第2卷 第1期
1990年6月

湖 泊 科 学
SCIENTIA LIMNOLOGICA SINICA

Vol.2, No.1
Jun., 1990

察尔汗盐湖区地貌*

胡东生

（中国科学院盐湖研究所）

提要 在综合研究的基础上将察尔汗盐湖区地貌划分为雅丹、流动沙丘、戈壁、沙漠、盐漠、盐壳、盐沼泽、盐溶、湖泊及河流等十大类型，以地球动力学原理研究盐湖区地貌动力成因及变迁，用地貌场理论研究盐湖区地貌景观的演化规律。

察尔汗盐湖以富饶的盐类矿产资源著称于世，在国际晚新生代地质环境演化的对比研究中也占有重要位置，这是我国国土资源的宝贵财富。对它开展地貌类型、成因及演化等方面的研究，对我国盐湖地球科学基础理论探讨及经济建设都有积极意义。

一、盐湖区地貌地质略述

察尔汗盐湖位于柴达木盆地中东部，海拔在2675m以上，地势较平坦，广阔的盐滩上分布有达布逊湖、大～小别勒湖、团结湖、协作湖、涩聂湖、南～北霍布逊湖、东陵湖、达西湖等十个卤水湖泊，面积约为5800km²。

该地区年降雨量为10—30mm，年蒸发量达1900—3100mm以上，西北风盛行，昼夜温差大，日照时间长；年最冷月平均温度为－10—－13℃，年最热月平均温度为13—18℃；年幅射量691—754×10³J/cm²，年平均相对湿度小于40%。南北两侧山系均在4500—5000m以上；南部为昆仑山脉，北部为锡铁山。东西两侧地势微高，为大范围的缓坡地形。区域地质研究表明：本区是晚更新世以来形成的；具不完全对称地堑式构造形态；盐湖地带具有盐盘[1]性质。周边补给水系较复杂，水网散漫，水量较小，受季节影响大。

柴达木盆地地质历史演变说明，察尔汗盐湖的成盐物质来源于周边山系的风化、剥蚀、搬运及转移，湖水也经历了淡水一咸水一盐湖一干盐湖的演化过程。根据该盆地第四纪地质研究，早更新世地层以泥岩、泥灰岩为主，局部夹薄层石膏；中更新世地层以粉砂岩、泥岩为主，局部夹芒硝层；晚更新世地层以泥岩、粉砂为主，并具有巨厚石盐层；全新世以化学沉积为主，夹杂风积及洪、冲积等作用。

二、盐湖区地貌类型

经综合分析，将该区地貌划分为十大类型，其展布状态见图1。

* 中国科学院1986年度青年奖励研究基金鼓励资助项目论文之一。
承蒙陈克造研究员、唐渊副研究员指导，张彭熹研究员审阅初稿，谨表谢忱。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

