

# 喀喇昆仑山—西昆仑山地区 的湖泊及其水资源区划初探\*

姚宁钢 范云崎

(中国科学院南京地理与湖泊研究所)

**提要** 喀喇昆仑山—西昆仑山地区的各水系水资源状况差异较大。本文试用模糊聚类方法,对该地区的水资源区划进行探讨,初步得出3个类型的划分。

## 一、本区的湖泊及其入湖河流与泉水

喀喇昆仑山—西昆仑山地区地表水分布特点是以湖泊为中心,汇集源自冰川融水的河流和泉水,形成一系列大小不等的放射状水系。本区湖泊面积和数量均不如藏北南部湖区大<sup>[1]</sup>,但湖泊率仍达2%,是全国湖泊率平均值的2.5倍<sup>[1]</sup>。因此,它是该区地表水系主要组成部分。较大湖泊均为构造形成,并沿构造凹陷地带发育。大多数湖盆发育有多级湖周阶地,显示湖面退缩的古湖岸线广为分布。其中龙木错最高古湖岸线距现湖面差达145m。由于湖面下降,湖水浓缩,湖水矿化度增高,多数湖水矿化度超过24.7g/L。矿化度最高的羊湖达96.1g/L。个别吞吐型湖泊矿化度较低,如月牙湖仅为0.654g/L。

由于大多为闭口湖,湖泊水量支出主要为水面蒸发。该地区太阳辐射很强,总辐射值达 $58-67 \times 10^4 \text{J/cm}^2 \cdot \text{a}$ ,辐射平衡值为 $16-25 \times 10^4 \text{J/cm}^2 \cdot \text{a}$ <sup>[4]</sup>。又因相对湿度平均只有40%,且风速经常在5m/s以上,因此,水面蒸发极为强烈。根据离本区最近的改则气象站20cm小型蒸发皿所测年平均蒸发强度为2416.2mm,如按拉萨水文站得到的20cm蒸发皿与20m<sup>2</sup>蒸发池蒸发值换算系数为0.64推算(国内其他蒸发站得出的换算系数在0.63~0.76之间)<sup>[3]</sup>,改则地区的实际水面蒸发值应为1546.2mm。我们利用实地考察的资料,对彭曼(Penman)公式进行海拔与盐度修正后进行计算,结果表明,本区水面蒸发平均约在1480mm左右,区域变化不大。自西至东,龙木错为1536mm,邦达错为1470mm,羊湖为1522mm,其中邦达错相对较小。中部自北向南也略有减小:独立石湖为1520mm,骆驼湖为1486mm,美马错为1420mm。这与植被类型的变化有较大的一致性。即从高山荒漠—高山荒漠草原—高山草原的分布规律大致吻合。因而,在美马错一带,草场资源相对比较丰富,成了野牦牛、野驴及藏羚羊等高原野生动物大量集居的地方。各湖的详细资料见表1。

内陆湖泊补给系数值(湖泊流域面积与该湖湖水面积之比)<sup>[2]</sup>大小,能够综合反映该湖地区自然地理环境及湖水本身的基本理化特点。本区平均湖泊补给系数为24.1,最大是羊

\* 本文在编写过程中承郑度、林振耀等同志提出宝贵意见,胡文英、胡红云同志承担了繁重的样品分析工作,吕虹妹同志帮助绘图,在此一并致谢。

1) 据中科院南京地理与湖泊研究所1975年资料,全国湖泊率约为0.8%。

表 1 喀喇昆仑山——西昆仑山地区主要湖泊一览表

Tab. 1 Main Lakes in the Area of Karakorum West Kunlun Mountains

序号	湖 名	海拔 (m)	面积 (Km <sup>2</sup> )	矿化度 (g/L)	硬 度 (德国度)	蒸 发 (mm)	补给 系数	pH	主要入流		主要出流		水 深 (m)
									条数	流量 (m <sup>3</sup> /s)	条数	流量 (m <sup>3</sup> /s)	
1	月 牙 湖	5110	13	0.654	5.489	1440	15.2	8.4	季节性	1	6.0		
2	松 希 错	5050	23	0.368	3.422	1540	23.1	8.1	2	8.6			
3	阿 鲁 错	4941	105	1.817	9.210	1427	8.2	5.9	泉水	1	0.5		
4	骆 驼 湖	5103	62	5.314	14.195	1486	12.1	9.7	1				
5	干南岸勒	5184	45	2.907	38.756	—	38.3	8.1	2	7.5			
6	龙 木 错	5002	97	2.974	20.170	1536	22.6	8.3					
7	普 尔 错	5045	55	3.434	20.630	1458	8.9	9.6	1	15.84			
8	独立石湖	5031	76	28.449	13.295	1518	25.3	9.9	1	2.5			
9	黑石北湖	5048	93	40.582	117.457	1247	15.1	9.5	1				59.0
10	邦 达 错	4902	106	81.731	202.701	1470	13.2	9.0	1	3.6			3.8
11	羊 湖	4778	72	96.105	586.279	1522	79.5	8.6	1	10.0			37.5
12	阿克萨依湖	4848	164	47.195	43.760	1733	35.2	8.9	1	32.0			9.0
13	美 马 错	4920	136	19.810	17.627	1420	7.1	10.0	2	2.7			

