 阶段性特征大体上体现为 20 世纪 50 年代至 70 年

代云量相对偏少, 80 年代至 90 年代相对偏多, 之后至今处于相对偏少的阶段。

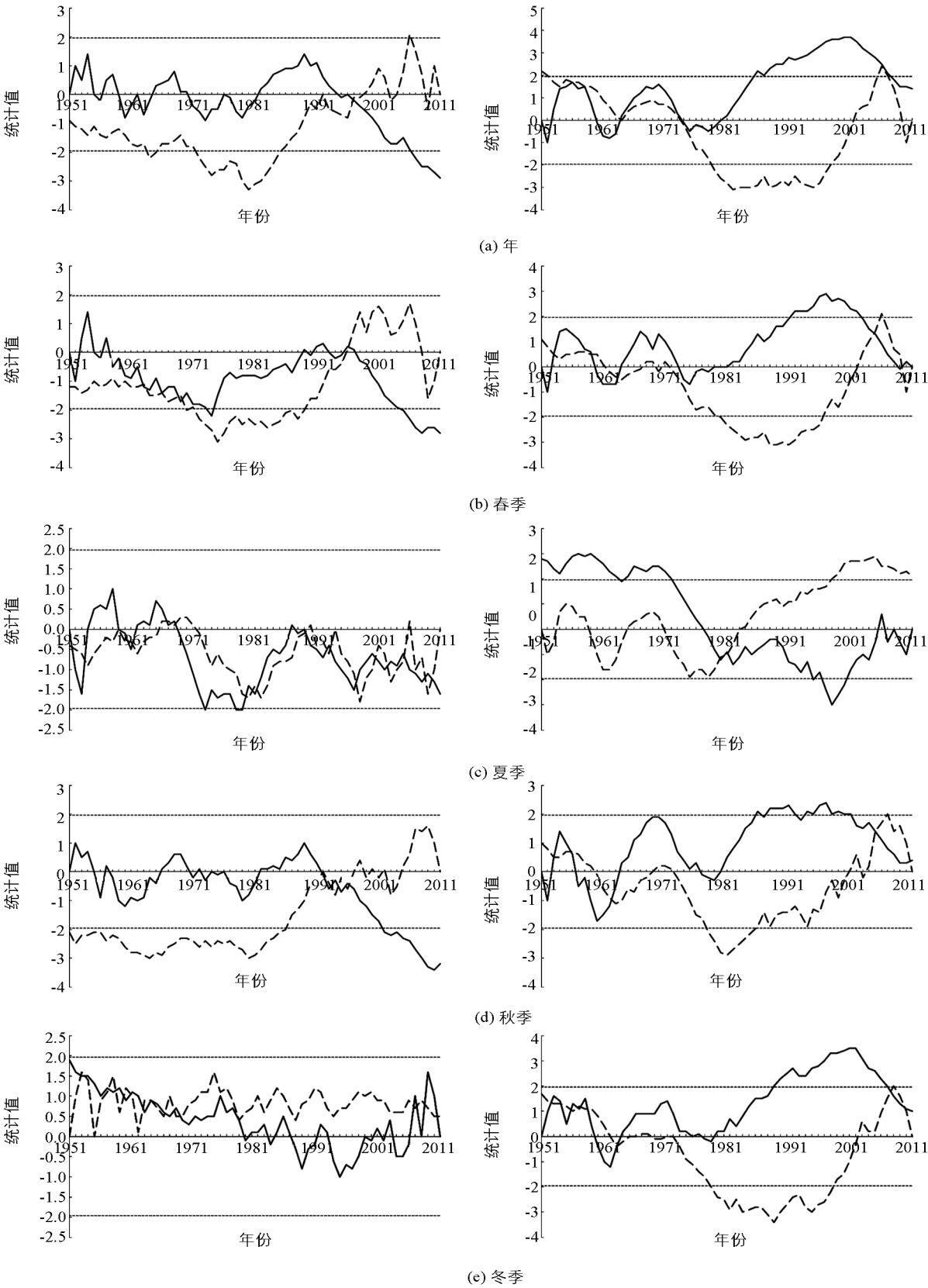


图 2 1951—2011 年重庆主城区年(a)及春(b)、夏(c)、秋(d)、冬(e)平均总云量和低云量序列 Mann-Kendall 统计量曲线 (左图为总云量, 右图为低云量, 短虚线为 $\alpha=0.05$ 显著性水平临界值, 实线和长虚线分别为 UF 和 UB 统计值)

