

天山乌鲁木齐河源区季节 冻胀丘的特征^①

*朱 诚 **宋长青 ***刘 勇

(*北京大学城市与环境学系, **哈尔滨师范大学地理系, ***兰州大学地理系)

提 要 考察发现本区有冻疱型空心穹窿式冻胀丘和烛状冰型冻胀丘。前者结构上分为5层:表层腐殖质土层、穹窿式块冰层、穹窿式空洞、松散砾石层和含粒状冰冻土层。后者结构上分为4层:表层腐殖质土层、烛状冰层、块冰层和含粒状冰冻土层。观测表明,此两类均属季节性冻胀丘。在分析形成机制的基础上认为冬季冷波传递、活动层中地下水冻结后的静水压力和较浅的、缓慢的渗滤层以及地表面细粒土质是本区季节冻胀丘发育的先决条件。

关键词 冻疱型空心穹窿式冻胀丘 烛状冰型冻胀丘 静水压力

关于天山乌鲁木齐河源区冻胀丘的研究,季子修(1980)和邱国庆等^②曾分别于60年代和80年代初对其分布的特点作了报道。1987年6月,笔者对本区的冻胀丘进行了实地考察,发现有两种类型,即冻疱型(Frost blister)空心穹窿式冻胀丘和烛状冰型冻胀丘(Candle ice type frost mound)(照片1)。此两种冻胀丘位于大西沟气象站30°NE方向、距离约1km处,两者相距约15m(图1)。

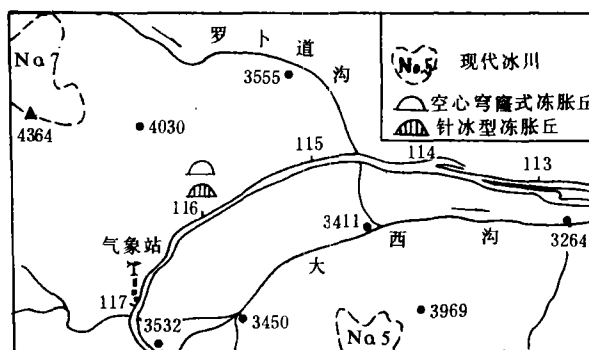


图1 乌鲁木齐河源区冻胀丘位置示意图

Fig.1 Position of the frost heaving mounds at the head of Urumqi River

①本文于1987年7月21日收到,1989年5月16日改回。

②邱国庆等,1981,天山站附近高山冻土与冰缘现象的一些新资料,天山冰川站年报(1)。

1 冻疱型空心穹窿式冻胀丘剖面特征

此冻胀丘开挖前为一完好的有草被生长的浑圆状小丘,从照片 1 可见开挖后的孔洞,照片 2 是近景,孔洞旁可见出露的白色厚层穹窿状冰体。此处海拔 3 500 m,坡向 153° SE, 沉积面坡度 30° 。该冻胀丘高出地表 1.2 m, 纵剖面长 2 m, 横剖面直径(自 E 向 W 量测)为 3.8 m。开挖表明,此冻胀丘为 5 层结构(图 2), 表层为厚 20 cm 的腐殖

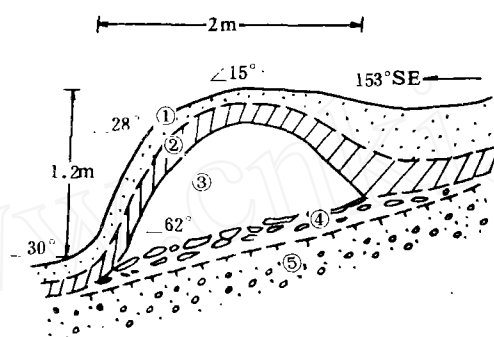


图 2 空心穹窿式冻胀丘剖面示意图

Fig. 2 Profile of the hollow-domelike frost heaving mound

质层,第 2 层为厚 12 cm 的穹窿状块冰层(冰温 -8°C , 含少量气泡),第 3 层为直径约 1.5 m 的穹窿式空洞,第 4 层为松散砾石层,第 5 层为含粒状冰冻土层。

