

喀斯特流域空间尺度对洪、 枯水水文特征值影响初探 ——以贵州河流为例^{*}

梁 虹
(贵州师大资源与环境科学系)

摘 要 本文根据贵州省境内 70 多个水文测站多年观测资料,研究对比了喀斯特流域和非喀斯特流域因流域空间尺度差异引起的洪、枯水流量特征值的变化,并指出喀斯特流域结构产生的特殊水文效应将随着流域面积的增大而逐渐减弱。

关键词 喀斯特流域 空间尺度 洪水 枯水

喀斯特地区的洪、枯水运动规律是人们时常关注的一个问题,因为洪、枯水的变化对喀斯特地区的工农业生产影响较大。然而,由于受到特殊的喀斯特地貌的影响,以峰丛洼地、峰丛谷地等地貌类型为主的中、小喀斯特流域,因发育有大量的地下水系和特殊的储水结构,必然会表现出特殊的洪、枯水流量变化规律。另外,随着流域空间尺度的增大,流域内所包括的地貌组合类型就相应增多,也必然会造成因流域内地貌类型组合差异而引起流域洪、枯水水文特征值的不同。本文将以贵州诸河流为例,就流域空间尺度差异对喀斯特地区的洪、枯水流量特征值变化规律进行一些初探。

1 洪、枯水水文特征值的计算

根据贵州省水文总站编印的《贵州省历年水文特征值统计资料》^①和贵州省区域地理信息项目领导小组编写的《贵州省地理信息数据集》^[1],选用了其中观测年数在 10 年以上的水文断面 70 余个(洪水测站断面稍多几个),观测资料年限截止于 1978 年和 1979 年;对几个不足 10 年的观测资料,参考邻站资料延长到 10 年,同时还加入了贵州省普定岩溶综合研究试验站后寨河喀斯特流域 12 年(1980~1991 年)后寨河喀斯特流域的水文观测资料。

^{*} 本文为国家自然科学基金资助项目(59569001)和贵州省自然科学基金资助项目[黔基合计字(第 1996)3072 号]部分内容。
作者简介:梁虹,男,1959 年生,副教授,1985 年陕西机械学院工程水文及水资源专业硕士研究生毕业。(550001)贵阳市外环东路 270 号。
收稿日期:1997-03-14;改回期:1997-04-10

在喀斯特流域水文断面和非喀斯特流域水文断面的划分上,主要依据文献^[1]和贵州省地质矿产局编印的《贵州省 1: 20万综合水文地质图》,将碳酸盐岩出露面积占全流域面积达 70% 以上的流域定为喀斯特流域,其余的为非喀斯特流域。当然这种划分法不一定十分合理,但从已进行了长期观测的水文断面来选出露碳酸盐岩面积达 100% 的流域数量就很少,特别是大流域就更少。从划分的结果来看,喀斯特流域和非喀斯特流域几乎各占一半。

洪水水文特征值的计算选用各水文断面各年最大瞬时洪峰流量 Q_m 和最大日平均洪峰流量 Q_d 为基本资料,枯水水文特征值的计算选用各年最小日平均流量 q_d 和最小月平均流量 q_m 为基本资料,从而计算径流变差系数 C_v 、径流模数 M 以及与流域面积空间尺度的关系。为了更有效地揭示喀斯特流域洪、枯水流量变化规律及其特征,本文同时将非喀斯特流域的洪、枯水流量进行计算,以便对比分析。

2 枯水径流与流域面积关系

2.1 多年平均最小流量 $\bar{q}_t$ 与面积 F

对于任何类型的流域,多年平均最小日、月流量作为流域枯水径流量的指标,其大小从一个侧面反映了流域调蓄能力的大小、河流切割深度、流域自然植被的好坏以及地下含水层的空间结构状况^[2]。

为了寻找多年平均最小(日、月)流量 $\bar{q}_t$ 与流域面积 F 的关系,计算 $\bar{q}_t$ 并以相应的流域面积 F 和流域性质(分喀斯特流域和非喀斯特流域),将 $\bar{q}_t$ 和 F 分别取对数后点绘在直角坐标图上(见图 1 2)。从所点绘的相关图上我们可以看出以下特点:第一,各计算时段 $\lg \bar{q}_t$ 与 $\lg F$ 之