湖, 达79.5, 而藏南地区平均湖泊补给系数为7.65, 藏北南部为13.17<sup>[2]</sup>。这表明本区比青藏高原其他地区更为干旱, 降水量小而蒸发强烈, 致使内陆闭口湖泊的补给系数明显增大。显然, 这是定量研究本区气候特征的一种科学方法。

本地区河流均有季节性径流特点, 流程短而河床宽浅, 且大多源于冰川融水。较大的河流均以较大的湖泊为归宿, 如阿克萨依河、饮水河和卡拉苏代牙等。有6条河流的长度超过20km, 流域面积大于500km<sup>2</sup>。据考察, 7、8月份流量大于3m<sup>3</sup>/s的河流区内有7条, 其径流约占全区总径流量的55%。其中的卡拉苏代牙, 据8月3日实测达10.0m<sup>3</sup>/s。这些河流大多汇集了源于高山冰雪融水和山前泉水的支流, 最终注入湖泊。如阿克萨依河, 汇集了源于西昆仑冰川的里田河、克其克冰水河和琼冰水河3个较大支流。

这些汇入湖泊的河流, 在接近湖泊处呈宽浅河床, 水流十分缓慢, 在入湖口形成较大的三角洲。由于湖区地表砂砾裸露、植被稀疏, 有相当一部分水流在湖滨地带渗入砂砾之中, 以地下径流方式汇入湖泊, 将土壤中的大量矿物质带入湖体, 加剧了湖水的矿化过程。有些河流为联结两个湖泊的过水道, 如月牙河、饮水河等, 成为高位势湖泊向低位势湖泊泄水的通道。它的存在使高位势湖泊成为吞吐湖, 湖水矿化度较低, 而低位势的湖泊则成为高矿化度湖泊。如月牙河, 将月牙湖水泄入普尔错。月牙湖成为吞吐湖, 矿化度仅为0.654g/L, 而普尔错则为3.454g/L, 两者相差5.28倍, 详见表2。

一定数量的泉水补给是本区湖泊的另一个特点。如龙木错、邦达错、美马错、阿鲁错等。阿克萨依湖上游也有很多泉水出露。这些泉水大多是冰雪融水通过砂砾渗入地下, 又在山前地带出露形成的。如美马错北部有一由多股泉水汇集的小溪流, 其实测流量为0.21m<sup>3</sup>/s, 偏碱性, pH值为8.32(1987年8月9日)。另有一些泉水是地表径流在喀斯特地区转入地下潜流后的重新出露, 如“苦泉”, 即饮水河在山前断流后在山后的重新流出, 并汇成泉水河。饮水河流量为3.6m<sup>3</sup>/s, 而后泉水河流量则为2.4m<sup>3</sup>/s(1987年8月11日)。在“苦泉”出露处测得的泉水pH值为6.96(1987年8月12日)。

表 2 喀喇昆仑山—西昆仑山地区主要河流一览表

Tab. 2 Main Rivers in the Area of Karakorum-West Kunlun Mountains

序号	河流名称	流域面积 (km <sup>2</sup> )	源 头	汇 入	水源性质	河 长 ( km )	流 量 ( m <sup>3</sup> /s )	径流深 ( mm )
1	饮水河—泉水河	2950	窝尔巴错	邦 达 错	湖 水	70	3.6	31.6
2	卡拉苏代牙	5940	和其补惹拉	羊 湖	冰 雪	50	10.0	43.6
3	月 牙 河	1450	月 牙 湖	普 尔 错	湖 水	22	6.0	91.0
4	阿克萨依河	5670	昆仑冰川	阿克萨依湖	冰 雪	110	32.0	148.9
5	绒强马秋河	1150	熊彩日岗	松木西错	冰 雪	50	3.0	67.6
6	钦巴久尼藏布	250	泉	松木西错	泉 水	10	3.0	311.0
7	萨利吉勒干西河	2680	尼 斯 楚	干南库勒	冰 雪	50	4.0	38.7
8	阿鲁—美马河	450	阿 鲁 错	美 马 错	湖 水	2	0.5	28.8

