

罗布泊盐湖晚更新世末期芒硝岩沉积 及其古气候意义

刘成林 焦鹏程 陈永志 王弭力

中国地质科学院矿产资源所,北京 100037

摘要 罗布泊位于新疆塔里木盆地的东端,可能是世界最大的单体(干)盐湖。罗布泊从中更新世开始进入盐湖演化阶段,直到晚更新世末以钙芒硝沉积为主,进入全新世出现石盐沉积。一些钻孔揭示在上更新统顶部出现一些芒硝岩薄层,对比研究,确认这些钻孔中的芒硝层属同一时期沉积产物。 ^{14}C 测年显示,芒硝层段年代从13.72~16.92 ka,光释光测年结果为19.34~19.83 ka,这些与末次冰期最盛期的年代(14~22 ka)基本吻合,推断当时罗布泊年均气温在 $-2\sim-3^{\circ}\text{C}$ 。至全新世早期,随着短期干冷气候结束,罗布泊转为咸水湖环境,自全新世中期以来,转变为盐湖环境。

关键词 罗布泊;盐湖;更新世;芒硝岩;冷期气候

中图分类号: P534.631

文献标识码: A

文章编号: 1006-3021(2008)04-397-08

Late Pleistocene Mirabilite Deposition in the Lop Nur Saline Lake, Xinjiang, and its Paleoclimate Implications

LIU Chenglin JIAO Pengcheng CHEN Yongzhi WANG Mili

Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037

Abstract The Lop Nur Saline Lake located in eastern Tarim basin of Xinjiang is probably the largest single saline lake in the world. From middle Pleistocene, Lop Nur Lake evolved into a saline lake environment and glauberite crystallized from brine in the lake until the end of Pleistocene. In the Lop Nur Lake, halite crystallized only during Holocene. Drilling shows that thin layers of mirabilite rocks occur at the top of upper Pleistocene strata. A comparison of strata from drilling holes reveals that the mirabilite layers belong to the contemporaneous sediments. ^{14}C -dating shows that the ages of mirabilite layers are from 13.72~16.92 ka, basically consistent with the age (14~22 ka) of the last maximum glacier activity. The authors infer that the annual average atmospheric temperature of Lop Nur area was $-2\sim-3^{\circ}\text{C}$ at that time. The following conclusion has thus been drawn: the global cold event had impacts on chemical sedimentation of the saline lake; with the ending of a short cold period, the Lop Nur Saline Lake changed into a saline water lake in early Holocene; since middle Holocene, the lake has converted into a salt lake with the deposition of large amounts of halite.

Key words Lop Nur; saline lake; Late Pleistocene; mirabilite rock; paleoclimate

罗布泊地区具有典型的大陆性干旱气候特征,是我国最干旱的地区。该区还具有夏季高温,冬季严寒,年温差和日温差大的特点,有气象资料以来的多年年平均气温为 11.6°C (据若羌气象站)。罗布泊地区7月份地面温度可达 70°C 以上(李江风等,

1987)。由此可见,罗布泊地区现代气候属于干热气候。

罗布泊位于塔里木盆地的东端,盐湖沉积区面积 18056 km^2 (中国地质科学院矿产资源研究所,2005),可能是世界最大的第四纪盐湖。第四纪时

本文由地质调查项目(编号:200010300105)和国家科技攻关305项目专题(编号:2001BA609A-07-15)联合资助。

收稿日期:2007-09-05;改回日期:2007-12-14。责任编辑:刘志强。

第一作者简介:刘成林,男,1963年生,研究员,博士生导师,主要从事盐湖与钾盐矿床研究;通讯地址:100037,北京市百万庄大街26号;电话:010-68999067;E-mail:liuchengl@263.net。

表 1 现代盐湖冷相稳定性芒硝沉积与地区气候(据 Zheng 等, 2000)

Table 1 Relationship between modern cold stable mirabilite and regional climate (from Zheng et al., 2000)

地区	盐湖名称	盐湖沉积(厚度)	一月均温/℃	七月均温/℃	年均温/℃	气候带
藏北高原	玛尔果	薄层芒硝	-16	8	-3 ±	高原寒带干旱区
	戈木茶卡	厚层芒硝	-16	8	-3	高原寒带干旱区
	依布茶卡	厚层芒硝	-15.5	10	-2.5 ±	高原亚寒带干旱区
	雅根错	芒硝层发育	-16	8	-3 ±	高原寒带干旱区
外贝加尔	大列沙第湖	稳定芒硝层(1.5 ~ 2.5 m)	-26 ±	18	-3 ±	草原亚干旱带
	古得日尔甘	稳定芒硝层(3.5 m)	-26 ±	18	-3	草原亚干旱带
加拿大阿尔伯 达—萨斯卡通温	查普林	稳定薄层芒硝(≤30 cm)	-30	16	-7	草原亚寒带

期,强烈的喜马拉雅运动,导致塔里木盆地西部抬升,东部相对沉降,统一的塔里木盆地逐渐解体,罗布泊成为塔里木盆地的最终汇水区。早更新世时期,罗布泊基本为咸水环境;中更新世时期以来,罗布泊大湖开始分隔解体,罗布泊北部转变为盐湖环境,化学沉积以钙芒硝为主(刘成林等,1999),同时,出现富钾卤水大规模成矿(王弭力等,1996,1998,2001),南部仍为咸水湖环境;全新世,北部的罗北凹地等逐渐转变干盐湖,南部则从咸水环境变为盐湖环境,最后于1972年完全干涸。

