

九寨沟水环境系统动态模拟

杨俊义 万新南

范晓 郭建强 辜寄蓉

(成都理工大学, 四川成都 610059) (四川省地勘局区调队, 四川双流 610213)

摘 要:根据研究区地质、水文地质条件与长观数据构建了九寨沟水环境动态预测模型,对该区水环境变化趋势进行了评价与预测。可得出结论:九寨沟部分海子近年水位下降主要归因于该地区降水量的减少。

关键词:灰色系统;动态模拟;水环境;九寨沟

中图分类号:P339 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-0995(2002)01-0016-05

九寨沟独特的水体景观为世界瞩目。为实现景区景观的可持续利用,国内外专家在该地区进行了大量的研究工作,取得了一大批科研成果。前人在研究中提及“九寨沟海子正在枯竭、瀑布正在萎缩、钙华剥落日益严重,水体景观正在衰亡”的警示性结论,引起了有关方面的高度重视。为查明这一现象的引发机制,经四川省科委批准,四川省地矿局区调队在该区开展了“九寨沟、黄龙世界自然遗产区地质及水循环系统研究”,并以川科委计 1998[13]号文列入四川省科学技术研究项目。本文即为该项目研究成果的一部分。

九寨沟世界自然遗产区地理坐标为东经 $103^{\circ}46' \sim 103^{\circ}55'$,北纬 $32^{\circ}53' \sim 33^{\circ}20'$ 。景区面积 650.58km^2 。隶属于四川省阿坝州九寨沟县。流域内有 13 条一级沟谷,4 条二级沟谷(丹祖沟、日则沟、则查哇沟及扎如沟),1 条三级沟谷(树正沟)。除扎如沟与一级沟谷外,沟谷大都近南北向分布。区内出露地层以泥盆系至三叠系可溶性碳酸盐岩为主,面积约 500km^2 ,构成了区内第四系松散堆积之基底,成为第四系松散堆积孔隙水之水文下垫面。九寨沟目前独特的迷人景观不仅与其所处的特殊地质、地貌单元有关,而且受控于其所处的水文气象单元。

1 九寨沟水环境特征

1.1 大气降水特征

九寨沟地处我国北亚热带秦巴湿润区与青藏高原波密—川西湿润区的过渡地带。降水偏少,表现出冷凉干燥的季风气候特征,气候垂直分带明显。

区内海拔 2389m 的九寨沟诺日朗附近年平均气温 5.5°C ,七月极端最高气温 32.6°C ,一月极端最低气温 -20.2°C ,积雪期从每年 11 月至次年 4 月,最大积雪深度达 150mm,全年无霜期 100 天左右。年日照时数为 1600h,日平均气温大于 10°C 的累积温度为 $3000 \sim 3500^{\circ}\text{C}$,相对湿度为 $60\% \sim 70\%$ 。年平均降水量约 761.8mm,年水面蒸发量 571.3mm,陆面蒸发量 399.9mm。

与研究区毗邻的九寨沟县城南坪镇多年平均年降雨量为 555.6mm,1959~1998 年间,最高年降雨量(1990 年)为 750.2mm,是最低年(1996 年)的 2.09 倍(359.2mm),年降雨量少于 500mm 的占 17.5%;年降雨量大于 600mm 的占 25%;多数接近平均值。而邻区松潘县城多年平均降水量 708.6mm。全年水面蒸发量 531.5mm,陆面蒸发量为 372.0mm。降水多年动态如图 1。

研究区降水量在时间和空间上分配都不均匀。据统计,九寨沟降水多集中在 5~10 月,占全年降水总量的 75%,常以暴雨的形式出现。松潘降水集中在 5~9 月,约占全年降水量的 70%,且呈现出双峰特征。根据南坪气象站在城关后山的梯度观测资料,降雨量、蒸发量、气温等要素均存在明显的高程效应。随地形每升高 100m,气温降低约 0.55°C ,年蒸发量降低约 25.2mm,而年降雨量增加 24.4mm 左右。降水的时空分配必然引起径流发生相应的变化。

