

Time-Space Distribution Features of Annual Precipitation in Kunming

Baofen Li¹, Fangzhao He²

¹Kunming Branch, Hydrology and Water Resources Bureau of Yunnan, Kunming Yunnan

²Dali Branch, Hydrology and Water Resources Bureau of Yunnan, Dali Yunnan

Email: ynswsygd@126.com

Received: Mar. 2nd, 2016; accepted: Mar. 22nd, 2016; published: Mar. 30th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

The paper reveals the law of space-time characteristic of precipitation in Kunming by analyzing the regional distribution, vertical variation, variation tendency, contours of multi-year average and so on. It indicates that the space-time distribution of precipitation of Kunming is uneven. In space, the precipitation has linear relation with elevation and decreases along with elevation decreasing. In time, the precipitation distribution is uneven in different seasons and concentrating; meanwhile, the annual precipitation has a non-significant decreasing tendency. The results and conclusions can provide reference and technical support for water resources planning and development as well as flood prevent and control.

Keywords

Kunming City, Participation, Regional Distribution, Vertical Variation, Variation within a Year and between Years

昆明市年降水量时空分布特征

李宝芬¹, 和方昭²

¹云南省水文水资源局昆明分局, 云南 昆明

²云南省水文水资源局大理分局, 云南 大理

Email: ynswsygd@126.com

收稿日期: 2016年3月2日; 录用日期: 2016年3月22日; 发布日期: 2016年3月30日

作者简介: 李宝芬(1976-), 女, 高级工程师, 主要从事水文水资源调查评价及研究工作。

文章引用: 李宝芬, 和方昭. 昆明市年降水量时空分布特征[J]. 水资源研究, 2016, 5(2): 182-189.
<http://dx.doi.org/10.12677/jwrr.2016.52024>

摘要

本文通过对昆明市年降水量的地区分布、垂直变化以及年内、年际、丰枯变化、多年变化趋势的分析,采用数理统计方法,并结合克里金空间插值方法(计算模型)勾绘了多年平均降水量等值线图,揭示了昆明市年降水量时空变化特征。研究表明,昆明地区年降水量时空分布不均,空间分布上具有明显的地带性,表现为山区多于坝区,坝区多于河谷和湖滨地带,年降水量与高程的变化呈线性关系的特点;时间分布上年内变化具有干湿季节明显,季节分配不均,雨量集中程度高,干湿起止时间基本一致的特点,多年降水量呈现减少的趋势,但其减少的显著性不明显,同时丰水年与枯水年交替出现,具有明显的周期性等特征,该成果是昆明市水资源研究和综合规划的基础,可为研究昆明市水资源变化规律、开发利用、防汛抗旱减灾提供参考。

关键词

昆明市, 降水量, 地区分布, 垂直变化, 年内年际变化

1. 引言

昆明市位于云贵高原中部,东经 $102^{\circ}10' \sim 103^{\circ}41'$,北纬 $24^{\circ}24' \sim 26^{\circ}33'$ 之间,其范围东与曲靖市的会泽、沾益、马龙、陆良县接壤,西与楚雄州禄丰、武定县及玉溪市易门县相连,南与红河州泸西、弥勒县及玉溪市江川、澄江、峨山、红塔区毗邻,北与四川省会理、会东县隔金沙江相望,东西最大横距 151 km,南北纵距 218 km,全市国土面积 $21,156 \text{ km}^2$ 。

昆明市处于长江、珠江、红河分水岭地带,地势北高南低,由北向南呈阶梯状逐渐低缓,北部多山,南部较平坦。云岭山脉由西向东横亘伸延,乌蒙山系余脉由东向西延伸,北部有三台山、拱王山及梁王山,南部有滇池及阳宗海,以高原为主体,湖盆为特征,地貌复杂多样;以岩溶高原地貌形态为主,红色山原地貌次之。大部分地区海拔在 1500~2800 m 之间,最高处是金沙江边的雪岭,海拔 4344.1 m;最低点为东川小江与金沙江汇口,海拔 695 m,高差达 3649.1 m。全市主要地貌类型为山地、盆地、丘陵和河谷,其中,丘陵、山地约占全市总面积的 88%,盆地约占 10%,湖泊水域约占 2%,属典型的山地城市。