2 烛状冰型冻胀丘的剖面特征

在空心穹窿式冻胀丘以南约 15 m 处为一不规则长条状含烛状冰和块冰的冻胀丘(照片 1、3、4)。此冻胀丘长 8 m、最宽处 4 m,顶部有一纵贯全剖面的长裂隙,裂隙最宽处达 17 cm,此主裂隙四周尚有数条呈树枝状的较细分支裂隙。开挖出的剖面表明,此冻胀丘为 4 层结构(图 3),即表层为褐色腐殖质土层,第 2 层为厚 30 cm 的烛状冰层(烛状冰直径 5—12 mm),第 3 层为厚 25 cm 的块冰,第 4 层为含粒状冰的冻土 1 层。测得冰温为 -8°C , 冻土温度为 -7.5°C 。

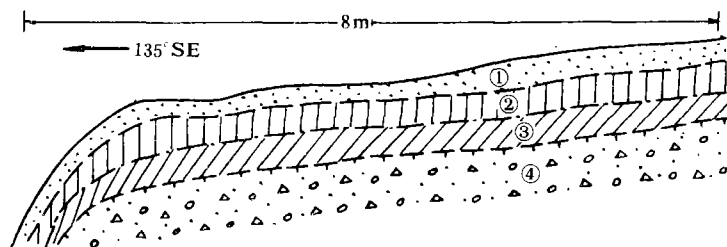
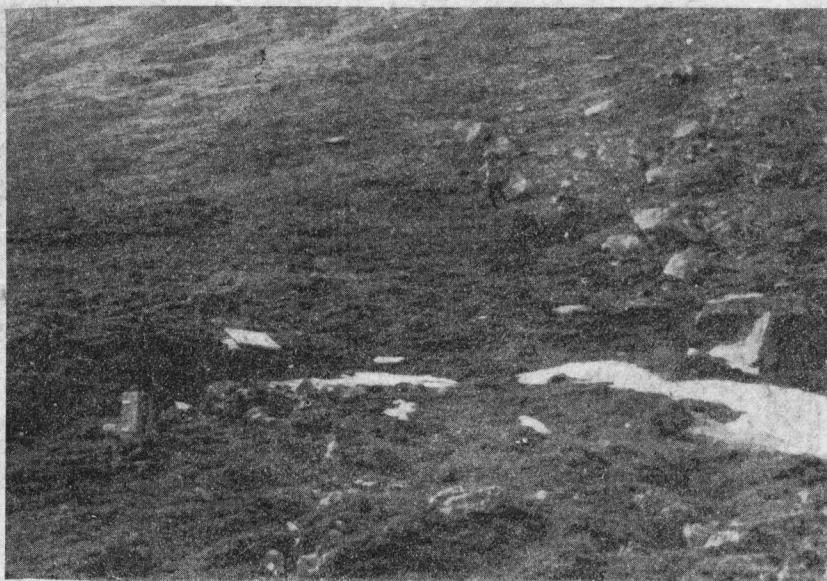


图 3 烛状冰型冻胀丘剖面示意图

Fig. 3 Profile of the candle ice-type frost heaving mound



照片 1 从乌库公路远眺空心穹窿式冻胀丘 (I) 和烛状冰型冻胀丘 (II)
Photo 1 Look up hollow-domelike (I) and candle ice type (II) frost heaving mounds from the Urumqi-Kuche Highway