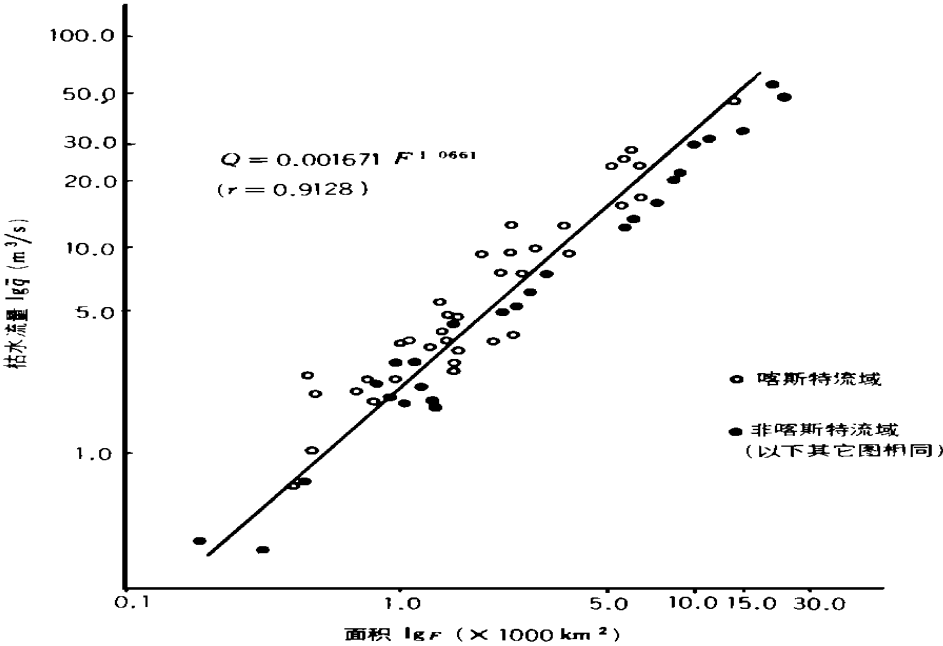


图 1 平均日枯水流量与流域面积关系

Fig. 1 Average daily low flow discharge versus drainage area

间表现了较好的线性正相关关系,说明性质不同的流域 $\bar{q}$ 与 F 都存在幂函数关系,即 $\bar{q} = TF^U$; 根据回归分析得 $\bar{q} = 0.001671 \cdot F^{1.0661}$ 及 $\bar{q} = 0.002018F^{1.0862}$, 相关系数 (r) 分别为 0.9128 0.9534; 第二,喀斯特流域点子大都在正相关回归直线的右下方,而非喀斯特流域则大都在左上方,表明在相同流域面积下,喀斯特流域各计算时段多年平均最小流量较非喀斯特流域小,这一点与过去人们的认识有所不同;第三,随着计算时段的增加(即以日到月), $\lg \bar{q}$ 与 $\lg F$ 相关回归直线的斜率在减小,说明单位流域面积的增加对枯水流量的增长幅度在减小。

2.2 最小径流模数 M_l 与面积 F

从点绘的不同计算时段(日、月)枯水径流模数 M_l 与 F 的相关图(见图 3 4)可看出: 第一,随着流域面积的增加,不管是喀斯特流域还是非喀斯特流域,不同计算时段的 M_l 都将趋于一个相应的稳定值,说明喀斯特的特殊性对于枯水径流的作用随着流域面积空间尺度的增大而减小,喀斯特流域与非喀斯特流域结构差异引起的水文效应差异也随之减弱;第二,随着枯水流量计算时段的增大,稳定的枯水径流模数也大约从 3.25 增加到 3.95 $l/km^2 \cdot s$; 第三,喀斯特流域各计算时段枯水径流模数一般较非喀斯特流域的小。一般在面积小于 $10000km^2$ 的区域所表现的差异较