昆明市地处低纬度高海拔地区,属亚热带高原季风气候,气候温差较大,冬春控制本市的主要气流为西方干暖气团,天气晴朗少雨;夏秋主要受西南暖湿气流和东南暖湿气流控制,形成大量降水。因而冬夏半年控制本市的气团形式迥然不同,形成本市冬无严寒、夏无酷暑、四季如春、干湿分明的气候特点。全市常年风向以西南风偏多。

昆明市是云南省的省会,也是云南省乃至全国水资源严重短缺的城市之一,全市多年平均人均水资源量 946 m^3 ,滇池流域仅 150 m^3 ,已严重低于国际公认区域水资源量基本平衡的人均 2500 m^3 下限,属于水资源极度紧缺地区。特别是在 2009~2012 年整个云南境内遭遇了百年一遇大旱,水资源不足形势更加严峻。水资源量的时空分布状况、变化规律与降水量有密切关系,年际、年内变化可用年降水量的时间系列来反映,故研究昆明市降水量的时空分布特征及变化规律,对掌握昆明市水资源状况及演变趋势具有重要意义。目前,对昆明市境内年降水量变化特征的研究,虽有部分研究成果,但由于前期站点不足、样本系列较短,且随着经济社会发展,人类活动影响加剧,“热岛效应”等因素影响,其成果已不能反映变化环境下的降水量时空分布变化特征。基于此,本文采用昆明市水文、气象、水利部门 243 个长系列雨量站点资料,考虑了环境变化因素,系统地分析了昆明境内年降水量时空分布特征,其成果可应用于昆明市水资源变化规律研究、开发利用、综合规划、防汛抗旱等方面,对掌握昆明市水资源分布状况及演变特征具有较强的参考价值。

2. 资料选用与分析方法

2.1. 资料选用

通过对昆明市辖区内水文、气象、水利部门雨量观测站点资料的必选分析,选取面上分布均匀、资料连续性较好、站址稳定,且能反映地形变化的 243 个站点(含邻近州市水文部门站点 49 站)共计 6462 站年的实测年降水资料作为本次年降水量分析的依据,其中资料系列长度大于 50 年的有 71 站次,是本次分析的主要站点,最长系列长度为 1942~2012 年共计 71 年。各流域选用雨量站情况见表 1。

2.2. 分析方法

以研究区范围内及周边 243 个雨量站点的多年平均降水量为依据,考虑不同流域内降水量随高程的变化关系,以山脊线、河流及流域线为降水量空间差值的障碍线,通过降水-高程关系估算障碍线的年降水量,以约束条件下的克里金空间插值方法为计算模型,计算昆明市多年平均年降水量分布的栅格数据,以此为基础生成昆明市多年平均降水量等值线图,分析昆明市年降水量空间分布规律。

选取研究区内 71 个长系列(含 1956~2012 年资料系列)站点,采用数理统计方法分别计算最大、最小年降水量极值比、干湿季降水量、年降水量变差系数 C_v 值,进行长系列资料频率分析,绘制年降水量差积曲线,对昆明市年降水量的时间分布进行研究;采用趋势法对年降水量、干湿季降水量多年变化趋势进行分析研究,具体表现形式为 $\Delta p_i = a + bn_i$; 式中: ΔP_i 为第 i 年的距平; n_i 为第 i 年的序号; a , b 为回归方程的截距和斜率。根据斜率的正负可以得知 n 年内降水量增加还是减小的趋势。

3. 降水量时空分布特征

降水量是气象要素之一,是自然界水循环过程中最活跃的因子,降水量时空分布,将直接影响河川径流的变化情势。

3.1. 降水量的空间分布

3.1.1. 地区分布

昆明市各地 1956~2012 年多年平均降水量在 500~2000 mm 之间变化,全市平均年降水量为 962.0 mm,折合降水总量为 203.5 亿 m^3 。

昆明市地处云南腹地,兼有东亚和南亚两种季风气候特点,昆明市降水量由于受地形变化和东南、西南季风影响,在地区分布有明显的地带性。分布特点是:位于中部自北向南隆起的地带多,并由北向南、向东、向西呈递减趋势,其中以昆明市北部的普渡河与小江分水岭的雪岭、马鬃岭、轿子山一带(拱王山)最多;金沙江河谷和普渡河下段、小江下段最少。普遍是山区多于坝区,坝区多于河谷和湖滨地带,随着地形变化呈交错高低相间分布。在水平地带性分布的基础上,受地形、高程的影响,垂直变化也十分明显。实测年降水量最多的是拱王山迎风坡(西坡)的炭山站 2010 年降水量达 2018.5 mm,多年均值为 1649.6 mm;最少为普渡河下段尼格站

