

乌鲁木齐河源 1 号冰川深孔温度的初步研究

蔡保林 黄茂桓 谢自楚

(中国科学院兰州冰川冻土研究所)

冰川温度是描述冰川存在状态的一个基本参量,它反映了冰川发育的气候条件与环境特征,同时也决定着冰川的运动状态。我国从五十年代末就开始了冰川温度的研究,取得了相当的进展^[1]。但由于技术条件等多方面原因的限制,最深的温度测量,1978 年以前只达到冰川的年变化层底部(18m);1982 年才达到 35 m 的深度^[2],冰川温度的研究只在浅层进行得较为深入,而对冰川深层,尤其冰川底部以及整个冰川的温度状况和造成这种状况的机理只能根据浅层的研究加以推测。

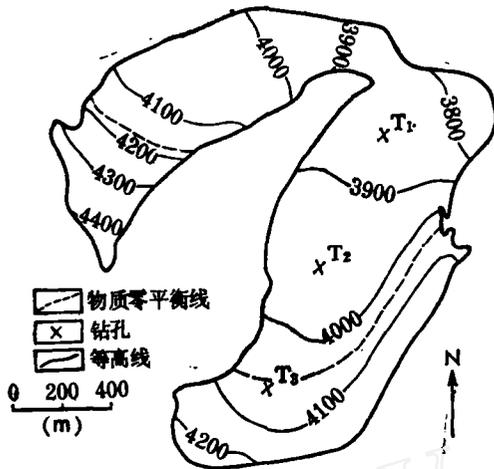


图 1 温度钻孔在冰川上的位置

为此我们于 1986 年 7 月在乌鲁木齐河源 1 号冰川消融带下部 T_1 (海拔 3854 m) 和上部 T_2 (海拔 3928 m) 和附加冰带下部 T_3 (海拔 4033 m) 处用热水钻分别打了 86 m、102 m 和 106 m 深的三个钻孔,并布设了精度为 ± 0.05 K 的测温探头,首次取得我国最深的冰川温度资料(图 1)。

1 号冰川位于天山中部喀拉乌成山主脉北坡,地理坐标是 $43^{\circ}06'N, 87^{\circ}15'E$;冰川形态类型为冰斗——山谷冰川。该冰川由东、西两个支流组成。东支长约 2.1 km,1986 年主流线上平衡线高度为 4030 m。经雷达测厚得知,东支冰川最大厚度为 140 m,钻孔 T_1 、 T_2 和 T_3 处的厚度分别为 96、138 和 106 m^[3]。钻孔 T_3 到达了冰床, T_1 接近冰床。

1986 年 9 月 27 日冰川深孔的温度曲线如图 2 所示。由图 2 可见,各孔的温度都呈上低下高型,即与地温一样,有一个向上的温度梯度,使得地热向外释放。只在表面十余米范围内,温度梯度方向相反,这是气温年变化的影响范围。夏季冰面受热,热量向下传导,造成上热下冷;冬季之后,这个图式将逆转;此范围通称活动层,其厚度约 15—20 m。

过去的研究认为^[1],平衡线以下,冰温的变化主要受气温变化所支配,冰温与气温均随高度的增加而下降,冰川的最低温度出现在平衡线附近。到了平衡线以上的湿雪带,由于夏季表面融化,大量融水渗入到粒雪层内,遇冷再冻结,放出潜热,加热冰川^[4]。但对这一作用的深度和广度估计不足。由图 2 可见,冰温随高度增加而降低的规律到了 T_3 处不复存在,至少从表

一、钻孔温度状况

1986 年 9 月 27 日冰川深孔的温度曲线如图 2 所示。由图 2 可见,各孔的温度都呈上低下高型,即与地温一样,有一个向上的温度梯度,使得地热向外释放。只在表面十余米范围内,温度梯度方向相反,这是气温年变化的影响范围。夏季冰面受热,热量向下传导,造成上热下冷;冬季之后,这个图式将逆转;此范围通称活动层,其厚度约 15—20 m。

过去的研究认为^[1],平衡线以下,冰温的变化主要受气温变化所支配,冰温与气温均随高度的增加而下降,冰川的最低温度出现在平衡线附近。到了平衡线以上的湿雪带,由于夏季表面融化,大量融水渗入到粒雪层内,遇冷再冻结,放出潜热,加热冰川^[4]。但对这一作用的深度和广度估计不足。由图 2 可见,冰温随高度增加而降低的规律到了 T_3 处不复存在,至少从表