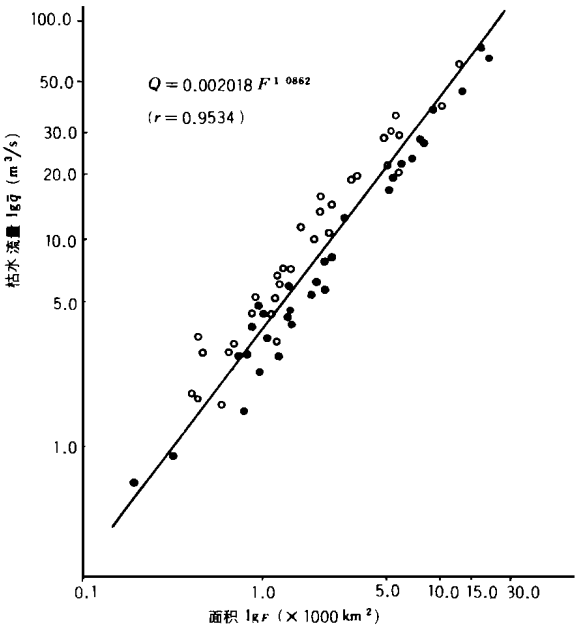


图 2 平均月枯水流量与流域面积关系
Fig. 2 Average monthly low flow discharge versus drainage area

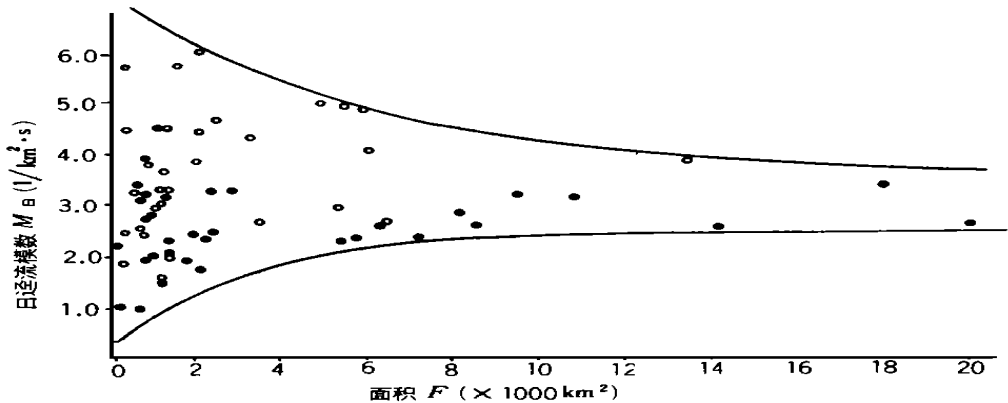


图 3 日枯水径流模数 M_d 与流域面积 F 关系
Fig. 3 Runoff modulus of daily low flow M_d versus drainage area (F)

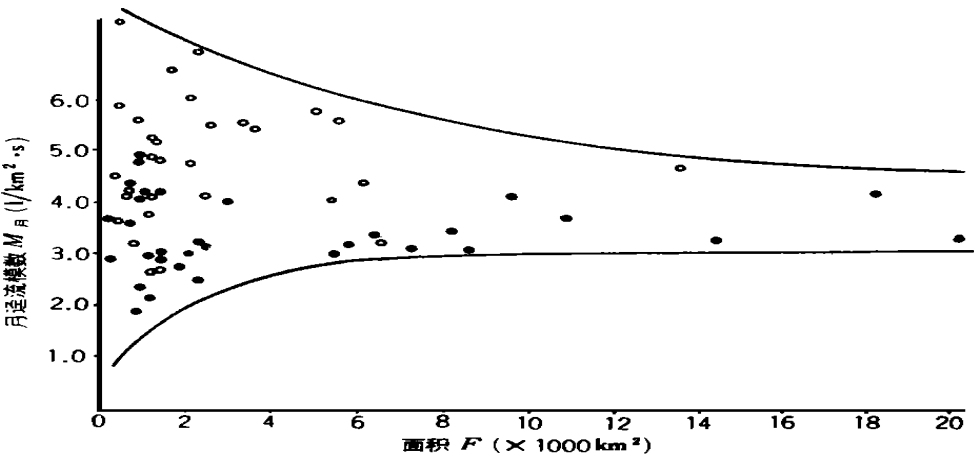


图 4 月枯水径流模数 $M_{月}$ 与流域面积 F 关系

Fig. 4 Runoff modulus of monthly low flow (M_m) versus drainage area (F)