收稿日期:2001-07-16

基金项目:四川省科委重点研究项目(川科委计 1998[13]号)

作者简介:杨俊义(1973-),男,四川南江人,成都理工大学环境科学与土木工程学院硕士研究生

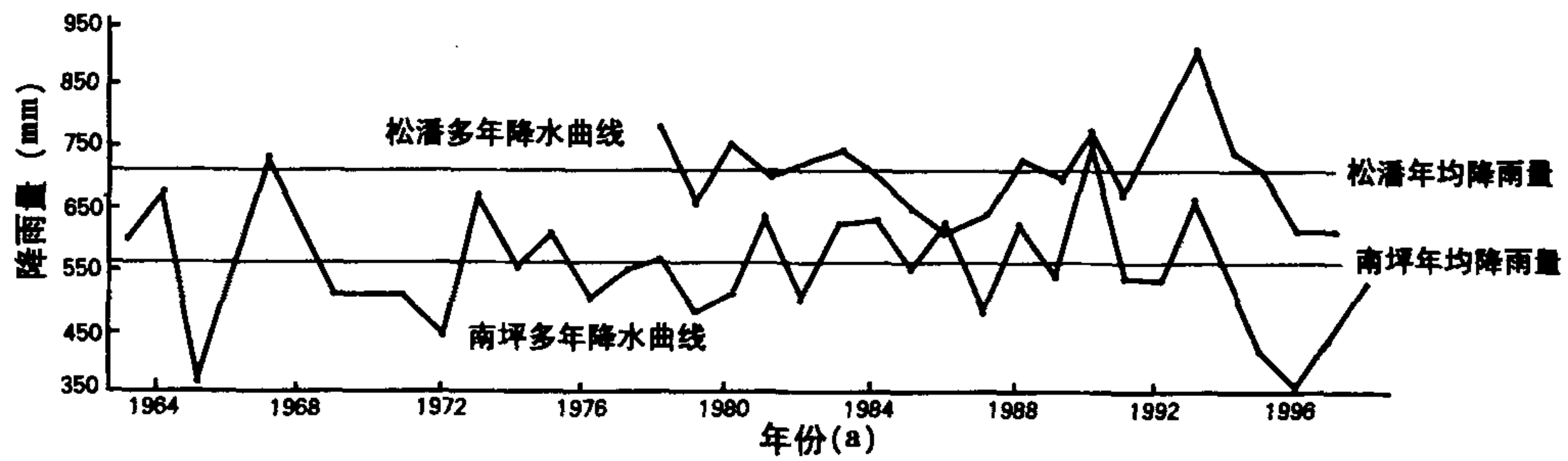


图1 九寨沟邻近地区多年降水动态曲线图

1.2 湖泊(海子)水位动态

九寨沟海子现今分布于则查哇沟、日则沟和树正沟内。则查哇沟为九寨沟东支沟,其内分布着长海、五彩池、上季节海、下季节海(图2)。长海、五彩池是常年有水的湖泊,上、下季节海为季节性湖泊。长海水位年变幅值大(约8~9m),丰水期(7~10月)其水位历时曲线的上扬支与消落支斜率近似,年最高水位动态曲线波动与降水动态曲线相一致,而年最低水位基本恒定,似与区内降水毫无联系。五彩池、上季节海的水位历时曲线与长海的变化趋于一致,降水充沛年还可见及五彩池、上季节海以及下季节海尾部有线状地下水出露补给。长海、五彩池和上、下季节海水位年内动态变化具共同特征:水位变幅大,高水位的出现时间有着从上游湖泊向下游湖泊后移的规律,其后移间隔的时间长短与湖泊之间的距离有关。而且,四个湖泊的水位历时曲线具有枯水期平缓地下降、洪水期曲线斜率陡峭上扬的特点。长海曲线呈较平直台阶状延伸,五彩池具波状起伏,上季节海呈锐角单峰状,下季节海没有获得完整的洪水期动态曲线。