Table 1. General information of precipitation analysis at selected stations in Kunming
表 1. 昆明市降水量分析选用站点基本情况表

流域	流域面积(km ²)	站数	实测资料站年数	高程控制(m)
长江	16,915	162	3867	837~3227.7
珠江	3962	69	2147	1330~2122
红河	279	12	448	1100~1940
合计	21,156	243	6462	837~3227.7

2009 年降水量 385.5 mm, 多年均值为 658.9 mm, 极值比分别为 5.2 和 2.5, 两站直线距离仅 22 km, 高差达 1497 m。

按多年平均降水量的多少划分, 全市有三个多雨区和四个少雨区: 多雨区年降水量 1200 mm 以上, 一是位于北部中间隆起地带的拱王山, 倘甸工业园区与东川区交界地带, 分布广、连片、集中, 年降水量为 1200~2000 mm; 二是中东部的梁王山, 普渡河、牛栏江和小江的分水岭一带, 年降水量为 1200 mm 以上; 三是位于滇池左岸梁王山, 滇池流域与南盘江分水岭一带, 范围小, 年降水量在 1200 mm 左右。四个少雨区, 分别为北部沿金沙江、普渡河、小江河谷地带, 年降水量在 500~800 mm, 以及滇池左岸呈贡县城一带、安宁市境内鸣矣河中下游的河谷地带、石林境内甸溪河一带, 年降水量为 700~800 mm 左右。年降水量 800~1200 mm 之间的为中雨区, 分布地区介于多雨区与少雨区之间的广大地区。

3.1.2. 垂直变化

以上雨区划分是比较概括的, 仅反映了昆明市年降水量的大尺度的分布趋势, 实际上在昆明市山区“一山分四季, 十里不同天”的现象很普遍, 就一座山体有几个雨区的实例也不少见。通过分析年降水量与高程的关系(图 1)表明, 在山区一个较小的范围内, 年降水量随高程上升呈增多的趋势, 年降水量与高程的变化呈线性关系[1], 不同区域变化规律可用线性关系式表达, 具体为:

I 线: 东北部拱王山, $P = 0.3011H + 178.8$, $r = 0.99$

II 线: 中东部梁王山的西部, $P = 0.2491H + 411.57$, $r = 0.95$

III 线: 中东部梁王山的北部, $P = 0.373H + 248.34$, $r = 0.96$

IV 线: 南盘江与牛栏江分水岭老爷山 - 五龙山, $P = 0.3331H + 388.22$, $r = 0.89$

不同的山区年降水量每 100 m 递增率差异是很大的, I、II、III、IV 线每 100 m 递增率分别为 30.1 mm、24.9 mm、37.3 mm、33.3 mm。

最大年降水量高度, 因本市山区雨量观测资料时间较短, 且测站海拔高程大多在 3000 m 以下, 仅东川区落雪站海拔高程 3227.7 m, 是昆明市雨量监测最高的测站。在目前资料条件下, 很难确定昆明市山区的最大降水量高度带, 云南省仅白马雪山背风坡(东坡)有一个最大降水高度带, 在海拔 3700~3800 m 之间, 比喜马拉雅山南坡的最大降水高度带高[2]。

降水量的分布除与地形变化有关外, 还与坡向有密切关系[3], 对同一高程而言, 迎风坡对气流的抬升作用凝云致雨和背风坡气流下沉绝热增温使得迎风坡多雨背风坡少雨。如位于滇池左岸的梁王山(图 2), 迎风坡与背