为明显。

2.3 枯水流量变差系数 C_v 与面积 F

将不同计算时段的枯水 C_{vt} 值与 F 的对应值点绘在图中 (见图 5 6), 则可以看出, 随着流域面积增大, 不管是喀斯特流域还是非喀斯特流域, 不同计算时段的枯水流量变差系数 C_{vt} 值都趋向一个相对稳定的值, 且这个相对稳定的值对于不同的计算时段也相差不大, 约在 0.23 ~ 0.27 之间; 另外, 流域从约 2500km² 增大到约 5000km², C_{vt} 值的变化幅度则迅速下降; 在小于 2500km² 区域, C_{vt} 值的变化幅度较大, 最高可达 0.55 左右, 最小接近 0.1, 出现较大 C_{vt} 值的流域主要为喀斯特流域。但当流域面积大于 5000km² 后, 喀斯特与非喀斯特流域枯水 C_{vt} 值的差异已基本已消失。

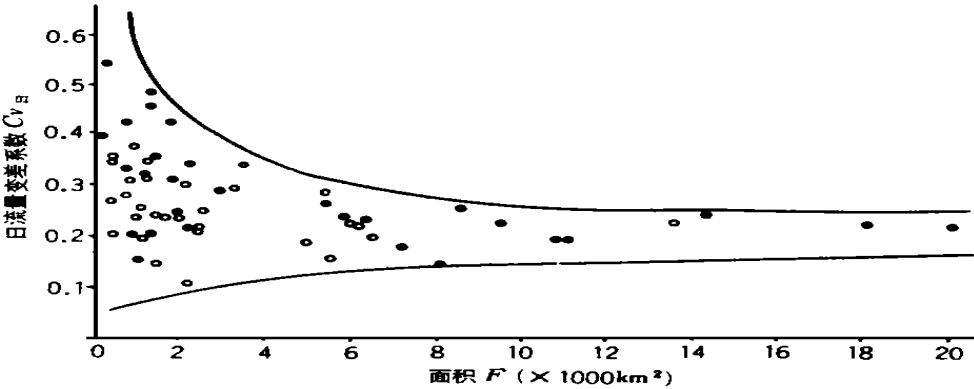


图 5 日枯水流量变差系数 $C_{v日}$ 与流域面积 F 关系

Fig. 5 Coefficient of daily low flow (C_{vd}) in relation to drainage area (F)

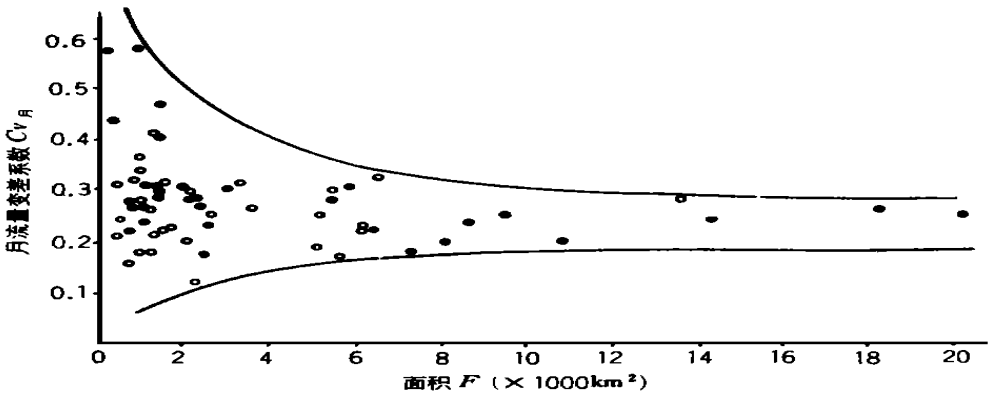


图 6 月枯水流量变差系数 $C_{v月}$ 与流域面积 F 关系

Fig. 6 Coefficient of monthly low flow (C_{vm}) in relation to drainage area(F)

