维普资讯 http://www.cqvip.com

(6)

第4卷第1期
1992年3月

湖 泊 科 学
JOURNAL OF LAKE SCIENCES

Vol. 4, No. 1
Mar., 1992

48—55

新疆现代盐湖盐类矿物及有关成盐机制[①]

李秉孝 P611.42

（中国科学院青海盐湖研究所，西宁 810008）

提要 新疆是我国现代盐湖主要分布区之一，蒸发岩矿物类型较全，现已发现有32种矿物，其中有近年新发现的数种矿物以及新类型盐湖——硝酸盐盐湖；对石膏晶形标型性进行了探讨；有关成盐机制概括为四个方面，将生物成盐纳入成盐理论。

关键词 盐类矿物，晶体形态标型 成盐机制 新疆

盐湖

一、本区盐湖盐类矿物简况

在本区众多的现代盐湖之中，广泛分布着各种盐类沉积，但大都属硫酸盐类，而氯化物与碳酸盐类矿物不多，少数盐湖还有硼酸盐、硝酸盐沉积。据目前资料统计，新疆地区盐湖盐类矿物共有32种（图1，表1），包括碳酸盐4种（碎屑物中粘土粒级的方解石等微晶碳酸盐未计在内）、硫酸盐16种、氯化物5种、硼酸盐3种和硝酸盐4种。其中针碳钠钙石是我们1986年首次发现的碳酸盐矿物，水硝碱镁矾、钠硝矾和钾石盐是新疆第一区调队三分队和中国地质大学钾盐室，近期在罗布泊地区发现[②]，这两种硝酸盐矿物在我国尚属首次报道，钾石盐在新疆盐湖中也是初次发现。此外，我们还在艾比湖北岸发现有白钠镁矾的沉积。

在这些盐类矿物中，石盐和天山以北地区的芒硝，分布广且储量大，是盐类矿床的主要开发对象，天然碱和钠硝石在本区也具一定工业意义。据化学工业部化学矿山地质研究所钱自强提供资料，吐鲁番盆地南侧的乌勇布鲁克干盐湖亦发现有水硝碱镁矾和钾硝石。该盐湖晶间水富硝酸根，我们曾在1989年采样分析，卤水含 NO_3^- 达1.6—3.4 g/L，较柴达木盆地和藏北盐湖高出1—3个数量级，且含 K^+ 也较高，为1.76—2.03 g/L，成为我国唯一的富钾硝酸盐型盐湖，预测将是一个具综合开发潜力的新类型盐湖。

二、本区新发现或特有的盐类矿物

（一）针碳钠钙石〔$Na_2CO_3 \cdot CaCO_3 \cdot 5H_2O$〕

针碳钠钙石分布于北沙窝盐湖，系1986年考察该湖时在其中段的湖底含粉砂粘土中所采集，与其共生的盐类有无水芒硝和少量微粒状石盐。原样经水溶去芒硝、石盐，并分离去泥砂后，即可见到榍形针碳钠钙石小晶体（照片1），含量约5%。还见有微粒状

