

# 云南高原城市发展对降雨的影响 ——以楚雄市为例

李宏波<sup>1</sup>, 何 萍<sup>2\*</sup>

(1. 楚雄州气象台, 云南 楚雄 675000; 2. 楚雄师范学院 地理系, 云南 楚雄 675000)

**摘 要:** 分析了楚雄市 1965—2010 年的降雨特点, 采用同时期城区(楚雄站)与郊区(南华站、双柏站)雨量横向对比和城市化发展不同时期同一站雨量纵向对比的方法, 研究了城市化对年降雨量、季节雨量和不同类型降雨发生次数等的影响。通过研究发现: 城市化发展对城市年雨量、汛期雨量有不同程度的增加作用; 受城市化发展的影响, 降雨年内分配集中雨季的趋势更加明显; 城市化发展使不同类型降雨发生次数有增加或减少, 对大雨和暴雨有增加作用, 小雨和中雨有所减少。城市化发展使城市大雨和暴雨增多, 所以要加强城市洪涝、滑坡和泥石流灾害的防治工作。

**关键词:** 云南高原; 城市化; 楚雄市; 降雨; 影响

**中图分类号:** P426.6

**文献标识码:** A

城市化是人类社会发展的必然趋势。城市在发展过程中, 随着人口的不断增长, 人类活动日趋集中, 工业建筑、居民建筑、道路建设等各项用地也相应增加。城区面积日益扩大。建筑和道路的高度集中, 工厂、汽车与空调排出的大量废热, 以及绿化空间的减少等共同作用使大气边界层的特性发生变化, 从而影响了城市地区的气温、辐射度及降雨, 出现城市不同于郊区农村的气候状况, 形成独特的城市气候<sup>[1]</sup>。

城市气候变化已成为近年来人们共同关注的问题, 城市居民对城市气候变化最明显的感受就是气候变暖, 降雨的变化没有气温那么明显, 因此感受不深。2003-12-13 和 14, 科学家们在美国地理学会举办的一次会议中表示, 城市产生的热量和污染排放推迟或加剧了城市地区的降雨情况。这项发现表明, 城市化直接严重地影响了气候变化, 而这些变化又影响着降雨情况, 从而也制约了人类对水的需求,

产生了相应的破坏。据科学家们表示, 有关城市产生的热量和污染改变气候状况的相关证据还有待搜集, 同时, 中小城市所受影响也尚在研究中。

城市雨量多于郊区的原因有三: 城市的热岛效应、城市的阻碍效应、城市凝结核效应<sup>[1]</sup>。关于城市化对降雨的影响, 我国的一些学者对上海<sup>[2]</sup>、福建<sup>[3]</sup>、西安<sup>[4]</sup>、苏州<sup>[5]</sup>等一些大城市进行过这方面的一些探讨, 而对小城市研究, 则主要集中于降雨的时空分布上, 把降雨和城市化联系起来则尚不多见。本文主要对云南省楚雄市城市发展与降雨之间的关系进行初步的探讨。

## 1 研究区概况

### 1.1 气候概况

楚雄市(25°N, 101°E)为楚雄彝族自治州首府, 海拔 1 773 m, 地处亚热带季风气候区, 冬夏半年分

收稿日期(Received date): 2011-03-19; 改回日期(Accepted): 2011-07-20。

基金项目(Foundation item): 国家自然科学基金地区基金项目(40965002); 云南省自然科学基金资助项目(2005D0077m2)。[Regional Fund of National Natural Science Foundation(No. 40965002), Natural Science Foundation of Yunnan Province(No. 2005D0077m2).]

作者简介(Biography): 李宏波(1966-), 男, 云南宣威市人, 高级工程师, 楚雄州气象台台长, 首席预报员, 主要从事气象气候与自然地理综合研究。[Li Hongbo(1966-), senior engineer, mainly engaged in meteorological research.] Tel.: 15987228256, E-mail: heping123456cn@yahoo.com.cn

\* 通讯作者(Author for correspondence): 何萍, 教授。[He Ping, professor.] Tel.: 0878-8982130, 13578409506, E-mail: heping@cxtc.edu.cn

别受来自不同地区且物理属性截然不同的两类气团控制,形成了十分鲜明的冬干夏湿的低纬高原季风气候。5—10月受热带海洋气团的影响,在西南季风和东南季风的共同作用下,降雨量集中,云雨日数多,形成雨季;11月至次年4月受来自欧亚大陆的干暖气团控制,盛行干燥的西风气流,降水稀少,晴天日数多,形成干季。