3 洪水径流与流域面积关系

3.1 多年平均最大流量 $\bar{Q}_t$ 与面积 F

计算并点绘各站多年平均最大瞬时洪峰流量 $\bar{Q}_m$ 和最大日洪峰流量 $\bar{Q}_d$ 与流域面积 F 相关图(见图 7 8),则可以看出: $\lg \bar{Q}$ 与 $\lg F$ 仍表现为较好的线性正相关关系,即与枯水流量相似, $\bar{Q}$ 与 F 具有幂函数关系 $\bar{Q}_t = TF^U$ 。根据回归分析得 $\bar{Q}_m = 3.8029F^{0.7184}$ 及 $\bar{Q}_d = 1.0083F^{0.8270}$,相关系数分别为 0.8804 及 0.9345 但有一个重要的现象就是喀斯特流域和非

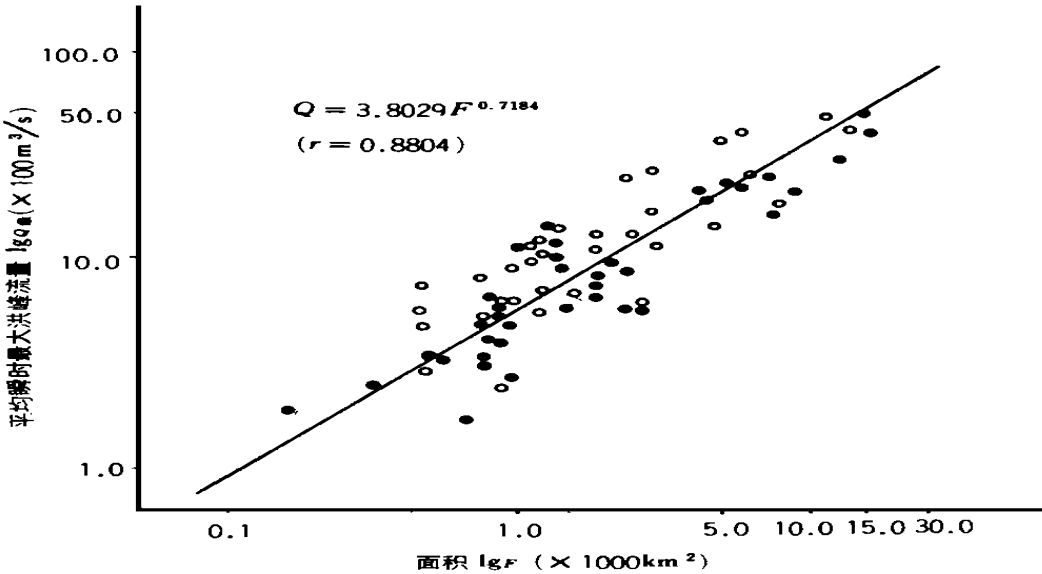


图 7 平均瞬时最大洪峰流量 $\bar{Q}_m$ 与流域面积 F 关系

Fig. 7 Average instantaneous max flood discharge (Q_{mx}) in relation to drainage area (F)

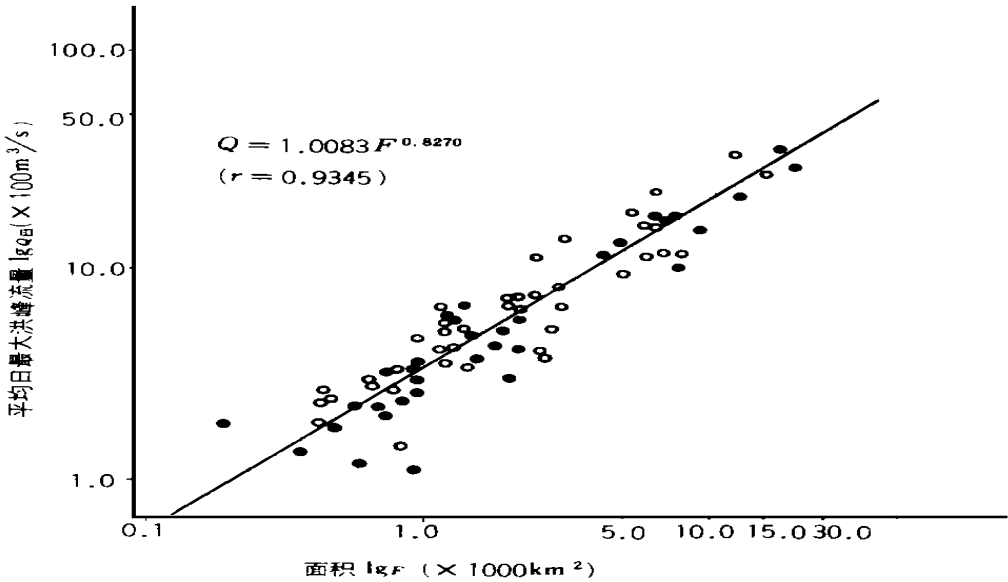


图 8 平均日最大洪峰流量 Q_d 与流域面积 F 关系

Fig. 8 Average daily max flood discharge (Q_d) in relation to drainage area (F)