罗布泊盐湖水化学类型为硫酸盐型,盐类矿物以钙芒硝为主,其沉积量巨大(刘成林等,2007)。钙芒硝包裹体均一温度分析(刘成林等,2006)显示,罗布泊盐湖钙芒硝沉积时水温40~75℃,推算夏季平均气温20~35℃,属于干热气候条件。但是,在钙芒硝沉积末期,出现了芒硝沉积,芒硝属于较典型的冷相矿物。芒硝岩的沉积说明罗布泊地区在晚更新世末期出现过明显的短期降温事件,这种短期气候突变可能是全球性气候事件变化所致。

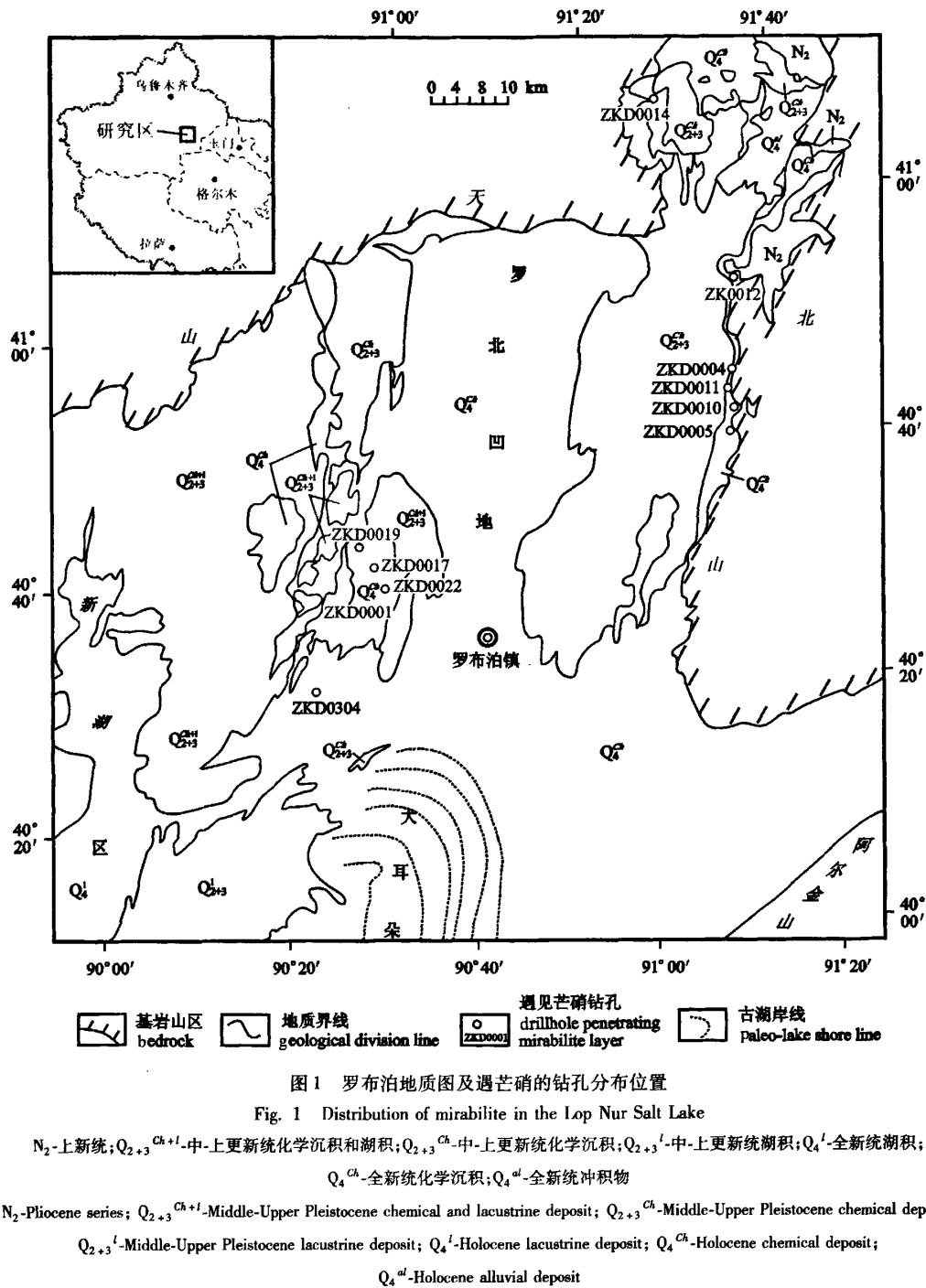
1 盐类矿物气候指示意义讨论

利用盐类矿物进行盐湖气候环境的研究,首先利用盐类矿物中的流体包裹体均一温度。袁见齐等(1991),研究石盐包裹体均一温度,指出一些类型包裹体均一温度代表了沉积时期石盐结晶温度。Roberts等(1995)研究美国死谷(Death Valley)石盐包裹体,其均一温度可以较好代表了石盐结晶时期的古水温。可见,盐类矿物包裹体均一温度可以代表沉积时期的古水温。然而,研究显示石盐包裹体均一温度受较多因素影响(Roedder,1984),例如,石盐重结晶,或溶解并再沉淀,包裹体在受热或受力破裂时产生永久性拉张等。因此,应用盐矿物包裹体均一温度分析古湖水温也存在一定局限性。其次,由于盐类矿物自身就是干冷或干热气候条件下从盐