## 1.2 城市化发展概况

城市化首先表现为城市人口的不断增长,非农业人口比重不断增加。改革开放前,楚雄市城市发展缓慢,1952年,工业总产值147万元,城区面积大约3 km<sup>2</sup>,非农业人口1.07万人左右。随着改革开放的不断深入,自1984年建市以来,楚雄市城市发展进入突飞猛进时期;1985年,工业总产值达12 201万元,突破亿元大关。1990年城市人口为7.95万人,随着1992年楚雄经济技术开发区的建立以及广通至大理铁路和安宁至楚雄高等级公路的相继通车,境内交通不断完善,加快了经济发展,使楚雄城市化速度步伐加快,到2004年末,城市建成区面积20 km<sup>2</sup>,城市人口15.37万人,工业总产值达681 795万元;城市化水平达31.1%<sup>[6]</sup>。近年来楚雄市城市化发展迅速,截止2009年城市建成区面积25 km<sup>2</sup>,城市人口22.09万人,工业总产值达126.87亿元,城市化水平达43.36%。据何萍<sup>[7]</sup>等人的研究,1988年以前楚雄城郊年平均温差在1℃以下,1988年以后增加到1℃以上,到1996年以后城郊年平均温差增加到2℃以上。综合上述可以看出,楚雄市在1985年以后,城市化特征明显,城市化进程加快。

## 2 城市化发展对降雨的影响

### 2.1 资料和方法

本文采用楚雄市1965—2010年的降雨资料。根据上述对楚雄市城市发展特征的分析,将1965—2010年的降雨资料分为1965—1984年城市发展缓慢和1985—2010年城市发展迅速两个阶段,进行同一站不同时期降雨量的纵向对比分析。由于大气环流变化所造成的降雨年际差异,单就同一城市城市化前后进行对比,不一定能得出正确的结论,所以采用同一时期楚雄市与其近郊区南华、双柏的降雨资料作横向对比分析。

南华气象站地处楚雄市西北部的郊区,海拔1 857 m,距离楚雄市区直线距离约20 km;双柏气象

站地处楚雄市东南郊区,海拔1 964 m,距离楚雄市区直线距离约60 km。由于地处郊外,南华气象站和双柏气象站受城市气候的影响较小,而且与楚雄市海拔相差不大,它们之间地势平坦,无高大山脉阻隔,所以地形起伏对降雨的影响基本上可以忽略。

### 2.2 城市发展对降雨量的影响

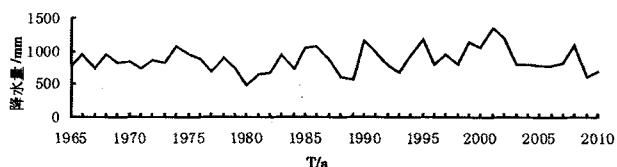
以楚雄站代表城市气候站,南华站和双柏站代表郊区气候站,以楚雄站与南华站、楚雄站与双柏站之间的降雨量之差来表达城市化对降雨量的影响程度,差值越大,城市化影响程度越大,差值越小,城市化影响程度越小。下面我们对楚雄市及其郊区的年雨量、季节雨量和日雨量变化进行分析。

#### 2.2.1 年雨量分析

##### 2.2.1.1 年雨量变动趋势

城市降雨量的变化除了受到城市化因素的影响外还受到区域气候的影响,在进行纵向对比时,必须消除区域气候变化这一影响因素,首先对1965—2010年楚雄市和南华、双柏降雨时间序列的稳定性进行分析,研究降雨量随着城市化发展的变动趋势或周期状况,分析结果见图1~3。

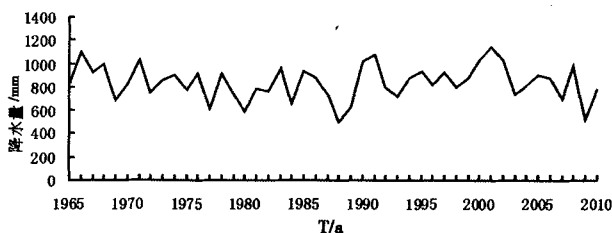
图1~3是楚雄站、南华站和双柏站1965—2010年降水年变化曲线。从图中可以看出,随着时间的推移,各站在1985年前降雨趋势变化并不是很明显,只是小的波动,变化幅度比较小;1985年以后波动明显,降水变化幅度比较大,说明随着城市化进