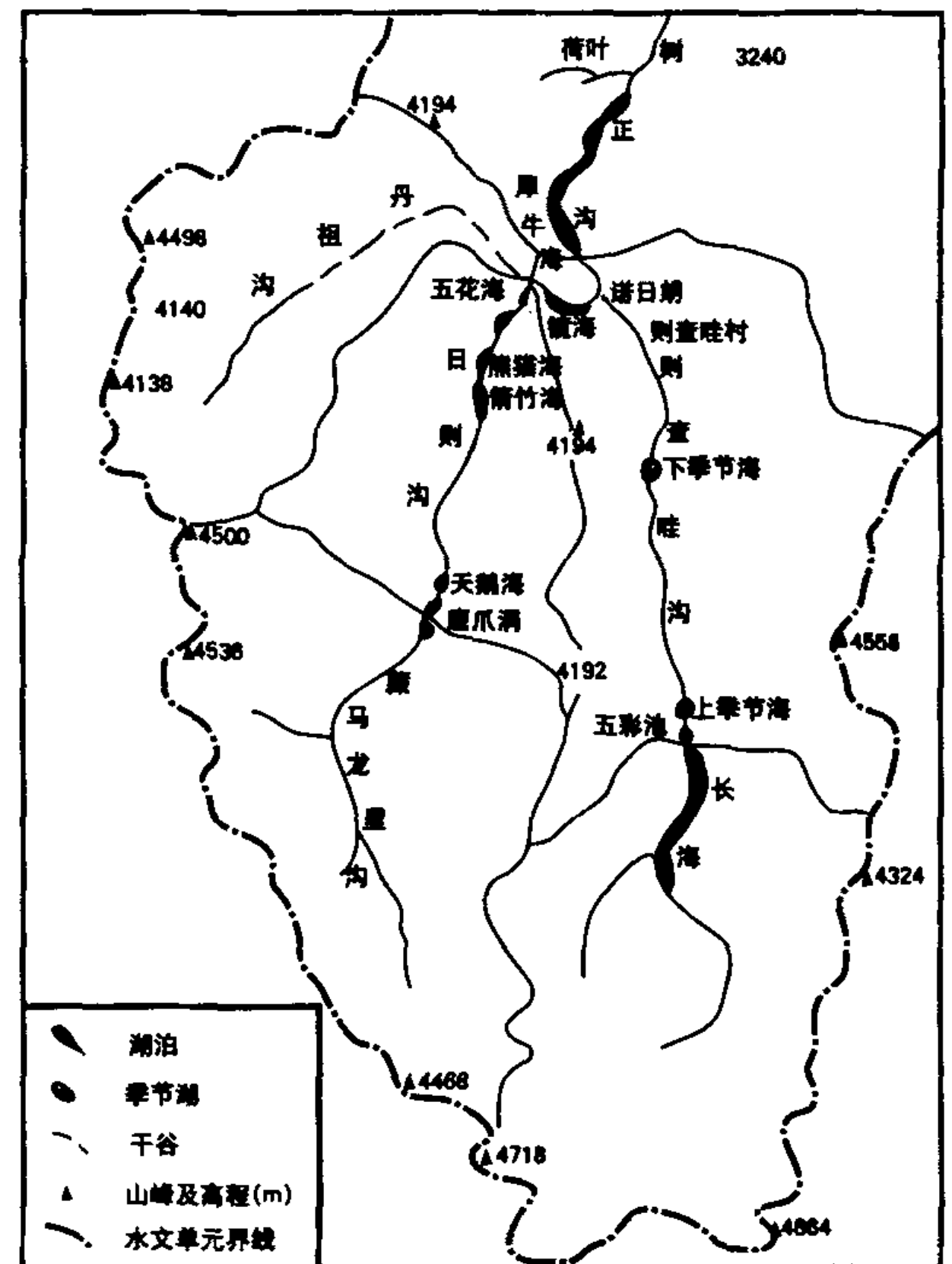


图2 九寨沟水文单元分区图

日则沟为九寨沟西支沟。沟内海子云集,枯水期仍有较大的径流量。日则沟次级含水单元的箭竹海、五花海的水位动态可代表该单元中其它湖泊水位变化特征,曲线呈微波起伏,年变幅值小,不超过1.0m水位稳定。水位曲线一般从5月上旬开始上升,波峰一般出现在6、7、8月。且五花海多年水位历时曲线的上扬支与消落支具有大致近似的斜率。熊猫海水位变化历时曲线则均较剧烈,水位很不稳定,5月上旬出现最枯水位,中、下旬动态曲线略有上扬,到6月初水位曲线以陡直的上扬支直至最高洪峰,在略有下降之后就稳定地延伸,到9月才开始下降(图3)。