---

① 国家自然科学基金资助课题，基金号（4870124）。

② 罗布泊地区发现含钾硝酸盐矿物，中国地质矿产报，1990，6，4。

维普资讯 http://www.cqvip.com

菱形晶体的无水芒硝占10%。针碳钠钙石晶形完好，一般粒径小于1mm，个别可达3mm，玻璃光泽，透明—半透明，略溶于水。针碳钠钙石是在新疆地区首次发现的一种碳酸盐

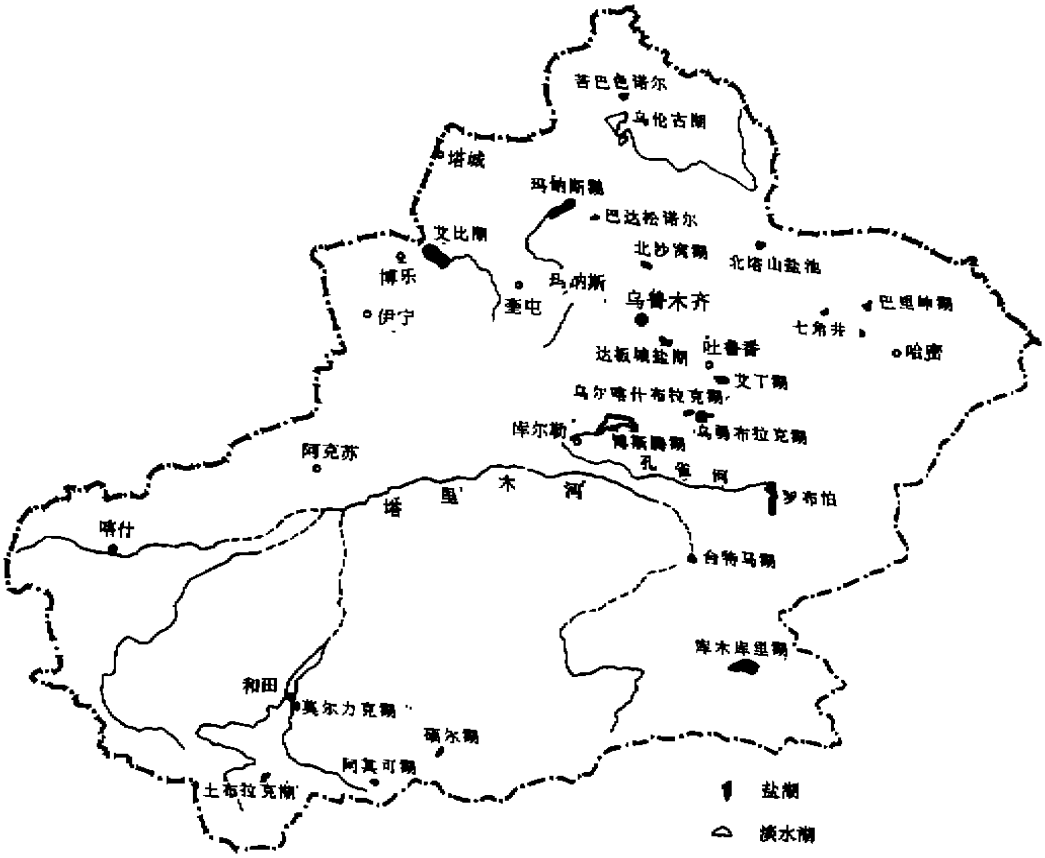


图1　新疆盐湖分布图

Fig. 1　Distribution map of the salt lakes in Xinjiang

原样经水溶去杂质处理并挑选质纯单晶，分别做X衍射、红外和差热分析。由于晶体仍粘连有无水芒硝和碳酸盐碎屑，故在衍射图上亦有这些杂质的反映，扣除杂质峰值，该矿物的X衍射粉晶数据与已知资料十分吻合，分析结果见表2。

红外光谱分析结果表明，在1660、1425、860、740、690、540cm^{-1}几个特微波数与已知资料一致。

差热分析结果表明，有四个热效应反应，即64、121、759、855℃。其中以121℃的热效应最为明显。

（二）**水硝碱镁矾**〔$Na_7K_3Mg_2(SO_4)_6(NO)_2 \cdot 6H_2O$〕、**钠硝矾**〔$Na_3(SO_4)(NO_3) \cdot H_2O$〕

这两种硝酸盐是新疆第一区调队三分队和中国地质大学钾盐室近期在罗布泊地区发现，其中水硝碱镁矾为含钾硝酸盐矿物。与之共生的矿物有光卤石、钾盐镁矾、杂卤石、白钠镁矾、无水芒硝、钙芒硝、烧石膏、石膏和石盐等。

维普资讯 http://www.cqvip.com

表1 新疆盐湖蒸发岩矿物与产地

Tab. 1 The evaporite minerals and their producing areas of the salt lakes in Xinjiang