资料来源:楚雄市气象局,楚雄市气象观测站

图1 楚雄站降水量变化曲线图

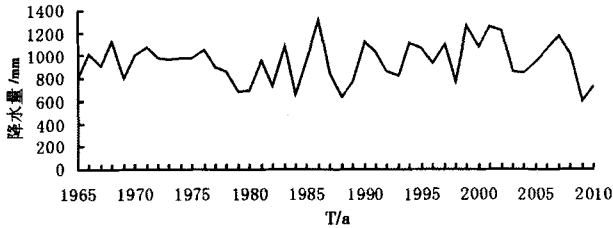
Fig. 1 The graph of rainfall variation in the Chuxiong Station



资料来源:楚雄州气象局,南华气象观测

图2 南华站降水量变化曲线图

Fig. 2 The graph of rainfall variation in the Nanhua Station



资料来源:楚雄州气象局,双柏气象观测站

图3 双柏站年降水量变化曲线图

Fig.3 The graph of annual rainfall variation in Shuangbai Station

程的加快,城市降水变率有所增大。

2.2.1.2 城郊年雨量对比分析

计算出年雨量和市区与郊区的雨量差如表1、表2所示。楚雄彝族自治州境内,年降雨量遵循山区多于坝区,坝区多于河谷地区的基本原则<sup>[8]</sup>,所以双柏站的降雨量在楚雄州比较多。1965—1984年,楚雄站年雨量(多年平均)比南华站多0.6 mm,比双柏站少98.8 mm;1985年后,楚雄站的年雨量(多年平均)明显增多,楚雄站年雨量比南华站多47.3 mm,比1985年前的差值增大;与双柏站相比,楚雄站年雨量与双柏站年雨量的差值较1985年前增多了53.9 mm。说明楚雄市城市降水随时间变化的增加量比郊区多,所以城市发展有使城市降水增多的趋势。

表1 楚雄站、南华站降雨量差值表

Table 1 The difference table of rainfall in the Nanhua and Chuxiong station /mm

站名	降雨量	
	1965—1984 年	1985—2010 年
楚雄站	815.4	893.7
南华站	814.8	846.4
差值	0.6	47.3

资料来源:楚雄市气象观测站、南华气象观测站、双柏气象观测站,下同。

表2 楚雄站、双柏站降雨量差值表

Table 2 The difference table of rainfall in the Shuangbai and Chuxiong station /mm

站名	降雨量	
	1965—1984 年	1985—2010 年
楚雄站	815.4	893.7
双柏站	914.2	938.6
差值	-98.8	-44.9

2.3 城市化发展对降雨季节分配的影响

城市化对年内干湿季降水量分配影响更为显

著,对楚雄站和南华站、双柏站40 a资料进行统计,楚雄站干季11月到次年4月降雨量约占全年11%,为干季,5—10月降雨量占全年的89%,为湿季;南华站11月到次年4月降雨量约占全年的12%,5—10月约占全年88%;双柏站11月到次年4月降雨量占15%,5—10月占85%。楚雄市与郊区相比干湿季变化更为明显。

从表3可以看出,随着城市化的发展,楚雄站与南华站相比较,1985年后楚雄站的汛期雨量城郊降水量差比1985年前有显著的增加,增幅为51.9 mm;1985年后楚雄站的干季雨量城郊降水量差比1985年前有显著的减少,降幅在5.2 mm左右;楚雄站与双柏站相比较,1985年后楚雄站的汛期雨量城郊降水量差比1985年前有显著的增加,增幅为59 mm;1985年后楚雄站的干季雨量城郊降水量差比1985年前有显著的减少,降幅在5.1 mm左右。说明近年来楚雄市市区汛期雨量更加集中,楚雄市城市化使降雨的干湿季分配更不均匀。

表3 楚雄站、南华站降水量干湿季分配表

Table 3 The allocation Table of rainfall Dry/Wet Periods in the Nanhua and Chuxiong station /mm

站名	汛期雨量		干季雨量	
	1965—1984 年	1985—2010 年	1965—1984 年	1985—2010 年
楚雄站	715.7	795.4	99.7	98.3
南华站	717.0	744.8	97.8	101.6
差值	-1.3	50.6	1.9	-3.3