## 二、本区水资源区划

喀喇昆仑山—西昆仑山考察区内各流域水文状况有较大的差别，这就提出水资源区划的要求。我们利用在野外考察中所能得到的一些水文及其有关资料（如植被状况等），运用模糊聚类方法进行水资源区划的初步探讨。由于涉及到多性状及某些性状难以精确定量之事物的分类，我们认为使用模糊聚类方法较为可行。

1、资料选取说明 我们将选用喀喇昆仑山—西昆仑山地区现能获得的水面蒸发、径流系数、湖泊补给系数及植被状况作为分类指标进行分类工作。下面对各数据之获得作一简要说明。

①水面蒸发值的计算 利用彭曼公式为水面蒸发的基本算式，用寇有观所作青藏高原辐射平衡各分量计算方法<sup>[4]</sup>及盐度对饱和水汽压的影响<sup>[5]</sup>对公式进行海拔及湖水盐度的修正。使用1987年8月在该区各湖湖面水文气象观测值进行估算。以蒸发强度年内分配的多年平均值为依据，8月份多年平均蒸发占全年的10%，推算全年水面蒸发值。计算结果列入表3中。从表中数据看，修正后的计算值与改则站用20cm蒸发皿折算值1480mm较为接近。现在，我们用之于聚类分析，作为一个各湖泊间的相对蒸发数据，还是可行的。②径流深计算 按多年平均径流年内分配，8月份径流量占全年总径流量的25%<sup>[3]</sup>，由此推算年径流。据总参1975年前后绘制出版的1:10万地形图可以算出流域面积，从而求得径流深。③湖

表 3 水面蒸发修正计算结果表

Tab. 3 Amended Free Water Surface Evaporation

湖 名	项 目	海 拔 ( m )	矿 化 度 ( g/L )	蒸 发 值 ( mm )	未 作 修 正	
					蒸 发 值 ( mm )	误 差 ( % )
美 马 错		4920	19.81	1420	1003	29.4
骆 驼 湖		5108	5.314	1486	1088	26.8
独 立 石 湖		5031	28.449	1518	1125	25.9
月 牙 湖		5110	0.654	1440	1010	30.0
龙 木 错		5002	2.974	1536	1166	24.1
邦 达 错		4902	81.731	1470	1090	25.3
羊 湖		4778	96.105	1522	1193	21.6

泊补给系数 按范云崎1983年所作的定义<sup>[2]</sup>,补给系数为湖泊集水面积与湖面面积之比值。  
 ④植被状况的数量化 该地区植被类型较简单,分别将高山荒漠、高山荒漠草原和高山草原定义为0、0.5及1。  
 ⑤加权系数取值说明 由于主要目的是作水资源区划,故将径流深适当提高其权数至0.35;为了区别于自然地理区划,并抑制难以精确定量的植被状况,将植被权数降至0.15;将蒸发和湖泊补给系数各定为0.25。各数据列入表4。

表4 各水系计算数据简表  
 Tab.4 Data of Watersheds for Fuzzy Clustering

序 号	水 系 名	项 目 权 数 $\alpha$	$W_1$	$W_2$	$W_3$	$W_4$
			蒸发 (mm)	径流深 (mm)	补给系数	植被状况
			0.25	0.35	0.25	0.15
1	饮 水 河-泉 水 河		1470	51.6	15.2	0.5
2	羊 湖		1522	31.8	79.5	0.0
3	普 尔 错-月 牙 湖		1440	91.0	8.9	0.5
4	美 马 错-阿 鲁 错		1420	86.4	7.1	1.0
5	松 木 西 错-龙 木 错		1536	48.9	29.6	0.0
6	独 立 石 湖		1518	51.8	25.3	0.0
7	清 澈 湖-骆 驼 湖		1486	57.8	12.1	0.5

2、聚类分析 本文运用最大树法进行聚类,将表4中的原始数据进行极值标准化,得:

$$X = (x_{ij})_{m \times n} = \begin{pmatrix} 0.43 & 0.33 & 0.11 & 0.5 \\ 0.88 & 0.0 & 1.0 & 0.0 \\ 0.17 & 1.0 & 0.03 & 0.5 \\ 0.0 & 0.92 & 0.0 & 1.0 \\ 1.0 & 0.29 & 0.32 & 0.0 \\ 0.84 & 0.34 & 0.25 & 0.0 \\ 0.57 & 0.44 & 0.07 & 0.5 \end{pmatrix}$$