类别	序号	矿物名称	化学式	产地
碳酸盐	1	天然碱 Trona	$Na_3H(CO_3)_2 \cdot 2H_2O$	达板城西湖、阿其可湖、克孜治拉湖、巴达松诺尔
	2	泡碱 Natron	$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$	阿其可湖
	3	针碳钠钙石 Gavlussite	$Na_2CO_3 \cdot CaCO_3 \cdot 5H_2O$	北沙窝湖
	4	纤水碳镁石 Artinite	$Mg_2(CO_3)(OH)_2 \cdot 3H_2O$	阿其可湖
硼酸盐	5	硼砂 Borax	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	火焰山山麓
	6	柱硼镁石 Pinnite	$MgB_2O_4 \cdot 3H_2O$	达板城东湖
	7	钠硼解石 Ulexite	$NaCaB_5O_9 \cdot 8H_2O$	硕尔湖
硫酸盐	8	石膏 Gypsum	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	艾丁湖、艾比湖、巴里坤湖、达板城东湖、姜巴他吾湖、七角井、罗布泊、乌勇布鲁克湖
	9	硬石膏 Anhydrite	$CaSO_4$	阿其克湖
	10	烧石膏 Bassanite	$CaSO_4 \cdot \frac{1}{2}H_2O$	罗布泊
	11	钾石膏 Syngenite	$K_2SO_4 \cdot CaSO_4 \cdot H_2O$	艾丁湖
	12	芒硝 Mirabilite	$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	艾丁湖、达板城盐湖、巴里坤湖、七角井、北沙窝湖、艾比湖、硕尔湖、玛纳斯湖
	13	无水芒硝 Thenardite	Na_2SO_4	艾丁湖、七角井、达板城盐湖、巴里坤湖、北沙窝湖、艾比湖、罗布泊
	14	钙芒硝 Glauberite	$Na_2SO_4 \cdot CaSO_4$	艾丁湖、达板城盐湖、七角井、罗布泊
	15	泻利盐 Epsomite	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	艾丁湖、玛纳斯湖、七角井四盐湖
	16	六水泻盐 Hexahydrite	$MgSO_4 \cdot 6H_2O$	艾丁湖、七角井西盐湖
	17	白钠镁矾 Bloedite	$Na_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 4H_2O$	艾比湖、罗布泊
	18	杂卤石 Polyhalite	$K_2SO_4 \cdot Ca_2(SO_4)_2 \cdot MgSO_4 \cdot 2H_2O$	艾丁湖、罗布泊
	19	软钾镁矾 Picromerite	$K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$	艾丁湖
	20	钠镁矾 Loeweite	$Na_{12}Mg_7(SO_4)_{13} \cdot 15H_2O$	艾丁湖
	21	钾盐镁矾 Kainite	$KCl \cdot MgSO_4 \cdot 2\frac{3}{4}H_2O$	艾丁湖、罗布泊
	22	钾镁矾 Leonite	$K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 4H_2O$	艾丁湖
	23	无水钾镁矾 Langbeinite	$K_2SO_4 \cdot Mg_2(SO_4)_2$	艾丁湖
氯化物	24	石盐 Halite	$NaCl$	艾丁湖、北塔山盐池、巴里坤湖、七角井、玛纳斯湖、艾比湖、台特马湖、乌勇布鲁克、罗布泊、达板城盐湖等
	25	水石盐 Hydrohalite	$NaCl \cdot 2H_2O$	冬季在卤水湖表面析出
	26	钾石盐 Sylvite	KCl	罗布泊龟背山
	27	光卤石 Carnallite	$KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$	罗布泊、艾丁湖
	28	水氯镁石 Bischofite	$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	艾丁湖
硝酸盐	29	钠硝石 Nitratine	$NaNO_3$	火焰山山麓
	30	钠硝矾 Darapskite	$Na_5(SO_4)(NO_3) \cdot N_2O$	罗布泊
	31	水硝碱镁矾 Humberstonite	$Na_7K_3Mg_2(SO_4)_6(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	罗布泊
	32	钾硝石 Niter	KNO_3	乌勇布鲁克?