图 2 显示的是重庆主城区年及四季总云量和低云量的 Mann-Kendall 统计量曲线. 总的来看, 年平均总云量在 1996 年发生了转折变化, 由偏多时段转为偏少时段; 年平均低云量在 1964 年发生转折, 由偏少转为偏多(图 2a). 春季平均总云量也是在 1996 年发生了转折变化, 由偏多时段转为偏少时段; 春季平均低云量在 1964 年和 2005 年发生转折, 呈现出多—少—多的阶段变化趋势(图 2b). 夏季平均总云量的变化比较复杂, 偏多、偏少时段多次交替变化; 夏季平均低云量在 1980 年发生转折, 呈现出前少后多的变化趋势(图 2c). 秋季平均总云量在 1991 年发生了转折变化, 由偏多时段转为偏少时段; 秋季平均低云量在 1964 年和 2005 年发生转折, 呈现出少—多—少的变化趋势(图 2d). 冬季平均总云量在 1991 年发生了转折变化, 由偏多时段转为偏少时段; 冬季平均低云量在 1964 年和 2005 年发生转折, 呈现出少—多—少的变化趋势(图 2e). 综上分析可见, 总云量年及各个季节(除夏季外)均在 20 世纪 90 年代发生了转折; 而低云量年及各个季节(除夏季外, 夏季发生在 1980 年)均在 1964 年前后发生转折, 除夏季外的其余三个季节又在 2005 年发生转折; 这些分析结果也与前面的结论基本一致.

图 3 是 1951—2011 年重庆主城区年(a)及春(b)、夏(c)、秋(d)、冬(e)平均总云量和低云量序列 Morlet 小波分析结果. 从图 3a 可见, 重庆主城区年总云量在 20 世纪 50 年代至 60 年代呈现 4a 左右的显著性周期, 而在 70 年代和 80 年代则是 10a 左右周期比较显著, 80 年代后期到 90 年代前期 2a 左右周期显著, 而 2000 年后则是 4a 左右周期比较显著; 年低云量则是在 20 世纪 80 年代中期以前呈现出 9~15a 的年代际变化周期. 春季总云量在 60 年代至 70 年代前期 3a 左右周期比较显著, 90 年代之后 4a 周期比较显著; 春季低云量 50 年代后期到 70 年代 10a 左右周期比较显著, 60 年代后期至 70 年代前期、2000 年之后均表现为显著的 2~3a 周期变化(图 3b). 夏季总云量在 20 世纪 50 年代后期到 60 年代前期以及 70 年代后期到 80 年代前期 2~3a 周期比较显著, 70 年代至今 16 年左右的周期比较显著, 90 年代至今还表现出 5~6a 以及 2~3a 的显著性周期; 夏季低云量 60 年代至 90 年代为显著的 16a 左右周期, 70 年代后期至 80 年代前期、90 年代还表现出显著的 2~3a 周期(图 3c). 秋季总云量在 80 年代之后 8a 左右周期比较显著, 90 年代还表现出显著的 3a 周期; 秋季低云量在整个时段内 16a 左右周期比较显著, 在 60 年代、80 年代后期到 90 年代还表现出显著的 2~3a 周期变化(图 3d). 冬季总云量在 50 年代和 60 年代 3a 周期比较显著, 70 年代到 90 年代 5~8a 周期比较显著; 冬季低云量在 50 年代后期至 70 年代表现出显著的 6a 左右周期变化, 此外在 70 年代后期至 80 年代前期 2a 左右周期也比较显著(图 3e).

