

柴达木马海盆地 沉积环境 和成盐作用

刘淑琴 张发胜 著



地质出版社



柴达木马海盆地沉积环境和 成盐作用

刘淑琴 张发胜 著

地质出版社

(京)新登字085号

内 容 简 介

本书以马海盆地为例,系统介绍了研究内陆湖泊沉积环境、湖盆演化及成盐作用的工作手段和方法,以指导找盐找钾工作。本书共分七章,第一章为盆地概况;第二章着重论述盐壳上发育的各种微地貌与成因及现代沉积次环境的划分;第三章详细阐述了上新世—全新世各种沉积物的特征;第四章则对沉积物进行了沉积相的划分并阐明在横、纵向的分布特征;第五章系统论述了盆地的沉积环境和湖盆演化规律;第六章探讨了成矿物质的来源及成盐作用与湖盆演化的关系;第七章为研究结论。

本书可供从事地貌、沉积地质、湖泊、盐湖等研究的科研和生产技术人员及有关大专院校师生参考。

柴达木马海盆地沉积环境和成盐作用

刘淑琴 张发胜 著

责任编辑:蔡卫东

地质出版社出版发行

(北京和平里)

北京地质印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092¹/₁₆ 印张:5 铜版图:4页 字数:113000

1992年4月北京第一版 1992年4月北京第一次印刷

印数:1—500册 国内定价:4.60元

书号:ISBN 7-116-00987-6/P·846

前 言

柴达木盆地是我国内陆大型的山间盆地之一，也是我国最大的钾盐基地，并伴生有多种盐类矿产资源。为保证我国对钾盐的急需，需尽快查明该盆地以钾为主的盐类矿产资源。为此，必须加强基础地质研究。而其中对第四系沉积环境的研究是非常重要的，因成盐作用与湖盆演化之间有着密切的内在联系，因此，只有通过沉积环境的研究，才能明了湖盆演化的规律，从而指出成盐成钾的有利时期和地段，指导找盐找钾工作。马海盆地是柴达木盆地众多次级盆地之一，但由于所处位置的特殊——位于盆地西北缘，因此，对构造运动、气候的影响反应敏感，沉积环境的变化复杂而频繁。由此决定了马海盆地沉积环境的研究对阐明整个柴达木盆地自上新世至全新世湖盆的演化，有着特殊的意义。

自50年代以来，曾有不少单位在马海地区陆续做过调查工作，早在1955年地质部石油普查大队曾在此做第四纪地质工作。1956年青海省工业厅探矿队考察南八仙硼矿；同年地质部石油普查大队和石油部石油物探局205队在此进行地质及地球物理探矿工作。1957年石油勘探局物探队在大柴旦至南八仙一带开展水文地质工作；同年，海西地质队六分队在盆地北部的老山区测1:200 000路线地质图。1958年9月石油勘探局地震电测队在此进行了构造探测；10月科学院盐湖调查队来此调查硼矿远景；同年8—12月海西地质队普查组测1:50 000路线地质图，并进行了钻探和槽探等工作，提交了较全面的评价报告。1959年1月—1960年3月青海省地质局柴达木地质队对马海盐类沉积区进行了普查工作，配合钻探对该区的地质与矿产情况有了初步了解，并求出了一定的储量。1985年航测大队做过航空能谱钾异常地面检查。以往对牛郎、织女湖的光卤石、南八仙—马海的硼矿工作较详细，但对大面积分布的干盐滩工作程度很低，甚至地层时代都未确定，因此，对盆地的沉积环境、成盐作用的研究更是一片空白。

自1987年以来，配合柴达木盆地找钾工作，青海省地矿局盐湖勘查开发研究院对马海盆地进行了地质填图，水文地质填图及钾盐储量评价工作，同时青海地矿局第一探矿工程大队协助进行了钻探工作，对含盐层系进行了深部揭露。

作者从课题研究的需要出发，1987年4月—7月，1988年7月曾两次到马海盆地进行了为期五个月的野外调研。首先对马海地区唯一深孔——ZK 4012孔（孔深613.33 m）岩心进行了详细编录及系统取样（样品累计长度70 m左右），同时采集水样7个。此外，对ZK 6412孔0—71.85 m段、ZK 8012孔0—66.70 m段也进行了详细的编录与采样；另外，尚对ZK 4008孔、ZK 7204孔、ZK 5612孔、ZK 7212孔等进行了重点观察及选择性取样以进行钻孔对比。对盆地西北部的牛郎湖、东部的德宗马海湖、巴仑马海湖、南八仙盐坑硼矿带、德宗马海湖西北的光卤石带进行了实地考察，并相应采集了固、液体样和地质现象摄影。对盆地的北部、中部和南部进行了踏勘，踏勘面积约320 km²。同时还与青海盐湖勘查开发研究院的研究人员一起，配合浅部工程（2 m左右深的浅坑与探槽）测制两条剖面（16勘探线、40勘探线），16线剖面长约10 km，地质点10个，浅坑12个，取固体样9个，水样1个；40线剖面长约24 km，地质点21个，浅坑20个，取固

体样 45 个, 水样 4 个。通过野外实地考察, 对马海盆地全区的岩相变化、地貌及现代沉积环境的特征有了感性认识和较为完整的概念。

在室内对野外所采样品进行了多种测试和分析, 除磨制 200 多个薄片做了系统的物质成分鉴定外, 还有针对性地对某些样品做了重矿物分析; 对五种不同成因及形态的石膏做 $\delta^{34}\text{S}$ 测试; 对不同成因的砂做粒度分析, 并绘制频率曲线和概率累积曲线; 对水样做氢、氧同位素分析; 对碳酸盐矿物做酸溶 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 分析; 对褐色、灰绿色、黑色等不同颜色的沉积物做 Fe^{3+} 、 Fe^{2+} 及有机炭分析, 此外并对有些样品有选择性地做了微体化石鉴定等, 取得了丰富的资料。