注：表中资料除本文工作外，还引自[1，8]；新疆地质局第一地质大队，新疆吐鲁番县艾丁湖矿区石盐、芒硝矿初步勘探地质报告，1987，12。

维普资讯 http://www.cqvip.com

表2　北沙窝盐湖针碳钠钙石X衍射粉晶数据*

Tab. 2　X-ray powder diffraction analyses of gaylussite of salt lakes in Beishawo

d	I	d	I	d	I	d	I
6.43	67	(3.037)	5	2.217	13	1.674	11
5.686	7	2.922	10	2.179	10	1.541	12
5.504	8	2.731	56	2.139	12	1.511	3
4.516	21	2.698	21	1.996	18	1.49	6
4.44	24	2.64	69	1.93	16	1.445	3
3.95	6	2.515	57	1.9	13	1.418	1
(3.564)	3	2.483	2	1.86	5	1.355	4
3.424	7	2.422	5	1.828	17	1.299	4
3.311	11	2.353	5	1.791	8	1.214	2
3.211	100	2.258	12	1.732	14		

* 杨波分析

（三）钠硝石〔$NaNO_3$〕

是新疆地区早已发现并曾利用过的一种硝酸盐，分布于吐鲁番盆地北侧火焰山山麓与戈壁边缘地带交界处的砂泥岩中。我们磨片观察，重折率极高的微晶钠硝石集合体，呈次生浸染状，充填于泥砂岩或脉状石盐晶体的晶面之间（照片2），分布无规律。因品位较低，目前遗留的贫矿未加利用。

（四）钾石盐〔KCl〕

该矿物是本区首次发现的又一种氯化物，由新疆地矿局第一区调大队在罗布泊东北端龟背山南侧的表层沉积中找到，共生矿物有石膏、石盐。含钾石盐的石盐层厚1m左右。迹像表明，罗布泊腹地可能是成钾的远景区。

（五）六水泻盐〔$MgSO_4 \cdot 6H_2O$〕

是盐湖中含水硫酸镁盐矿物系列中，不稳定矿物之一。是1986年在七角井西盐湖的表层粉砂质芒硝层中发现。共生矿物以芒硝为主，以及少量泻利盐、钙芒硝，无水芒硝和石盐。六水泻盐呈微粒状产出，因含量少，仅做了显微镜光性鉴定，未进行其他分析项目。除了七角井西盐湖有六水泻盐外，新疆地质一队在有关艾丁湖的地质报告中，亦有六水泻盐的报道。

三、艾丁湖石膏晶形标型性的探讨

矿物的标型特征是表明盐湖成因、沉积环境的指标之一，它包含形态标型、成份标型、稳定同位素标型等。这里，我们重点研究了新疆艾丁湖51m深的86CK1钻孔中石膏形态标型。该钻孔的蒸发岩矿物组合除了石膏外，还有石盐、芒硝、无水芒硝、钙芒硝等。石膏与石盐是蒸发岩中最为普遍的矿物，尤其是石膏，它存在于蒸发岩沉积旋回的自始至终，所以研究它有着极为有利的条件。

将钻孔岩芯做水溶分离处理后，石膏自剖面深24.11m处开始出现，至卤水最后干涸形成盐壳。大都有中、细粒石膏形成，一般含量小于10%，未见有龟片状形态石膏[2]。作者对柴达木盆地察尔汗盐湖石膏形态的研究表明，干燥气候期沉积的石膏以龟片状为主，而相对潮湿气候条件下沉积的石膏以柱、粒状为主。

现今吐鲁番盆地和柴达木的蒸发量分别是降雨量的300多倍和125倍，即两者都是极为干旱的气候环境，而吐鲁番盆地较柴达木更为干旱。在这一极端的干旱气候环境中，

维普资讯 http://www.cqvip.com

艾丁湖何以形成粒状石膏？其因素有二：第一，尽管艾丁湖属于最干旱地区，但其湖水的矿化度却小于210g/L，这一数值不足达布逊湖卤水矿化度472g/L的一半。这是由于芒硝的大量析出降低了卤水矿化度之故。而矿化度的高低，反映了成盐作用的强度，可见近代时期，艾丁湖的成盐强度要弱于柴达木盆地。第二，在艾丁湖的含盐沉积中，钙芒硝的分布十分普遍，当它受到淡卤水的稀释时，便分解成粒状石膏和芒硝。这种后生作用形成的石膏，不能代表原始沉积的气候环境。