利用加权绝对值减数法求出模糊关系  $\tilde{R}$ 。

$$\tilde{R} = \begin{pmatrix} 1 & & & & & & & \\ 0.47 & 1 & & & & & & \\ 0.68 & 0.16 & 1 & & & & & \\ 0.58 & 0.06 & 0.85 & 1 & & & & \\ 0.72 & 0.70 & 0.40 & 0.30 & 1 & & & \\ 0.78 & 0.68 & 0.47 & 0.37 & 0.93 & 1 & & \\ 0.89 & 0.46 & 0.69 & 0.60 & 0.70 & 0.78 & 1 & \end{pmatrix}$$

$\tilde{R}$ 是个对称矩阵,满足 $r_{ij} = 1$ 和 $r_{ij} = r_{ji}$ ,我们不去验证 $\tilde{R} \cdot \tilde{R} \subseteq \tilde{R}$ ,而直接运用最大树法进行聚类。画出最大树如图一,根据最大树,选取一系列不同的 $\lambda$ ,得出动态聚类图如图2。

选取不同的 $\lambda$ 可以得到不同的分类。由图2看出,2与其他各元素关系较小,自成一组;3、4关系密切,但与其他各元素关系也较小,可成一组;1、7与5、6是两个关系

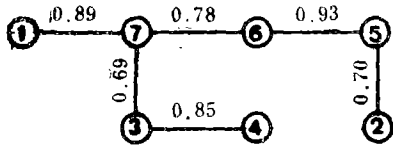


图1 最大树

Fig.1 The Greatest Tree Method.

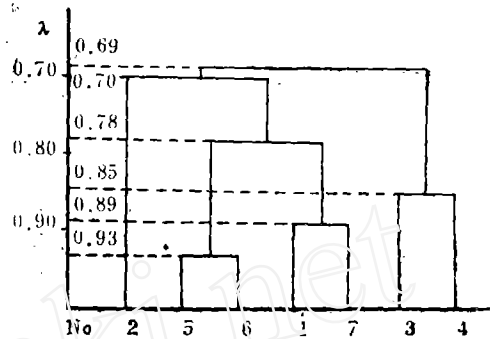


图2 动态聚类图

Fig.2 Hierarchical Clustering.

较贴近的组，作为细分，可分为两组，但与其他各组的关系来看，它们可以合成一组。从表4的计算资料看，1、7、5、6四个水系的径流深较接近，最大差别不到10mm，而与2或3、4都较远。我们认为在水资源区划中，径流深是个重要指标，因此，可将1、7、5、6划归一类。这样，在取 $\lambda$ 为0.78的水平上，可以得到3个类型 $V_1$ (3、4)、 $V_2$ (1、5、6、7)和 $V_3$ (2)。

对照表4可知：普尔错-月牙湖水系和美马错-阿鲁错水系为一个类型，它们相对其他水系较为丰水；羊湖水系为一个类型，它是最干旱的；而饮水河-泉水河水系，松木希错-龙木错水系，独立石湖水系和清澈湖-骆驼湖水系则为处于以上两个类型之间。

3、区划标准的确定 根据以上分析，我们将喀喇昆仑山—西昆仑山考察地区的水资源区划为3个类型：

- I 高寒极贫水区；
- II 高寒贫水区；
- III 高寒丰贫水区。

依据聚类结果及表4的资料，可以得出区划的标准如表5，绘出区划简图如图3。

表5 喀喇昆仑山—西昆仑山地区水资源区划标准

Tab.5 Division Standard of Water Resources in the Area of Karakorum — West Kunlun Mountains

权数 类 型	项 目	水 面 蒸 发 (mm)	径 流 深 (mm)	补 给 系 数	植 被 类 型
		0.25	0.35	0.25	0.15
高寒极贫水区		>1500	<50	>30	高山荒漠
高寒贫水区		1450—1500	50—70	10—30	高山荒漠草原
高寒半贫水区		<1450	>70	<10	高山草原

喀喇昆仑山—西昆仑山地区主要为高寒贫水区。其中由于冰川补给和不同的下垫面影响，局部地区存在高寒丰贫水区及高寒极贫水区。

月牙湖以南20km是日则岗日冰川，阿鲁错以西15km有阿鲁冰川。这两个地区由于有丰富的冰雪融水，地表径流较多，植被状况也较其他地区好，主要有高山荒漠草原和高山草

原。本区最东部，流域面积达6000km<sup>2</sup>的羊湖水系，其南部提供冰雪融水的和其补惹拉距汇水中心羊湖直线距离超过100km，径流距离达200km，在隆桑一带成为季节性径流，只在近羊湖时才又成为常年径流卡拉苏代牙。流域径流深仅31.8mm，极为干旱，属本区划中高寒极贫水区。

