DOI:10.13657/j.cnki.gxkxyxb.1994.01.011

第10卷第1期 广西科学院学报 Vol.10,No.1
1994年5月 Journal of the Guangxi Academy of Sciences May,1994

来宾县农业干旱成因的分析*

张之淦 李大通 严启坤
(地矿部岩溶地质研究所 桂林 541004)

摘要 导致来宾发生区域干旱的原因有四种：季风气候，岩溶环境，生态恶化，灌溉系统功能低下。前两种属先天自然环境不良，后两种与人类活动不当有关。四种原因迭加的结果使来宾县成为广西区干旱特别严重的县份。其中最根本的地域性因素是岩溶环境。来宾干旱属典型的岩溶干旱。来宾县位于桂中平原；大江大河（红水河）水资源丰富，是优先开发对象，同时应考虑岩溶特点，建立综合治旱技术体系。

关键词 岩溶 干旱成因 来宾县

来宾县地处广西盆地中心。这里十年九旱，干旱缺水问题长期制约着农业生产的发展。彻底治理干旱是来宾人民多年的宿愿，也是广西人民关注的一件大事。但是，关于来宾致旱原因仍存在一些不同看法。深入探讨干旱成因有助于有的放矢地提出治理对策，制定治理方案。

1 旱情概况

以当年降雨与多年平均降雨量相比，80%～50%为偏旱年，<50%为大旱年；来宾县气象站求出了不同季节发生气候干旱的频率。结果表明，平均每年出现干旱天气的频率为0.955次（图1）。

从春秋两季作物收成来看，若以因旱单季总产减产三成以上为成灾计，据34年（1957～1990年）资料统计，发生旱灾的频率高达82%，其中秋旱73%，春旱18%，春秋两季成灾9%（表1，图2）。可见，说来宾十年九旱是有一定根据的。

干旱给来宾农业发展带来十分严重的后果，主要有：

——耕地弃荒严重。80年代全县平均3%全年丢荒；40%左右弃荒半年。

——中低产田多。80年代末实灌面积2万hm^2，占全县耕地23.6%，人均0.024hm^2（0.36亩）。

——作物产量低。80年代平均早稻4.73t/hm^2，晚稻3.56t/hm^2，玉米2.7t/hm^2，甘蔗34.5t/hm^2，仅是我国先进地区的20%～30%。

——土地利用率低。80年代平均复种指数1.60，大大低于广西区2.04的平均水平和《全国农业发展纲要》五岭以南达到2.30的要求。

2 水资源系统

来宾县水稻灌溉历史悠久，水资源系统深受人类灌溉活动影响，已成为农灌型（自然—

1993-08-30收稿
1993-10-25修回
* 本文是1989～1992年广西区科委资助的《来宾县治旱工程战略研究与总体规划》成果的一部份。

人工）复合岩溶水资源系统[1]。然而，无论是对来宾县水资源进行的历次评价，还是我国其它岩溶地区进行的水资源研究，均不同程度地忽略了它们的自然－人工复合系统特征。为了弥补这一不足，根据来宾实际情况拟定了一个农灌区岩溶水资源分类方案，并对各类水资源逐项进行了评价。结果见表 2。