喀斯特流域的最大洪峰流量 Q 与流域面积 F 之间的关系不存在明显的差异。因此我们可以这样说,至少对于大、中型流域喀斯特流域结构对于洪峰流量表现不出特殊的水文效应,这一点对于水资源开发利用中进行的洪水设计和预报极为重要。

3.2 最大径流模数 M_l 与面积 F

将各断面最大峰值洪峰径流模数 $M_{\text{最}}$ 和最大日洪峰径流模数 M_d 与流域面积 F 间的关系点绘于图中 (见图 9-10), 可以看出: 不管是喀斯特流域还是非喀斯特流域, 洪峰径流模数都将随流域面积的增大而趋向一个稳定值 ($M_{\text{最}}$ 约为 $220 \text{ l/km}^2 \cdot \text{s}$, 而 M_d 约为 $175 \text{ l/km}^2 \cdot \text{s}$); 其次, 当流域面积较小时, M_l 的变化幅度较大, 也看不出喀斯特流域和非喀斯特流域有何显著差异, 说明洪峰值的大小受诸如流域地形坡度、流域闭合程度、流域河网密度、流域暴雨特性、流域自然植被等多种因素的影响; 第三, 以 M_l 与 F 点绘的相关图外围线的形状来看, 洪水与枯水存在较大差异, 特别是洪水的上外围线, 流域愈小, 弯曲程度愈大。因此, 贵州中、小流域洪水分析就较为复杂, 流域地貌类型和发育过程等十分重要的影响因素就必须加以考虑。

3.3 洪峰流量变差系数 C_v 与面积 F

在流域洪峰流量统计频率曲线的分析中, 变差系数是一个非常重要的参数, 还常常影响理论频率曲线的选配问题。根据点绘的洪峰流量 C_v 值与 F 对应点关系图 (见图 11-12) 可以看出, 随着 F 的增大, 各种性质流域的洪峰流量 C_v 值也都趋向一个相对稳定的值, 约等于 0.3, 比枯水流量 C_v 稍大些, 并且看不出喀斯特流域和非喀斯特流域的洪峰 C_v 值有何差异; 其次, 从相关点的外围线形状来看, 其形状与枯水的也相似, 只是在小流域区域, 洪水的 C_v 值较枯水的大, 洪水特性显得更不稳定。

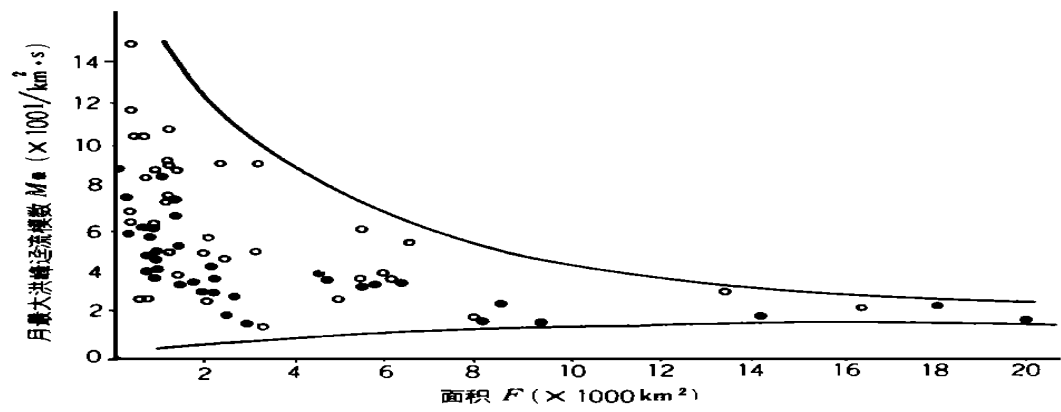


图 9 瞬时最大洪峰径流模数 $M_{\max}$ 与流域面积 F 关系

Fig. 9 Curve relating the runoff modulus of instantaneous max flood discharge to drainage area