2.2 云量的月和季节变化特征

图 4 显示的是各月总云量和低云量的多年平均值变化. 由图可见, 重庆主城区以低云为主(在总云量中所占比重较高). 从总云量来看, 1, 2, 10 和 12 月较多, 均为 8.6 成; 8 月最少, 为 6.3 成, 其次为 7 月, 为 7.1 成. 从低云量来看, 最多的是 12 月, 为 7.1 成, 其次为 1 月, 为 6.9 成; 8 月最少, 为 3.8 成, 其次为 7 月, 为 4.1 成.

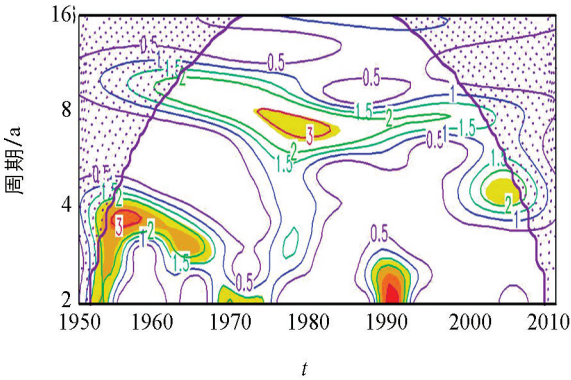
表 1 重庆主城区年及各季总云量和低云量多年(1951—2011 年)平均值(单位: 成)

	年	春	夏	秋	冬
总云量	8.0	8.0	7.2	8.2	8.6
低云量	5.9	5.8	4.4	6.3	6.9

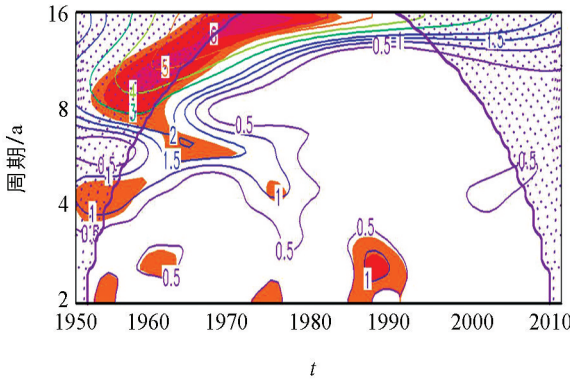
从重庆主城区年及各季的总云量和低云量多年平均值来看(表 1), 重庆主城区多年平均总云量为 8 成, 低云量为 5.9 成, 也可看出主城区以低云为主; 从总云量的季节变化来看, 冬季最多, 其次为秋季和春季, 最少的是夏季; 低云量的季节变化和总云量一致, 也是冬季最多, 夏季最少.

3 年和季节云量与主要气象要素的关系

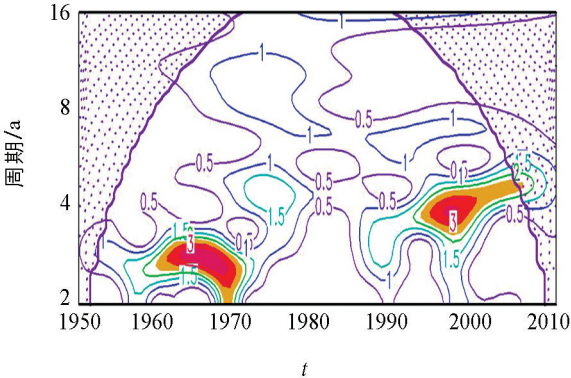
云体高反照率特征会即时改变太阳能入射在地表的通量和波谱组成, 导致近地层大气温、湿特征改变, 因此, 云量和气温等气象要素可能存在某种联系.