湖沉积的化学产物,不同的盐湖水化学系统,在相同气候条件下沉积出不同盐类矿物组合,同一水化学系统,在不同温度条件下可沉积出不同组合的盐类矿物。因此,可以将反映不同古温度变化的盐类矿物组合作为恢复古气候环境的灵敏而有效的标志(郑绵平等,1998;Zheng et al., 2000)。综合分析现代盐湖沉积,将盐类沉积矿物划分为3种类型:冷相盐类矿物;暖相盐类矿物;广温相盐类矿物。对于硫酸盐型卤水来说,冷相矿物,最有代表性的矿物是芒硝;暖相矿物的代表性矿物是无水芒硝、钙芒硝、硬石膏,白钠镁矾等;广温矿物有石膏、杂卤石等(Zheng et al., 2000)。根据现有观察资料,天然卤水盐湖沉积虽然随着一年四季和昼夜大气温度和蒸发量变化而变化,但是,湖底形成的矿物要比卤水表面沉积的矿物稳定,即在卤水湖表面结晶的浮晶,随昼夜气温变化而形成“瞬变盐类矿物”,而当浮晶下沉到湖底卤层时,易转化为季节均温平衡的稳定性底卤盐类矿物(Zheng et al., 2000)。表1显示,在年均气温-7~-3℃气候条件下,硫酸盐型卤水沉积出稳定芒硝层,而在0~2℃条件下形成不稳定芒硝层(Zheng et al., 2000)。西藏洞错DZ01剖面底部纯芒硝层(97~104 cm段),年龄8720~8410a,气候环境处于干旱寒冷时期,根据上述资料,推测当时年平均气温在-3~-7℃,至少比现代的年均气温(-0.4℃)还低2.6~6.6℃(魏乐军等,2000)。由上讨论可见,一些盐类矿物本身也可以是古水温及古气温的较好指示标志。

2 芒硝沉积特征

在罗布泊盐湖钾盐调查中,我们在铁矿湾、铁南凹地,罗西洼地及耳北凹地等10个钻孔岩心及剖面中发现了芒硝岩层或含芒硝地层(中国地质科学院矿产资源研究所,2005)(图1,图2,图3,图4),单层芒硝岩层或含芒硝层厚度从0.5~4.0 m。



罗布泊盐湖沉积地层中的芒硝特征是,无色透明,多呈中-粗晶结构,他形和半自形-自形,短柱状及粒状等。其鉴定特征很明显,当岩心暴露地表大气下,无色透明的芒硝晶体很快在表面脱水出现白色粉末。芒硝以单矿物岩和次要成分两种形式产出,例如,芒硝岩、含芒硝石膏岩、含芒硝的钙芒硝岩。