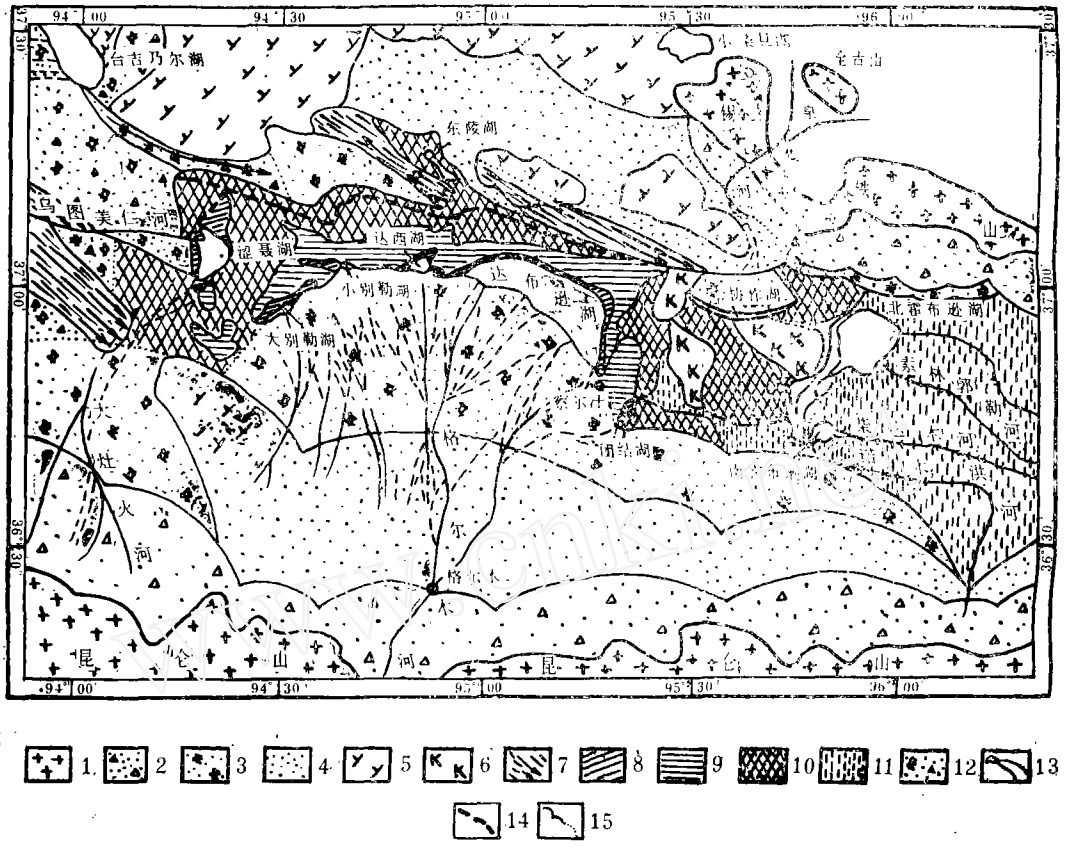

图1　察尔汗盐湖区地貌图

Fig.1　Geomorphic map of Qarhan Lakes

1—老山界线；2—戈壁；3—盐漠；4—沙漠；5—雅丹；6—盐溶；7—流动沙丘；8—新盐；9—盐壳；10—盐滩；11—盐沼泽；12—盐漠化；13—湖泊及河流；14—溶沟；15—地质界线。

（一）雅丹地貌

1．幼年期：主要发育在锡铁山及小柴旦湖以西的第三纪地层出露处，呈紧密褶皱形成的正地形，东端还保留着原始构造形态，向西渐为箱状结构。在协作湖以北的哑巴尔构造为早更新世地层，呈垅状结构的正地形。

2．壮年期：主要发育在东陵湖以东的盐湖构造和台吉乃尔湖以东的涩北构造，为早更新世地层，呈链状、岛状、甚至线状，局部发生沙漠化、盐碱化。

3．老年期：仅发育在大别勒湖以南至大灶火河以东的过渡地带，为早更新世地层，呈残存的丘状、线状地形并已沙漠化。

（二）流动沙丘地貌

1．盐湖构造流沙带：位于盐湖北堤东陵湖以东至协作湖以西的广大地带，总体展布方

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

向295°，沙丘移动方向S65°E，流沙前锋已越过青藏铁路以东达5km之遥。

2．东陵湖流沙带：分布在东陵湖以西，展布方向302°，迁移方向S32°E，已出现沙退盐浸现象，流沙退缩约达5km之多。

3．涩西流沙带：分布在涩聂湖以西，展布方向312°，呈叉口状，迁移方向S42°E；南带流沙前锋已抵大灶火河中部，北带沿乌图美仁河北岸分布；呈现出流沙与河流的相持状态。

（三）戈壁地貌

分布在结晶岩山系的前缘呈带状展布，物质组成较混杂，主要为河流砾石和较大的岩砾、岩块，表面并有现代风沙堆积物复盖。南带为昆仑山前戈壁区，展布方向近东西向，宽达15—20km，长达数百公里，前沿形态为裙边状，并有现代水系分布。北带为锡铁山前戈壁区，展布方向为北西向，宽约10km，长约100km，此带发育较差，多被坡积物所复盖。

（四）沙漠地貌

分布在戈壁带的前缘，范围较广，呈带状展布，前沿形态为裙边状，地形较为平坦，以砂泥质成分为主，前沿地带盐碱化。沙漠带表层土质（亚砂土）成熟度较高，潜水丰富，是柴达木盆地主要生产利用土地。南带呈北西西向展布，宽达30km，沿昆仑山戈壁前缘延展很大；除格尔木河等少数水系穿过该带流向盐湖外，其它多数小河均在戈壁带前缘或沙漠带后缘形成断头河、或潜入地下，在该带前缘重新露出水头，形成涌泉及渗出泉线带。北带分布在锡铁山戈壁带前缘与北部第三纪构造地貌以南的广大地区，总体呈北西向展布，东窄西宽，浅山地带的流水均在该带内丧失或下渗。

（五）盐漠地貌

分布在盐滩与沙漠带之间的现代水系发育的地带，是现代流水造成的冲积扇带，受盐湖环境影响其上流水及扇坪已富含盐分并长盐霜，形成泥砂与盐分相混杂的状态。南带展布方向为北西向，最宽可达30km，略向盐湖倾斜，间有沙垅出现，河流漫流，水辫散布，扇前多有现代湖泊分布。北带在泉集河冲积扇一带较发育，最宽为10km，扇前有协作湖呈弧形展布；东陵湖以西有由沙漠发生盐碱化而成的盐漠带。