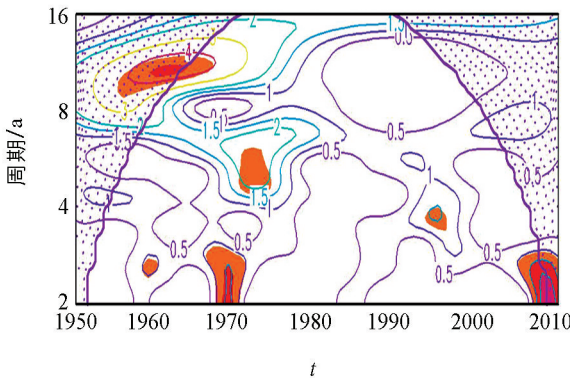
(a) 年



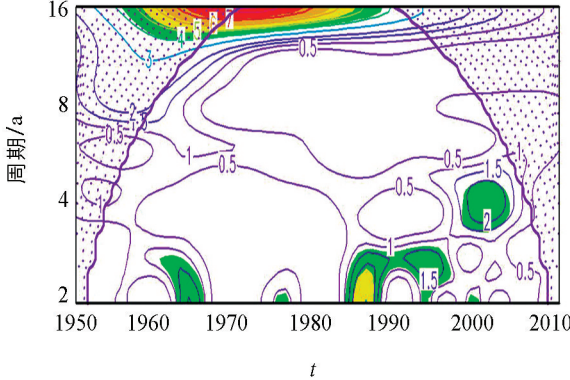
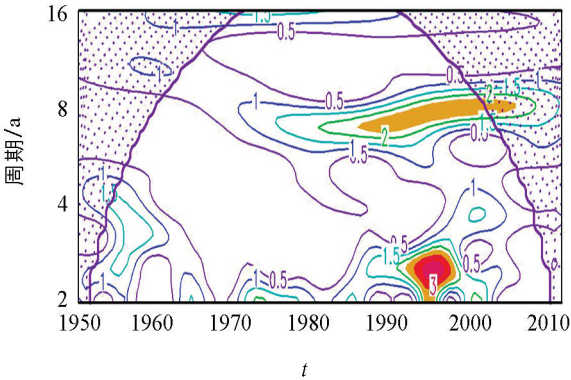
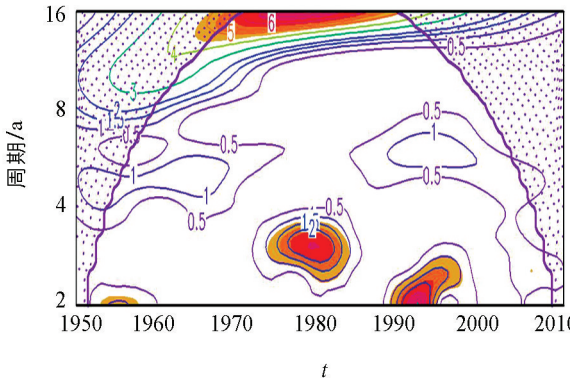
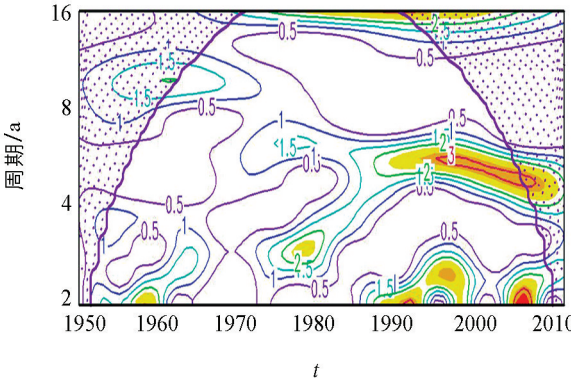
(b) 春季