晚更新世末以来罗布泊盐湖沉积的地层层序是:下部为含粉砂钙芒硝岩;中部出现两个芒硝岩或

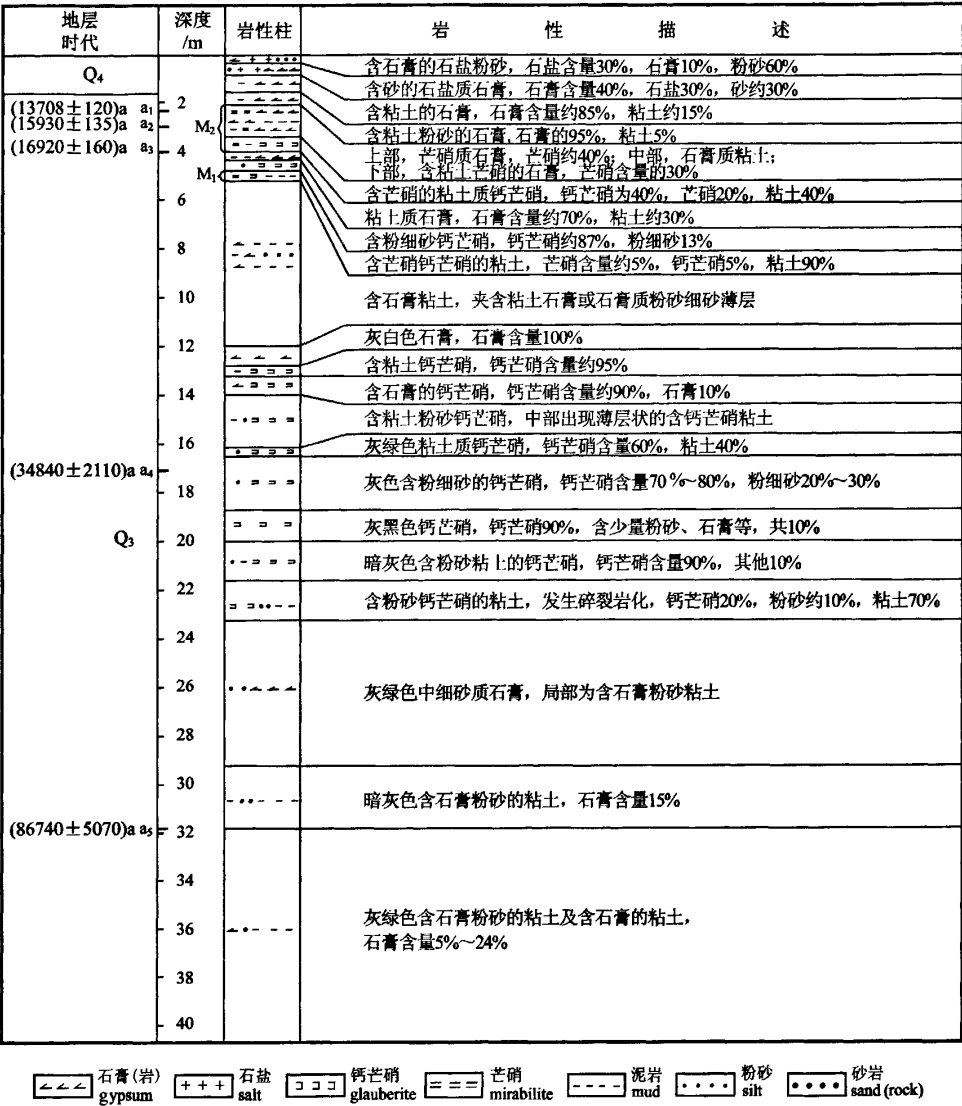


图2 罗布泊罗西洼地 ZKD0017 孔岩性柱状图

Fig. 2 Columnar section of sedimentary rocks from Drill Hole ZKD0017 in Luoxi Hollow, the Lop Nur Salt Lake

a₁-样品深度 2.3 ~ 2.4 m, C¹⁴ 定年; a₂-深度 3.1 ~ 3.2 m, C¹⁴; a₃-深度 4.0 ~ 4.1 m, C¹⁴ 定年; a₄-深度 17.20 m, 光释光测年; a₅-深度 31.90 m 光释光测年。C¹⁴ 定年由国家地震局地质研究所碳-14 年代实验室分析; 光释光测年由 中国地质科学院水文地质环境地质研究所光释光实验室分析。M₁-第 1 芒硝层; M₂-第 2 芒硝层

a₁-¹⁴C-dating, sampling depth 2.3 ~ 2.4 m; a₂-¹⁴C-dating, sample depth 3.1 ~ 3.2 m; a₃-¹⁴C-dating, sample depth 4.0 ~ 4.1 m; a₄-OSL (Optically stimulated luminescence) dating, sample depth 17.20 m; a₅-OSL dating, sample depth 31.90 m. ¹⁴C-datings measured by ¹⁴C-dating Laboratory, Institute of Geology, China Earthquake Administration. OSL datings measured by OSL Laboratory, Institute of Hydrogeology and Environmental Geology (IHE), CAGS. M₁-first mirabilite layer; M₂-second mirabilite layer

含芒硝岩(组), 编号为 M₁(第 1 芒硝层)和 M₂(第 2 芒硝层);上部为石膏、粉砂、粘土岩等;地表为粉砂石盐壳(干盐湖相)。以罗西洼地 ZKD0017 孔(图 2)含芒硝地层为例,下部为含粘土石膏岩和粉砂钙

芒硝岩等;中部为芒硝层段,芒硝含量 20% ~ 40%, 岩性为含芒硝粘土的钙芒硝岩、含粘土的芒硝质石膏岩和芒硝质石膏岩;上部为含粘土粉砂的石膏岩;近地表为含粉砂石盐壳(干盐湖相)。由图2还可

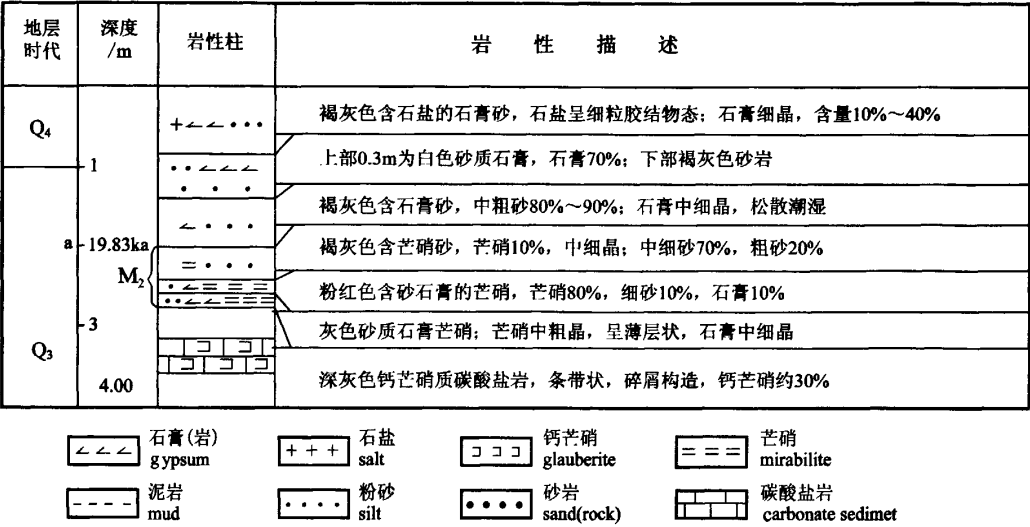


图 3 罗布泊铁南凹地 ZKD0012 孔岩性综合柱状图(a-光释光测年,由中国地质科学院水文地质环境地质研究所环境地质开放实验室完成;M₂-第 2 芒硝层)