（六）盐壳地貌

盐壳为卤水湖泊退缩后的地貌景观，根据其赋盐状态及生长条件可细分为新盐、老盐、盐滩等亚地貌环境。该带位于本区中央洼地，地形平坦，龟裂现象普遍。随着含盐度的增高，龟裂表现为盐环（即盐龟裂生长缝），其形状趋向完整的六边形；随着结盐作用的进行盐环长高变厚；受外营力（风、降水、光辐射等）影响，造成盐壳的坑穴溶蚀和外来风沙的充填，形成犬齿交错凹凸不平的蜂窝状地形。一般盐壳地貌的发育顺序：盐坪—龟裂—盐环—盐蜂窝—盐滩。高盐度盐壳发展到蜂窝状盐滩，还可发育第二、甚至第三旋回的盐龟裂现象；据此从地貌景观可略知盐壳的相对含盐度和相对时间关系。

（七）盐沼泽地貌

主要分布在本区东部，地形较为复杂，水洼处泥滩深陷，高凸处盐滩裸露。盐沼泽地带也是较淡卤水补给盐滩晶间卤水的另一渠道。霍布逊湖以东盐沼泽展布范围较广，地形复杂，析盐与淤积同时存在，向东可延至谢德岭附近。团结湖以东盐沼泽嵌入盐滩腹地，形态复杂，与水系的渗流及潜水的抬升有广泛的联系。

（八）盐溶地貌

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

1．北部溶沟带：平行盐湖北堤边界，呈狭窄带状展布，长110km，宽几米至数十米，局部有淡水上涌中心形成的较大溶洞，最大直径约为200m。

2．中部溶洞区：分布在青藏铁路以东及协作湖以西，呈哑铃状，盐溶形状为溶洞、溶塘，最大直径约20m，并有暗洞存在。

3．东部盐溶区：位于协作湖与霍布逊湖之间，长20km，宽10km，盐溶形状为溶洞、溶塘。

（九）湖泊地貌

本区在广袤的盐滩上分布着达布逊湖等十多个卤水湖泊（盐湖），它属于扇前湖泊系列（简称扇前湖）；湖水水量变化较大，主要受气候变化的影响；湖泊析盐强烈，均达到自析结盐的程度；并普遍存在湖水退缩现象，全湖范围的退缩可发育较完整的湖岸阶地（微地形），多者可达3—4级以上。

（十）河流地貌

本区河流主要分布在南面及东面，北面甚少西面缺失，大多发源于结晶基岩区，其水量除降雨和山前泉水补给外，冰雪消融水是重要的补给来源。这些水系的古河流在山口附近形成多级阶地，在山前形成垒迭式洪、冲积扇带，受地形影响在扇坪多产生辫状河道。南部河流发源于昆仑山脉，其中格尔木河主要汇入达布逊湖，诺木洪河注入南霍布逊湖，乌图美仁河注入涩聂湖。东部河流发源于鄂拉山，其中柴达木河、素棱郭勒河呈“X”流网并交叉补给南、北霍布逊湖。北部有发源于全吉山一带的泉集河，流出山口不远便潜入地下，只在丰水年月有少量水流汇入协作湖。

三、盐湖区地貌成因

地貌是地球内外营力在地球表面长期作用演变的结果。B.E.哈茵和B.A.克罗斯格姆将地貌划分为原生地貌与次生地貌[2]，并探讨地貌内外营力作用的相互关系。地貌景观的内在联系实质上表征了地球动力学系统的运动特征，地球动力学研究地壳变化及力学机制以解释由内在的力所造成的现今地表构造及其历史[3]。我们运用地球动力学的分析方法，探讨本区地貌景观的动力成因及其变迁过程。

（一）构造动力成因

构造因素控制了本区地貌的发育位置和分布规律，对地貌物质组成也有一定的影响，它的主要特点是位移、破碎，也是一些活动物质发生迁移的通道和一些较变能的产生场地。

1．位移作用：以山系、戈壁、沙漠、盐漠、湖泊地貌组合为特征。察尔汗盐湖的形成与柴达木盆地在新构造运动中发生大幅度沉陷有关，由于构造动力的位移作用而形成阶梯带状地形，由山前地带向盐湖中央其高程依次为3000、2800、2700、2680、2675m。它们受四组近乎平行的北西西向隐伏断裂带所形成的四级构造台地的控制，在这些构造台地上发育了带状展布的地貌组合。新构造作用还可形成断陷盐湖（东陵湖）。