作者运用多种学科知识, 多种研究方法将野外第一性资料与室内多种分析测试手段相结合, 详细地研究了马海盆地上新世—全新世沉积物特征, 首次研究了马海地区的沉积环境, 湖盆演化及成盐作用。本书在以下几点较为突出:

1. 根据成因及形态的不同, 将石膏分为五种, 并对其做 $\delta^{34}\text{S}$ 测试, 得出 $\delta^{34}\text{S}\%$ 与古盐度有正相关关系。这是将硫同位素分析方法应用于盐湖研究中的一个比较成功的尝试, 扩大了硫同位素的应用范围。

2. 粒度分析方法前人多用于对海相、冲积、洪积相等沉积物的研究, 而对湖相尤其是盐湖沉积物几乎没有研究, 也没有可供对比的标准曲线。本书则对不同时代砂层做了系统的粒度分析, 通过对频率曲线及概率累积曲线的判别, 区分出四种不同成因的砂; 并结合其它宏观、微观特征, 将其划为三种不同的沉积环境。从而填补了粒度分析在盐湖相沉积部分的空白, 开拓了粒度分析在地质学上的应用领域。

3. 该书对盐壳上的各种微地貌, 进行了成因探讨, 并由此推测古湖水的迁移方向、湖盆的演化, 这是盐壳研究上的新进展, 在国内尚属首次。

4. 书中编制的不同沉积相的沉积层序模式, 对今后的陆相湖泊, 盐湖找矿工作也有一定的指导意义。

5. 首次将马海盆地的沉积环境划分为冲-洪积环境、洪积-湖积交互环境、滨浅湖环境、沼泽环境及盐湖环境五种。

6. 首次将马海盆地湖盆演化分为湖泊发生期、发展期、收缩、解体、消亡期。

7. 首次将马海盆地成盐作用分为四个阶段, 即盐类聚集阶段、钠盐沉积阶段、钠镁盐沉积阶段、钾镁盐沉积阶段。

野外工作期间得到了青海省地矿局盐湖勘查开发研究院马海分队及地质矿产室等的大力协助。室内工作期间得到郑绵平、吴必豪研究员的热心指导; 样品的化学分析由丁芳、陈永志完成; 硫同位素分析由吴静淑完成; 粒度分析由杨慧宁完成; 图件由付子杰、周国蓉清绘, 在此一并致谢。

由于水平所限, 文中不足之处, 敬请读者批评指正。

目 录

前言

第一章 概况	1
一、自然地理简述	1
二、构造特征	2
三、地层概述	4
(一) ZK 4012 孔剖面	5
(二) 地层特征	7
第二章 地貌及现代沉积次环境	10
一、地貌	10
二、盐壳上的微地貌	12
三、现代沉积次环境	13
第三章 古气候及沉积物特征	17
一、古气候特征	17
二、沉积物特征	18
(一) 碎屑沉积物	18
(二) 化学沉积物	21
(三) 褐色层、绿灰色层及黑色淤泥层	25
(四) 砂层与盆内颗粒	28
第四章 沉积相分析	35
一、沉积相类型及特征	35
(一) 冲-洪积相	35
(二) 滨湖相	35
(三) 浅湖相	36
(四) 盐湖相	36
二、沉积相的纵向及横向分布和演变	38
第五章 马海盆地沉积环境与演化	41
一、沉积环境	41
(一) 冲-洪积环境	42
(二) 洪积-湖积交互环境	45
(三) 滨浅湖环境 (短暂的沼泽环境)	46
(四) 盐湖环境	47
二、沉积环境与湖盆演化的关系	49
三、马海盆地的湖盆演化	50
(一) 不同地质时期湖盆的演化	50
(二) 马海湖盆的迁移	54

第六章 成盐作用与湖盆演化的关系	60
一、成矿物质的来源	60
(一) 周边岩石的风化淋滤	60
(二) 古湖水	60
(三) 深部水	60
二、柴达木盆地的盐湖演化及成盐阶段	62
三、马海盆地成盐作用与湖盆演化的关系	63
(一) 盐类聚集阶段	63
(二) 钠盐沉积阶段	64
(三) 钠镁盐沉积阶段	64
(四) 钾镁盐沉积阶段	64
第七章 结论	65
参考文献	67
附图	68
英文摘要	70
图版说明及图版	72

第一章 概 况

一、自然地理简述

柴达木盆地是我国内陆大型的山间盆地之一,位于东经 $90^{\circ}00'$ — $98^{\circ}20'$,北纬 $35^{\circ}55'$ — $39^{\circ}10'$ 之间,居于青藏高原的东北缘。柴达木盆地的四周为高大山系所围绕,构成了一个轴向为北西—南东向的不规则的菱形向心汇水盆地。盆地长轴约650 km、短轴约250 km,面积为121 000 km²①。柴达木盆地南侧为昆仑山系的祁漫塔格山和布尔汗布达山,海拔高度一般为3500—5500 m;北侧由祁连山系的乌兰大坂山、马海大坂山、达肯大坂山和中吾农山等一系列北西西向的阶梯状山脉所耸峙,海拔均在3500—4500 m以上。阿尔金山系东段的阿哈堤山、安南坝山位于柴达木盆地的西北侧,构成与塔里木盆地的自然分水岭,海拔一般在4500 m以下。高山海拔在4800—5000 m以上者终年积雪,特别是南侧昆仑山和东北侧祁连山系的腹地辽阔,构成柴达木盆地地表水、地下水的主要补给区。