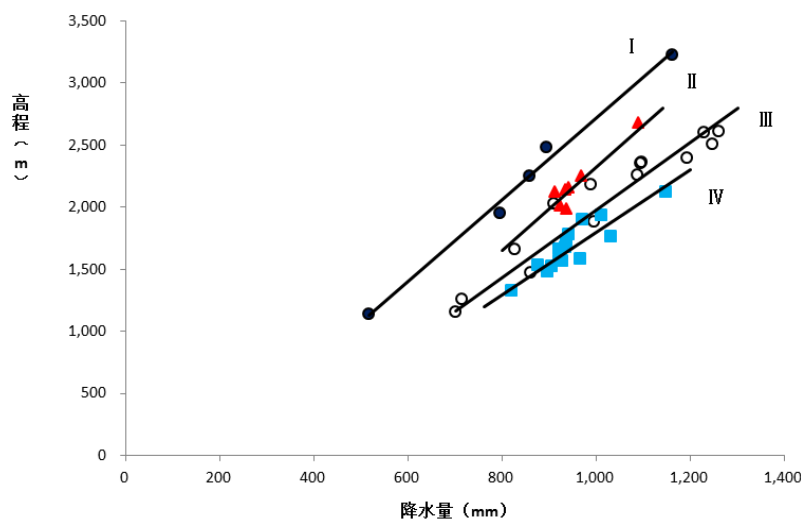


Figure 1. Relationship between precipitation and elevation in Kunming

图 1. 昆明市境内年降水量与高程关系图

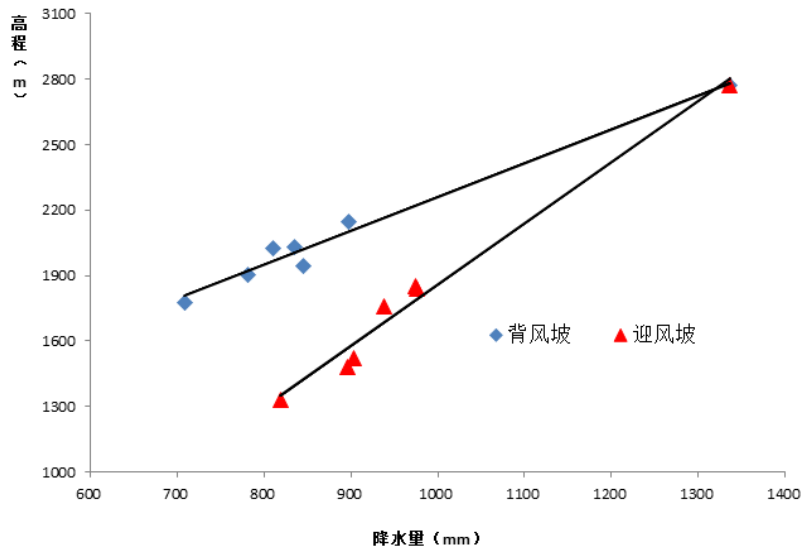


Figure 2. Relationship between annual precipitation and elevation in Liangwang Mountain

图 2. 梁王山(滇池)年降水量与高程的关系

风坡年降水量有明显的差异，其中山脚降水量差别最大，随高程的增加其差值逐渐减小，到山顶时降水量相同；其在山脚迎风坡比背风坡年降水量偏多 15.6%。

3.2. 降水量的时间分布

3.2.1. 年降水量年内变化特征

昆明由于受低纬度、高海拔的地理条件及季风气候影响，使其降水量年内变化多为单峰型，具有干湿季节明显，季节分配不均，雨量集中程度高，干湿起止时间基本一致的特点。

从各代表雨量站多年平均年内分配过程(见图 3)来看，月分配类型一致，均为单峰型。全市年降水量主要集中在汛期(5~10 月)，一般占全年的 85%~90%，枯期(11~4 月)一般占 10%~15%；多年平均连续最大 4 个月起止时间一致，均为 6~9 月，占全年的 67%~72%；最大月降水量大部分地区均出现在 7 月或 8 月，少部分地区出现在 6 月(如小江新村站出现在 6 月)，占 19.4%~22.0%；最小月降水量出现在 12 月、2 月或 1 月，仅占 0.8%~1.8%。

从各代表雨量站多年平均四季降水分配情况看，春季雨量最少，仅占全年的 3.8%~5.8%；夏季占全年的 27.8%~35.0%；秋季雨量最多，占 45.4%~54.2%；冬季占 12.8%~14.4%。降水量季节分配极为不均，是昆明冬春、夏初极易出现干旱、夏秋出现洪涝的主要原因，尤其是春季和夏初(3~5 月)农业生产需求最大时，降水量最少，使得水资源严重短缺，且春旱和春夏初连旱特别重，甚至出现冬春夏三季连旱，严重影响农业生产，也直接造成农村人畜饮水困难、城市干旱缺水。