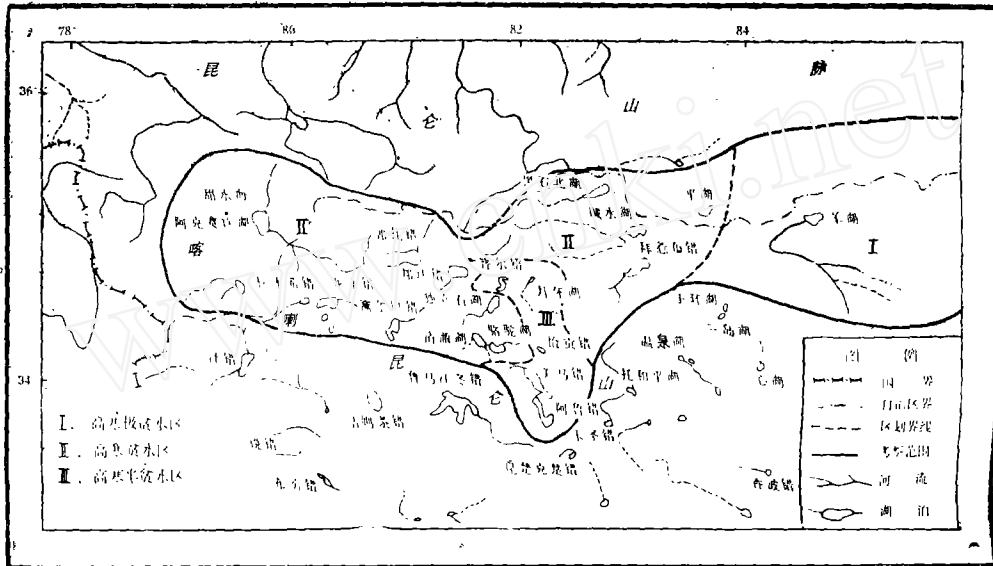


图3 喀喇昆仑山—西昆仑山地区水系图和水资源区划简图

Fig.3 Watersheds and Water Resources Division in the Area of Karakorum-West Kunlun Mountains

### 三、结 语

作为初步探讨，我们根据现有的一些水文资料，运用模糊聚类方法，对喀喇昆仑山—西昆仑山考察地区水资源进行初步分类，认为该区存在3个水资源类型：高寒极贫水区、高寒贫水区及高寒丰贫水区。

由于该区人迹罕至，我们实地考察工作时间很短，又都是在夏季，因此，所获资料不甚完整。这给水资源区划工作带来较大困难，本文仅为在现有资料条件下的一个探讨，以利于将来对本区水资源研究的进一步开展。

### 参 考 文 献

- [1] 范云崎，藏北高原北部地区水化学基本情况，中国地理学会陆地水文学学术会议论文集，科学出版社，204—208，1978。
- [2] 范云崎，西藏内陆湖泊补给系数的初步探讨，《海洋与湖沼》14(2)，1983。
- [3] 中科院青藏高原综合科学考察队，《西藏的河流与湖泊》，科学出版社，1984。
- [4] 寇有观等，青藏高原辐射平衡各分量的计算及其时空变化特征，《青藏高原气象会议论文集(1977—1981)》科学出版社，1981。
- [5] 甘兰若，《无机化学》，江苏科技出版社，1980。
- [6] 徐近之，《青藏自然地理资料》，科学出版社，1960。

- [7] 中科院青藏高原综合科学考察队, 《西藏自然地理》, 科学出版社, 1982.
- [8] 贺仲雄, 《模糊数学及其应用》, 天津科技出版社, 1983.
- [9] Fan Yunqi, Chemical Characteristics of Xizang Lakes. Geological and Ecological Studies of Qinghai-Xizang Plateau (Vol. I). Science Press, Beijing, 1981. Gordon and Breach, Science Publishers, Inc. New York. pp.1705-1711, 1981.
- [10] Penman, H.L, Natural Evaporation from Open Water, Bare Soil And Grass, Proc.Roy.Soc (London), 193, A, 120-145, 1948.

## PRELIMINARY APPROACHES TO LAKES IN AREA OF KARAKORUM—WEST KUNLUN MOUNTAINS AND REGIONALIZATION OF THEIR WATER RESOURCES

Yao Ninggang      Fan Yunqi

(Nanjing Institute of Geography and Limnology, Academia Sinica)

### Abstract

There exist significant differences between the river systems in the area of the Karakorum-west Kunlun Mountains. Regionalization of the water resources in this area has been proved by using fuzzy clustering method, through which 3 types have been settled.