马海盆地位于柴达木盆地西北缘,为柴达木盆地众多次级成盐盆地中的一个(图1-1)。马海盆地南起茶冷公路,北至赛什腾山南麓,东起绿梁山,西至冷湖,行政上属青海省海西州管辖;境内有公路可通大柴旦镇和冷湖镇,交通尚属方便。马海盆地西高东低,一般海拔2780 m,南北宽可达30—35 km,东西长达100—110 km,面积3700 km²。地理坐标:东经 $93^{\circ}30'$ — $94^{\circ}30'$ 、北纬 $38^{\circ}00'$ — $38^{\circ}26'$ 。盆地北侧为赛什腾山系,海拔3800 m以上,山势陡峻,相对高差1000 m左右;南侧为新生代地层构成的冷湖五、六、

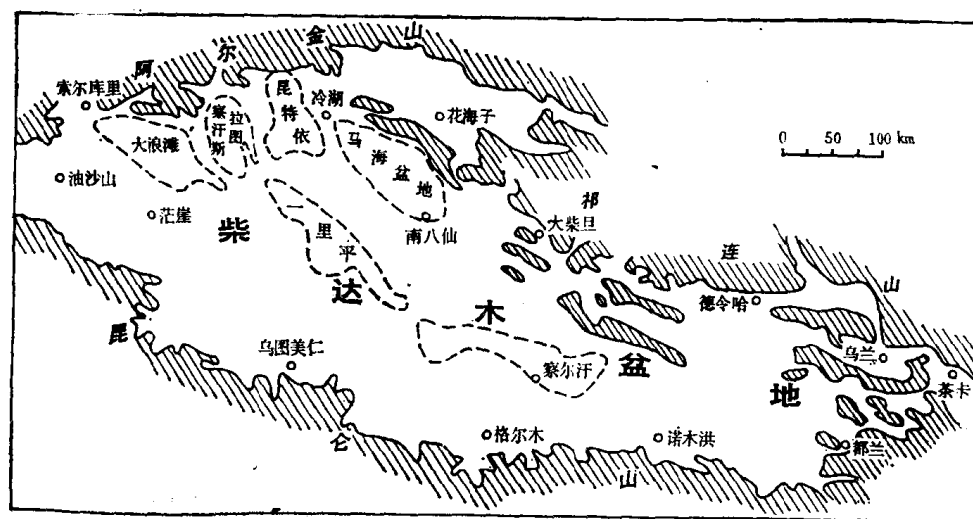


图 1-1 马海盆地在柴达木盆地中的位置示意图

① 青海省地质局柴达木第一地质队资料。

七号背斜构造, 海拔最高 3000—3100 m 左右, 一般 2800—2900 m (在盆地一侧呈陡壁)。盆地呈北西—南东向展布, 由西北部的牛郎—织女盐湖群、东部的德宗马海、巴仑马海盐湖及大面积干盐滩组成。

盆地现代的补给水源主要来源于东部的达肯大坂和土尔根大坂南坡的高山融雪水。地

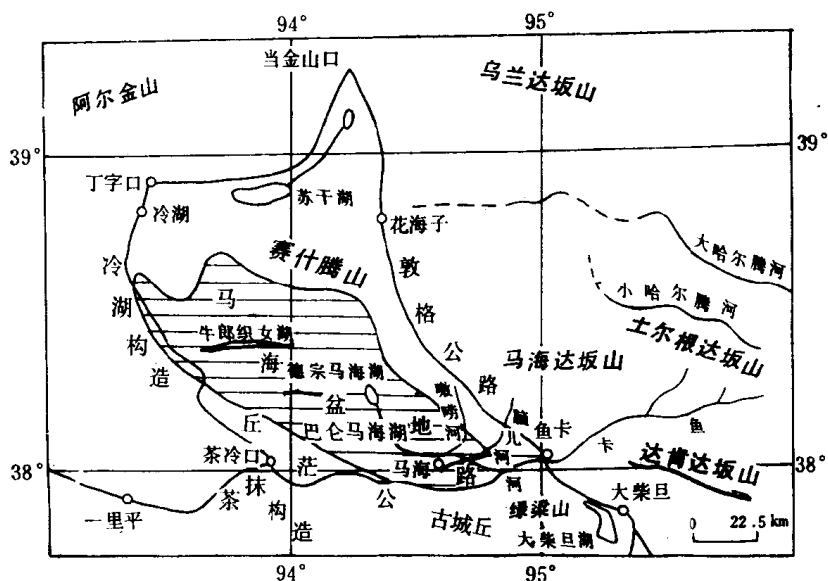


图 1-2 马海盆地交通位置图

表水系主要有鱼卡河、噉唠河和脑儿河等河流, 其中鱼卡河是长年河流, 直接注入德宗马海湖; 噉唠河和脑儿河是发源于山间平原的泉集河, 二者渗漏后补给地下水; 盆地东部湖积平原也发育着许多泉集河, 如鲁西河、马海河等, 分别汇入德宗马海湖和巴仑马海湖 (图1-2)。

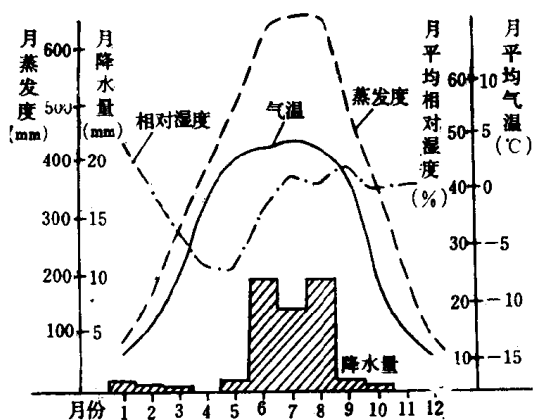


图 1-3 马海气象站主要气象要素综合曲线图 (1969—1979)

(据〇〇九二六部队, 1979)