Fig. 3 Columnar section of sedimentary rocks from Drill Hole ZKD0012 in Tienan Hollow, the Lop Nur Salt Lake (OSL dating measured by OSL Laboratory of IHE, CAGS; M₂-second mirabilite layer)

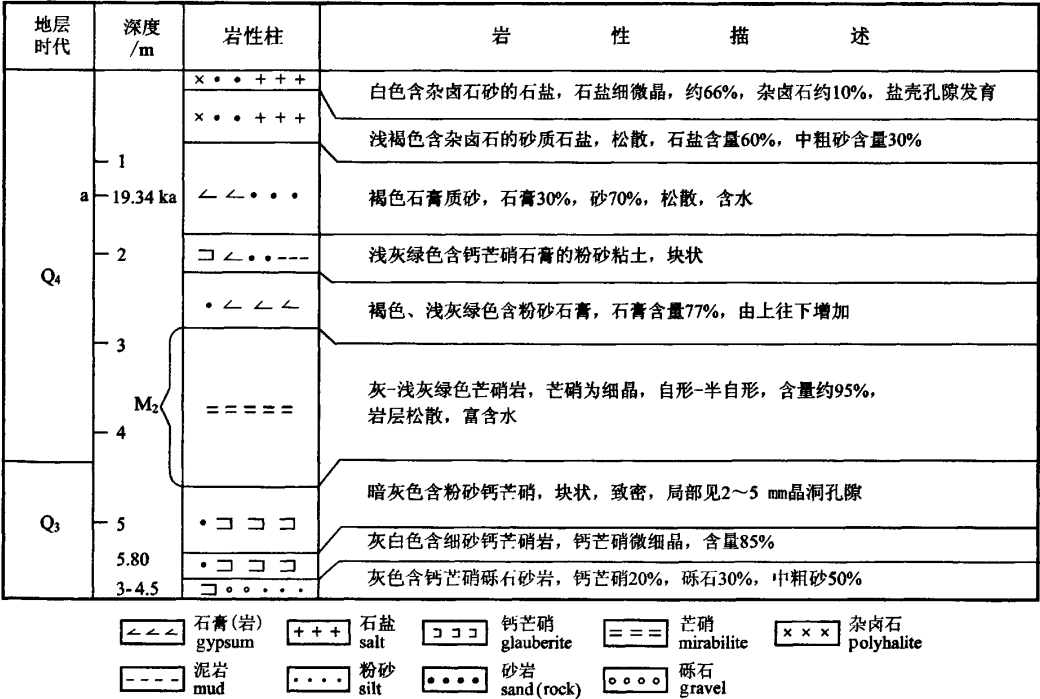


图 4 罗布泊铁南凹地 ZKD0011 孔岩性综合柱状图(a-光释光测年,由中国地质科学院水文地质环境地质研究所环境地质开放实验室完成;M₂-第 2 芒硝层)

Fig. 4 Columnar section of sedimentary rocks from Drill Hole ZKD0011 in Tienan Hollow, the Lop Nur Salt Lake (OSL dating measured by OSL Laboratory of IHE, CAGS. M₂-second mirabilite layer)

