

柴达木盆地西部七个泉地区第四纪冰川 刨耕变形层理的研究

钟建华^{1,2)}, 许世红¹⁾, 王志坤¹⁾, 王海侨¹⁾, 马锋¹⁾, 段宏亮¹⁾, 艾合买提江·阿不都热和曼¹⁾,
周娟¹⁾, 刘云田³⁾, 李勇^{1,2)}

1) 中国石油大学(华东)资信学院, 山东东营, 257061;

2) 中国科学院广州地球化学研究所, 广州, 510640; 3) 南京大学地球科学系, 南京, 210093

内容提要:柴达木盆地西部发育了第四纪冰川冰水与湖泊沉积,其重要特点是在黄褐色的钙质砂砾和含砾钙质泥岩中发育了大量的大型冰川刨耕变形层理及相关的杆状、板状和冰凌铸模构造,大型变形层理单个层系的最大厚度可达两米;其形态非常复杂,其中的管状、鞘状变形层理及杆状、板状构造更具特点;冰水沉积的岩性也非常复杂,既有粘土岩,又有含砾粘土岩,钙泥质砂砾岩,还有砾岩;其中有种粘土砾很有特点。孢粉分析表明,其形成时代为第四纪,极有可能为更新世,与中国西部的第四纪冰期形成时代相同,但具体期次尚不能确定。柴西第四纪冰川与冰水沉积证据充分,对于研究中国第四纪冰期及青藏高原的形成演化、古气候、古地理具有重要意义。

关键词:变形层理;冰川;刨耕;第四纪;柴达木

中国西部广泛发育了第四纪冰川,有关成果不少,但这些成果主要是针对冰川形成的粗粒沉积-冰碛进行的(李吉均等,1986;李吉均等,1996,1998;李永昭,1998;周尚哲,2001。),难以最大限度地揭示冰川及其相关沉积的所有其他宝贵信息。中国西部第四纪除了广泛发育了(山岳)冰川以外,还发育了许多大型高原湖泊。冰川末端往往伸进这些湖泊,形成了冰川与湖泊沉积相互作用的复杂沉积格局,因此形成了冰川、冰水、湖泊沉积组合在一起的复杂沉积体。在这些组合中发育和保存了许多重要的地质信息,这些重要的地质信息可以帮助我们了解古气候、古环境及有关沉积动力学和冰川动力学方面的信息。本论文主要介绍七个泉和月牙山发现的大型冰川刨耕变形层理。

冰川刨耕变形层理是在冰川或冰层沿未固结的松软沉积物滑动时由剪切牵引形成的变形层理,其动力过程与犁耕田有点类似,所以笔者等将冰川作用形成的变形层理称之为“冰川刨耕变形层理”。Slawek等(2001)对南极西部冰块(ice bumps)滑动对松软沉积物的扰动和搬运形成的动力学过程称之为刨耕模式(ploughing model),其中也发育了变形

层理(但他们为将其称为“冰川刨耕变形层理”)。鉴于冰川动力学过程的相似性,所以笔者等将柴达木盆地西部第四纪冰积物中发育的由冰川刨耕形成的(大型)变形层理称之为“冰川刨耕变形层理”,是否合适?有待认可。

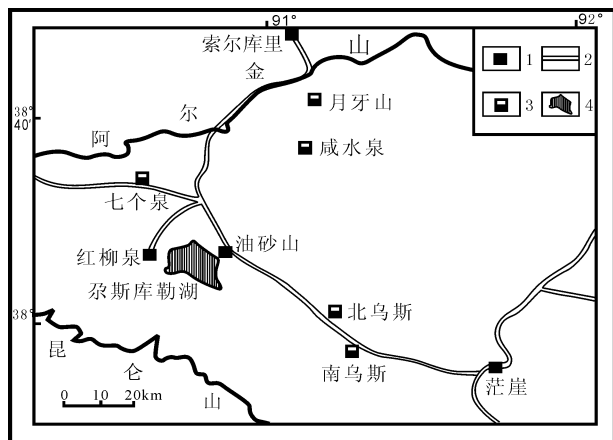


图1 柴达木盆地西部第四纪冰水沉积露头位置图

Fig. 1 Location of the Quaternary glacial deposition outcrops in the western Qaidam Basin
1—村镇;2—公路;3—冰积露头;4—湖泊
1—town; 2—road; 3—glacial deposition outcrop; 4—lake

注:本文为教育部高校博士点基金资助项目(编号20030425008;20060425509)、国家自然科学基金资助项目(编号40503003)的成果。

收稿日期:2007-01-22;改回日期:2007-03-26;责任编辑:章雨旭。

作者简介:钟建华,男,1957年生。现为石油大学(华东)地球资源与信息学院教授。主要从事构造与沉积学的教学与科研工作。Email: zhongjh@mail.hdpu.edu.cn。

2000 ~ 2006 年笔者等在柴达木盆地西部(简称"柴西")的英雄岭及阿尔金山南缘考察时,在七个泉、月牙山、南乌斯、北乌斯及咸水泉发现了五处冰水沉积,具体位置见图1。其中七个泉和月牙山发育了大型的冰川刨耕变形层理。以下简要介绍。

未观察到任何冰川刨耕变形层理。很可能是后三个剖面距冰川较远,沉积物没有直接受到冰川的改造。所以,本次研究的重点放在七个泉剖面。此外,还选

1 七个泉剖面

1.1 剖面描述

七个泉剖面出露条件非常好,而且交通方便,位于七个泉油田的正南出口。该剖面的地理位置在北纬 38° 20. 23', 东经 90° 39. 32'; 海拔高度在 3400m 左右。该剖面长 900m 左右。对该剖面进行了实测,结果总结在图2中。