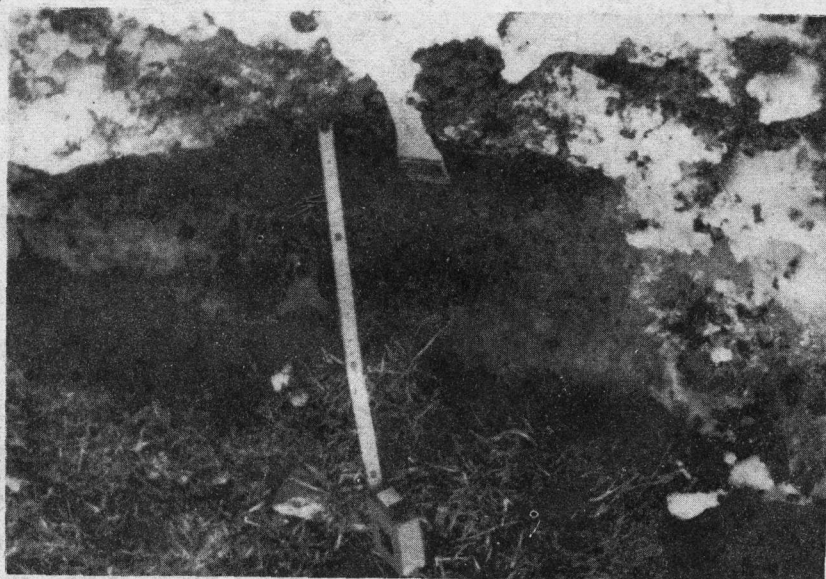


照片 2 空心穹窿式冻胀丘近景
Photo 2 Close scene of hollow-domelike frost heaving mound



照片 3 烛状冰型冻胀丘内的烛状冰

Photo 3 Candle ice in candle ice type frost heaving mound



照片 4 烛状冰型冻胀丘的剖面特征

Photo 4 Profile of candle ice type frost heaving mound

3 冻胀丘外表变化特征

除开挖剖面外,我们还观察了冻胀丘的外表形态变化。

(1) 冻疱型空心穹窿式冻胀丘的形态变化: 作者于 6 月 4 日在此冻胀丘顶部打下 5 根各长 0.5 m 的细钢筋 (直径 8 mm), 量测了各钢筋之间的相对距离 (图 4, 表 1), 从表 1 可知, 各钢筋间距在 6 月 16 日均已缩小。从外观上看此冻胀丘已发生明显坍塌。分析看来, 此冻胀丘在 12 天内发生较大变化, 除自然因素 (地、气温升高) 外, 与人为开挖剖面使地下冰暴露从而加速其热融导致坍塌有关。图 4 中细钢筋向开挖孔洞方向运动并倾斜便证实了这一点。

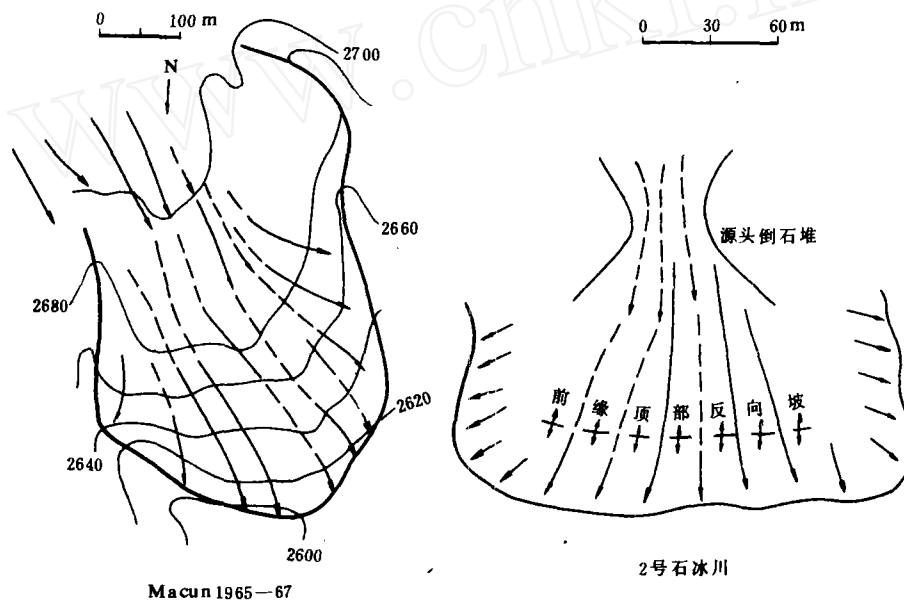


图 4 空心穹窿式冻胀丘顶部细钢筋位置俯视图

Fig. 4 Position of the steel bars on the top of hollow-domelike frost heaving mound

表 1 空心穹窿式冻胀丘顶部细钢筋位置变化情况

Table 1 Changes in the position of steel bars on the top of hollow-domelike frost heaving mound

6 月 4 日	钢筋起止编号	1-2	2-3	3-4	3-5	1-5	1-4
初始距离	钢筋起止距离(cm)	66	71	136	128	189	188.5
6 月 16 日	钢筋起止编号	1-2	2-3	3-4	3-5	1-5	1-4
变化情况	钢筋起止距离(cm)	60	66	126	114	171	180