马海盆地区的气候属典型的大陆荒漠气候。据马海气象站1969年至1977年的资料, 该区年平均气温 $1-3^{\circ}\text{C}$, 1月份气温最低可达 -30°C , 7、8月份气温最高可达 33.1°C ; 年降水量 $8.4-48.2\text{mm}$, 平均 29.6mm , 年蒸发量 $2867-3654\text{mm}$, 平均 3040mm ; 年平均相对湿度为 37% 。冬季、春季风沙大, 风向以西北为主, 风速 $3-4\text{m/s}$ (图1-3)。

二、构造特征

马海盆地位于柴达木盆地西北缘, 属祁连山前断块带盐湖区, 区内褶皱构造发育。赛什腾山为一系列背斜及向斜构造, 轴向北西 325° , 轴部岩石为浅变质片岩或侏罗纪的砂砾岩。盆地的西、南部以冷湖五、六、七号背斜构造为主, 轴向也为北西 325° , 轴部出

露地区主要是老第三纪的砾岩、砂岩及泥岩等。

马海盆地受周边菱形断裂所控制，呈北西—南东向展布的菱形盆地（图 1-4），与冷湖、大柴旦等盆地同属柴达木盆地北缘次一级沉降带。

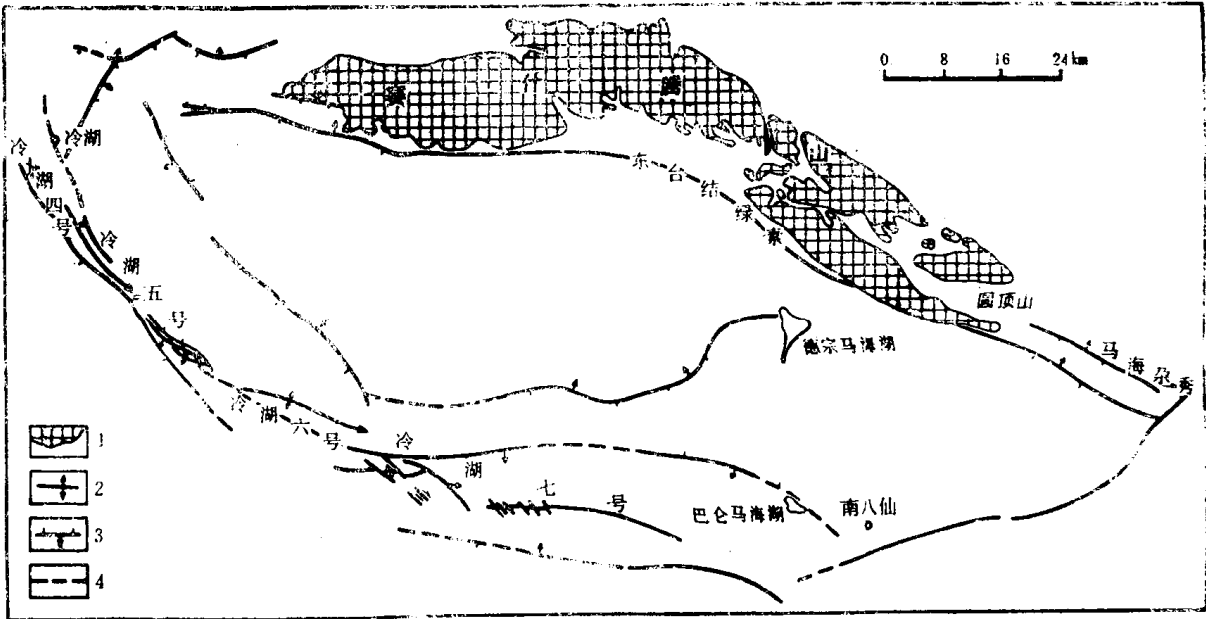


图 1-4 马海盆地构造图

1—老山边界；2—背斜；3—逆断层；4—推测断层

马海盆地也称“赛什腾山前坳陷”，它正处在第三系向斜构造部位（图 1-5）。

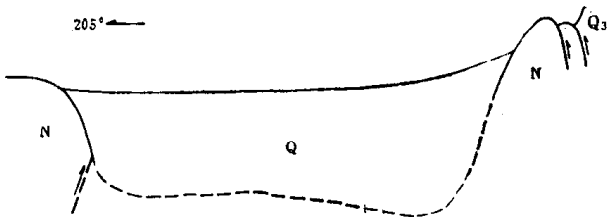


图 1-5 马海盆地(赛什腾山前坳陷)示意图

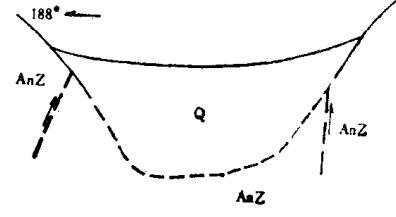


图 1-6 马海大坂—青山山间平原（第四系与基岩接触类型）示意图

据物探资料，鱼卡河、噉唠河、脑儿河上、中游山间谷地，沿山麓一般存在有隐伏的北西向断层，平原区第四系与基岩直接接触，也基本属于第四纪的断陷谷地（图 1-6）。

马海盆地的沉积演化自始至终受着构造的控制，其中赛什腾山前断裂及冷湖五、六、七号构造起了直接控制作用。

马海盆地是柴达木“高山深盆地”总背景下的一个次级盆地。其第三纪末期以来的演变一直受到青藏高原新构造运动的影响。新构造运动系指晚第三纪末期以来的构造运动，相当于喜马拉雅运动第四幕。青藏高原新构造运动的主要特征是大面积的整体抬升和强烈抬升，具有明显的阶段性，同时在整体抬升中伴随着局部差异升降运动。随着青藏高原的强烈抬升，其北缘的柴达木盆地发生强烈沉降，接受巨厚沉积^[11]。根据古地磁研究成果和第四纪岩性岩相研究资料等，青藏高原第三纪末期以来的新构造运动可划分为五个强烈抬升期，这五个强烈抬升期的年代为：第一期发生在上新世末至早更新世初，距今2.80—2.00 Ma；第二期发生在早更新世中晚期，距今1.60—1.10 Ma；第三期发生在早更新世