2．破碎作用：以雅丹地貌组合为特征。在柴达木盆地普遍发育早更新世地层，为一套弱固结的细碎屑岩建造，其上覆地层厚达数百至2000m，受构造动力影响地层发生穿刺作用，形成褶皱正地形及穹窿构造，继之在断裂破碎带发生机械辗碎作用而使岩石粉末化，加剧了风力作用的侵蚀，形成了雅丹地貌景观。第三纪地层在紧密褶皱及破碎强烈地段也多发育雅

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

丹地貌。

3．通道作用：以盐溶、河流地貌组合为特征。本区补给水系在进入盐湖之前其矿化度已达到近饱和或饱和程度[4]，一般不对盐滩及盐层产生破坏作用。本区盐溶展布规律表明，溶蚀水受断裂控制来自深部及侧向越流作用，一般与地表径流无关。河流受共轭断裂的影响可形成"X"型（或双曲线型）水系流网，在断裂带还可形成弓状河道。

（二）水动力成因

水动力主要以流水、湖泊及溶蚀等作用为特征。

1．流水作用：以河流、戈壁、沙漠、盐漠、湖泊、盐沼泽地貌组合为特征。基础地质研究表明，这一地貌组合为古水系造成三重叠迭式洪、冲积扇及扇前地带，其物质组成具逐渐变化特征，即呈砂砾岩相（戈壁）、粗碎屑岩相（沙漠）、细碎屑岩相（盐漠）、化学岩相（盐湖、盐沼泽），它们的原生形态都是流水动力作用形成的。本区水系也具浅河床、易游迁、水量变化大及矿化度高等特点；地表径流发生漫流、滞流、游迁以及潜水渗透所形成的盐沼泽是一种特殊的成盐环境。

2．湖泊作用：以盐湖、盐壳地貌组合为特征。本区盐类矿床属于湖泊成因，反映在地貌景观上为湖泊（盐湖）、盐壳（盐滩），随着湖水退缩与扩展，湖泊与盐滩的范围也随之发生变化。本区湖泊（盐湖）因属扇前湖泊系列，可在冲积扇前广大地段进行广泛游移；湖水并具侧向分异现象，从入水岸向背岸依次为淡卤水带、浓卤水带、盐花沉淀带、新盐析出带、盐滩带。盐滩是湖水退出后的地貌景观，富含饱和晶间卤水，表层失水固化板结成为盐壳地貌。

3．溶蚀作用：以盐溶地貌组合为特征。为较淡水体溶蚀盐岩地层所致。河水及潜水通过各种渠道（渗流、越流及上涌等）进入盐滩地带形成各种溶蚀地貌，对盐岩及盐滩产生改造，是一种后生的地质过程。

（三）风动力成因

柴达木盆地是干旱内陆盆地，风动力丰富，主要以风蚀、风积及风移等作用为特征。

1．风蚀作用：以戈壁、雅丹地貌组合为特征。戈壁是在盆地边缘山前洪积扇堆积物基础上因风蚀作用形成，雅丹是弱固结碎屑岩沿薄弱面（破碎面和易剥面）发生风蚀作用所致。

2．风积作用：以沙漠地貌组合为特征。风力作用下堆积的沙漠，其沙源既有外来的（由山地风化砂迁移所致）也有原地的（由第四纪碎屑岩就地沙化所致）。

3．风移作用：以流动沙丘、盐漠地貌组合为特征。沙漠在定向风作用下再次发生较大距离的带状迁移形成流动沙丘。在交错向风条件下细碎屑组分与盐湖盐分（盐屑、盐尘及卤水）发生物质交换形成盐漠。流动沙丘和盐漠地形的发育能加速和强化盐湖卤水的变质作用。

上述表明，本区地貌景观具有多类型、多成因、多组合以及相互交叉的演变关系；地貌营力作用是伴随地球的物质运动和物质演化相联系的一种地质过程，在不同的地质环境有不同的表现形式；在特定地质环境的不同演变阶段中所发育的地貌景观及形成过程可表征为地貌态（地貌平衡态）。本区处于干盐湖地貌态。

四、盐湖区地貌场

在形成、发展及演变过程中具相关性、成因机制具迭加性和形态（类型）上具多变性的

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

复杂组合地貌景观及其内在的场效关系称为地貌场，即用场效观点研究地貌景观的地球动力学关系。它实际是地球场效关系中物质场的表面形貌演变场，它不仅研究地貌形态的分类和成因，更重要的是研究地貌的动力学机制和演变关系以及地貌环境的效应等问题。