该剖面的地层原来划归上油砂山组,时代为新近纪晚期的上新世晚期。中国科学院南京地质古生物研究所对该剖面进行了孢粉分析,确定其时代为第四纪;再者,该剖面除了钙质胶结的地层外,未被钙质胶结的沙、砾均松散,粘土层遇水即溶。所以,笔者等认为其时代属于第四纪更为合适。

除了七个泉剖面外,月牙山、咸水泉、北乌斯、南乌斯也出露了发育有滴石的冰川、冰水沉积(主要为一套灰绿至黄褐色的粘土层),但只在月牙山发现了大型的冰川刨耕变形层理。北乌斯、南乌斯可能是出露的地层太薄而未暴露冰川刨耕变形层理(也不排除根本就没有发育冰川刨耕变形层理)。而咸水泉剖面出露很好,其中

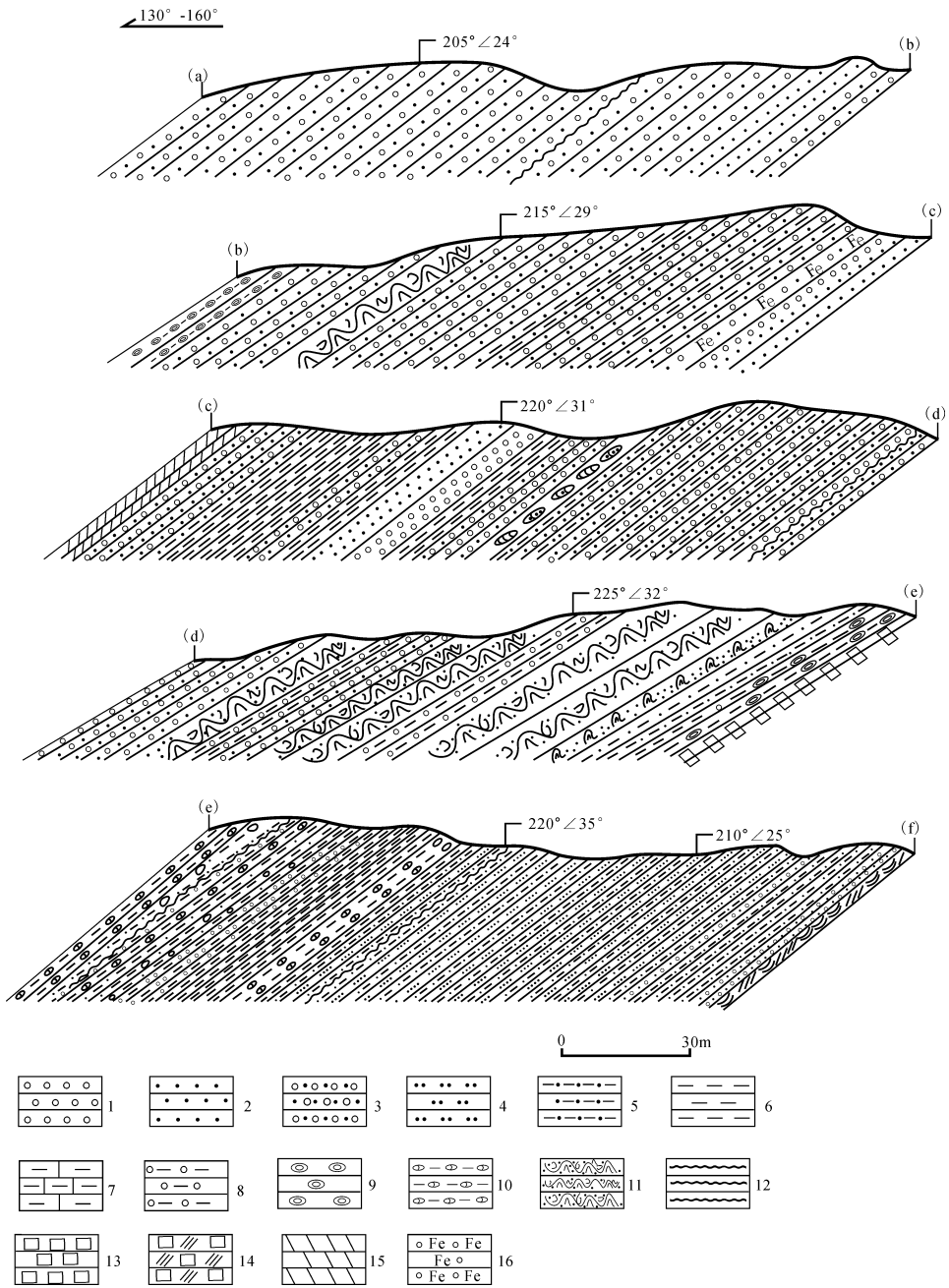


图2 柴达木盆地西部七个泉地区冰川、冰水沉积及大型冰川刨耕变形层理发育剖面图

Fig. 2 Profile of the glacial deposition and large-scale glacial-ploughing deformation bedding in Seven Springs area(Qiqequan area), western Qaidam basin

1—粗砾石或粗砾岩;2—细砾石或细砾岩;3—沙砾或砂砾岩;4—沙或砂岩;5—泥沙或砂泥岩;6—泥或泥页岩;7—钙质泥(岩);8—泥沙砾混合层;9—(冰筏)滴石;10—黏土砾;11—冰川刨耕(大型)变形层理;12—冲刷侵蚀面;13—波痕;14—槽状交错层理;15—板状交错层理;16—铁质胶结岩
 1—coarse pebbles or coarse conglomerate; 2—fine pebbles or fine conglomerate; 3—sand—conglomerate; 4—sand or sandstone; 5—mud and sand or muddy sandstone; 6—mud or shale; 7—calcic mud or calcic mudstone; 8—mud—sand—pebble mixed bed; 9—(iceberg) dropstone; 10—clay pebble; 11—glacial-ploughing (large-scale) deformation bedding; 12—swashing eroded surface; 13—ripples; 14—trough crossbedding; 15—planer crossbedding; 16—ferrous stone