这五期强烈的构造运动在马海盆地均有不同程度的反映,其中尤以第一、四、五期对盆地影响最大,湖盆的演化明显地受到这几期构造运动的控制。第一期强烈抬升,使该区南缘的第三系地层褶皱,形成水下隆起,使得马海盆地蓄水成湖。第二、三期强烈抬升,使已形成的冷湖五、六、七号背斜构造继续隆升,马海盆地的封闭程度因此而增强,使湖水面积扩大并逐渐咸化成盐。第四期新构造运动使冷湖构造更加隆升,露出水面,使马海盆地成为一个完全孤立的封闭湖盆,加之赛前台地的抬升,马海湖在南北方向上大面积收缩,并由于盆地内的差异升降运动,湖水自西向东迁移。第五期构造抬升后,古马海湖解体为三个零星小湖,并受距今 0.03 Ma 以来气候恶化的影响而干涸。

马海盆地为一山前断陷盆地，除北部赛什腾山区及西南缘有第三系地层出露外，其它大面积分布的皆为第四系沉积物。在青海盐湖勘查开发研究院（1987—1988年）施工的39个钻孔中（图：7），也只有ZK4012孔、ZK1612孔对第三系地层有所揭露。



1—前第四系边界；2—公路；3—湖泊、河流；4—钻孔及编号；5—勘探线及编号

(一) ZK4012 孔剖面

ZK 4012 孔孔深 613.33 m, 根据古地磁资料和岩相特征, 该孔上新统与下更新统的分界深度为 297.22 m, 距今 2.552 Ma; 下更新统与中更新统的分界深度为 120 m, 距今 0.758 Ma; 中更新统与上更新统的分界深度为 19.94 m, 距今 0.155 Ma (图 1-8)。

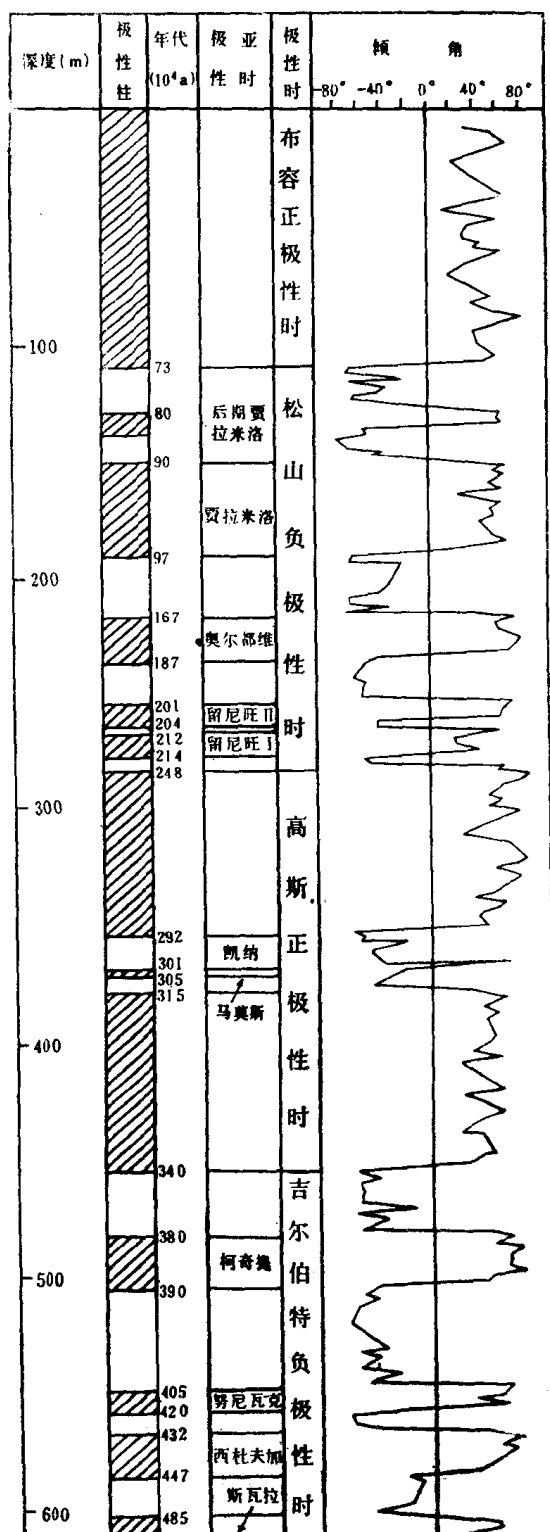


图 1-8 马海盆地 ZK 4012 孔古地磁极性柱状图

ZK 4012 孔剖面缺失第四系全新统达布逊组 (Q_4d) 及上更新统察尔汗组 (Q_3c) 的上部地层。

该剖面共分 29 层, 由上往下为:

上更新统察尔汗组 (Q_3c) 孔深 0.00—19.94 m, 总厚 19.94 m

29. 土黄色含石盐石膏的粘土粉砂。 孔深 0.00—1.60 m, 厚 1.60 m

28. 灰、灰白色石盐夹褐色含粉砂的粘土。上部石盐厚 1.40 m, 含石膏及粉砂;
下部石盐厚 1.10 m, 含粉砂。 孔深 1.60—6.30 m, 厚 4.70 m

27. 上部为浅灰色含粉砂石膏的粘土, 厚 1.85 m; 中部为土黄、浅黄色含石盐
的粉一中砂, 局部含石膏; 下部为绿灰、褐色含石膏粘土, 厚 7.24 m。
孔深 6.30—16.89 m, 厚 10.59 m