下面仅讨论察尔汗盐湖区地貌场的几个特征，以期引起对它的注意和探索。

（一）三位一体的地质环境

综合调查表明，柴达木盆地具有干旱的气候、浩瀚的沙漠、富饶的盐湖之形貌，是地球物质场动态平衡的产物。根据柴达木盆地地质演变时序，首先由于干旱气候的出现，尔后有沙漠的发育，进而才有盐湖的形成。基础研究表明，盆地由于“盐筛效应”而急剧富盐；干燥气候下水的溶蚀以及沙漠的迁移受到湖泊捕获力[5]的作用加速了盐湖的发育和盐分的富集。干旱—沙漠—盐湖三位一体的演变规律在我国主要盐湖分布区（如柴达木、鄂尔多斯、准噶尔、塔里木盆地等）是普遍存在的。

（二）盐湖的反馈作用

沙漠的存在往往加剧了盐湖的发育，而盐湖发展到一定的阶段又能影响沙漠的运动；这种盐湖与沙漠相互影响的内在联系称为盐湖的反馈作用。其原理是，沙漠在加速盐湖老化的过程中，盐分借助地下水和风力等载体发生迁移，使盐类元素以及矿物粉末覆盖其上或浸湿其中，导致沙漠盐碱化粘连板结成块，循环往复便使沙漠停止扩展、流沙固定、退缩转化为盐漠，出现沙退盐浸现象。

根据这个规律对人类治理沙漠灾害、开发盐湖资源可能有所贡献。察尔汗盐湖的出现和发展对柴达木盆地东部的沙漠化程度有一定范围的抑制作用。

（三）盐湖区地貌演化模式

在地貌营力作用下，地貌景观的形成、发展及演化过程具有一定的阶段性和方向性。盐湖作为地球表生矿床是盐湖地貌景观最有特色的地表形貌，由于它的发育才能使纷乱各异的地貌形态有机的联系在一起；盐湖作为独立的地质单元，从地层建造到富集成矿有漫长的演变过程，不同于一般的沉积过程，并且有改造自然环境的能力。根据这种地貌景观、盐湖演变、成矿特征的内在联系，建立了察尔汗盐湖区地貌演化模式（见表1）。

表1　察尔汗盐湖地貌演化模式

Tab.1　Geomorphic evolution pattern of Qarhan Salt Lakes

发展阶段	发育期	成熟期	老化期
地貌特征	戈壁、雅丹、河流	沙漠、流动沙丘、湖泊（盐湖）、盐沼泽	盐漠、盐壳（干盐滩）、盐溶
赋盐状态	运盐期	富盐期	滞盐期
盐湖成熟度	准备阶段	成盐阶段	改造阶段

察尔汗盐湖区地貌演化模式表明，地貌景观的发展阶段与赋盐状态、盐湖成熟度是同步演变的，并存在由外围向中心递变的带状展布特征，其时空关系的变化具有协调性。运用盐湖区地貌演化过程中不同发展阶段的地貌特征也可大致判断盐湖的发育及变质状态，这对野外快速评价现代盐湖资源有积极意义。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

参 考 文 献

[1] Leslie A. Brodylo and Ronald J. Spencer, Deposition environment of the middle devonian Telegraph Salts, Alberta, Canada. Bulletin of Canadian petroleum geology, 35(2), 1987.

[2] H.N.尼克拉也夫等著，林自立译，论新大地构造学与地貌学的一些问题，科学出版社，1957。

[3] A.E.夏德格著，谢鸣谦等译校，地球动力学原理，科学出版社，1977。

[4] 张彭熹等，柴达木盆地盐湖，科学出版社，1987。

[5] J. M. 鲍勒，研究水文演化和相变的湖泊空间分析方法，中国－澳大利亚第四纪学术讨论会论文集，科学出版社，1987。

GEOMORPHOLOGY OF QARHAN SALT LAKES

Hu Dongsheng

(Institute of Salt Lakes, Academia Sinica)

Abstract

The geomorphic characteristics of Qarhan Salt Lakes are divided by utilizing the basic data and remote sensing and the salt geomorphic dynamic mechanism and salt geomorphic genesis type studied according to the endogenic and exdogenic force function of geodynamic principles. With the genetic relation and movement regularity of geomorphic landscape constructed, the geomorphic evolution order of each other substantiates original and secondary geomorphic order and the geomorphic evolution pattern of contain geomorphic and minerogenetion faction etc., forming geomorphic environment system and substance process, and inductive in the compatibility unification of the field conceptual relation—geomorphic field.

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net