3.2.2. 年降水量多年变化趋势

根据长系列代表站年降水量趋势分析可知，昆明境内大部分地区，多年来降水量呈现减少的趋势，但其减少的显著性不明显，见图 4、图 5。而在个别河谷地区表现出增加的趋势(图 6)，如位于小江河谷地区的新村站，该站自 1955 年就观测有降水量，由于该站处于干热河谷地区，其雨季开始迟，晴朗炎热干燥，降雨少，多年平均降水量为 714.9 mm，属于昆明少雨区，从其历年资料分析在 2009~2012 年发生的百年一遇大旱对其影响不大，仅比多年平均小 98.2 mm，究其原因可能是由于该地区所处的自然地理环境受大气环流异常等影响较其它地区小所致。

从代表站干、湿季降水量变化趋势分析看，干季降水量增减趋势不明显，湿季降水量呈减少趋势，其减少

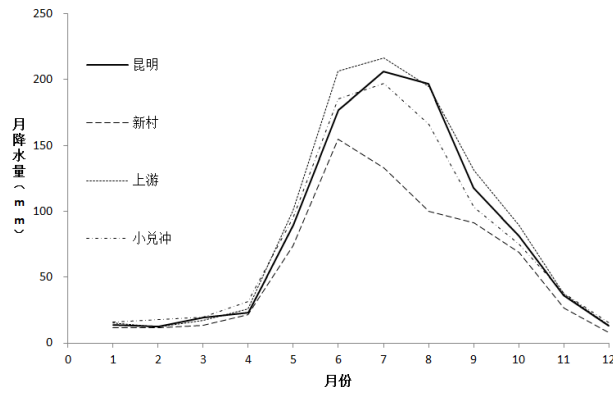


Figure 3. Monthly precipitation distribution at representative rainfall stations in Kunming City

图 3. 昆明市代表雨量站降水量月分配过程

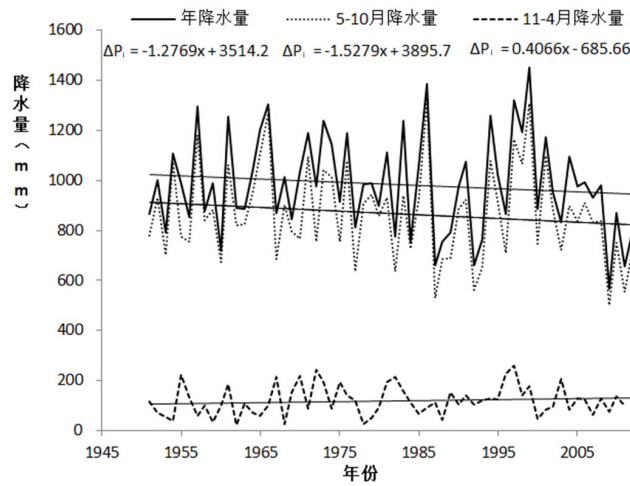


Figure 4. Multiyear precipitation change trend and distribution chart at Kunming Station