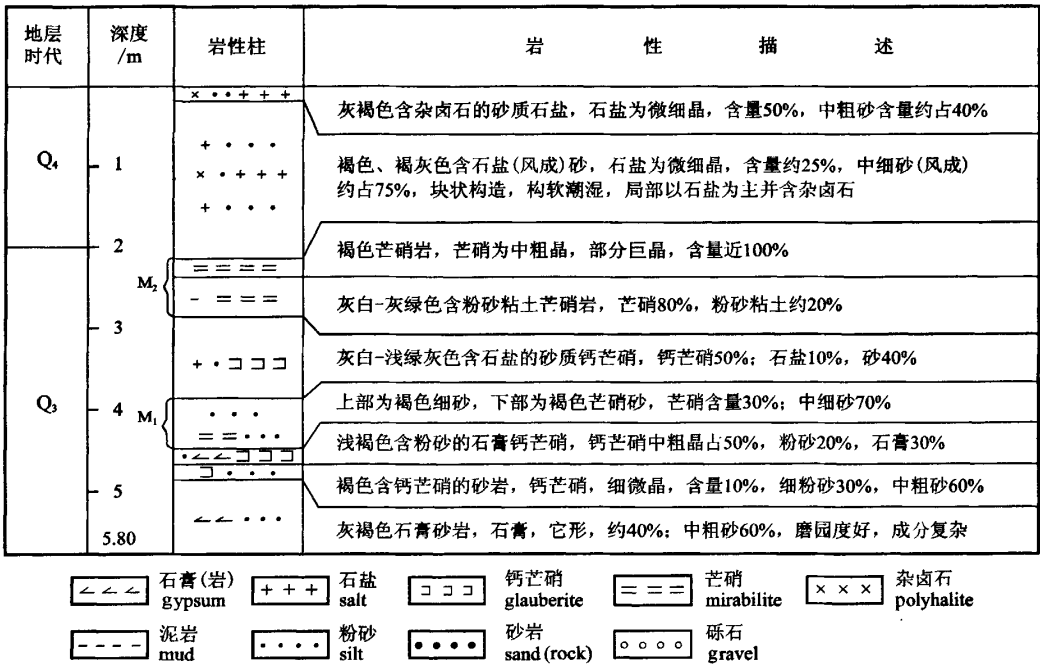


图5 罗布泊铁南凹地 ZKD0005 孔岩性综合柱状图(M₁-第1芒硝层;M₂-第2芒硝层)
Fig.5 Columnar section of sedimentary rocks from Drill Hole ZKD0005 in Tienan Hollow, the Lop Nur Salt Lake
(M₁-first mirabilite layer; M₂-second mirabilite layer)

见,在该孔主芒硝层(M₂)以下1 m处出现少量芒硝沉积(M₁),铁南凹地 ZKD0005 钻孔也出现类似情况,在主芒硝层(M₂)以下1.3~1.6 m出现芒硝质砂岩(M₁)。总之,铁南凹地的 ZKD0004、ZKD0005、ZKD0011、ZKD0012 和罗西洼地 ZKD0017 等钻孔地层岩性垂向上的变化相吻合,显示钙芒硝沉积之后,同时出现芒硝沉积;在芒硝层之上,地层岩性多为石膏岩及膏质粉砂岩,再向上变为粉砂石盐岩,常见杂卤石,个别钻孔见无水芒硝。

3 芒硝岩层的年代

地层岩性对比分析表明,上述芒硝岩层都同时出现于钙芒硝沉积末期,地层时代上属于晚更新世末期,应该属同一气候事件的产物。

罗西洼地 ZKD0017 孔(图2),在含芒硝的地层内连续测定了3个¹⁴C 年龄样品,年代分别为13.72 ka(深度2.3~2.4 m),15.93 ka(深度3.1~3.2 m)和16.92 ka(深度4.0~4.1 m)。同一钻孔,17.2 m深度,粉细砂岩的光释光年龄(34840±2110) a;31.9 m深度粉细砂岩测得光释光年龄(86740±5070) a。

开展光释光测年,铁南凹地 ZKD0011 孔(图3)

芒硝层顶界上约0.3 m(深度2.4~2.6 m)的石膏层内粉细砂岩,获得年龄为19.34 ka;ZKD0012 孔(图4)芒硝层顶界上(深度1.9~2.0 m),含石膏砂沉积物(岩),测年结果为19.88 ka。此两个年代数据相近,因两钻孔位于同一盆地,且相距不远,结果吻合,说明数据可靠性较高。

上述两种方法获得的年代分析结果虽然有差异,但都与末次冰期最盛期的年代14~22 ka(Dreimanis et al., 1973; Peterson et al., 1979)吻合;与Cui等(2004)提出中国北方晚更新时期有两次寒冷期(年代26 ka和23~13 ka)的第二期年代相当;也接近天山末次冰盛期地貌的终碛年代19019~23080 a(Yi et al., 1998)。因此,推断这些芒硝岩层应是全球变冷气候事件在亚洲大陆腹地盐湖沉积中的响应。按照表1数据推测,当时罗布泊地区年均古气温为(-2.5~-3.0)℃±。如果按¹⁴C年龄推测,这个寒冷气候在罗布泊地区的持续时间可能有3 ka左右。

由图2还可看出,芒硝与钙芒硝出现共生,这种冷相矿物与暖相矿物共生的现象似乎很矛盾,这可能是古气候由干热向干冷转换速度太快所致。罗布

泊地区属大陆性气候,具有夏季高温、冬季严寒、日温差和年温差很大的特点。在这种气候条件下,夏季盐湖沉积钙芒硝,冬季出现芒硝沉积应该是正常的,但是,一般情况下,芒硝在炎热的夏季将被完全回溶进入湖水中,如果,夏天温度回升不上来,不足以回溶芒硝,则芒硝可以被后来的沉积物埋藏而保留下来,这样就产生了与钙芒硝共生的现象。