表4 楚雄站、双柏站降水量干湿季分配表

Table 4 The allocation Table of rainfall Dry/Wet Periods in the Shuangbai and Chuxiong station /mm

站名	汛期雨量		干季雨量	
	1965—2010 年	1985—2010 年	1965—1984 年	1985—2010 年
楚雄站	715.7	795.4	99.7	98.3
双柏站	777.1	797.8	137.1	140.8
差值	-61.4	-2.4	-37.4	-42.5

如表5、表6所示,一年之内,三站的降雨量多集中于夏秋两季,且夏季多于秋季,秋季多于春季。夏季雨量占全年雨量的55%~59%,秋季雨量占全年雨量的25%~27%,春冬不足20%。从表5、表6可见,楚雄市在夏季有明显的增雨效应,其次为秋季。楚雄市与南华站相比,1985年后楚雄站的夏季雨量城郊降水量差比1985年前有显著的增加,夏季

增加 65.4 mm, 秋季增加 12.6 mm, 冬季减少 11.7 mm, 春季减少 19.6 mm; 楚雄市与双柏站相比, 1985 年后楚雄站的夏季雨量城郊降水量差比 1985 年前有显著的增加, 夏季增加 46 mm, 秋季增加 12.6 mm, 冬季增加 15.8 mm, 春季减少 20.5 mm; 楚雄站、南华站和双柏站的增雨效应主要表现在夏秋两季。这主要是因为夏秋两季处于全年的高温期, 西南季风带来了孟加拉湾暖湿气流, 城市的热岛效应和城市建筑物阻碍作用较为显著, 使得城区的雨量增多, 明显多于郊区的雨量。

2.4 城市化发展对不同类型降雨雨日数的影响

将楚雄站、南华站、双柏站 1969—2010 年 42 a 的日降雨量分成: 小雨( $R < 10\text{ mm}$ ), 中雨( $10\text{ mm} \leq R < 25\text{ mm}$ ), 大雨( $25\text{ mm} \leq R < 50\text{ mm}$ ), 暴雨( $R \geq 50\text{ mm}$ ) 四个等级进行统计, 其统计结果见表 7、表 8。

从表 7、表 8 可以看出, 楚雄市城市化发展并未使得城区不同类型降雨发生次数都增加。1985 年前, 小雨日数楚雄站比南华站多 9.19 d, 比双柏站少 2.69 d; 中雨日数楚雄站比南华站少 1.94 d, 比双柏站少 4.88 d; 大雨日数楚雄站比南华站少 0.5 d, 比双柏站少 0.75 d; 暴雨日数楚雄站比南华站多 0.41 d, 比双柏站多 0.43 d。1985 年后, 小雨日数楚雄站

表 5 楚雄站、南华站降水量季节分配表

Table 5 The allocation Table of rainfall season in the Nanhua and Chuxiong station /mm

站 名	春季(3—5 月)		夏季(6—8 月)		秋季(9—11 月)		冬季(12—2 月)	
	1965—1984 年	1985—2010 年	1965—1984 年	1985—2010 年	1965—1984 年	1985—2010 年	1965—1984 年	1985—2010 年
楚雄站	89.1	70.6	484	541.3	209.2	254.1	33.1	27.7
南华站	73.9	75	499.6	491.5	215.8	248.1	25.5	31.8
差值	15.2	-4.4	-15.6	49.8	-6.6	6	7.6	-4.1

表 6 楚雄站、双柏站降水量季节分配表

Table 6 The allocation Table of rainfall season in the Shuangbai and Chuxiong station /mm

站 名	春季(3—5 月)		夏季(6—8 月)		秋季(9—11 月)		冬季(12—1 月)	
	1965—1984 年	1985—2010 年	1965—1984 年	1985—2010 年	1965—1984 年	1985—2010 年	1965—1984 年	1985—2010 年
楚雄站	89.1	70.6	484	541.3	209.2	254.1	33.1	27.7
双柏站	110.4	112.4	516.7	528	237.8	270.1	49.3	28.1
差值	-21.3	-41.8	-32.7	13.3	-28.6	-16	-16.2	-0.4

表 7 楚雄站、南华站不同类型降雨平均雨日数

Table 7 The average rainfall days of different types in the Nanhua and Chuxiong station /d · a<sup>-1</sup>