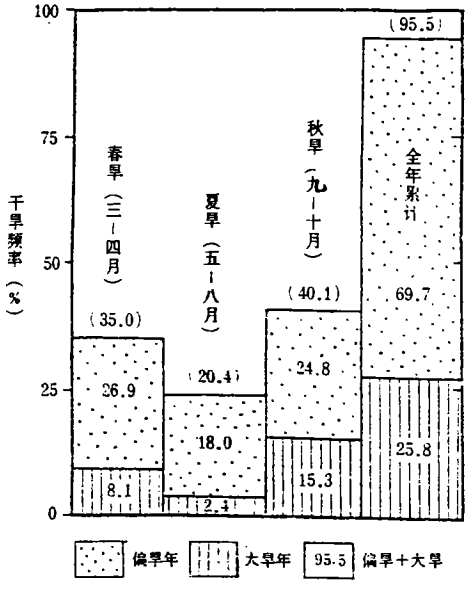

图 1 来宾县干旱天气出现频率
（据县气象站，1980）

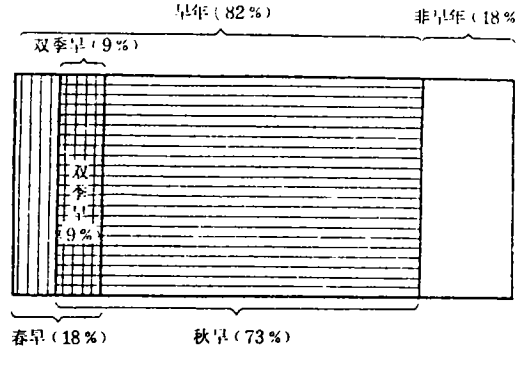

图 2 来宾旱灾发生频率

表 1 来宾县旱灾发生频率

统计项目	年数（年）	频率（%）
总年数	34	100
春旱	6	18
秋旱	25	73
双季旱	3	9
旱年	28	82
非旱年	6	18

表 2 来宾县水资源评价成果汇总表

项目		水资源量（亿 m³）	
		平水年（P=50%）	枯水年（P=90%）
天然水子系统	红水河入境水	720	550
	支流入境水	29.5	18.0
	流域降水	55.5	42.1
	流域蒸发	29.3	29.1
	地表迳流	13.1	5.4
	地下迳流	13.1	7.6
灌溉水子系统	田间降水	2.3	2.0
	引　水	3.0	2.1
	蓄　水	1.3	0.9
	提　水	3.1	3.2
	水库地表漏失	0.6	0.4
	水库地下漏失	0.6	0.5
	渠道地表漏失	1.2	1.0
	渠道地下漏失	2.9	2.4
	田间渗漏	2.9	2.4
	田间排水	0.9	0.6
	植株蒸腾	1.1	1.1
	株间蒸发	0.7	1.1

3 干旱原因

农业干旱微观上是指10～60cm作物根系层水份不足的现象，但产生区域干旱却都有着一系列宏观根源，它们使水资源地域系统的结构失调，运转陷入恶性循环。

3.1 季风气候

来宾县位于我国热带季风区。年降雨1332mm（1990年统计），雨量相当充沛。但季风环流的固有特点是年际变异性大，季风进退早迟和强弱不一，暴雨和连续干旱的灾害性天气过程频繁出现。我国位于东亚季风气候区，因此容易发生洪涝与干旱等自然灾害，而且强度大、时空分布无序。由于年内和年际降雨分布不均，降水期与作物生长期不同步，造成季节性根系层缺水。这是一个全国性的问题，是地带性因素造成的。来宾县降雨的年相对变率为13.7%，在我国各大气候区（8%～60%）中属条件较好的（表3）[2]。

表3　　来宾境内与全国各地年降水相对变率*（%）

全国	上海	南宁	昆明	西安	成都	广州	武汉	兰州	北京	吐鲁番
	12.4	12.9	13.4	14.8	16.3	18.0	18.8	22.6	31.5	57.8
来宾**	平均	南泗	平阳	石牙	县城	蒙村	五山	良塘	迁江	小平阳
	13.7	15	13	14	14	14	14	13	12	14

*年相对变率（%）＝平均偏差/平均降雨量×100%

**据来宾县农业气候资源分析和区划报告，1980

3.2 岩溶环境

全县有97.1%面积为岩溶地貌，其中岩溶地貌66.7%，半岩溶地貌（指发育在不纯和间层可溶岩中的地貌）30.4%，典型的非岩溶地貌只有2.9%。岩溶地区地表水容易渗入地下，水文动态变化剧烈，因此造成所谓“地表滴水贵如油，地下河水白白流，一场暴雨千　涝，十日不雨禾焦头”的岩溶型旱涝现象。这是岩溶地区特有的问题，是区域性因素造成的。