4 结论与讨论

盐湖是气候变化的典型产物之一,是干旱—极端干旱气候的标志,但是,盐湖化学沉积物能否作为大气温度的指标,相关研究资料不多。盐类矿物的沉淀是湖泊化学变化结果,气温或水温在其中显然有重要影响。已有水-盐体系相图和观察资料显示,盐湖中的硫酸盐型卤水在低温气候条件(年均气温 $-3\sim-7^{\circ}\text{C}$),出现芒硝析出,而当温度升高至 25°C 以上,析出钙芒硝。青藏高原上的盐湖(包括柴达木盆地)较多出现芒硝沉积,而位于高原以北、海拔780 m的罗布泊盐湖较少出现芒硝沉积,这显然与当地气温有关,即青藏高原属于高寒山区,而罗布泊夏季气候炎热。罗布泊北部从中更新世开始进入盐湖演化阶段,一直到晚更新世末,盐类矿物沉积以钙芒硝为主。一些钻孔揭示,在钙芒硝地层上部或上更新统顶部出现芒硝岩层。钻孔芒硝层段内及附近 ^{14}C 与光释光年龄年代与末次冰期最盛期的年代14~22 ka吻合,证实芒硝等盐类矿物可以作为古气候变化的灵敏指示剂。这可能准确地记录了全球气候变冷事件对罗布泊盐湖化学沉积产生了影响,显示出罗布泊古气温从钙芒硝沉积时期的干热气候“瞬间”转变为干冷。此外,在主芒硝层(M_2)沉积之前,已有少量芒硝沉积(属不稳定芒硝层),可能说明在该区气候明显降温之前,有一次强度较小、时间更短的降温“预演”。钻孔岩心资料还显示,芒硝沉积之后(全新世早期),盐湖似乎就被淡化稀释为咸水湖,可能是一次较大规模的淡化事件(王弼力等,2001),其沉积物为石膏和细碎屑,可能与气温上升导致大量冰雪融化有关;到全新世中期,沉积环境又变为盐湖,主要为石盐沉积。

参考文献

- 李江风,夏训诚. 1987. 罗布泊地区气候特征[A]. 见夏训诚:罗布泊科学考察与研究. 北京:科学出版社, 118~131.
- 刘成林,陈永志,陈伟十,焦鹏程,王弼力,李树德. 2006. 罗布泊盐湖更新世晚期沉积钙芒硝包裹体特征及古气候意义探讨[J]. 矿物学报, 26(1):94~98.
- 刘成林,焦鹏程,王弼力,陈永志. 2007. 罗布泊盐湖巨量钙芒硝沉积及其成钾效应分析[J]. 矿床地质, 26(3): 322~329.
- 刘成林,王弼力. 1999. 罗布泊第四纪沉积环境演化与成钾作用[J]. 地球学报, 2(增刊):264~270.
- 王弼力,李廷祺,刘成林,杨智琛,李长华. 1996. 新疆罗布泊北凹地钾矿的重大发现[A]. 中国地质学会编“八五”地质科技重要学术交流会议论文集[C]. 北京:冶金工业出版社, 446~449.
- 王弼力,刘成林,焦鹏程,杨智琛,李亚文. 1998. 罗布泊北凹地超大型钾矿床特征及其开发前景[J]. 矿床地质, 17(增刊): 432~436.
- 王弼力,刘成林,焦鹏程,韩蔚田,宋松山,陈永志,杨智琛,樊卫东,李廷祺,李长华,冯金星,陈建中,王新民,于志鸿,李亚文. 2001. 罗布泊盐湖钾盐资源[M]. 北京:地质出版社, 80, 206~209.
- 魏乐军,郑绵平,蔡克勤. 2000. 西藏洞错发现全新世第一次冷期的证据[J]. 地学前缘, 7(2): 508.
- 袁见齐,蔡克勤,肖荣阁,陈卉泉. 1991. 云南勐野井钾盐矿床石盐中包裹体特征及其成因的讨论[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 16(2):137~142.
- 郑绵平,赵元艺,刘俊英. 1998. 第四纪盐湖沉积与古气候[J]. 第四纪地质, (4):297~307.
- 中国地质科学院矿产资源研究所. 2005. 罗布泊及邻区盐湖钾盐资源评价研究报告(“十五”国家305项目专题)[R].

References

- CUI Zhijiu, YANG Jianqiang, ZHAO Liang, ZHANG Wei, XIE Youyu. 2004. Discovery of a large area of ice-wedge networks in Ordos: Implications for the southern boundary of permafrost in the north of China as well as for the environment in the latest 20 kaBP[J]. Chinese Science Bulletin, 49(11): 1177~1184.
- DREIMANIS A, GOLDTHWAIT R P. 1973. Wisconsin glaciation in the Hurron, Erie, and Ontario lobes[J]. In: Black R F ed. Wisconsin Stage. Boulder: Geology Society of America, 71~106.
- Institute of Mineral Resources, CAGS. 2005. The Researches and Appraisal of Potash Resources in Lop Nur Salt Lake and others adjacent to the Lake, Xinjiang (research report)(in Chinese).
- LI Jiangfeng, XIA Xuncheng. 1987. The climate characteristics of Lop Nur region[A]. In: Xia Xuncheng (ed.), Scientific Investigation and Research in the Lop Nur. Beijing: Science Press, 118~131 (in Chinese).
- LIU Chenglin, WANG Mili. 1999. Evolution of Quaternary Depositional Environments and Forming of Potash Deposits in Lop lake, Xingjiang, China[J]. Acta Geoscientia Sinica, 20(supp.): 264~270 (in Chinese with English abstract).
- LIU Chenglin, CHEN Yongzhi, CHEN Weishi, JIAO Pengcheng, WANG Mili, LI Shude. 2006. The Study of Fluid Inclusions in Glauberite of Middle-Upper Pleistocene Strata and Their Significance of Paleoclimate in Lop Nur Salty lake, Xinjiang, NW China[J]. Acta Mineralogica Sinica, 26(1): 93~98 (in Chinese with English abstract).
- LIU Chenglin, JIAO Pengcheng, WANG Mili, CHEN Yongzhi. 2007. Sedimentation of glauberite and its effect on potash deposits formation