择了月牙山剖面的两张图片帮助说明问题。

1.2 主要特点

七个泉剖面最主要的特点有如下几点:① 主要由粗碎屑组成,夹少量泥、粘土(页岩);粗细混杂极为严重,在某些层段无论是岩层、还是一块手标本,其中既可以看到砾石、也可以看到黏土;② 钙质含量很高,钙质常常形成了胶结,使一些薄层的岩石非常坚硬;有少部分地层被铁质胶结,表面呈褐红色或铁锈色,非常坚硬;③ 而未受钙、铁质胶结的砂泥层或砾石层则非常疏松,没有经受明显的成岩作用(但有的铁质胶结层也非常坚硬),泥页(岩)层非常易碎,发育滴石的灰绿色粘土(页岩)层遇水即溶(可以在十余秒内溶化成泥浆)。④ 发育了四套变形层理和两层滴石层。单层变形层理的最大厚度可达2m以上。⑤ 冰川作用形成的构造明显,具体内容下文详述;⑥ 发育有大型的板状交错层理,最大厚度可达2m。表明该套地层发育时伴随了大江大河的发育,进而表明间冰期的存在和间冰期气候湿润。⑦ 孢粉分析表明,其时代属于第四纪(钟建华等,2005)。

2 冰川刨耕变形层理的特征

柴西七个泉和月牙山的冰川刨耕变形层理,十分引人注目(图版I)。发育有大型冰川刨耕变形层理的冰水沉积主体岩性是一套黄褐色中厚层的钙质砾岩、砂砾岩和含砾钙质泥岩,岩性非常复杂,很难分成单一的岩石类型,其特点是粗粒与细粒混合,而且常含钙质。在湖泊的冰水纹泥中广泛分布滴石(图版I-1),研究表明这是一种冰筏成因的滴石,是冰川存在的证据(钟建华等,2005)。在月牙山大型冰川

刨耕变形层理直接发育在这层含滴石的湖泊冰水纹泥之下(图版I-2)。而在七个泉大型冰川刨耕变形层理则发育在这层含滴石的湖泊冰水纹泥之上的多个层位(图2)。冰川刨耕变形层理非常复杂,从以下几个方面介绍其特征:

(1)规模:柴西第四纪冰水沉积中还发育了大型的变形层理层系厚度最大可达2m,总的来说规模较大。

(2)形态:柴西第四纪冰水沉积中还发育了大型的变形层理形态非常复杂(图版I-3)。绝大多数不规则,呈肠状(图3a)、蠕虫状(图3b)、火焰状(图3c)、圈环状(图3d)、碎片状(图3e),少数呈断续或

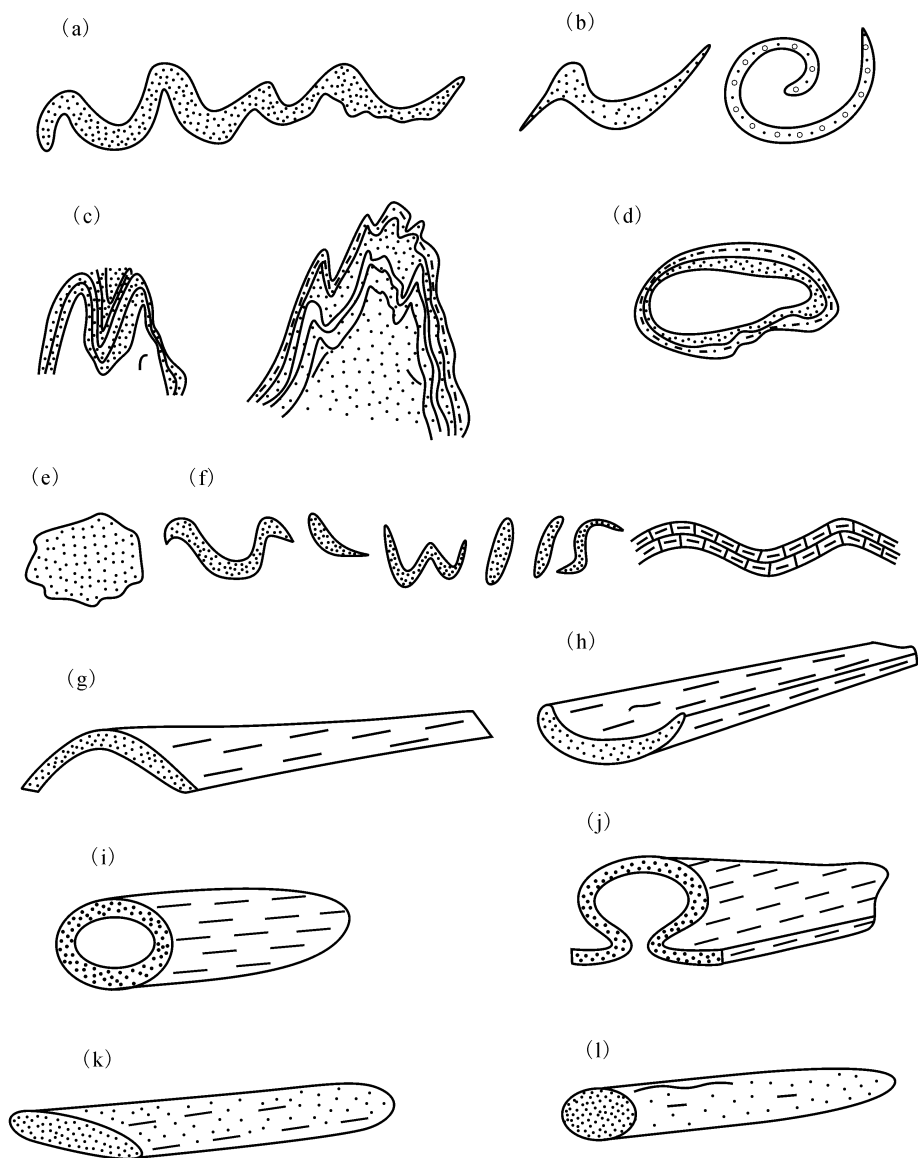


图3 柴达木盆地西部第四纪冰川刨耕变形层理及相关沉积构造示意图

Fig. 3 Sketch of the Quaternary glacial-ploughed deformation beddings and some other related sedimentary structures in the western Qaidam Basin