26. 灰—灰白色石盐夹粉砂石盐。 孔深 16.89—17.77 m, 厚 0.88 m

25. 褐灰色含石膏的粘土夹粉砂石盐。 孔深 17.77—19.94 m, 厚 2.17 m

——— 整 合 ———

中更新统尕斯库勒组 (Q_2g) 孔深 19.94—120.00 m, 总厚 100.06 m

24. 灰白色石盐、褐色粘土, 石盐夹绿灰色含石膏的粘土。
孔深 19.94—29.45 m, 厚 9.51 m

23. 褐灰、绿灰、深灰色粘土, 含石膏的粉砂粘土与土黄色含石膏的粘土粉砂互
层, 夹 6 层厚度为 0.06—0.22 m 的中粗砂岩、细砂岩。40.41—41.53 m 为
含粉砂粘土的石盐。 孔深 29.45—45.13 m, 厚 15.68 m

22. 绿灰色粘土与褐色粘土粉砂互层。67.54—68.24 m 为含粘土的石盐。
孔深 45.13—74.52 m, 厚 29.39 m

21. 灰色含粘土的石盐夹黄褐、绿灰色粉砂粘土。 孔深 74.52—78.38 m, 厚 3.86 m

20. 绿灰色含石膏的粘土夹褐、棕褐色粘土及粉细砂。
孔深 78.38—93.05 m, 厚 14.67 m

19. 褐灰色含粘土的石盐。 孔深 93.05—93.29 m, 厚 0.24 m

18. 棕褐色粘土夹绿灰、深灰色含石膏的粉砂粘土, 并夹少量细砂及细砂岩。
孔深 93.29—120.00 m, 厚 26.71 m

——— 整 合 ———

下更新统阿拉尔组 (Q_1a) 孔深 120.00—297.22 m, 总厚 177.22 m

17. 棕、棕褐色粘土夹绿灰色粘土、灰黄色细粉砂及细—粗粒砂岩。细粉砂见于
孔深 131.27—132.51 m 及 141.28—143.09 m 两段; 层中见 4 层厚度为 0.13—
0.26 m 的砂岩, 钙质或石膏质嵌晶式胶结, 磨圆分选较好。
孔深 120.00—143.09 m, 厚 23.09 m

16. 棕褐色粘土与绿灰色含石膏的粘土互层, 夹褐黄色含粘土的粉砂、细中砂及
细中粒砂岩。砂岩有 4 层, 单层厚 0.12—0.51 m。
孔深 143.09—178.48 m, 厚 35.39 m

15. 绿灰色粘土、含石膏的粘土、褐色含粉砂的粘土夹黄褐色含石膏粘土的细粉
砂。184.30—184.47 m 为灰色中粗砂岩夹层, 钙质胶结, 磨圆、分选较好。
孔深 178.48—194.08 m, 厚 15.60 m

14. 棕、褐、褐灰色粘土、含石膏的粉砂粘土夹绿灰色含石膏的粉砂粘土及褐灰
色粉砂、中细砂, 另夹两层厚度为 0.17—0.39 m 的钙质胶结中细砂岩; 底
部夹 0.15—0.18 m 厚的 2 层含粘土的石盐。

孔深 194.98—224.43 m, 厚 29.25 m

13. 褐、棕褐、棕色粘土、含石膏的粉砂粘土与绿灰色粘土互层夹灰黄、绿灰、黄绿色粉细砂及中细砂。孔深 224.43—253.68 m, 厚 29.25 m
12. 棕、棕褐、褐灰色含粉砂的粘土, 含石膏的粉砂粘土夹绿灰色含粉砂的粘土及灰色含石膏的粉砂和中细砂。孔深 253.68—287.91 m, 厚 34.23 m
11. 绿灰色粉砂粘土夹褐色含粉砂的粘土, 并夹 7 层厚度为 0.07—0.17 m 的含石膏的粉砂岩及 3 层厚 0.14—0.20 m 的中粒砂岩。

孔深 287.91—297.22 m, 厚 9.31 m

——— 整 合 ———

第三系上新统狮子沟组 (N_{3s}) 孔深 297.22—613.33 m (未到底), 厚 316.11 m

10. 褐、黄褐色粘土粉砂、粉细砂夹 4 层厚 0.07—0.20 m 的绿灰色粉砂粘土薄层及 2 层绿灰色粘土粉砂薄层。孔深 297.22—317.30 m, 厚 20.08 m
9. 棕褐、棕、红棕色含粘土的粉砂与含粉砂的粘土互层, 夹黄褐色中细砂。322.54—322.67 m 为中粗砂岩夹层, 钙质嵌晶式胶结, 磨圆, 分选较好。孔深 317.30—339.71 m, 厚 22.41 m
8. 棕、红棕、褐色粘土细粉砂, 夹灰色中粗砂, 顶部为 1 层厚 1.24 m 的黄褐色含砾粗中砂。孔深 339.71—371.27 m, 厚 31.56 m
7. 黄褐色细中砂夹棕、红棕色粉砂粘土及少量黄褐色粗中砂。孔深 371.27—420.39 m, 厚 49.12 m
6. 棕、红棕色粉砂粘土及粘土。孔深 420.39—429.42 m, 厚 9.03 m
5. 黄褐色细中砂夹棕、红棕色粉砂粘土, 顶部夹 1 层厚 0.30 m 的含砾粗砂及 1 层 0.16 m 的钙质嵌晶式胶结中砂岩。孔深 429.42—483.56 m, 厚 54.14 m
4. 棕、红棕色含粉砂的粘土夹黄褐色细粉砂、中细砂, 上部夹 1 层 0.06 m 厚的含砾粗中砂。孔深 483.56—507.24 m, 厚 23.68 m
3. 黄褐色细中砂与棕、红棕色粘土粉砂互层, 夹少量棕、红棕色粉砂粘土及黄褐色含砾粗中砂。孔深 507.24—561.54 m, 厚 54.30 m
2. 黄褐色细中砂夹棕、褐色粘土粉砂及粉砂粘土。孔深 561.54—590.32 m, 厚 28.78 m
1. 黄褐色细中砂, 含砾细中砂夹棕、褐色粘土粉砂。孔深 590.32—613.33 m, 厚 23.01 m