3.2.1 双层水文网

岩溶地区以其水文网别具一格而著称。由于同时存在着地表和地下两个水文网，径流过程与非岩溶区差别很大。这里部分径流潜入地下，地面河网密度明显小于非岩溶区。据统计，全县河网密度平均仅0.15km/km²，为我国南方水稻产区非岩溶区平均0.6～1.0km/km²的1/6～1/4。

岩溶地区产流机制十分复杂，至今仍未找到理想的产流预报模型。多数小型流域不闭合，地表流域水量亏多盈少；按非岩溶区模式求得的产流量往往偏高30%～50%或更多。这是全县近2/3的中、小型水库蓄水达不到设计标准的主要原因之一。岩溶地区独特的水文网结构给水系治理带来许多复杂的技术问题，大大增加了水利建设的技术难度，因此需要探寻一种适合岩溶环境特点的建设模式。

3.2.2 土被保水性差

我国灰岩地区土被综合研究比较薄弱。据初步调查，本区土被基本上为一红土化碳酸盐岩风化壳，与有6000万年以上历史的古老峰林地貌系统（晚白垩世开始发育）伴生形成。成土母质由残积和残积物经短途搬运的混合再沉积组成，并成为峰林型岩溶景观[3]的重要组成部分。其分布面积见表4。

峰林平原型风化壳整体上保水性能极差。一是土层浅薄，呈囊状产出，多数情况下平均厚度不到1～2m；局部虽可达10m或更多，但在不同深度经常出现突起的石牙个体或群体，囊

状产出形式为水流沿石牙边壁垂向下渗提供了方便条件。二是砾石多，增加土层的漏水性(表 5)。三是基岩面上往往有一层数十厘米厚的残积和交代成因的粘土层，保水能力较好，但遇旱脱水出现龟裂，加快了水分的流失，对水田危害尤为严重。

表 4 来宾县土壤的成土母质

项 目	全县	混合类			残积类		
		硅质岩堆积	红土堆积	冲洪积	砂页岩	灰岩	紫色岩
分布面积（万 hm2）	18.89	12.20	2.59	0.84	1.90	1.14	0.22
占普查面积（%）	100	64.58	13.71	4.45	10.06	6.04	1.16

*据来宾县第二次土壤普查资料编制

据马村灌溉试验站观测，在来宾县气候条件下的不纯灰岩区，双季稻平均耗水量平水年 1.3 万 m^3/hm^2，特枯年份（P=95%）1.56 万 m^3/hm^2（图 3）。这与广西水利电力设计院推荐的广西灌溉定额 1.2 万～1.5 万 m^3/hm^2 基本相符。但是据县水利规划组 1980 年调查，全县双季稻实际年平均耗水量 2.25 万 m^3/hm^2，高出非岩溶区近 1 倍。据小平阳乡调查，全乡水田中，粘质土、粉质土、砂砾土各占约 40%、40%、20%，双季稻实际年平均耗水量 2.5 万 m^3/hm^2。由于稻田严重漏水，还带走大量肥料，作物减产，生产每千克稻谷的单位耗水量呈类似几何级数增长（图 4）。