宽缓波状(图 3f)、脊状(图 3g)、槽状(图 3h)。图 4a 中可见刨耕变形层理非常复杂。非常值得一提的是,有的变形层理呈管状(图版 I-4 及(图 3i))或鞘状(图 3j),其长轴具有明显的优势指向(200° ~ 220°),充分表明其受到了定向剪切力的作用,成因可能与冰川牵引有关。

(3)稳定性:柴西第四纪冰水沉积中还发育了大型的变形层理的另一个特点是非常不稳定,连续性极差,常常是突然出现,突然消失,既无根又无顶,大小变化非常突然,和谐性极差,见图版 I-3,4,5。更为值的一提的是,有时可见不同的变形层理互相交切,表明了它们形成于不同的期次和不同的动力过程,出现了叠加改造。

(4)岩性:非常复杂。可以由钙泥质与各种级别的沙和各种级别的砾石组成。组合成不同的建造类型,后文详细讨论。

冰川刨耕变形层理的一般特征见表 1。

柴西七个泉冰川刨耕变形层理中最特征的构造

是管状(图版 I-4;图 3i)和鞘状变形层理(图版 I-5;图 3j),这种层理不仅特征、而且非常发育。其特征和脆韧性剪切带中的管褶皱和鞘褶皱相似。

3 冰川刨耕伴生构造

冰川移动形成的刨耕是一个复杂的地质作用过程,除了形成冰川刨耕变形层理外,还会形成一些相关的伴生构造,笔者等认为主要有两种:杆状构造及板片构造、冰凌铸模及黏土砾。

3.1 杆状构造及板片构造

柴西七个泉冰川与冰水沉积中的一种特征构造(图 4b、图版 I-5;图 3-k,l),是高度变形情况下的产物。图 4b 中的杆状构造横截面为四边形,直径 10cm 左右,长 40 余厘米;在某些部位可以与原砂层相连。板片构造在形态上呈板片状(图版 I-5),厚 5 ~ 6cm,宽 20cm,长 40 ~ 50cm。研究发现无论是杆状构造、还是板片构造,其长轴与管状和鞘状变形层理的长轴一致(200° ~ 220°),表明其受到了定向

表 1 柴达木盆地西部第四纪冰川刨耕变形层理及其他构造的特征

Table 1 Features of the glacial ploughed deformation bedding and other structures in the Quaternary glacial sedimentation in western Qaidam Basin

类型	规模 (cm)	纹层及纹层结构	岩性	稳定性	产出方向性	与上下岩性的接触关系	频次
肠状	小一大	纹层较厚,主要由单一的纹层组成	岩性极为复杂,薄层细砾岩、含砾砂岩、夹钙质泥岩条带	极差	无方向性	产在厚层复杂变形层理系的内部。突变接触	+++
蠕虫状	小一中,长数十厘米	纹层较薄,主要由单一的纹层组成	岩性极为复杂,薄层含砾砂岩、夹钙质泥岩条带	极差	无方向性	产在厚层复杂变形层理系的内部。突变接触	+++
火焰状	小一中	纹层较薄,由多个纹层组成	岩性极为复杂,薄层细砾岩、含砾砂岩、夹钙质泥岩条带	极差	无方向性	产在厚层复杂变形层理系的内部。突变接触	+++
囊状	小一中	纹层较薄,由多个纹层组成	岩性极为复杂,细砾岩、含砾砂岩、夹钙质泥岩条带	极差	无方向性	产在厚层复杂变形层理系的内部	+++
碎片状或疙瘩状	小为主	纹层较薄,由单一或多个的纹层组成	岩性极为复杂,细砾岩、含砾砂岩、夹钙质泥岩条带	极差	无方向性	产在厚层复杂变形层理系的内部	+++
宽缓波状	中一大	由多个纹层组成	薄层钙质泥岩,夹薄层细砾岩、含砾砂岩	较差	略有方向性	单独产出,渐变接触	++
脊状	中一大	纹层较厚	薄层钙质泥岩,夹薄层细砾岩、含砾砂岩	较差	较好	产在厚层复杂变形层理系的内部	++
槽状	中一大	纹层较厚	黄褐色薄层状钙质泥岩,夹薄层细砾岩、含砾砂岩	较差	较好	产在厚层复杂变形层理系的内部	++
管状	中等。直径多在 50cm 以下,长数米	纹层较薄,主要由单一的纹层组成	黄褐色薄层状钙质泥岩,夹薄层细砾岩、含砾砂岩	较差	200° ~ 220° 好。	产在厚层复杂变形层理系的内部	+
鞘状	中等。直径多在 50cm 以下,长数米	纹层较薄,主要由单一的纹层组成	黄褐色薄层状钙质泥岩,夹薄层细砾岩、含砾砂岩	较差	200° ~ 220° 好。	产在厚层复杂变形层理系的内部。突变接触	+
板片状构造	小。厚度在 10cm 以下,宽度小于 20cm,长数十厘米	无纹层结构	以粗碎屑为主,细砾岩、薄层含砾砂岩	极差	200° ~ 220° 好。	产在厚层复杂变形层理系的内部。突变接触	+
杆状构造	小。直径小于 0cm,长数十厘米	无纹层结构	以粗碎屑为主,细砾岩、薄层含砾砂岩	极差	200° ~ 220° 好。	产在厚层复杂变形层理系的内部。突变接触	+