本文 1986 年 12 月 19 日收到。

面到 88 m 深度范围(相等于该处冰厚的 64%) 不适用。这表明,冰川的温度除受气候因素制约外,还受到冰川自身的成冰作用、运动规律等的调节。

$$\text{一般用 } \frac{\partial T}{\partial t} = a \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) - u \frac{\partial T}{\partial x} - v \frac{\partial T}{\partial y} - \omega \frac{\partial T}{\partial z} + f(x, y, z)$$

来描述冰川的温度,式中 T 为冰川的温度, t 为时间, a 为冰的导温系数, x, y 和 z 分别是水平纵向、竖向和横向坐标, x 向下游为正, y 向上为正, z 按右手系规定, u, v 和 ω 是冰川运动速度分量, $f(x, y, z)$ 是冰川内部变形热效应和粒雪中水分冻结释热。往往为了解题方便,认为其中某些因素影响小,加以忽略。这次深孔的观测表明:上游的温度通过水平传热和平流作用对下游的温度有显著影响,故反映水平传热的 $a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$ 项和反映平流的 $u \frac{\partial T}{\partial x}$ 项不容忽视。

二、结 论

通过对冰川深孔温度资料的初步分析,我们可得出如下几点结论:

1. 在湿雪带,表面融水下渗,不仅提高冰川活动层的温度,而且也提高活动层以下近百米深度范围内的温度。

2. 尽管冰川的运动比较缓慢,平均每年只有数米,但其水平运动对冰川内部的温度分布有着较大的影响,使湿雪带的温暖状态得以向下游延续百米以上。

3. 冰川活动层下界的最低温度不是出现在平衡线上,而是出现在平衡线下的消融带上部。

4. 冰川的底部处于接近融点的状态。

致谢:王良玮、潭建玉和吴卫民研制了深孔测温探头,张吉利和王纯足等参加了野外作业,表示感谢。

参 考 文 献

- [1] Huang Maohuan, Wang Zhongxiang and Ren Jiawen, *Journal of Glaciology*, 28(1982), 98: 117—128.
- [2] 任贾文、张金华、黄茂桓, *冰川冻土*, 7(1985), 2: 141—152.
- [3] 张祥松、朱国才等, *冰川冻土*, 7(1985), 2: 153—162.
- [4] Cai Baolia, Xie Zichu and Huang Maohuan, *Cold Regions Science and Technology*, 12(1986), 1: 39—49.

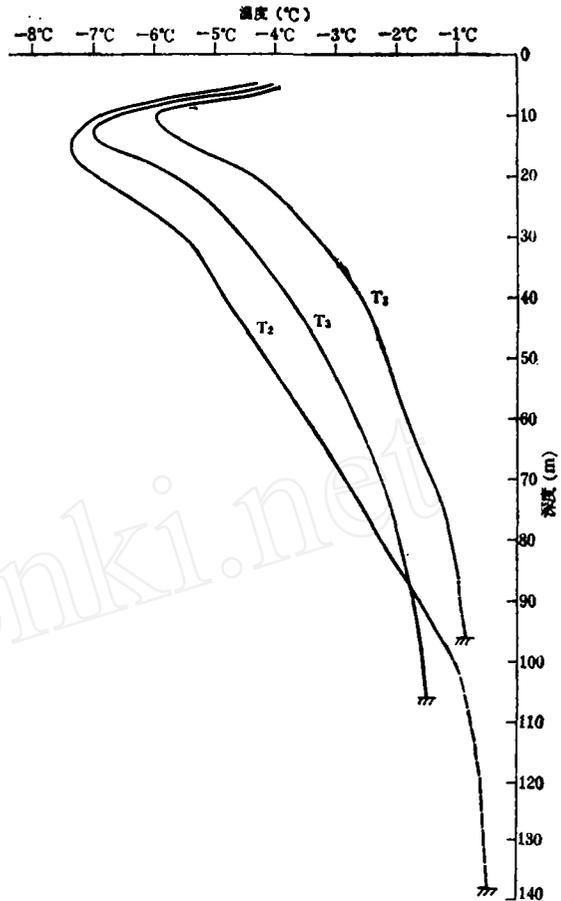


图 2 冰川深孔温度曲线(1986年9月27日测)
虚线段为估计值