四、有关成盐机制

蒸发岩的形成受多种因素控制，概括地可分为基本自然地理条件和卤水本身的性质。自然地理因素包括封闭或半封闭的盆地、干旱的气候、成盐物质来源；而卤水的性质，则包括其组成、介质条件等。蒸发岩的形成是受上述这些因素制约的综合结果。有关其成盐机制，主要如下。

（一）蒸发成盐

这是现代蒸发岩形成的主要控制因素，也符合于新疆现代盐湖分布的地理现状。蒸发成盐决定于气候干旱程度。分别用潮湿系数（年降水量/年蒸发量）、干燥度（可能蒸发/降雨量）、气候指数（C＝潮湿气候型元素总量/干旱气候型元素总量）等多种不同的方式表达。若以潮湿系数划分，新疆盐湖分布地区绝大部分小于0.12，皆属于干燥气候区①，并可细分为<0.005、0.005—0.01、0.01—0.05、0.05—0.12四个级别的干燥地区。个别盐湖分布于潮湿系数为0.13—0.29的半干燥区。

新疆现代盐湖主要分布在塔里木、准噶尔和天山山间盆地这三个地区；其次为阿尔泰、昆仑山山间盆地。这些盆地干旱缺雨，具有强的蒸发量，通常为年降雨量的八倍以上，有的地区甚至高达200—300倍。降雨量一般年仅数十毫米，位居塔里木盆地东部的罗布泊地区的米兰—若羌之间，年降雨量只有13—17mm，相对湿度10%左右，或在5%以下[3]。

（二）温度成盐

不同温度的水盐体系相图实验表明，矿物有不同的溶解曲线与析盐过程。A. Б. 达兹达诺夫斯基等人在盐系统溶解度手册中，甚至收集了从－52至350℃由低温至高温条件下盐类的溶析实验资料[4]。本区芒硝的分布，是明显受不同地区温度的控制，主要分布在天山以北地区；而在年均温度大于10℃的地区，如塔里木盆地一带，就不利于芒硝的形成。目前在新疆盐湖中已发现的喜冷盐类有水石盐、芒硝、泡碱、泻利盐、软钾镁矾等；喜热盐类则有无水芒硝、钾盐镁矾、白钠镁矾等。

（三）兑卤成盐

有关兑卤成盐作用在实验室已被证实[5]，有的已被应用到工艺生产上②，并给予不同的命名，称为稀释成盐或兑卤析盐效应。作者认为用兑卤成盐一词更切合天然地质的演

---

① 殷定泰，新疆第四纪（现代）盐类矿床的分布规律、成矿远景与找矿方向的探讨，新疆地质，1期，41—48，1981。

② 王长青、宋彭生，硫酸镁型盐湖卤水天然制取软钾镁矾的研究，盐湖研究，1990，2期，21—27。

维普资讯 http://www.cqvip.com

化过程。我们在新疆北沙窝盐湖新发现的针碳钠钙石，可能由该湖碳酸钠型水和含钙高的卤水相互作用所形成。兑卤的结果，使原始沉积的蒸发岩，可发生一系列次生变化，这一作用在新疆各成盐盆地里至今一直在进行着，这也是蒸发岩属于一种独特“活矿”的一个主要特征。

（四）生物成盐

作者将生物成盐作用纳入成盐理论。有关生物成矿虽已在非金属、金属、层控矿床等方面早有报道，但涉及蒸发岩的报道，还是寥寥无几。

在极端环境下的微生物，为了适应环境而生存，因此它具有特殊的机能和基因，并对蒸发岩的形成起着直接或间接的作用。从蒸发岩沉积的初期即碳酸盐阶段，到饱和卤水的高浓度溶液中，都发现有生物活动的参与。例如矿化度不高的水介质中可形成叠层石、叠层构造、藻灰岩、生物灰岩等，都是生物成盐的直观反映。又如氧化亚铁硫杆菌在有氧气条件下，把难溶的硫化物、元素硫等氧化成易溶的硫酸盐，而脱硫弧菌在有机物存在和没有氧气条件下，又能把硫酸盐还原成 H_2S 或硫化物①。在蒸发岩最后沉积阶段，即有水氯镁石析出的老卤中，经常发现由于嗜盐菌的繁殖，使卤水逐渐会变为暗红、棕红色。王大珍等人甚至从含 NaCl 30%以上的饱和卤水中，获得极端嗜盐菌新种[6]。近年西藏盐湖发现了多种嗜盐菌藻，并对生物成硼作用进行了探讨[7]。