图 4. 昆明站降水量多年变化趋势图

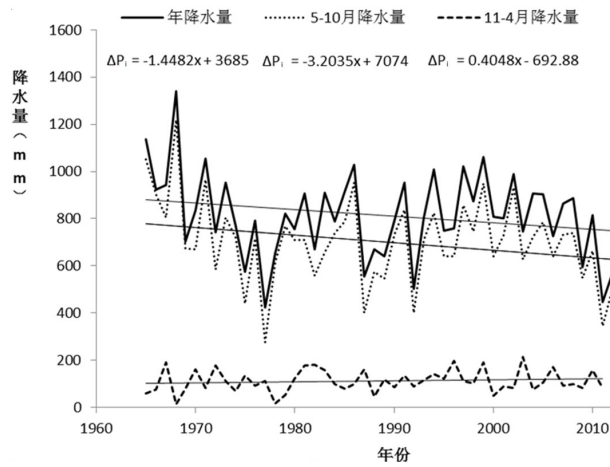


Figure 5. Multiyear precipitation change trend chart at Dabanqiao Station

图 5. 大板桥站降水量多年变化趋势图

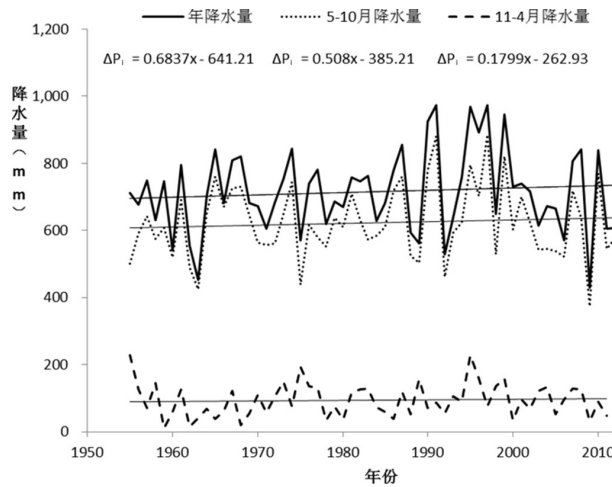


Figure 6. Multiyear precipitation change trend chart at Xincun Station
图 6. 新村站降水量多年变化趋势图

程度比年降水量更为显著,说明引起降水量减少原因为湿季降水量减小造成。如位于昆明主城区东部的大板桥站,年降水量减少趋势斜率为-1.44,而湿季降水量减少斜率为-3.20,湿季降水量减少趋势明显大于年降水量减少趋势。

3.2.3. 年降水量年际变化特征

1) 极值比。根据昆明市各代表站实测降水资料分析,最大年降水量与最小年降水量差值在 545.4~955 mm 之间,最大与最小比值 1.9~3.2 倍;各站最大年降水量是多年平均降水量的 1.3~1.6 倍,最小年降水量是多年平均降水量的 0.47~0.71 倍。境内大部分雨量站降水量年际变化不大,其中变化较大的是境内的干旱地区,变化较小的是多雨地区。

2) 变差系数。常采用年降水量变差系数 C_v 值来表示年降水量的年际变化, C_v 值大表示年际间的变化大,反之则小。全市雨量站点的变差系数 C_v 值在 0.15~0.23 之间,较全省年降水量年际变化(C_v 值 0.10~0.25) [2] 稳定。一般规律是年降水量多的山区,变差系数 C_v 值小;年降水量少的坝区、河谷区,变差系数 C_v 值大,并随年降水量的增加而减小。

3) 丰枯变化分析。昆明市年降水量丰枯变化主要受大气环流影响,丰水年与枯水年交替出现,具有明显的周期性。根据代表雨量站 1956~2012 年长系列年降水量差积曲线(图略)统计分析,降水量年际间的丰枯变化具有一定的周期,一般站均有两个完整的周期,周期长度在 16~36a 之间,每一个周期均包括丰、平、枯三个时段,其丰枯变幅不大。从各代表站模比差积曲线(图略)还可以看出,降水系列年际变化大趋势基本相同,丰枯变化基本对应,但又有其各自的小周期,这与地形和小气候影响有关。

4) 连丰、连枯出现次数及年数。按照丰水年 $P_i > (\bar{P} + 0.33\delta)$,相应频率 $P < 37.5\%$;枯水年 $P_i < (\bar{P} - 0.33\delta)$,相应频率 $P > 62.5\%$ 判别丰水年和枯水年[4],统计连续丰水或枯水的年数,计算连丰、连枯年份的平均年降水量及其与多年平均降水量的比值 $K_{\text{丰}}$ 和 $K_{\text{枯}}$ (其中 \bar{P} 为多年平均年降水量; P_i 为某一年降水量; δ 为均方差统计分析),结果见表 2。从表中可得连枯年数为 2~4 年,连丰年数为 2~5 年, $K_{\text{枯}}$ 为 0.70~0.89, $K_{\text{丰}}$ 为 1.11~1.34,持续出现丰水年的次数明显多于持续枯水年的次数,如昆明站出现连丰年 6 次,最长年 3 年,连枯年 3 次,最长年 4 年。虽然连丰年出现次数多于连枯年,但连枯年数多于连丰年数,大部分连枯持续时间长于连丰年。