(c) 夏季



(d) 秋季



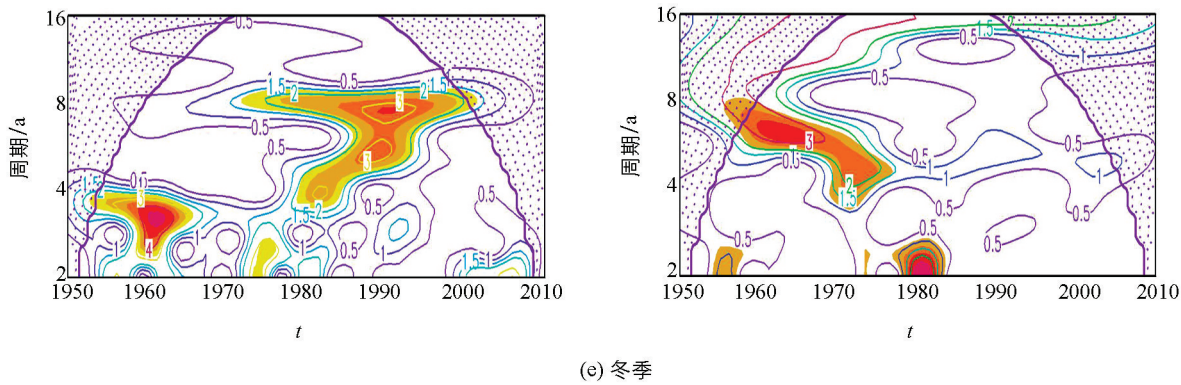


图 3 1951—2011 年重庆主城区年(a)及春(b)、夏(c)、秋(d)、冬(e)平均总云量和低云量序列 Morlet 小波变换功率谱(左图为总云量,右图为低云量,图中着色部分表示在 90%置信度统计下显著,点阴影区是小波变换受边界影响的区域)

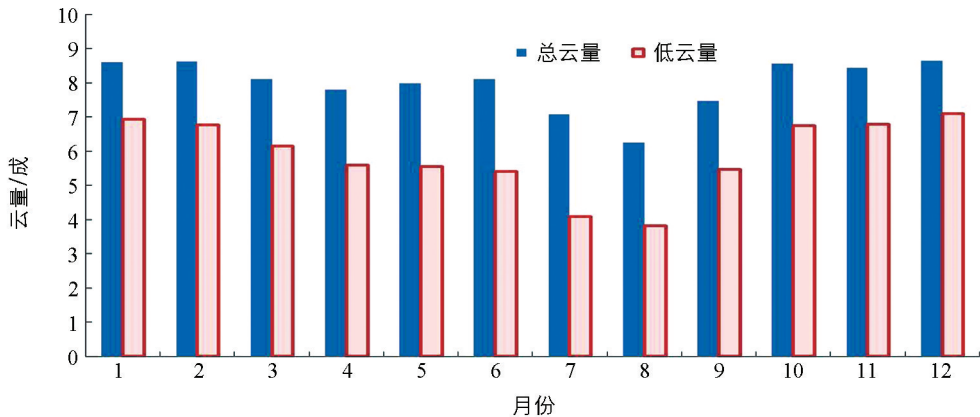


图 4 重庆主城区各月总云量和低云量(单位:成)多年(1951—2011 年)平均值(黑色柱—总云量,斜线柱—低云量)

表 2 重庆主城区年及季节云量与主要气象要素的相关系数

		平均气温	降水量	日照时数	相对湿度
总云量	年	−0.71**	0.20	−0.25*	0.44**
	春	−0.74**	−0.04	−0.65**	0.60**
	夏	−0.79**	0.49**	−0.56**	0.76**
	秋	−0.57**	0.25*	−0.57**	0.46**
	冬	0.14	−0.15	0.04	−0.25*
低云量	年	−0.41**	0.13	−0.43**	0.31*
	春	−0.44**	0.03	−0.41**	0.39**
	夏	−0.65**	0.41**	−0.75**	0.58**
	秋	−0.39**	0.11	−0.57**	0.43**
	冬	−0.04	−0.01	−0.01	0.05

注:*,**表示相关显著性通过了 95%,99%的置信水平检验。

表 2 显示的是重庆主城区年及各个季节总云量和低云量与平均气温、降水量、日照时数和相对湿度的相关系数。从相关系数来看,总体而言,总云量与各要素的相关较低云量相对更密切(相关系数更大)。年及春、夏、秋季总云量与平均气温呈显著的负相关,表明总云量越多,则平均气温越低,反之总云量越少,则平均气温越高,而冬季的平均气温和总云量相关不明显。夏季和秋季的降水量和总云量呈显著的正相关,说明总云量越多则夏季和秋季的降水量就越多,反之则少,年、春季和冬季相关不显著。年及春、夏、秋季总云量与日照时数呈显著的负相关,表明总云量越多,日照时数越少,反之,总云量越少,日照时数越多,冬季相关不明显。年及春、夏、秋季总云量与相对湿度呈显著的正相关,表明总云量越多,相对湿度越大,反之,总云量越少,相对湿度越小,冬季总云量和相对湿度则是显著的负相关,说明冬季总云量越多(少),相对湿度越小(大)。冬季的低云量和平均气温、降水量、日照时数和相对湿度等相关关系均不显著,

年及春、夏、秋季低云量与平均气温呈显著的负相关,夏季低云量与降水量呈显著的正相关,年及春、夏、秋季低云量与日照时数呈显著的负相关,年及春、夏、秋季低云量与相对湿度呈显著的正相关,这些相关关系与总云量比较类似.