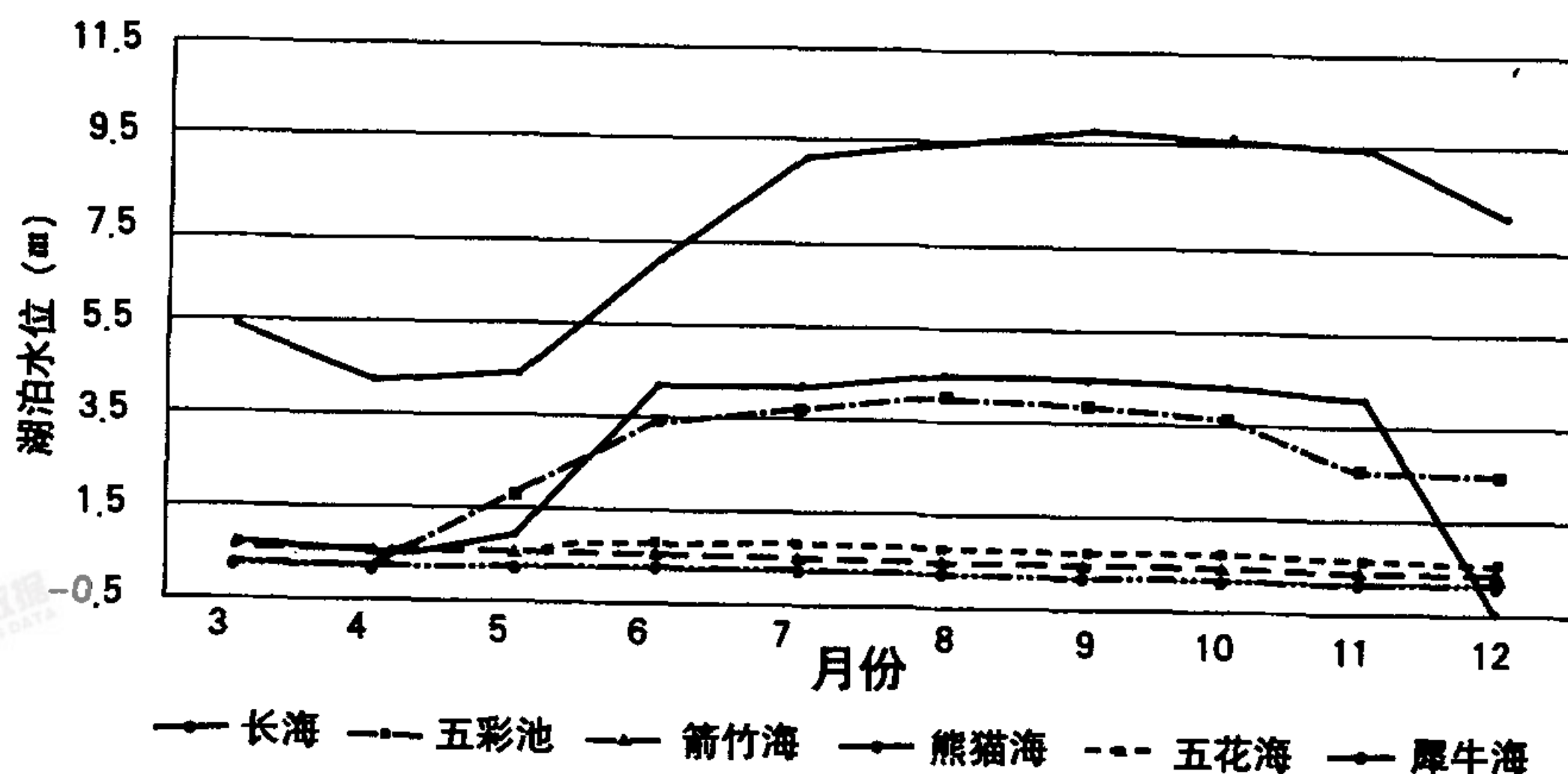


图3 九寨沟部分湖泊(海子)水位年内动态曲线图

诺日朗以下树正次级含水单元接受南部地表水、地下水的汇入,其内部地表水、地下水之间的互补关系较为复杂,但湖泊水位年变幅值不大,相对稳定。

由上述可见,九寨沟海子水位动态与区内大气降水存在着某种对应关系。为充分利用已有资料找到这种对应关系,进而对该区水环境变化趋势作出评价与预测,我们尝试性地进行了数学建模。

2 灰色系统模型的建立

2.1 建模的可能性与模型选择

现今可用于水环境变化趋势分析的成熟模型较多。如多元回归模型、神经网络模型等。但受限于所获取的数据资料偏少,回归模型和神经网络模型结果都不理想。经过反复计算、验证后,选用了结果较为理想的灰色系统模型进行了九寨沟水环境系统趋势分析及评价与预测。

灰色系统理论是我国学者邓聚龙教授 1982 年在国际上首先提出。客观世界中未知的或非确知的信息,我们称之为黑色的,已知信息称之为白色的。系统中既含有已知信息又含有未知的或非确知的信息,称之为灰色系统。灰色系统模型的建立,是根据事件在时间序列上的内在变化规律,利用微分方程,建立抽象系统发展变化的动态模型,简记为 DM(或 GM)。即通过数据处理来分析和对待随机量,通过数据到数据的“映射”、时间序列到时间系列的“映射”来处理随机量和发现规律。并通过将灰元改造为变化域上的函数,观测灰元在域内变动时系统响应的规律性,进行系统趋势分析。