- in Lop Nur salt lake, Xinjiang, China[J]. *Mineral Deposits*, 26(3): 322~329 (in Chinese with English abstract).
- PETERSON G M, WEBB T III, KUTZBACH J E, VAN DER HAMMEN T, WIJMSTRA T A, STREET F A. 1979. The continental record of environmental conditions at 18000 a BP: An initial evaluation[J]. *Quaternary Research*, 12: 47~82.
- ROBERTS S M, SPENCER R J. 1995. Paleotemperatures preserved in fluid inclusions in halite[J]. *Geochemica et Cosmochimica Acta*, 59(19): 3929~3942.
- ROEDDER E. 1984. The Fluids in salt[J]. *American Mineralogist*, 69: 413~439.
- WANG Mili, LI Tingqi, LIU Chenglin, YANG Zhichen, LI Changhua. 1996. Important discovery of a potash deposits in Luobei subbasin of the Lop Nur, Xinjiang, China. In: Geological Society of China (ed.), *Selected Papers Presented to the Academic Exchange Meeting of Major Achievements of the Geological Sciences Obtained in the Eighth Five-Year Plan Period* [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 446~449 (in Chinese).
- WANG Mili, LIU Chenglin, JIAO Pengcheng, HAN Weitian, SONG Songshan, CHEN Yongzhi, YANG Zhichen, FAN Weidong, LI Tingqi, LI Changhua, FENG Jinxing, CHEN Jianzhong, WANG Xinming, YU Zhihong, LI Yawen. 2001. Saline lake potash resources in Lop Nur, Xinjiang[M]. Beijing: Geological Publishing House, 80, 206~209 (in Chinese with English abstract).
- WANG Mili, LIU Chenglin, JIAO Pengcheng, YANG Zhichen, LI Yawen. 1998. Characteristics of the Luobei subbasin superlarge potash deposit in the Lop Nur and its development prospects[J]. *Mineral Deposits*, 17(supp.): 433~435 (in Chinese).
- WEI Lejun, ZHENG Mianping, CAI Keqin. 2000. The Evidence of Discovery of First Cold Period in Holocene Epoch in Dongcuo, Xizang[J]. *Earth Science Frontiers*, 7(2): 508 (translated from Chinese version).
- YI Chaolu, LIU Kexing, CUI Zhijiu. 1998. AMS dating on glacial tills at the source area of the Urumqi River in the Tianshan Mountains and its implications[J]. *Chinese Science Bulletin*, 43(20): 1749~1752.
- YUAN Jianqi, CAI Keqin, XIAO Rongge, CHEN Huiquan. 1991. The Characteristics and Genesis of Inclusions in Salt From Mengyejing Potash Deposit in Yunnan Province[J]. *Earth Science-Journal of China University of Geosciences*, 16(2): 137~142 (in Chinese with English abstract).
- ZHENG Mianping, ZHAO Yuanyi, LIU Junying. 2000. Paleoclimatic Indicators of China's Quaternary Saline Lake Sediments and Hydrochemistry[J]. *Acta Geologica Sinica*, 74(2): 259~265.
- ZHENG Mianping, ZHAO Yuanyi, LIU Junying. 1998. Quaternary saline lake deposition and paleoclimate[J]. *Quaternary Sciences*, (4): 297~307 (in Chinese with English abstract).

中国地质科学院卢耀如院士荣获河北省院士特殊贡献奖

中国地质科学院水文地质环境地质研究所研究员、中国工程院院士卢耀如在河北省院士联谊会第五次会员大会暨产学研合作会议上,荣获“河北省院士特殊贡献奖”二等奖,并获五万元奖金。

河北省院士联谊会第五次会员大会暨产学研合作会议于2008年7月21日~24日在北戴河召开,百余位两院院士参加了会议。此次获“河北省院士特殊贡献奖”二等奖院士共9位(一等奖空缺),中共河北省委书记张云川为获奖者颁奖。

为表彰奖励为河北省做出突出贡献的两院院士,2002年河北省决定设立“河北省院士特殊贡献奖”,此前已表彰奖励过28位院士。今年,经河北省院士特殊贡献奖评审委员会评审,省政府决定,授予胡振寰等9位院士“河北省院士特殊贡献奖”二等奖。

卢耀如院士是国内外著名的岩溶地质和水文地质、工程地质、环境地质专家,负责及参与指导了一

系列水利水电、铁道、矿山及城市建设工程地质勘测研究。早在1956年就为解决河北省怀来县官厅水库的岩溶渗漏问题进行了深入调查研究,提出了科学合理的建议,为大坝及京津安全,以及河北省水资源开发利用和环境保护做出了突出的贡献。卢耀如院士现兼任石家庄经济学院(原河北地质学院)名誉院长,建立了国土资源部水资源可持续开发利用开放实验室(依托石家庄经济学院,已纳入河北省重点实验室管理序列),为研究生培养和学校科技骨干培养做出了积极贡献。河北省院士联谊会是根据卢院士等倡议而建立的,自成立八年来,“两院”院士为河北经济建设、社会发展和科技进步做出的重要贡献,得到了省领导的肯定。

卢耀如院士还在这次大会上继续当选为河北省院士联谊会副会长。

(中国地质科学院水文地质环境地质研究所 供稿)