(二) 地层特征

经过众多地质资料的分析而知, 古马海湖为一北高南低、西高东低、北深南浅、北陡南缓的宽缓的浅水湖盆, 北侧以赛什腾山系为界。由于 ZK 4012 孔位于马海湖盆的边部并距物源区较近, 因而其沉积作用易受淡水影响使沉积物相对其它钻孔同期沉积物粗。故有必要结合本区其它钻孔 (20 几个) 地层资料, 将马海盆地地层特征综述如下:

1. 上新统地层 (N₂): 在区内分布较少, 仅在盆地的边缘如赛什腾山区及盆地西南缘有出露。岩性为一套具褐、红色调的碎屑沉积, 岩性为砂、含砾的砂、砾砂、含砾的粉砂、粘土、砂质粘土等, 碎屑沉积物粒度较粗。其中, 粗碎屑层 (细砂级以上) 约占 40%。基本沉积韵律组合为 (由下至上): 含砾的砂 (或砾砂) → 砂 (可含少量砾石) → 粘土粉砂 (有的含细小的砾石) → 粉砂粘土、粘土 (或缺失), 为下粗上细的正旋回。地层中还夹有较厚的松散状砂层。

2. 下、中更新统地层 (Q_{1-2}): 这套地层在盆地北部沿赛什腾山前呈台地地貌作带状分布, 在西南部呈残丘状大面积分布, 在盆地的中心部位则被上更新统和全新统地层覆盖, 只有 ZK 4012 孔和 ZK 1612 孔揭穿了 Q_{1-2} 地层。该套地层在盆地中的不同部位沉积厚度差异较大, 如: ZK 4012 孔为 277.28 m, ZK 8012 孔大于 288 m, ZK 1612 孔仅有 176 m 左右。

下、中更新统地层在盆地中的岩相变化明显, 在盆地边缘为较粗的冲-洪积物, 较中心部位为湖相的细碎屑沉积及化学沉积, 易溶盐类的沉积在地层中出现的层位由西往东逐渐变老——东部成盐早于西部。

下、中更新统地层总体特征为褐色细碎屑沉积物与绿灰色细碎屑沉积物互层, 间夹薄层砂、黑色淤泥 (成分为碳酸盐、粘土、粉砂)、鲕粒砂、石膏薄层及石盐层。沉积韵律组合大体为砂→棕褐色细碎屑→褐色、绿灰色细碎屑互层夹黑色淤泥。至盐湖自析阶段, 沉积组合特征类似于盐湖预备阶段, 所不同的是在沉积韵律的顶部有较纯净的蒸发盐层。盐类矿物以石膏和石盐为主, 另有少量芒硝、白钠镁矾、杂卤石见表 1-1、表 1-2。该套

表 1-1 马海盆地 Q_1 沉积特征统计表①

孔 号	地 层 厚 (m)	盐 层 厚 (m)	含 盐 率 (%)	盐 矿 物 成 分	矿 产	沉 积 环 境
4012	177.75	0.00	0.00	石 膏	—	滨 湖
5612*	66.01	1.98	3.00	石膏、石盐	—	滨 湖
7220*	50.50	9.83	19.47	石膏、石盐	石 盐	滨湖-盐湖
7204*	13.34	5.10	38.23	石膏、石盐	石 盐	盐 湖
7202	—	—	—	—	—	滨 湖
8012*	165.45	23.01	13.91	石膏、芒硝、石盐	石 盐	盐 湖

* 未钻透 Q_1 , 略有修改

表 1-2 马海盆地 Q_2 沉积特征统计表②

孔 号	地 层 厚 (m)	盐 层 厚 (m)	含 盐 率 (%)	盐 矿 物 成 分	矿 产	沉 积 环 境
4012	100.06	10.23	10.22	石膏、石盐、白钠镁矾	石 盐	滨浅-盐湖
5612	111.43	19.82	17.79	石膏、芒硝、石盐	石 盐	滨浅-盐湖
7220	111.97	38.56	34.44	石膏、芒硝、石盐、杂卤石	石 盐	盐 湖
7204	93.73	33.27	35.50	石膏、石盐	石 盐	盐 湖
7202*	50.86	0.00	0.00	石盐(少)、石膏(少)	—	滨 湖
8012	122.78	27.99	22.80	石膏、芒硝、石盐	石 盐	盐 湖

* 未钻透 Q_2 , 略有修改

地层中各种色调的细碎屑沉积物由粘土、碳酸盐及粉砂组成, 一般都含有自形、半自形石膏。

3. 上更新统地层 (Q_3): 在盆地内分布面积小于下、中更新统, 分布在由上新统和下、中更新统隆起所形成的凹地中, 呈中间宽两头窄的条带沿北西—南东向展布于干盐滩中心部位。上更新统地层在盆地中大部分出露地表, 仅在盆地东南部被全新统地层覆盖。据古地磁及孢粉资料, ZK 4012 孔 19.94 m 以上和 ZK 8012 孔 41.42—9.66m 属上更新统。