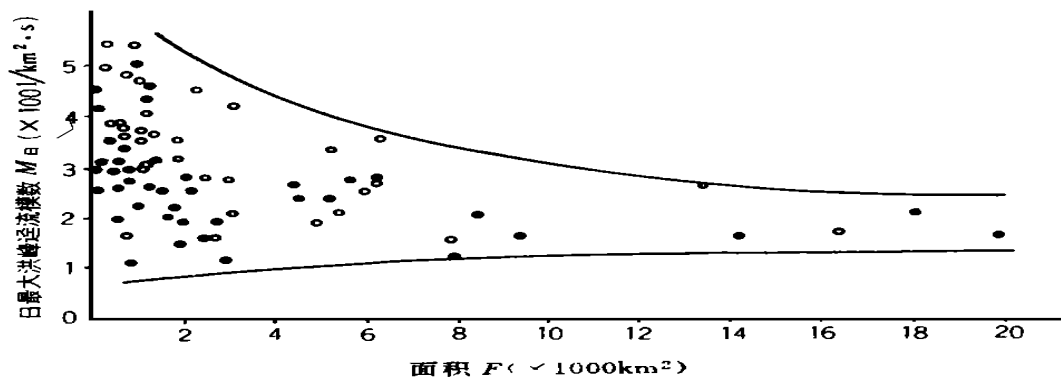


图 10 日最大洪峰径流模数 M_d 与流域面积 F 关系

Fig. 10 Curve relating the runoff modulus of daily max flood discharge to drainage area

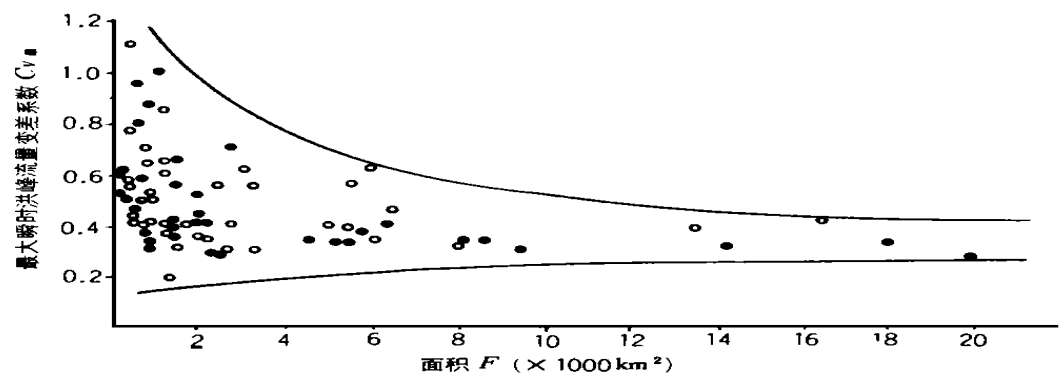


图 11 最大瞬时洪峰流量变差系数 $C_{\max}$ 与流域面积 F 关系

Fig. 11 Relation between the coefficient of max instantaneous flood discharge ($C_{\max}$) and drainage area (F)

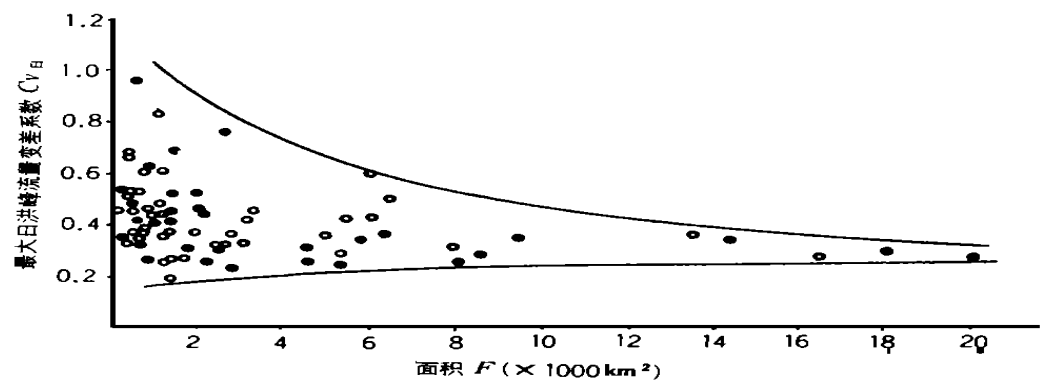


图 12 最大日洪峰流量变差系数 C_{v_d} 与流域面积 F 关系

Fig. 12 Relation between the coefficient of max daily flood discharge (C_{v_d}) and drainage area (F)