从以上的分析表明,总云量、低云量与降水量的相关关系总体不太显著;从各季节来看,冬季云量和平均气温等气象要素的相关不太显著,其它季节云量与气象要素(除降水量外)的相关比较显著;而总云量与气象要素的关系较低云量更密切.云是降水形成的必要条件,结果显示云量和地面降水量线性相关并不好,两者可能存在复杂的非线性关系,这需要进一步的深入研究.云与空中要素的关系可能也非常密切,下面简要分析一下总云量与其高空气温、相对湿度等气象要素的关系.表 3 是主城区年及四季高云量资料与其上空 850 hPa 气温、相对湿度的相关系数,因所在上空无格点值,因此用相邻格点值进行插值得到其上空数值.

表 3 重庆主城区年及季节总云量与高空气象要素的相关系数

	气温	相对湿度
年	-0.41**	0.39**
春	-0.54**	0.29*
夏	-0.47**	0.40**
秋	-0.31*	0.51**
冬	-0.27*	0.41**

注:*,**表示相关显著性通过了 95%,99%的置信水平检验.

从表 3 可见,年及各季节总云量和高空气温和相对湿度都有显著的关系,总体而言,云量多时,气温较低而相对湿度较高,这结果是合理的.

4 结 论

本文通过对重庆主城区总云量和低云量的变化特征及其与平均气温等主要气象要素的关系分析,得出如下主要结论:

- 1) 主城区年及春、夏、秋三季的总云量线性趋势都是减少,秋季减少率相对明显,而冬季则略有增加的趋势;年及四季的低云量线性趋势都是增加,夏季和冬季增加相对明显.总体来说,低云量的年际变化幅度大于总云量,但两者年际及年代际变化趋势基本一致,阶段性特征大体上体现为 20 世纪 50 年代至 70 年代云量相对偏少,80 年代至 90 年代相对偏多,之后至今处于相对偏少的阶段.
- 2) 总云量年及春、秋、冬季均在 20 世纪 90 年代发生转折;而低云量年及春、秋、冬季均在 1964 年前后发生转折,春、秋、冬季三个季节同时又在 2005 年发生转折,夏季则是在 1980 年发生转折变化.
- 3) 从多年平均值来看,总云量 1,2,10 和 12 月较多,8 月最少;低云量最多的是 12 月,8 月最少.总云量和低云量冬季最多,其次为秋季和春季,最少的是夏季.
- 4) 总云量和低云量与平均气温、日照时数和相对湿度等气象要素关系显著,但与降水量的关系总体不太显著;从季节来说,冬季云量和各要素的相关不太显著,其余季节较显著;总云量与平均气温等气象要素的关系较低云量更密切;云量多时,高空的气温往往较低而相对湿度较高.

参考文献:

[1] 吴 炯,刘 佳.近二十年全球变暖背景下东亚地区云量变化特征分析[J].热带气象学报,2011,27(4):551—559.
[2] 段 皎,刘 煜.近 20 年中国地区云量变化趋势[J].气象科技,2011,39(3):280—288.
[3] 牛晓瑞,毛淑瑜,李 杉.1961—2005 年新疆夏季低云量长期变化特征及影响因素分析[J].气候与环境研究,2012,17(1):59—67.
[4] 张 琪,李跃清,陈权亮,等.近 46 年西南地区云量的时空变化特征[J].高原气象,2011,30(2):339—348.
[5] 黎 明,王 力,何秋棠.近百年来长江洪水变化的初步分析[J].西南师范大学学报:自然科学版,1999,24(1):97—102.
[6] 周 浩,程炳岩,叶 钊,等.近 47 年影响重庆汛期降水的气候因子分析研究[J].西南大学学报:自然科学版,2010,32(9):107—114.
[7] 周 毅,高阳华,段相洪.三峡库区夏季降水基本气候特征[J].西南农业大学学报:自然科学版,2005,27(2):269—272.