4. 结论

从上述分析可知,昆明市境内易发生山洪灾害的高山地区降水量多,水资源短缺的坝区、湖滨、河谷降水

Table 2. Statistics of continuous wet and dry years at representative rainfall stations
表 2. 昆明市代表雨量站连丰连枯段频次统计表

站名	资料系列		连丰年段						连枯年段					
	起止年份	年数	不同历时连丰发生频次				最长年数	$K_{丰}$	不同历时连丰发生频次				最长年数	$K_{枯}$
			2年	3年	4年	5年			2年	3年	4年	5年		
昆明站	1951~2012	62	4	2	0	0	3	1.13~1.34	1	1	1	0	4	0.72~0.75
三家村	1956~2012	57	4	1	0	0	3	1.13~1.32	1	2	0	0	3	0.74~0.81
大板桥	1953~2012	60	2	1	1	0	4	1.11~1.33	2	3	0	0	3	0.66~0.93
海埂(滇池)	1954~2012	59	2	2	0	0	3	1.11~1.33	3	0	1	0	4	0.68~0.84
晋宁	1956~2012	57	3	2	0	0	3	1.12~1.26	2	1	1	0	4	0.72~0.83
安宁	1956~2012	57	2	2	0	0	3	1.09~1.27	3	1	1	0	4	0.76~0.90
蔡家村	1945~2012	68	6	1	0	0	3	1.12~1.25	4	1	1	0	4	0.74~0.84
三江口	1954~2012	59	4	0	0	1	5	1.13~1.34	2	0	2	0	4	0.67~0.89
新村	1955~2012	58	5	0	1	0	4	1.12~1.33	4	1	1	0	4	0.70~0.89
上游	1956~2012	57	3	1	0	1	5	1.11~1.28	2	1	2	0	4	0.70~0.83
寻甸	1956~2012	57	2	1	0	0	3	1.14~1.25	5	1	0	0	3	0.77~0.90
小兑冲	1956~2012	57	2	1	0	0	3	1.11~1.14	3	0	1	0	4	0.74~0.88
高古马	1954~2012	59	5	1	0	0	3	1.09~1.23	2	1	1	0	4	0.72~0.86
石林	1956~2012	57	3	1	0	0	3	1.09~1.28	2	1	1	0	4	0.74~0.87

量少,建议在雨量充足的山区多建设小型蓄水工程,并实施南水北调小工程,在消减山洪暴发的同时实现水资源的充分利用与有效开发;市境内高山雨量监测站点少,为利于流域内各种水文水利计算和更好地做好山区防洪预测报工作,建议在保持原有雨量站点的基础上,考虑站点分布的均匀性,适当增设中、高海拔自动雨量监测站点。

本文分析研究了境内年降水量的地区分布、垂直变化以及年内、年际、丰枯变化、多年变化趋势等特征,而对时段暴雨时空分布特征、降水呈减少趋势的成因以及对未来的影响待进一步研究。

参考文献 (References)

- [1] 徐才俊,唐一清. 云南省地表水资源[R]. 昆明: 云南省水利水电厅, 1884: 34-70.
XU Caijun, TANG Yiqing. Surface water resources in Yunnan Province. Kunming: Yunnan Water Conservancy Department, 1884: 34-70. (in Chinese)
- [2] 伍立群,王超,李学辉,朱远高. 云南省水资源综合规划水资源调查评价专题报告[R]. 昆明: 云南省水利厅, 2007: 33-54.
WU Liqun, WANG Chao, LI Xuehui and ZHU Yuangao. Special report on comprehensive planning and survey & evaluation of water resources in Yunnan Province. Kunming: Yunnan Water Conservancy Department, 2007: 33-54. (in Chinese)
- [3] 李绅东. 云南省年降水量随高程变化分析[J]. 水资源研究, 2004, 25(1): 15-16.
LI Shendong. Annual precipitation analysis with the changing elevation. Journal of Water Resources Research, 2004, 25(1): 15-16. (in Chinese)
- [4] 王政祥. 长江流域年降水量多年变化及系列代表性分析[J]. 人民长江, 2008, 39(17): 90-92.
WANG Zhengxiang. Analysis on multiyear annual precipitation change and its representatives of Changjiang River Basin. The Yangtze River, 2008, 39(17): 90-92. (in Chinese)