2.2 灰色系统模型建立

灰色建模以灰色模块概念为基础。所谓“模块”,就是经过一定的方式处理后的时间序列(生成列)。这种处理有两个目的,一是为建模提供中间信息,二是将原有随机序列的随机性加以弱化。

如时间序列

$$\{X_{(t)}^{(0)}\} = \{X_{(t_1)}^{(0)}, X_{(t_2)}^{(0)}, X_{(t_3)}^{(0)}, X_{(t_4)}^{(0)}, \dots\}$$

是随机的过程(且不一定平衡)。利用数学变换,作数据累加或累减均可消除数据序列的随机成份,增强趋势部分。对于前者,即令

$$X_{(t)}^{(1)} = \sum_{k=1}^i X_{(t_k)}^{(0)}$$

便得新的时间序列:

$$\{X_{(t)}^{(1)}\} = \{X_{(t_1)}^{(1)}, X_{(t_2)}^{(2)}, X_{(t_3)}^{(3)}, X_{(t_4)}^{(4)}, \dots\} = \{X_{(t_1)}^{(1)}, \sum_{k=1}^2 X_{(t_k)}^{(0)}, \sum_{k=1}^3 X_{(t_k)}^{(0)}, \sum_{k=1}^4 X_{(t_k)}^{(0)}, \dots\}$$