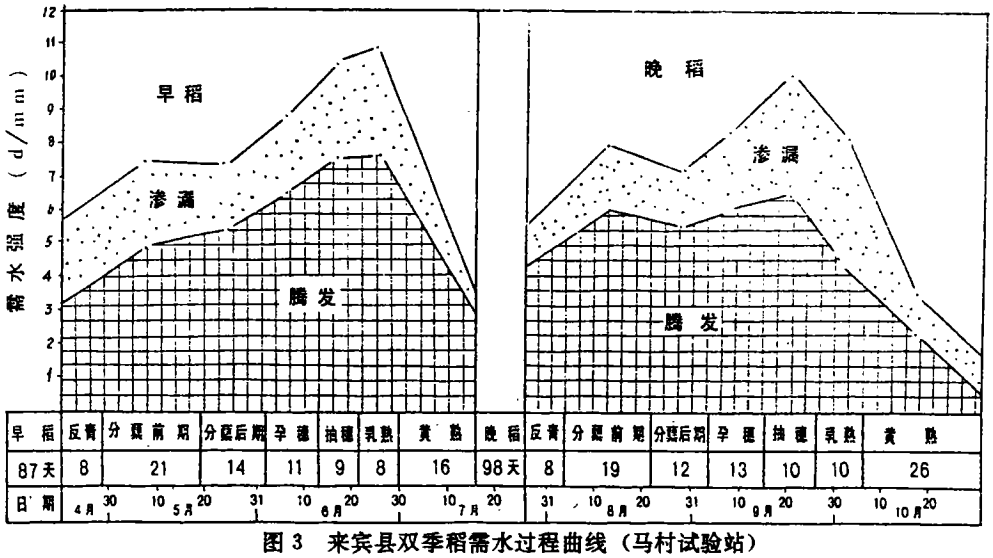

图 3 来宾县双季稻需水过程曲线（马村试验站）

表 5 来宾县砂砾质土壤的分布*

砾石类型	分布面积（万 hm^2）	占耕地（%）
硅 石	2.93	34.1
铁 子	0.68	7.9
河 砾	0.38	4.4
合 计	3.99	46.5

*谭宏志等据来宾县第二次土壤普查资料统计

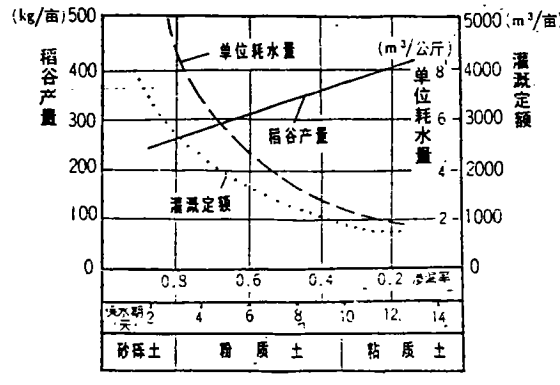

图 4 小平阳乡不同土质稻田灌溉用水量及水稻产量（1 亩=1/15hm²，下同）

3.2.3　水文动态变化剧烈

我国南方岩溶含水层是一种导水性强而贮水性偏弱的双重介质，如同筛子过水而不是海绵吸水，对迳流的调节作用十分微弱。岩溶区水文动态变化剧烈，迳流分布不均，因而对人工调节提出更高的要求。

3.3　生态恶化

当前，来宾县农业生态经济系统的基本结构遭到严重破坏，运转陷入恶性循环。首先是短缺了森林这个重要的调节系统。据1973年普查，全县森林覆盖率只有5.4%，据1989年简易调查降至3.1%。森林涵养水份的能力减弱，水土流失加快，更加重了区域干旱。

森林是生态系统的主体，在亚热带岩溶地区其地位尤为突出[4]。这里生境十分严酷，成片立生的岩溶森林群落，凭籍生物不同寻常的生长能力繁衍生存，成功地改造着干旱瘠瘦的原始生态环境，为人类创造出较好的农业生产环境。森林的巨大水文学效应主要表现在它涵养水分的功能[5]。据文献资料，原始森林的（枯枝落叶）垫积层可把40%～80%的降水转变成缓慢排泄的地下迳流，从而起到整存零取的作用。我国亚热带森林死地被物（主要是枯枝落叶）蓄水能力为50～200mm（水柱），即5万～20万m^3/km^2。若来宾县森林覆盖率恢复到35%，其总蓄水能力相当于修建20座1000万m^3的中型水库，预计全县枯季地下水迳流量可增加一倍，达到$37m^3/s$以上。