站 名	小雨		中雨		大雨		暴雨	
	1969—1984 年	1985—2010 年	1969—1984 年	1985—2010 年	1969—1984 年	1985—2010 年	1969—1984 年	1985—2010 年
楚雄站	111.19	85.27	16.25	17.69	6.06	8.19	1.91	2.18
南华站	102	91.96	18.19	19.96	6.56	6.46	1.5	1.73
差值	9.19	-6.69	-1.94	-2.27	-0.5	1.73	0.41	0.45

表 8 楚雄站、双柏站不同类型降雨平均雨日数

Table 8 The average rainfall days of different types in the Shuangbai and Chuxiong station /d · a<sup>-1</sup>

站 名	小雨		中雨		大雨		暴雨	
	1969—1984 年	1985—2010 年	1969—1984 年	1985—2010 年	1969—1984 年	1985—2000 年	1969—2010 年	1985—2010 年
楚雄站	111.19	85.27	16.25	17.69	6.06	8.19	1.91	2.18
双柏站	113.88	107.38	21.13	23.23	6.81	7.96	1.48	1.62
差值	-2.69	-22.11	-4.88	-5.54	-0.75	0.23	0.43	0.56

比南华站少 6.69 d,比双柏站少 22.11 d;中雨日数楚雄站比南华站少 2.27 d,比双柏站少 5.54 d;大雨日数比南华站多 1.73 d,比双柏站多 0.23 d;暴雨日数楚雄站比南华站多 0.43 d,比双柏站多 0.56 d。1985 年后楚雄站与郊区南华站降水量之差与 1985 年以前相比较,小雨日数减少 15.88 d,中雨减少 0.33 d,大雨日数增加 2.23 d,暴雨日数增加 0.04 d;1985 年后楚雄站与郊区双柏站降水量之差与 1985 年以前相比较,小雨日数减少 19.42 d,中雨减少 0.66 d,大雨日数增加 0.98 d,暴雨日数增加 0.13 d。

楚雄市小雨日数一般约占年降雨日的 70% 以上,大部分发生在冬半年,因为受偏西气流的影响,空气干燥,“城市热岛效应”虽然冬季较强,但是因为没有充足的水汽,不容易形成对流云和对流性降水,“城市阻障”也因冬半年无大的降水天气系统而不能发挥效应,凝结核虽然较多,但水汽条件不够,难以形成降雨。1985 年以前楚雄市城市发展比较缓慢,1985 年后城市发展进程加快,城市规模迅速扩大,由于城市热岛效应增强、凝结核增多和城市下垫面粗糙度增加等原因,城市热岛中心的上升气流遇到城市空气中较多的凝结核,夏季水汽条件又比较丰沛,使得城市降水量比郊区多,夏季大雨和暴雨增加明显。

## 2.5 楚雄市城市洪涝、滑坡、泥石流防治工作

通过上述分析发现,城市发展有使雨季城市大雨和暴雨日数增多的趋势,例如 2003-06-16T20:00 至 17T20:00 楚雄市处于强降水的中心地带,过程雨量达 174 mm,雨强和雨量之大为楚雄市历史罕见,均突破有资料以来的历史极值,强降雨时间短而集中、高强度降雨持续时间长而稳定、降雨伴随强雷暴、局部大风冰雹是这次特大暴雨的主要特点,这次特大暴雨给人民的生命财产和农作物以及城市交通、市政建设等造成了严重损失。大雨、暴雨对城市安全产生威胁,由于城市道路被水泥、柏油等覆盖,不利于雨水渗透,排水不畅的地区极易发生洪涝灾害。楚雄市四周环山,如果雨量过大容易诱发泥石流和滑坡等山地灾害。洪涝、泥石流和滑坡等灾害使城市交通瘫痪,房屋受损,影响市民的工作与生活,严重时可能造成重大人员伤亡。在楚雄的雨季要做好市区洪涝、滑坡、泥石流等灾害的防治工作,首先要做好大雨、暴雨的天气预报工作,开展城市气象灾害预报预警,及时发布城市气象灾害预警信息,做

好应急气象服务。其次,加强水利防洪设施建设,制定新的市政工程施工标准,同时加强城市排水系统改造、河道整治等。最后要扩大城市和四周山地的绿化面积,避免人为的破坏植被,促进土壤对雨水的吸收。

## 3 结论

1. 对楚雄市和郊区降雨时间序列进行分析,研究降雨量随着城市化发展的变动趋势;研究发现,在 1985 年前降雨变率小,1985 年以后随着城市化进程的加快,城市降水变率有所增大。