① 魏新俊等, 柴达木盆地西部富钾盐湖物质组分、沉积特征和形成条件研究 (内部), 1990。

② 资料来源同表 1-1。

通过钻孔揭露及地层划分对比,可以看出,上更新统厚度一般只有20—30 m,岩性及组合特征与中更新统中上部地层类似,所不同的是黑色淤泥层和盐层所占比例比下、中更新统高;盐层中硫酸盐矿物如芒硝、白钠镁矾、杂卤石等含量增加,局部见钾石盐沉积(如ZK 7204孔),见表1-3。在盆地边缘,上更新统沉积物厚度薄且粒度较粗,并夹有鲕粒砂层。如位于盆地西北缘的ZK 2412孔8.06 m处的砂层及位于盆地东南缘的ZK 7220孔10.50 m处的砂层即如此(晚更新世时,由于受第四期新构造运动的影响,ZK 7220孔南部的冷湖背斜构造强烈隆升,使其处于当时古马海湖的边缘地带)。

表 1-3 马海盆地 Q₃ 沉积特征统计表①

孔 号	地 层 厚 (m)	盐 层 厚 (m)	含 盐 率 (%)	盐 矿 物 成 分	矿 产	沉积环境
4012	19.94	4.38	21.97	石膏、石盐	石 盐	盐 湖
5612	26.65	9.22	34.60	石膏、石盐	石 盐	盐 湖
7220	26.01	19.96	76.74	石膏、石盐	石 盐	盐 湖
7204	33.34	15.75	47.24	石膏、芒硝(少)、石盐、白 钠镁矾(少)、钾石盐	石盐、 钾石盐	盐 湖
7202	31.18	0.00	0.00	石盐、石膏	石 盐	滨 湖
8012	31.76	7.18	22.61	石膏、芒硝、石盐、杂卤石	石 盐	盐 湖

略有修改

4. 全新统地层(Q₄):该统地层在盆地内分布面积小且零星,仅分布于牛郎-织女湖区、德宗马海湖西北和德宗马海—巴仑马海湖之间的区域内。岩性为褐色含石膏的碳酸盐粘土,含粉砂粘土之石盐。局部含光卤石、钾石盐(表1-4)。

表 1-4 马海盆地 Q₄ 沉积特征统计表②

孔 号	地 层 厚 (m)	盐 层 厚 (m)	含 盐 率 (%)	盐 矿 物 成 分	矿 产	沉积环境
4012	—	—	—	—	—	(干)盐湖
5612	—	—	—	—	—	(干)盐湖
7220	—	—	—	—	—	(干)盐湖
7204	13.11	9.76	74.45	石盐、钾石盐、光卤石	石盐、钾石盐、光卤石	盐湖、(干)盐湖
7202	18.52	14.83	80.08	石盐、石膏(少)	石 盐	盐湖、(干)盐湖
8012	9.66	6.30	65.22	石膏、石盐	石 盐	盐湖、(干)盐湖

略有修改

全新世地质历史短,地层厚度小,多在10 m以下,其岩性组合与更新统地层有明显差别,主要表现为石盐在沉积物中所占比例高,且碎屑沉积物几乎都是黄褐色调的。

综上所述,可以看出不同时代的地层有各自的特点,这是与构造和气候的演变密切相关的。

①② 资料来源同表1-1。

第二章 地貌及现代沉积次环境

按照“将今论古”的原则，对盆地区的地貌和现代沉积次环境进行研究，有助于恢复地质历史时期盆地区的古地理，了解沉积环境的类型和湖盆的演化。

一、地 貌

本区地貌特征比较简单，除东北山系为中高山地形及西南部有风蚀残丘分布外，主要为堆积作用形成的堆积平原。

（一）侵蚀构造地形——中高山和台地

中高山分布于本区东北部外缘部分，即赛什腾山及马海大坂山。由于长期上升隆起，遭受剥蚀作用形成了中高山地形，海拔 3800m 左右，最高 4000m 以上，相对高度 1000m 左右。地形陡峻，冲沟发育，以垂直于分水岭者为多，并有次级小冲沟，形成网格状。岩石成分主要为元古代片麻岩、片岩和古生代沉积岩及部分中、新生代砂岩、砾岩、粉砂岩、泥岩、泥灰岩等，易风化形成残积，坡积物。

中更新世晚期，由于赛什腾山前断裂的再度活动使古马海下、中更新统地层抬升，形成了向湖倾斜的台地。台地分布于赛什腾山向湖盆一侧，呈带状陡坎状产出。

（二）以剥蚀作用为主的地形——风蚀残丘

分布于本区的西南部，以北西 35° 方向呈不连续的定向排列，主要岩性为褐色、绿灰色粉砂、含粘土的粉砂、粘土等，含石膏，偶见石盐夹层，为早、中更新世湖相沉积物。在第四次新构造运动中继续褶皱隆升并露出水面。由于长期遭受外力剥蚀（主要为风蚀作用），变成了一个个孤立的残丘（图版 I-1）。由于马海地区以西北风向为主，因而残丘的西北坡遭受侵蚀，东南坡接受沉积，使得残丘西北坡陡而东南坡缓。残丘一般比高 7m 左右（图版 I-2）。

（三）以堆积作用为主的地形

以堆积作用为主的地形包括风力堆积作用形成的砂堆、坡积洪积作用形成的山前堆积地形及湖泊机械沉积、化学沉积作用形成的盐积平原。

1. 风力堆积砂堆

主要分布于赛什腾山下与盐盆交界处，以及西北部和东部的部分地区，分布面积不很广，以草堆砂丘为主，地表呈丘状突起，表面生长芦苇、红柳等植物，空间上呈不连续的带状分布。

2. 山前冲-洪积扇、倾斜平原

分布于赛什腾山南坡的狭长地带中，巨厚的坡积、冲-洪积等物质顺山系斜坡堆积形成山前冲-洪积扇，并由冲-洪积扇组成山前倾斜平原，主要盐性为砂、砾。

3. 冲-洪积平原

主要分布于马海盆地东部，由马海河、噉唠河、脑儿河携带的砂、砾沉积而成，地形