新疆盐湖的生物成盐机制的有关研究工作还未深入进行，但近几年地方上已有专业机构开展对艾比湖卤虫资源的调查与开发。该湖为一卤水湖，面积达 560km² 以上，矿化度 117g/L，南北两岸已有石膏、石盐、白钠镁矾等盐类沉积。湖中卤虫资源丰富，分布于湖面的中部和东部，宽 20—40m，长达 3—4km。活跃在卤水中的卤虫、嗜盐菌藻，与蒸发岩形成的直接或间接关系，尚待深入研究。广泛分布于现代盐湖之中的嗜盐菌藻的相继发现，为生物成盐作用的研究，提供了有利条件。

参　考　文　献

[1] 郑喜玉。新疆盐湖及其成因。海洋与湖沼，1984，15（2）：168—178。

[2] 李秉孝、蔡碧琴、梁育生。吐鲁番盆地艾丁湖沉积特征。科学通报，1989，34（8）：608—610。

[3] 中国科学院新疆分院罗布泊综合科学考察队。罗布泊科学考察与研究。北京：科学出版社，1987：28、123、124。

[4] А. Б. ЗДАНОВСКИЙ, ЦТ. Д., Справолнцх. по растворцмостц солевых систем, 1953—1961.

[5] 高仕杨、李秉孝。青藏高原盐湖硼酸盐矿物。矿物学报，1982，2（2）：107—112。

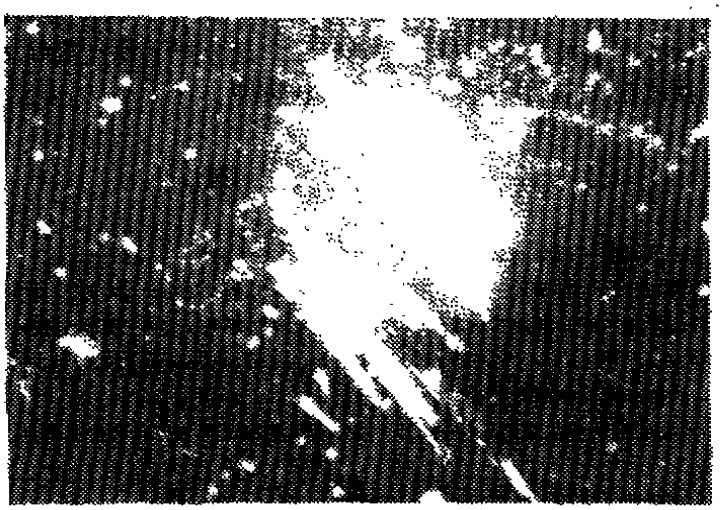
[6] 王大珍等。大柴达木湖中极端嗜盐菌的新种，中国—澳大利亚第四纪学术讨论会论文集。北京：科学出版社，1987：176—182。

[7] 郑绵平、向军等。青藏高原盐湖。北京科学技术出版社，1989：354—369。

① 吴厚泽等，细菌在层控硫化矿床形成中作用的实验研究，全国第三届矿物岩石地球化学学术交流会论文摘要汇编，1988，214—215。

维普资讯 http://www.cqvip.com

照片1 北沙窝盐湖的针碳钠钙石晶体单偏光 ×120



照片2 火焰山地区充填于石盐晶体之中的钠硝石（亮带） 正交×150

维普资讯 http://www.cqvip.com

SALT MINERALS AND THEIR MECHANISM OF THE SALT LAKES IN XINJIANG

Li Bingxiao

(*Qinghai Institute of Salt Lakes, Academia Sinica, Xining* 810008)

Abstract

There are 30 evaporite minerals, including those found in recent years and in new-type-nitrate salt lakes newly discovered in Xinjiang. In this paper, geological significance of typomorphic minerals is approached; four aspects are dealt with in terms of salification mechanism and biosalification is brought into the salification theory.

Key words Saline minerals, salifiable mechanism, Xinjiang