2. 通过 1985 年前后城郊降水量季节变化对比分析发现,城市化发展使城市降雨年内分配更不均匀;楚雄市降雨集中在雨季,雨季降水的集中程度比郊区更加明显;夏雨、秋雨增加,春雨减少。

3. 通过 1985 年前后城郊降水量不同类型降水日数对比分析发现,雨日类型分布上,楚雄市小雨日明显减少,中雨相对减少不明显,大雨和暴雨增多,大雨增量最为明显。

4. 城市化发展使城市大雨和暴雨增多,所以要加强城市洪涝、滑坡和泥石流灾害的防治工作。

## 参考文献 (References)

- [1] Zhousuzhen, Zhangchao. Introduction to urban climate[M]. Shanghai: East China Normal University Press, 1985: 211-226 [周淑贞, 张超. 城市气候学导论[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 1985: 211-226]
- [2] Li Tianjie. Shanghai district of urbanization on the influence of precipitation[J]. Journal of China Hydrology, 1995, (3): 34-41 [李天杰. 上海市区城市化对降水的影响初探[J]. 水文, 1995, (3): 34-41]
- [3] Wu Bin. Precipitation trends and regional variation in the last 50 years, Fujian[J]. Journal of Guangxi Meteorology, 2005 (Suppl.): 14-15, 36 [吴滨. 福建省近 50 年降水趋势及区域变化特征[J]. 广西气象, 2005, 26(增): 14-15, 36]
- [4] Ren Chunyan, Wu Dianting, Dong Suocheng. The influence of urbanization on the urban climate environment in Northwest China[J]. Geographical Research, 2006, 25(2): 233-241 [任春艳, 吴殿廷, 董锁成. 西北地区城市化对城市气候环境的影响[J]. 地理研究, 2006, 25(2): 233-241]
- [5] Li Na, Xu Youpeng, Chen Shuang. Influence of urbanization on precipitation in suzhou city[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2006, 15(3): 335-339 [李娜, 许有鹏, 陈爽. 苏州城市化进程对降雨特征的影响分析[J]. 长江流域资源与环境, 2006, 15(3): 335-339]
- [6] Chuxiong online; [http://www.cxs.gov.cn/mlcx\\_read.aspx?id=](http://www.cxs.gov.cn/mlcx_read.aspx?id=)

- 213,2006-1-10[EB/OL][楚雄在线 [http://www.cxs.gov.cn/mlcx\\_read.aspx?id=213](http://www.cxs.gov.cn/mlcx_read.aspx?id=213),2006-1-10[EB/OL]]
- [7] He Ping, Li Hongbo, Shu Jiong, et al[J]. Acta Geographica Sinica, 2003, 58(5): 712-720[何萍, 李宏波, 束炯, 等. 楚雄市城市气候特征分析[J]. 地理学报, 2003, 58(5): 712-720]
- [8] Lu Yongxin, Yang Yongsheng. Restructuring of agricultural production and climate in Chuxiong Yi Autonomous Prefecture[M]. Kunming: Yunnan Nationalities Publishing House, 2004: 11[鲁永新, 杨永生. 楚雄州农业产业结构调整与气候[M]. 昆明: 云南民族出版社, 2004: 11]
- [9] Wang Ying, Shi Neng, Gu Junqiang, et al. Climatic Variations of Wet Days in China[J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences, 2006, 30(1): 162-170[王颖, 施能, 顾俊强, 等. 中国雨日的气候变化[J]. 大气科学, 2006, 30(1): 162-170]
- [10] He Ping, Li Hongbo, Ma Rubiao. Influence of City Development on Local Climate and Meteorological Disasters in Chuxiong City of Yunnan[J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2004, 20(2): 113-116[何萍, 李宏波, 马如彪. 云南楚雄市的发展对气候及气象灾害的影响[J]. 广西科学院学报, 2004, 20(2): 113-116]
- [11] Wang Xin, Zhang Yiping. An Analysis of the characteristics of rainfall and linear trend in the Menglun area of Xishuangbanna, s w China[J]. Journal of Tropical Meteorology, 2005, 21(6): 658-664[王馨, 张一平. 西双版纳勐仑地区降雨特征及变化趋势[J]. 热带气象学报, 2005, 21(6): 658-664]
- [12] Liu Lailin, Liu Guizhi, He Mingqiong. Nearly 40 years temporal and spatial distribution of precipitation in Qingjiang River[J]. Meteorology Journal of Hubei, 2005, (3): 19-21[刘来林, 刘桂枝, 何明琼. 近40多年来清江流域降水时空分布特征[J]. 湖北气象, 2005, (3): 19-21]
- [13] Shi Yuhu, Wang Dong, Pan Lei, et al. Relationship between rainfall change and surface runoff in typical small valley of reservoir area of Three Gorges[J]. Journal of Soil Water Conservation, 2003, 17(3): 118-129[史玉虎, 王栋, 潘磊, 等. 三峡库区典型流域降雨变化与径流的关系研究[J]. 水土保持学报, 2003, 17(3): 118-120]