3.4　灌溉系统功能低下

鉴于历史原因，现有灌溉系统在设计、施工、维修和用水管理方面存在不少问题，造成系统效益不高。由于对岩溶地区地层渗漏性强的特点考虑不够，通常库区产水量设计偏高30%或更多，库区、坝址和渠道防渗措施标准偏低，稻田灌溉定额设计平均偏低40%，致使工程效益一般达不到设计标准。设备年久失修，用水管理体制与现行农业生产体制不相适应也明显地降低了灌溉用水效率。据调查，全县80%水库有不同程度渗漏问题，35%水库严重渗漏无效益。渠道水利用系数平均仅0.4左右，不到先进地区的60%。生产1kg稻谷的毛耗水量平均$4.1m^3$，干旱年份$6.5m^3$，分别是我国先进地区的4倍到6倍。灌溉系统功能不高降低了农业抵御干旱的能力，进一步加剧了灾情。

结构分析显示来宾县灌溉系统存在四个问题，以枯水年（P=90%）数据阐述如下（参见表2）：

——水资源丰富，开发程度低。仅支流入境水资源一项，全县人均占有$7112m^3$，是广西平均的1.35倍。现已开发水资源6.2亿m^3，其中支流入境水4.5亿m^3，仅为南方水稻区平均开发率19.6%的2/3。

——迳流季节分布不均，人工调节不力。种植期境内自产天然枯水迳流量（9～10月）全县仅$21.8m^3/s$，可采量$15m^3/s$，只能满足灌溉需求的1/4到1/3。灌溉工程调蓄洪水资源的能力却十分低下，在已开发的6.2亿m^3灌溉水中，调蓄洪水部分仅0.9亿m^3（蓄水），占15%；直接利用迳流5.3亿m^3（引水与提水），占85%。丰富的雨季迳流得不到充分利用，干旱季节主要依靠枯季迳流灌溉，因此深受枯季迳流不足的制约。

——双层迳流，单层控制。无论在天然子系统还是在人工子系统，地表水都倾向潜入地下，形成地表—地下双层迳流。据对复合水资源系统计算，支流入境水总迳流量32.9亿m^3，其中地下迳流有9.8亿m^3，占30%。地下迳流中含回归水5.3亿m^3，其开发条件优越。但灌溉设施目前主要控制地表迳流，地下水开发量仅占总开发量的4%。

——水源成本高，浪费惊人。据80年代初统计，来宾县自流灌溉成本平均18元/hm^2，提

水灌溉平均 274.5 元/hm²，相差 15 倍。提水中，红水河高扬程电灌的成本和能耗又是支流低扬程电灌的 2～3 倍。全县提水量共 3.2 亿 m³，占开发总量的 51.6%，其中高扬程（红水河）提水 1.7 亿 m³，占开发总量 27.3%。全县拖欠电费严重，电费补贴负担大。但同时灌溉水又浪费惊人。全年水库漏失 0.9 亿 m³，占水库来水量的 50%；渠道水漏失 3.4 亿 m³，占毛供水量的 55%；稻田漏失 2.4 亿 m³，占灌区净供水量的 86%。真正用于水稻蒸腾的仅 1.1 亿 m³，占开发量的 18%。生产每千克稻谷耗水量 5m³，比一般地区多耗水 2～3 倍，比先进地区多 4～5 倍。

4 岩溶型干旱

从上述可知，来宾县总水资源相当充沛，采取必要节水措施后，枯水年（P=90%）开发支流入境水资源的 1/5，平水年（P=50%）1/9，即可基本满足灌溉用水的需求。也就是说，灌溉工程只需对支流入境径流资源进行部分年内调节就能满足要求，任务不能说特别繁重。然而来宾县多年来投入了较多的人力、物力，干旱仍未得到彻底治理，原因之一在于来宾干旱为岩溶干旱。岩溶地区因自然条件恶劣，干旱治理难度大，要求采取与非岩溶区不同的治旱战略。