4 结 语

将喀斯特流域和非喀斯特流域的洪、枯水文特征值进行对比研究是有意义的,这有助于揭示因喀斯特流域结构在不同空间尺度下所表现出的特殊水文效应。从以上的分析讨论可以得出这样的认识,喀斯特流域与非喀斯特流域的洪峰径流模数和枯水径流模数以及它们的变差系数,都将随着流域空间尺度的增大而趋向一个相近而又稳定的值,也就是说,随着流域集水面积空间尺度的增大,流域岩性差异以及流域闭合程度等因素引起的洪枯水文特征值差异也将逐渐减小。但是,对于中、小流域,喀斯特流域结构则会表现出许多特殊的水文效应。因此,本文研究成果对于实际生产部门对不同流域的洪、枯水设计与预报具有一定的指导意义。

本文在杨明德教授指导下完成,贵州省水文水资源局黄法苏高级工程师给予了许多支持和帮助,我系研究生何尧启同学参加了部分计算和图件绘制,林俊清老师进行了全文图件清绘,在此一并感谢。

参 考 文 献

1 贵州省区域地理信息项目领导小组编,贵州省地理信息数据集.贵州人民出版社,1996
2 王维辉、郭履维.贵州省诸河枯水规律初步分析,水文,1995,(5)

PRELIMINARY STUDY ON THE CHARACTERISTICS OF FLOOD DISCHARGE AND LOW FLOW INFLUENCED BY THE SCALE OF KARST DRAINAGE BASIN — Exemplified by the Rivers in Guizhou Province

Liang Hong

(Department of Resource and Environment Science, Guizhou Normal University)

Abstract

Taking the hydrologic data from about 70 observation stations of the rivers in Guizhou Province as an example, this paper analyses the relationship between the scale of drainage (both karstic and non-karstic) and the characteristics of flood discharge and low flow (including mean discharge, runoff modulus and variation coefficient), and shows that the special hydrologic effects caused by the structure of karst drainage basin are reduced with the increasing of drainage area.

Key words Karst drainage basin Space scale Flood discharge Low flow

(上承 120页)

分解产生的 H_2S 气体可产生强烈的岩溶作用, 他们的研究成果也引起了与会代表的浓厚兴趣和广泛关注。在“岩溶资源与环境”的分组讨论会上, 代表们还一致认为, 今后岩溶研究应本着科技兴国和科技扶贫的精神, 进一步开展岩溶山区石山改造和岩溶资源的开发工作, 为发展贫困山区的经济作出应有的贡献。

大会应荔浦县人民政府的要求, 还组织代表对丰鱼岩旅游度假区的旅游资源进行了实地考察并提出了进一步开发、保护的若干建议; 应丰鱼岩旅游度假区管委会的请求, 中外代表还为丰鱼岩旅游度假区挥毫题词留念。与会代表一致认为丰鱼岩具有世界一流的岩溶洞穴景观: 有世上罕见的高 9m, 直径仅 14cm 的定海神针; 有许许多多的石笋汇集而成的宝塔王国; 有一洞穿九山, 暗河漂十里的溶洞地下河, 只要今后保护开发得当, 完全可以建成世界级的旅游度假区。

这次会议虽然日程很短, 但会议开得隆重热烈, 成果丰硕, 既探讨了学术问题, 又解决了地方的旅游资源的进一步开发保护问题, 与此同时, 还增进了中外学者间的友谊, 深受与会代表和荔浦县委、县政府及丰鱼岩旅游度假区管委会的好评。会议结束后, 中外代表依依不舍, 彼此留影, 互道珍重, 大家相约明年 9 月于美国 Nevada 州再见。

(《中国岩溶》编辑部 韦复才报道)