## Impact of Urban Development on the Rainfall in Yunnan Plateau

### ——A Case Study in Chuxiong City

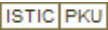
LI Hongbo<sup>1</sup>, HE Ping<sup>2</sup>

(1. Chuxiong Meteorological Observatory, Chuxiong 675000, China;

2. The Department of Geography And Tourism Management, Chuxiong Normal College, Chuxiong 675000, China)

**Abstract:** This article analyzes the rainfall characteristics in Chuxiong of Yunnan from 1965 to 2010, makes a comparison between urban (Chuxiong city) and rural (Nanhua county, Shuangbai county) areas during the same period, and a comparison of the precipitation in the urban area from year to year. Through these comparisons, the essay researches the impact of urbanization on annual rainfall, seasonal rainfall and the frequency of different types. The results show that: urbanization has increased the annual rainfall and flood season rainfall at different levels, the trend that the rainfall centralized in rainy seasons has become more obviously, urbanization has increased the frequency of heavy rain and storms, while reduced of light rain and moderate rain. Therefore, it is a must to strength the prevention works of flooding, landslide and the debris flow disasters which most probably caused by urbanization.

**Key words:** Yunnan Plateau; urbanization; Chuxiong city; rainfall; impact

作者: [李宏波](#), [何萍](#), [LI Hongbo](#), [HE Ping](#)  
作者单位: [李宏波, LI Hongbo \(楚雄州气象台, 云南楚雄, 675000\)](#), [何萍, HE Ping \(楚雄师范学院地理系, 云南楚雄, 675000\)](#)  
刊名: [山地学报](#)   
英文刊名: [Journal of Mountain Science](#)  
年, 卷(期): 2011, 29 (5)

## 参考文献(13条)

1. [周淑贞;张超](#) [城市气候学导论](#) 1985
2. [李天杰](#) [上海市区城市化对降水的影响初探](#) 1995 (03)
3. [吴滨](#) [福建省近50年降水趋势及区域变化特征](#) [期刊论文] - [广西气象](#) 2005 (增)
4. [任春艳;吴殿廷;懂锁成](#) [西北地区城市化对城市气候环境的影响](#) [期刊论文] - [地理研究](#) 2006 (02)
5. [李娜;许有鹏;陈爽](#) [苏州城市化进程对降雨特征的影响分析](#) [期刊论文] - [长江流域资源与环境](#) 2006 (03)
6. [查看详情](#) 2006
7. [何萍;李宏波;束炯](#) [楚雄市城市气候特征分析](#) [期刊论文] - [地理学报](#) 2003 (05)
8. [鲁永新;杨永生](#) [楚雄州农业产业结构调整与气候](#) 2004
9. [王颖;施能](#) [中国雨日的气候变化](#) [期刊论文] - [大气科学](#) 2006 (01)
10. [何萍;李宏波;马如彪](#) [云南楚雄市的发展对气候及气象灾害的影响](#) [期刊论文] - [广西科学院学报](#) 2004 (02)
11. [王馨;张一平](#) [西双版纳勐仑地区降雨特征及变化趋势](#) [期刊论文] - [热带气象学报](#) 2005 (06)
12. [刘来林;刘桂枝;何明琼](#) [近40多年来清江流域降水时空分布特征](#) [期刊论文] - [湖北气象](#) 2005 (03)
13. [史玉虎;王栋;潘磊](#) [三峡库区典型流域降雨变化与径流的关系研究](#) [期刊论文] - [水土保持学报](#) 2003 (03)

## 引证文献(1条)

1. [李矜霄](#), [何萍](#), [保桃](#), [李宏波](#) [曲靖市降水量和低云量的时空变化特征研究](#) [期刊论文] - [云南地理环境研究](#) 2013 (2)

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_sdx201105009.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_sdx201105009.aspx)