表 6 来宾县与桃源县农业人—地系统（农业环境—农业生产）对比

项目	来宾	桃源	项目		来宾	桃源
农业环境类型	峰林平原	红层盆地	水资源	大河（亿 m³）	686（红水河）	655（源江）
面积（km²）	4346	4441		支流（亿 m³）	56.9	42.1
人口（万人）	70	98	灌溉	蓄水（亿 m³）	1.3	8.4
年均降雨（mm）	1434*	1448**		引水（亿 m³）	3.0	0.9
年均气温（℃）	20.7	16.5		提水（亿 m³）	3.1	0.9
河网密度（km/km²）	0.15	0.60		灌溉定额（万 m³/hm²）	2.25	1.2
山丘（%）	40.6	76.0		有效灌面（万 hm²）	4.0	8.0
台平（%）	59.4	24.0		旱涝保收（万 hm²）	1.9	6.2
土地垦殖率（%）	20.4	21.8	粮食生产	水稻总产（亿 kg）	1.5	4.5
耕地总面积（万 hm²）	8.7	9.1		单位耗水（m³/kg）	5.0	2.2
水田百分率（%）	45.1	78.8		总产（亿 kg）	2.0	5.0
旱地百分率（%）	54.9	21.2		上交（亿 kg）	0	1.4
人均耕地（亩/人）	1.85	1.40				
耕地复种指数（%）	162	256.9				
森林覆盖率（%）	5.4	30.0				

资料统计截止日期：来宾县 1980 年；桃源县 1977 年。* 1975 年统计 ** 1978 年统计

对比来宾（峰林平原）和湖南桃源（红层盆地）两个县的治旱效果，可以看到治理岩溶干旱的困难所在（表 6）。桃源县有条件把 8.4 亿 m³ 的雨季径流储存起来用于旱季灌溉，占已开发水资源的 82.4%；而来宾县蓄水只有 1.3 亿 m³，占 17.2%。桃源县双季稻灌溉用水 1.2 万 m³/hm²；来宾县 2.25 万 m³/hm²，是桃源县的近 2 倍。

水利建设要求因地制宜。来宾县位于桂中平原，修建水库条件不好，但大江大河水资源丰富，应是优先开发对象。此外，顺应岩溶地区自然条件的特点，来宾县治旱工程还需采取一些特殊的对策。

——由于灌溉水源成本高，特别要注意节约用水。

——由于迳流天然调节不足，修建地表水库条件又不好，特别需要挖掘其它迳流调节手段的潜力，包括治理地表险病水库，扩大绿色水库（植树造林），铺设白色水库（地膜栽培）和开发地下水库。

——开展多水利用，电厂冷却水综合利用和地下水回归资源二次开发。

通过建立一套节水农业和生态农业综合技术体系，完全有可能走出一条适合当前实际情况的治理本区干旱的路子。

致谢

《来宾治旱工程》项目的研究曾得到苏宗明、吴其祥、梁弟华、谭宏志等40多位科技人员帮助和支持，特此表示衷心的感谢。

参考文献

1 徐恒力. 地下水系统的进化.《水文地质工程地质》，1992 (1).

2 中国自然地理. 北京：科学出版社，1984.

3 Zhang Zhigan. Karst Types in China. Geojournal, Vol. 4. 1980, 6.

4 周政贤. 茂兰喀斯特森林考察综合报告. 茂兰喀斯特森林科学考察集. 贵阳：贵州人民出版社，1987.

5 张持全，湛小红. 森林与水资源. 广西水利水电，1991 (1).

Origin of Agricultural Drought in Laibin County, Guangxi, China

Zhang Zhigan　　Li Datong　　Yan Qikun

(Institute of Karst Geology, MGMR, Guilin)

Abstract Monsoon climate, karst environment, regional deforestation and ineffective irrigation system have been considered four reasons to be responsible for the regional drought in Laibin county. The former two are of nature and the Latter ones result from improper human activities. Acting jointly, they have made Laibin be one of the most drought counties in Guangxi and even in China. Among the four reasons karst environment is a key one. Drought in Laibin can be taken for classic karstic one. A comprehensive technical system for drought management is to be suggested, in which development of water resources from large rivers such as Hongshuihe should be preferable.

Key words karst, origin of drought, Laibin county