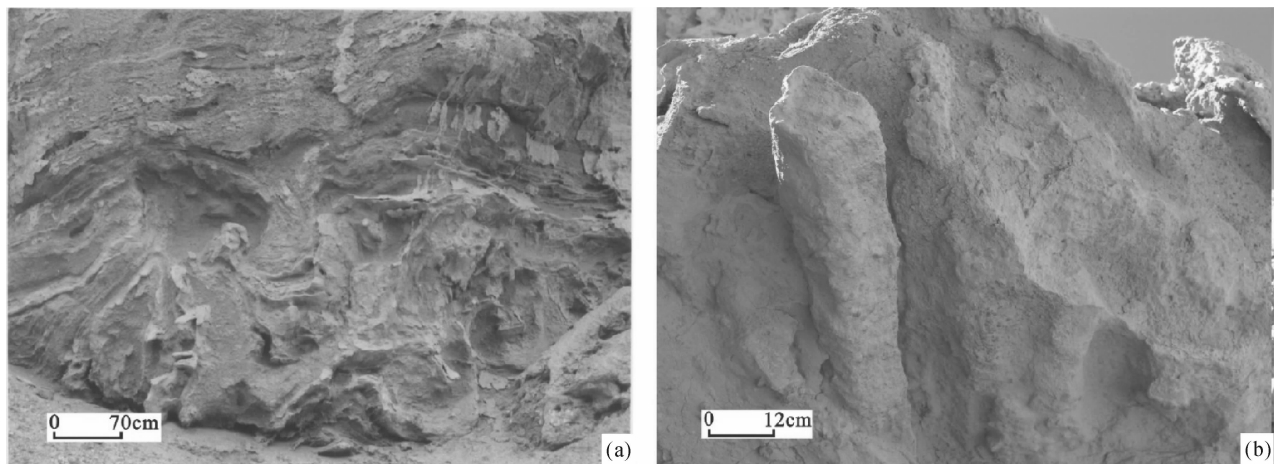


图 4 (a) 大型变形层理, 非常复杂, 柴达木盆地西部七个泉; (b) 杆状构造, 其长轴与冰川流动方向一致, 柴达木盆地西部七个泉

Fig. 4 (a) An outcrop of very complex large-scale deformation beddings in the Seven Springs area, western Qaidam basin. (b) An outcrop of a rod-like structure in the Seven Springs area, western Qaidam basin. The long axis of the rod-like structure is the same to the glacial flow direction

剪切力的作用, 成因同样与冰川牵引有关。其一般特征与大型的变形层理一并总结在表 1 中。

3.2 冰凌铸模

柴西七个泉的冰凌铸模总的来说形态比较简单, 一般为圆柱状、近圆柱状或半球状(图 5 及图版 I-6,7), 顶端一般浑圆, 但有时平略突(图 5a), 铸模壁平直或略曲; 直径多在 10~14cm, 高 5~30cm。柴西七个泉的冰凌铸模有的具有同心圈层结构(图 5a、b 及图版 I-7), 一般有 4~6 层圈层, 圈层厚度一般不稳定, < 1.5cm。圈层的岩性受上部地层的岩性控制, 一般为砂或砾, 有时分选较好, 有时分选

很差。如果冰凌太短穿透的沉积物太薄而无变化或沉积物比较均一, 那么冰凌铸模就无圈层结构(图 5c、d)。有关问题, 另文详述(钟建华等, 2007)。

3.3 粘土砾

柴西七个泉冰川与冰水沉积中的还有一种非常特征的粘土砾。这种黏土砾新鲜时呈黑色或灰黑色, 直径在 1~5cm, 多角状—近圆形(图版 I-8), 共有两层, 一般位于冰作用层的底部。在非冰川与冰水沉积中少见。这种粘土砾的成因是否与冰川的刨耕有关? 目前尚难下结论。暂将其归入冰川与冰水沉积中。

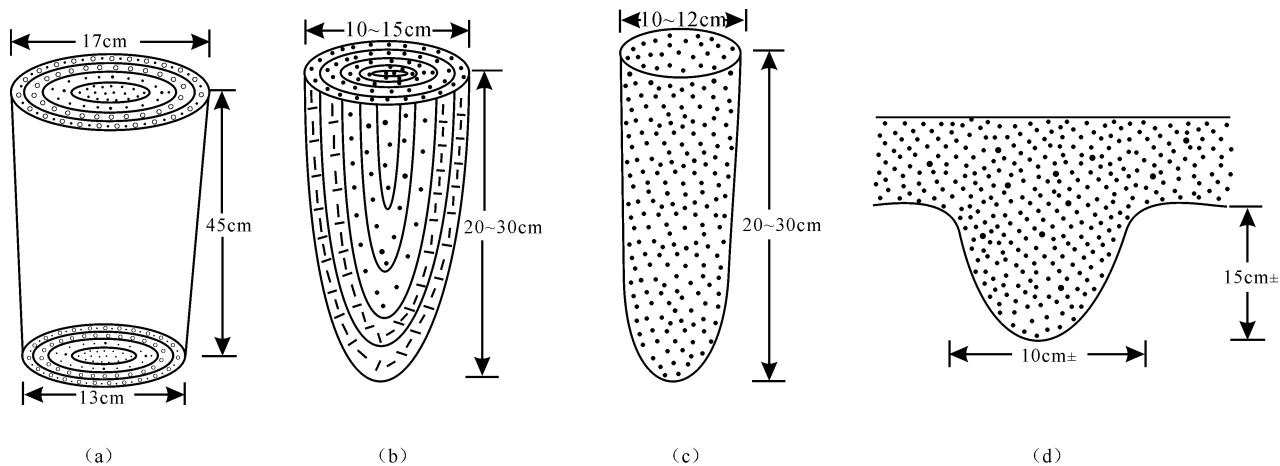


图 5 柴达木盆地西部七个泉地区冰凌铸模的形态和结构

Fig. 5 Shapes and textures of the icicle-cast structures of the glacial deposition in the Seven Springs area, western Qaidam