仿此,可作 m 次累加,即有

$$X_{(t)}^{(m)} = \sum_{k=1}^i X_{(t_k)}^{(m-1)}$$

不难看出,对于非负数序列,累加次数越多,则随机性弱化越多。当累加次数足够大后,可认为时间序列已由随机变为非随机了。一般非随机的多次累加序列,大多可用指数曲线逼近。

根据上述理论与九寨沟实测资料,利用面向对象编程技术和 GIS 技术,进行了九寨沟水环境动态预测。

3 九寨沟水环境动态预测

根据建模的需要,拟通过九寨沟降雨量及其与湖泊水位的关系,对湖泊水位的变化进行了趋势预测分析。先对九寨沟邻区历史降雨量资料进行预处理。

3.1 九寨沟历史降雨量数据的预处理

由于九寨沟的降雨量数据采集起始于 1996 年 6 月,因此,1996 年 6 月以前的数据需要用邻近区域的降雨量数据来进行拟合。通过九寨沟邻区南坪镇和松潘县城关近几年观测数据与九寨沟已有的相应时段的气象资料进行对比,重点对比了降雨量、蒸发量、气温等气象因子,并选用南坪站多年降雨量数据来拟合九寨沟历史降雨量数据。

通过已得到的九寨沟历史降雨量数据,主要采用 DM(1,1)灰色系统模型,预测出 1999~2001 年九寨沟诺日朗降雨量值(表 1)。

表 1 1999~2001 年九寨沟预测降雨量值

年份	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1999	1.91	2.54	16.7	49.18	74.63	85.26	99.23	91.29	89.39	45.94	9.88	0.71
2000	1.31	3.13	22.35	49.67	79.4	85.84	88.94	83.92	86.91	53.71	6.08	0.73
2001	1.56	1.91	16.48	41.35	73.53	86.28	95.98	79.73	70.67	56.4	5.83	0.7

3.2 年湖泊最高水位预测

由于湖泊年最高水位资料欠缺,根据这些有限的数(表 2),我们通过灰色系统模型 DM(1,2)建立了年降雨量与年湖泊最高水位的关系。

表 2 年降雨量与年湖泊最高水位关系

年 份	1992	1993	1994	1995	1996
年降雨量(mm)	567.32	706.21	582.45	452.13	386.86
熊猫海水位(m)	7.1	7.44	7.13	6.82	6.14

得到如下预测结果(表 3):1999 年熊猫海年湖泊最高水位为 7.10m;2000 年熊猫海年湖泊最高水位为 5.44m;2001 年熊猫海年湖泊最高水位为 8.13m。即熊猫海近年均会出现高瀑布。与实际情况相符合。

表 3 通过年降雨量预测年湖泊最高水位结果

实际值	拟合值	绝对误差	相对误差
7.10000	7.10000	0.00000	0.00000
7.44000	6.75504	0.68496	0.09206
7.13000	9.15201	2.02201	0.28359
6.82000	7.08026	0.26026	0.03816
6.14000	5.64731	0.49269	0.08024

3.3 月湖泊水位动态预测

根据月降雨量与湖泊水位的关系(表 4),建立了 DA(1,2)模型,并考虑到降水补给地下水的滞后效应对湖泊水位的影响,通过计算机模拟,建立下列时间序列:

表 4 降雨年内分配与长海水位对应关系一览表

月 份	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
月降雨量 $P^{(0)}(k)$ (mm)	25.1	29.3	93.4	95.7	49.0	88.2	72.4	67.2	13.1	2.0
湖泊水位 $H^{(0)}(k)$ (m)	5.40	4.26	4.40	6.90	9.24	9.62	9.99	9.88	9.64	8.31
时 间 序 列	1	2	3	4	5	6	7	8		
月降雨量 $P^{(0)}(k)$ (mm)	25.1	29.3	93.4	95.7	49.0	88.2	72.4	67.2		
湖泊水位 $H^{(0)}(k)$ (m)	4.40	6.90	9.24	9.62	9.99	9.88	9.64	8.31		