(2) 烛状冰型冻胀丘的形态变化: 在此冻胀丘表面, 共设置 11 根直径 8 mm 的细钢筋, 另外在其中部还用涂漆方式设置两处石质观测点, 图 5、表 2 是 12 天内的变化情况。从图 5、表 2 亦可看出, 在人为开挖剖面处的钢筋 2、3 位置相对距离变化较大。这亦是此处受人为影响后比别处热融沉陷较快的缘故。

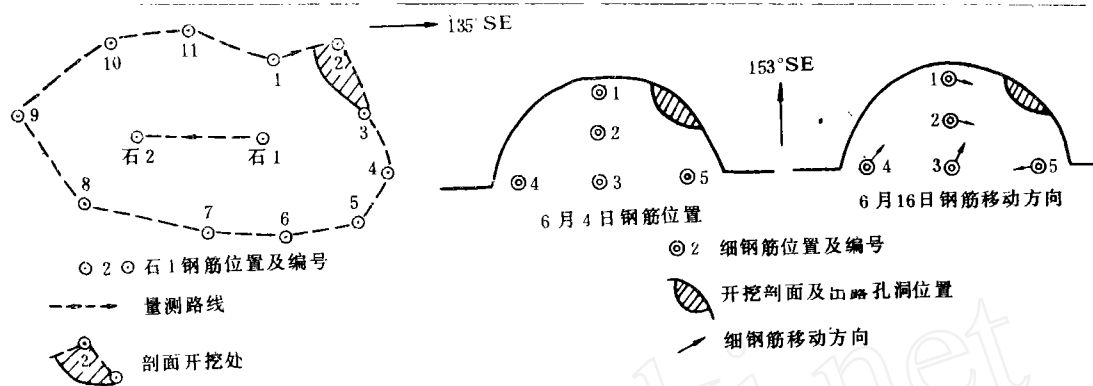


图5 烛状冰型冻胀丘顶部细钢筋位置俯视图

Fig. 5 Position of the steel bars on the top of candle ice-type frost heaving mound

表2 烛状冰型冻胀丘顶部细钢筋位置变化情况

Table 2 Changes in the position of steel bars on the top of candle ice-type frost heaving mound

钢筋起止编号		1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-1	台1-石2
6月4日	钢筋起止	1.21	1.36	1.59	1.36	1.36	2.16	1.92	1.5	2.65	1.79	1.61	2.18
初始距离	距离(m)												
6月16日	钢筋起止	1.37	1.25	1.60	1.38	1.34	2.09	1.93	1.5	2.67	1.78	1.61	2.15
变化情况	距离(m)												

(3) 冻胀丘的消亡: 笔者在当年7月底再次观察时发现, 此处穹窿状和烛状冰型冻胀丘均已完全坍塌, 且丘内的冰体都已不复存在, 观测冻胀丘顶部位置变化的细钢筋有些已沉陷进土中, 有些已散落开来, 无法继续观测。

4 冻胀丘成因初步分析

考察发现这两处冻胀丘出现在向阳一坡的坡脚, 上方有渗滤的、缓慢片状流动的融雪水、雨水作为开敞型次表面流水补给源。据附近大西沟气象站工作人员介绍, 当每年冬季大雪封山, 大西沟各处季节性流水中断后, 此处冻胀型穹窿状冻胀丘便逐渐隆起, 顶部裂隙处有自流水流出并成为冬季食用水的主要来源。进一步观察还发现, 此处地表有较厚的细粒土质(亚粘土、亚砂土), 底部的基岩(闪长岩)和冻土是天然的隔水底板, 所以该处具有良好的成冰冻胀条件。相反, 在本区阴坡, 由于主要坡面组成物质为粗大的风化岩屑, 缺乏细粒物质, 不利于水分保存, 所以不具备发育冻胀丘的条件。

综上所述, 我们可以认为本区冻胀丘在分类上应属季节性冻胀丘; 在类型上应属冻胀型(Frost blister); 在水分起源和迁移过程方面应是冻土上方地下水(重力水)在冻结封闭系统中受静水压力而产生的向上冻结过程; 在发育机制和地下冰类型上, 对于空心穹窿状冻胀丘来说应是活动层的回冻压缩了冻土上方地下水的循环, 静水压力使上覆沉积物隆起成冻胀, 当顶部有裂隙时, 疮内水分便会沿裂隙到达地表, 其冰类型应属开