4 冰川刨耕变形层理的成因

中国西部第四纪冰期广泛发育,有许多研究成果充分地揭示了这一点(王明业等,1965;伍光,1984;Derbyshire等,1991;施雅风,1998;Jin等,1998;Zhou等,1998;Zheng等,1998)。柴达木盆地的冰水沉积的发现也充分地证明了中国西部冰期的客观存在(钟建华等,2005)。有许多学者(西尼村,1958;王明业等,1965;Kuhle,1987;韩同林,1991;徐道明等,1995;)认为青藏高原第四纪广泛发育了覆盖整个大高原的连续冰盖。笔者等从柴西第四纪冰水沉积的发育特点看这一观点值得考虑,因为柴西第四纪冰水沉积发育有明显的季节性纹层(冬季纹层和夏季纹层),再者,从块状冰水泥岩中发育了植物根茎这一特征来看,柴达木湖不可能常年和多年被大冰盖遮盖。充分表明了柴达木湖夏天冰层消融,冬季冰层封盖,没有一个常年和多年的大冰盖覆盖。冰层仅是以山岳冰川的方式发育于柴达木湖四周的高山上,顺山谷流向柴达木湖。当冰川在柴达木湖边缘未固结的沉积物上运动时,其重力和磨擦会使底部的松软沉积物发生变形(Hart等,1994),尤其是其前端会象犁一样刨耕松软沉积物,使松软沉积物发生大幅复杂变形层理。在冰川的前端发育

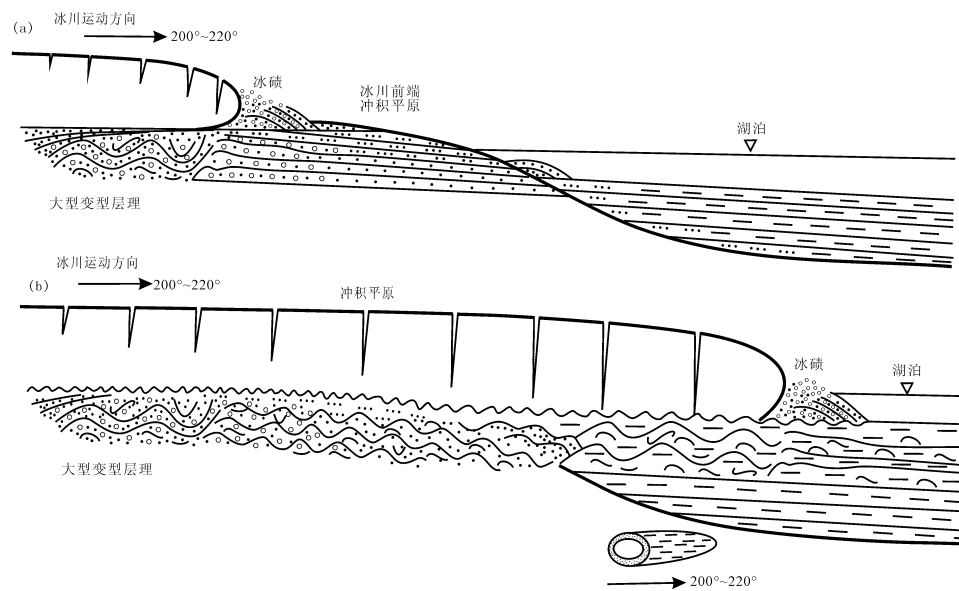


图6 柴达木盆地西部七个泉大型冰川刨耕变形层理的形成示意图

Fig. 6 Sketch showing the forming process of the large-scale glacial-ploughing deformation beddings in the profile of Seven Spring area, western Qaidam basin

- (a) 冰川牵引使冲积平原粗碎屑中发育了大型变形层理;(b) 冰川牵引使湖泊细碎屑中发育了形态和结构更加复杂的大型变形层理,以管状、鞘状变形层理及杆状构造和板片构造最具代表
- (a) Large-scale deformation bedding developed in coarse debris in alluvial plain by glacial ploughing. (b) Glacial ploughing makes composition and shape of Large-scale deformation bedding in lacustrine fine debris more complicated, being stroked by pipe-like and sheath-like deformation bedding, and rod-like and tabular structure

有冰碛。具体过程如图6所示。从管状、鞘状变形层理及杆状构造和板片构造的优势指向来看,七个泉的冰川来自于其北面的阿哈提山(阿尔金山的一部分),七个泉目前紧邻阿哈提山,距阿哈提山主峰仅10余千米,所以七个泉的冰川应是一种典型的山岳冰川,其进退与季节和周期性气温变化密切相关。

此外,还有一点值得讨论一下。除咸水泉冰水沉积外,其他四个冰水沉积剖面均明显倾斜,七个泉(图版I-3;图2)、南乌斯、北乌斯倾角一般在二十多度到三十多度,月牙山也有近 10° ,表明冰水沉积形成之后柴达木盆地在第四纪出现了非常强烈的构造运动,也间接地反映柴达木盆地乃至青藏高原一些构造变动是在第四纪形成的。

5 结论与讨论

柴西第四纪冰川刨耕变形层理的发现具有以下几个地质意义:

(1) 柴西第四纪冰川刨耕变形层理的发现在柴达木盆地内部、甚至西部盆地内部(包括塔里木、准噶尔等)均尚属首次,它的发现对于研究柴达木盆地及青藏高原第四纪的古气候、古地理及隆起具有重要意义。

(2) 柴西第四纪冰川刨耕变形层理规模一般较大,单个层系最大厚度可大2m以上,形态和结构均非常复杂,与其他成因形成的变形层理截然不同,最大的特点是有由冰川移动形成的剪应力形成的管状和鞘状变形层理及杆状构造和板片构造。