- [8] 张天宇,李永华,程炳岩,等. 重庆主城区百年雨日及强度变化特征 [J]. 重庆师范大学学报:自然科学版, 2011, 28(3): 37—52.
- [9] 陈欢,王式功,李永华,等. 重庆市夏季极端旱涝成因分析 [J]. 西南大学学报:自然科学版, 2014, 36(1): 120—128.
- [10] 李永华,青吉铭,李强,等. 西南地区东部夏季旱涝的西太平洋副高特征 [J]. 西南大学学报:自然科学版, 2013, 35(3): 106—116.
- [11] 万敏,李家启,张爽,等. 北碚区降水时空分布及变化趋势分析 [J]. 西南师范大学学报:自然科学版, 2013, 38(7): 122—128.
- [12] 李永华,青吉铭,李强,等. 夏季南亚高压的年(代)际变化特征及其对西南地区东部旱涝的影响 [J]. 西南大学学报:自然科学版, 2012, 34(9): 71—81.
- [13] 符淙斌,王强. 气候突变的定义和检验方法 [J]. 大气科学, 1992, 16(4): 483—493.
- [14] 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. 63—660.
- [15] HENGYI WENG, LAU K M. Wavelets Period Doubling and Time-Frequency Localization with Application to Organization of Convection Over the Tropical Western Pacific [J]. Journal of the Atmospheric Sciences, 1994, 51(17): 2523—2541.
- [16] 尤卫红,段旭,杞明辉. 连续小波变换在云南近百年气温和降水变化分析中的应用 [J]. 高原气象, 1999, 18(1): 47—54.
- [17] 谢庄,曹鸿兴,李慧,等. 近百余年北京气候变化的小波特征 [J]. 气象学报, 2000, 58(3): 362—369.

Variation Characteristics of Cloud Amount Over the Main Urban Area of Chongqing

LI Ze-ming¹, LI Yong-hua², BAI Ying-ying²,
WANG Yong², XIANG Bo²

1. Chongqing Weather Information and Technical Support Center, Chongqing 401147, China;

2. Chongqing Climate Center, Chongqing 401147, China

Abstract: The meteorological data recorded at Shapingba Meteorological Station of Chongqing about total/low cloud amount, average temperature, rainfall, sunlight hours and relative humidity from 1951 to 2011 were used in wavelet analysis, linear trend analysis and correlation analysis to study the variation characteristics of cloud amount over the main urban area of Chongqing and its relationship with the main meteorological elements. Throughout the time domain, the annual total cloud cover and seasonal total cloud cover in spring, in summer and, especially, in autumn were generally reduced, while winter cloud cover showed a trend of slight increase. On the whole, annual and seasonal low cloud cover showed an increasing trend, especially in summer and winter. The amplitude of inter-annual variation of low cloud cover was greater than that of total cloud cover, but their inter-annual and inter-decadal variations were consistent. Cloud coverage was relatively low from the 1950s to the 1970s but increased from the 1980s to the 1990s and dropped thereafter. A turn occurred in total cloud cover in the 1990s and two turns occurred in low cloud cover in 1964 and 2005, respectively. The total cloud covers were maximum in January, February, October and December and minimum in August, whereas the low cloud covers were maximum in December and minimum in August. Winter had the maximum total and low cloud covers, followed by autumn and spring, and summer had the minimum. The total and low cloud covers were associated significantly with such meteorological factors as average temperature, sunlight hours and relative humidity and non-significantly with precipitation. The cloud amount was non-significantly related to average temperature and other meteorological elements in winter, but significantly associated with average temperature, sunlight hours and relative humidity in other seasons.

Key words: main urban area of Chongqing; total cloud amount; low cloud amount; variation characteristics

责任编辑 陈绍兰