求解微分方程,得长海估计水位(表 5)。但由于没有考虑到区内降水的高度效应,结果并不理想。因此,根据南坪站梯度观测资料(随地形每升高 100m,气温降低约 0.55℃,年蒸发量降低约 25.2mm,而年降雨量增加 24.4mm 左右),通过九寨沟诺日朗(海拔 2389m)气象资料计算出汇水区域月降雨总量。并建立了其与湖泊水位的对应关系,通过汇水区域月降水总量动态来预测湖泊月水位动态。其中海拔高程和汇水区域面积从 GIS 空间分析图层信息中提取,并在 ARCVIEW 中采用 AVENUE 语言编制程序进行计算(以长海为例)。

表 5 降雨年内分配与长海估计水位对应关系

月 份	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
月降雨量 $P^{(0)}(k)$ (mm)	25.1	29.3	93.4	95.7	49.0	88.2	72.4	67.2		
湖泊水位 $H^{(0)}(k)$ (m)				3.97	11.42	10.76	5.37	10.47	8.11	

研究中选取了九寨沟一个水文年月降雨总量与湖泊水位之对应关系,并考虑到湖泊水位动态相对滞后降雨(利用长海降雨量与湖泊水位动态推算出其滞后时间约 2 月),通过灰色系统 DM(1,2)模型模拟计算,对九寨沟长海月水位进行了动态预测,结果见表 6。

表 6 未来九寨沟长海湖泊月水位预测结果

年份	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1999	5.400	-0.838	0.695	4.927	9.902	13.432	17.106	17.225	17.644	10.814	4.464	2.417
2000	5.400	-0.835	1.106	5.117	10.580	13.676	15.763	16.107	17.201	12.058	3.947	2.407
2001	5.400	-0.874	0.650	4.137	9.833	13.444	16.555	15.357	14.478	12.322	3.638	2.296

预测结果表明:长海枯水月出现在每年 2 月份,洪水期为 7、8、9 月份,与实际情况基本吻合。

4 小 结

根据以上研究结果,近年九寨沟长海等湖泊水位下降的原因与区内降水量的减少关系密切。因为景区含水系统基本稳定,尚未发生质的变化。但需要指出的是:景区降水量的减少,以及局部地段湖泊水位变化异常,不排除人为因素的干扰,特别是由于早期森林砍伐、现今大兴土木等势必造成局部环境变化或恶化。因此,人为作用对环境的影响研究有必要进一步加强,特别是建立系统的景区环境监测网,加强环境保护与生态水研究。协调好开发与保护之间的关系,使九寨沟美景长存。

参考文献

- [1] 邓聚龙著. 灰色系统(社会·经济)[M]. 北京:国防工业出版社,1985.
- [2] 杨俊义,郭建强,彭东. 九寨沟水循环模式[J]. 四川地质学报,2000;20(2):155~157
- [3] 徐恒力,万新南著. 水资源开发与保护[M]. 北京:地质出版社,2001
- [4] 王大纯等. 水文地质学基础[M]. 北京:地质出版社,1995

ADYNAMIC ANALOG OF WATER ENVIRONMENTAL SYSTEM IN JIUZHAI VALLEY

Yang Junyi¹ Wan Xinnan² Fan Xiao¹ Guo Jianqiang¹ Gu Jirong²

(1 Regional Geological Surveying Team, BGEEMRSP, Shuangliu, Sichuan, 610213)

(2 Chengdu University of Technology, chengdu, Sichuan, 610059)

Abstract

A dynamic pattern of water environmental system in Jiuzai Valley is established on the basis of geological and hydrogeological conditions as well as monitoring data. Trend of change in the water environment is evaluated and predicted. Drawdown of water level of some lakes in Jiuzhai Valley is due to decrease in amount of precipitation.

Key words: gray system, dynamic analog, water environment, Jiuzhai Valley