(3) 柴西第四纪冰川刨耕变形层理常常与其他的冰成构造一道产出,如(冰筏)坠石、冰凌铸模。

(4) 柴西第四纪冰川刨耕变形层理及其他冰水沉积的发现对新生代地层划分及对比也是具有重要意义,可以间接地服务于油气勘探开发(一些

圈闭构造的定型时间)。

(5)柴西第四纪冰川、冰水沉积是冰期的产物,与中国西部第四纪冰期是同时代的,是中国第四纪普通降温的结果。柴西第四纪冰川、冰水沉积是山岳冰川的产物,而非冰盖的产物。

前人对青藏高原第四纪冰川的研究主要是通过陆地冰碛及其粘粒进行的,到目前为止还未见有论文报道青藏高原湖泊中有冰川、冰水作用产物。我们知道,中国青藏高原和西部第四纪除了柴达木盆地以外,还有多个大型盆地(如塔里木、准噶尔等),面积占据青藏高原及西部的相当一部分,如果忽视了这一重要部分,势必使青藏高原的第四纪冰川研究不完整。冰碛除了有易于发现和观察的优点外,还有易于与洪积、冲积相混合及后期冰碛改造前期冰碛而容易导致缺失等缺点;湖泊中的冰水沉积可以记录许多陆地冰碛所没有的宝贵信息,尤其是冰水沉积(纹泥)能够连续完整地记录每一次冰期、间冰期的时限长度及第四纪气候变化,对于建立中国西部精细的冰期与间冰期年代具有重要意义。国外学者非常重视冰水纹泥相(FLM)的研究(Domack, 1990; Gilbert, 1990; Polyak 等, 1994; Lubinski 等, 1996; Andersen 等, 1996)。所以,今后应在重视青藏高原陆地第四纪冰川研究的同时,关注一下几个大湖泊中的冰川、冰水沉积,做到"水陆并进,粗细结合",方可真正系统全面地揭示中国青藏高原第四纪的冰川发育及演化,进而为探讨青藏高原的隆升、环境气候演化服务。

最后有一点需要着重说明的是:野外观察表明,柴达木盆地西部第四纪冰川与湖泊有一种非常明显的消长关系:即冰进湖退、冰退湖进。这一点月牙山露头表现的非常好:发育有滴石的湖泊冰水纹泥层(图版 I-1)直接覆盖在冰川刨耕变形层理之上(图版 I-2),前者是冰川退缩、湖泊扩张的产物,而后者反之。这一现象表明气候寒冷时水以固态的方式(冰川)保存,所以湖泊就会发生退却,反之相反。因此,柴西七个泉和月牙山的冰川刨耕变形层理是冰进湖退的产物。这一原理在今天的气温、冰川及海平面变化的关系上也表现的淋漓尽致。有关深入研究待今后在经费和条件许可时进行,定可获得更加详细的有关信息,将柴西第四纪冰川刨耕变形层理及(湖泊)冰水沉积的研究推向深入。

致谢:国家自然科学基金委、教育部、中国石油天然气集团公司提供了资助,青海油田公司勘探开发研究院协助了野外科考;中国石油大学的冀国盛、郭泽清、

高建波及湖南理工大学的柳祖汉教授参加了野外考察,在此一并致谢。

参 考 文 献 / References

- 韩同林. 1991. 青藏大冰盖. 北京:地质出版社, 1~109.
- 李吉均,郑本兴,杨锡金等. 1986. 西藏冰川. 北京:科学出版社, 194~276.
- 李吉均,冯兆东,周尚哲. 1996. 横断山冰川. 北京:科学出版社, 172.
- 李吉均,方小敏. 1998. 青藏高原隆起与环境变化研究. 科学通报, 43(15):1569~1574.
- 李永昭. 1998. 青藏高原第四纪冰期序列及其意义. 成都理工大学学报, 25(2):303~308.
- 施雅风. 1998. 第四纪中期青藏高原冰冻圈的演化及其与全球变化的联系. 冰川冻土, 20(3):199~208.
- 王明业,郑绵平. 1965. 青藏高原第四纪冰川遗迹. 地理学报, 31(1):65~72.
- 伍光和. 1984. 祁连山第四纪冰期问题. 1984. 中国科学院兰州冰川冻土研究所集刊,第5号. 北京:科学出版社, 116~123.
- 西尼村 B M. 1958. 关于亚洲高原第四纪冰川问题. 地理译报, (1): 22~30.
- 徐道明,沈永平. 1995. 青藏高原的泛冰盖遗迹与冰期. 冰川冻土, 17(3):213~229.
- 钟建华,李浩,黄立功,温志峰,郭泽清,王海侨,李勇. 2005. 柴西第四纪湖泊冰水沉积的发现及意义. 沉积学报, 23(2):284~290.
- 钟建华,李浩,马锋,段宏亮,王冠民,任拥军,赵勇生. 2007. 柴西七个泉第四纪冰凌铸模[圆柱(管)状]沉积构造的特征及意义. 高校地质学报, 2007(待刊).
- 钟建华,李浩,马锋,段宏亮,王冠民,任拥军,赵勇生. 柴西七个泉第四纪冰凌铸模(圆柱(管)状)沉积构造的特征及意义. 高校地质学报, 2007(待刊).
- 周尚哲,李吉均. 2001. 冰期之青藏高原新研究. 地学前缘, 8(1):67~75.
- Andersen E S, Dokken T M, Elverhei A, Solheim. 1996. A. and Fossen, Late Quaternary sedimentation and glacial history of the western Svalbard continental margin. *Mar. Geol.*, 133:123~156.
- Derbyshire E, Shi Yafeng, Li Jijun, et al. 1991. Quaternary glaciation of Tibet: the geological evidence. *Quaternary Science Review*, 10:485~510.
- Domack E W. 1990. Laminated terrigenous sediments from the Antarctic Peninsula: the role of subglacial and marine processes. In: Dowdeswell J A and Scourse J D. eds. *Glacimarine Environments: Processes and Sediments*. *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 53:91~103.
- Gilbert R 1990. Rafting in glacimarine environments. In: Dowdeswell J A and Scourse J D. eds. *Glacimarine Environments: Processes and Sediments*. *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 53:105~120.
- Hart J K and Roberts D. 1994. H. Criteria to distinguish between subglacial glaciotectionic and glaciomarine sedimentation, (1): Deformation styles and sedimentology. *Sedimentary Geology*, 91:191~123.
- Jin Rose, Derbyshire E, Guo Hongwei, et al. 1998. Glaciation of the Eastern Qilian Shan (Qilian Mts.), Northwest China. *Quaternary Proceedings No. 6*. 143~152.
- Jennings A E. 1993. The Quaternary history of Cumberland Sound, south-eastern Baffin Island: the marine evidence. *Geogr. Phys. Quat.*, 47: 21~42.
- Kuhle M. 1987. Subtropical mountain and highland glaciation as Ice Age-