放型空洞冰 (Open cavity ice); 而对烛状冰冻胀丘来说, 由于其地形较平坦, 且水分经上方冻疤截流有明显损耗, 所以其静水压力不如冻疤明显、隆起幅度也小, 没有冻疤中的空洞和明显穹窿, 地下冰主要是注 (侵) 入冰 (Intrusive ice), 表层冰应是冰椎型冰 (Icing ice)。图 6 是冻疤型穹窿式冻胀丘形成的示意图。

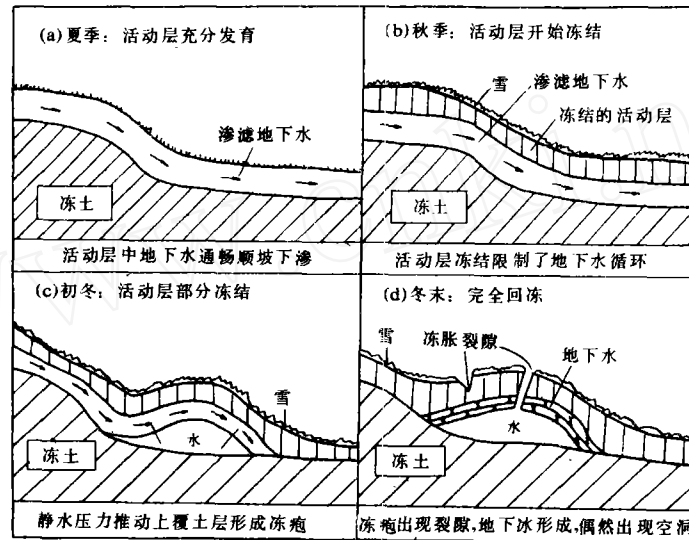


图 6 冻疤型穹窿式冻胀丘形成示意图

Fig. 6 Forming diagram of a frost blister type domelike frost heaving mound

总之, 对本区两种季节性冻胀丘来说, 严冬冷波传递, 冻结后的静水压力和较浅的、缓慢的渗滤层以及表面细粒土质是其发育的先决条件。Muller (1945)、Van Everdingen (1978)、Brown, J. (1983) 和 French, H. M. (1988) 对北美和欧洲季节冻胀丘研究后亦持有上述观点。

致谢: 本文承蒙崔之久教授、程国栋研究员审阅, 野外工作中得到康尔泗副研究员的大力支持, 在此表示衷心感谢。

参 考 文 献

- 朱诚、崔之久 (1988): 天山乌鲁木齐河源区倒石堆浅论. 山地研究, 6 (4): 203—209.
- 季子修 (1980): 天山中部现代冰缘作用. 冰川冻土, 2 (3): 5—6.
- 崔之久, 朱诚 (1989): 天山乌鲁木齐河源区石冰川的温度结构类型与运动机制. 科学通报, 2: 134—136.
- A. L. Washburn (1979): Geocryology, the second edition, 41 Bedford Square, London, Edward Arnold, 180—185, 91—95, 269—270.
- Cui Zhijiu & Zhu Cheng (1988): Rock glaciers in the source region of Urumqi River, Middle Tianshan, China. V International Conference on Permafrost, Proceedings Volume 1, 724—727.
- Clark, M. J. (1988): Advances periglacial geomorphology (Seasonal frost mounds), Copyright C by John Wiley & Sons, Inc., 203—225.

Characteristics of Seasonal Frost Heaving Mounds at the Head of Urumqi River Tianshan

* Zhu Cheng, ** Song Changqing and *** Li Yong

(* Department of City and Environment, ** Beijing University, *** Department of Geography, Lanzhou University)

Abstract

Frost heaving mounds of hollow-domelike frost blister type and candle ice type were found in this area. The former can be divided into 5 layers, namely, surface humus soil, domelike massive ice, empty dome loose debris as well as permafrost layer with particulate ice, and the latter can be divided into 4 layers, namely, surface humus soil, candle ice, massive ice and permafrost layer with particulate ice. It is found from the investigation that both of them are seasonal frost heaving mounds. Based on analyses of forming mechanism, the authors consider that transmission of cold wave in winter, hydrostatic pressure of closed system freezing suprapermafrost ground water, shallow and low permeable layer, as well as fine soil material of ground surface are the prerequisite for developing seasonal frost heaving mounds in the region.

Key words: frost of frost blister type hollow-domelike heaving mound, frost heaving mound of candle ice type, hydrostatic pressure