- triggers and the waning of the glacial periods in the Pleistocene. *Ceo Journal*, 14(4):393~421.
- Li Yongzhao. 1998. Sequence of Quaternary glacial period in Qinghai~Xizang Plateau and its significance. *Journal of Chengdu University of Technology*, 25(2):303~308.
- Lubinski D J, Korsun S, Polyak L, Forman S L, Lehman, S J, Herlihy F A. and Miller, G H. 1996. The last deglaciation of the Franz Victoria Trough, northern Barents Sea. *Boreas*, 25:89~100.
- Polyak L, Solheim A. 1994. A. Late- and postglacial environments in the northern Barents Sea west of Franz Josef Land. *Polar Res.*, 13:197~207.
- Shi Yafeng. 1998. Evolution of the Cryosphere in the Tibetan Plateau, China, and its relationship with the global change in the mid Quaternary, *Journal of Glaciology and Geocryology*, 20(3):199~208.
- Tulaczyk S M, Scherer R P, Clark C D. 2001. A ploughing model for the origin of weaktils beneath ice streams; a qualitative treatment. *Quaternary International*. 86: 59~70.
- Xu Daoming and Shen Yongping. 1995. On Ancient Ice-Sheet and Ice Age in the Tibetan Plateau. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 17(3):213~229.
- Zhou Shangzhe, Li Jijun. 1998. The Sequence of Quaternary glaciation in

the Bayan Har Mountains. *Quaternary International*, 45~46:135~142.

- Zheng Benxing and Rutter N. 1998. On the problem of Quaternary glaciations, and the extent and patterns of Pleistocene ice cover in the Qinghai—Xizang (Tibet) plateau. *Quaternary International*, 45~46:109~122.

图版说明 / Explanation of Photos

1. 冰水纹泥。其中有一硕大的滴水,长度超过15cm;月牙山。
2. 冰川刨耕变形层理。大型,发育在棕红色的含细砾粉细沙中。其上为冰水纹泥。图片中红色棒状物为钢钎,长约40cm。月牙山。
3. 大型冰川刨耕变形层理。形态复杂,无统一的底界。七个泉。
4. 大型冰川刨耕变形层理。形态复杂,中下部为一管状变形层理。七个泉。
5. 板片构造。其长轴与冰川流动方向一致。七个泉。
6. 冰凌铸模。近直立产在黄褐色厚层状含砾砂岩中。七个泉。
7. 冰凌铸模,横截面,圈环构造明显。七个泉。
8. 黏土砾。粒径在1~7cm。新鲜时灰黑色,风化后灰褐色。七个泉。

Study on the Quaternary Glacial-ploughed Deformation Beddings in Seven Springs Area, western Qaidam Basin

ZHONG Jianhua^{1,2)}, XU Shihong¹⁾, WANG Zhikun¹⁾, WANG Haiqiao¹⁾, MA Feng¹⁾,
DUAN Hongliang¹⁾, AHMATJAN ABDURAHMAN¹⁾, ZHOU Juan¹⁾, LIU Yuntian³⁾, LI Yong^{1,2)}

1) *China Petroleum University (East China), College of Geo-resources and Information, Dongying, Shandong, 257061;*

2) *Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, 510640;*

3) *Geoscience Department, Nanjing University, Nanjing, 210093*

Abstract: In the Seven Springs area (Qigequan area) western Qaidam basin, the Quaternary glacial-ploughed deformation beddings in the yellow—brown calcareous sandstone and calcareous mudstone bearing conglomerate are developed. Among which, the large ones may be up to 2m in thickness for an individual bed within it, and remarkably complicated in shape as illustrated especially by the pipe-like and sheath-like deformation bedding, and rod-like and tabular structures. Otherwise, the lithology of the outwash is very complex as well, containing not only claystone, claystone bearing conglomerate, calcareous and argillaceous sandstone but also conglomerate, and among which a kind of argillaceous conglomerate is specific and the coarse-grained deposition—moraine surface induced by glacier are scratched clearly by the glacier. According to the sporopollen analysis, the outwash is formed in the Quaternary, and more possible in Pleistocene that is analogous to the Quaternary ice age, though the definite period is yet to be ascertained. The evidence of Quaternary outwash in the Mangai depression of western Qaidam basin is unequivocal and may therefore of important significance for the study of Quaternary ice age and related Qinghai—Xizang (Tibet) Plateau research in terms of formation and evolution, paleo-climate and paleo-geography. Moreover, the outwash discussed herein demonstrates unambiguous evidence that the Qinghai—Xizang (Tibet) Plateau in Quaternary is not mantled by a whole icecap.

Key words: glacial-ploughing deformation beddings; glacier; Quaternary and Qaidam basin

