第43卷 第1期
研究简报

1998年1月

中国境内又一种新成冰作用的发现

姚檀栋 蒲健辰 王宁练 田立德

(中国科学院冰川冻土研究所冰芯与寒区环境开放研究实验室, 兰州 730000)

摘要 我国学者, 在青藏高原南部希夏邦马峰地区达索普冰川7 000m处大平台, 发现有重结晶(或再冻结重结晶)带, 长约3 km, 宽超过1 km, 平均测厚达350 m以上. 文中详细叙述和讨论达索冰川成冰作用过程, 夏季风所带来的丰沛降水、多云天气和每天降雪所产生的高反照率是形成再冻结_重结晶带的最主要原因.

关键词 成冰作用 冰川积累

1 关于成冰作用带

冰川的形成是通过不同的成冰作用过程将雪变成冰实现的. 换句话说, 当粒雪中的贯穿孔隙变为封闭的气泡, 晶体胶结成不透水、不透气的整体时, 由雪到冰的变化就完成了. 但这一结果可通过很多过程来实现. 在冰川学研究中, 将不同的成冰作用过程进行了分类. 就冷冰川而言, 冰川积累区各带的分类如下(图1): ( ) 干雪带(或重结晶带). 全年气温均在0℃以下. 即使在夏季, 也没融化发生. 成冰作用完全属于冷变质类型. 因此, 只能在很厚的雪层压力下, 形成重结晶冰; ( ) 渗浸带(或再冻结-重结晶带). 在干雪带(或重结晶带)以外, 虽然年平均温度仍极低, 但最暖时刻雪面温度可达到0℃以上. 因此, 雪面发生短暂的、微弱的融化, 形成薄冰层. 但绝大部分的雪还是通过重结晶作用成冰. 雪层剖面与重结晶带剖面大致相似. 所不同的是有很薄的、少量的冻结粒雪及再冻结冰层; ( ) 湿雪带(或冷渗浸-重结晶带). 渗浸带(或再冻结-重结晶带)以外, 是湿雪带. 这个带的特点是: 或者融水虽未渗透整个年层, 但融水渗透层所占比例很大; 或者由于融水渗浸量大, 可以充满整个粒雪孔隙, 形成渗浸冰, 多余水变成径流流失; ( ) 附加冰带(或渗浸冻结带). 在冷冰川雪线附近, 融水量超过雪层中的孔隙体积, 部分形成渗浸冰, 部分在冰面冻结形成附加冰, 多余水分流失.

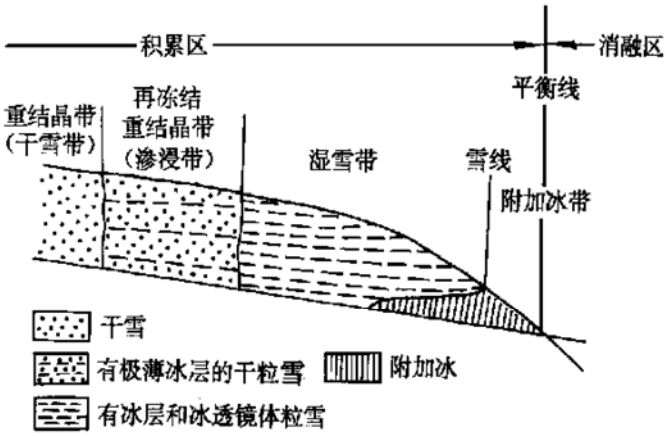


图1 冰川成冰作用带[1]

Benson[2]曾对格陵兰的重结晶带进行了详细研究, 并认为成冰带的完整带谱只能在格陵兰和南极局部地区找到. 在南极大陆主冰架区, 只有重结晶带和再冻结-重结晶带. 在中国山地冰川学研究过程中, 上述几种成冰作用带, 除重结晶带和再冻结-重结晶带以外, 其余各带在我国冷冰川上都有发现. 但一直没有发现重结晶带和再冻结-重结晶带. 因此, 科学家们倾向于认为中国境内冰川上不存在重结晶带和再冻结-重结晶带[3].

但由于过去中国冰川学家对成冰作用的研究, 都是在海拔较低的冰川区进行的, 一般在海拔6 000多米处[4~6], 对世界上最高山峰(喜马拉雅山、喀拉昆仑山、昆仑山、我国境内天山等7 000 m以上高峰)还没进行过具体的冰川学研究, 对这个高度成冰作用的推测常常是主观的、

缺乏实际材料的[3]. 因此, 中国境内冰川上是否存在重结晶带或再冻结-重结晶带, 实际上一直是未解的谜.

1996 年 8 月, 中国冰川学家首次登上青藏高原南部希夏邦马峰地区达索普(也称野博康加勒)冰川 7 000 m 处大平台, 为解开此谜提供了机会.

2 希夏邦马峰达索普冰川 7 000 m 处的成冰作用

希夏邦马峰达索普冰川位于喜马拉雅山北坡(北纬 28°23′, 东经 85°43′), 冰川长 10.5 km 左右, 冰川面积为 21.67 km^2 左右, 冰川末端为 5 600 m 左右, 冰川雪线超过 6 000 m. 整个粒雪线以上的积累区由若干冰雪台阶、冰雪陡坡和冰雪平台组成. 积累区最高一级大冰雪平台, 海拔在 7 000 m 左右, 长约 3 km, 宽超过 1 km. 在此冰雪平台, 冰川测厚平均在 350 m 以上. 此外, 此冰雪平台坡度不大, 地形平缓, 冰流速缓慢, 是进行成冰作用过程研究的理想地点.

图 2 所示是雪坑和冰芯所显示的达索普冰川成冰作用过程剖面图. 图 2(a) 是雪坑剖面图, 图 2(b) 和 2(c) 是冰芯剖面图. 从图 2(a) 可以看出, 在不同雪坑 2 m 深度范围内, 可随深度不同出现 2~ 4 个薄冰壳, 其厚度分别为 1, 3, 4 和 6cm. 雪坑中冰壳相加, 其厚度约占整个雪坑剖面的 10%, 而雪的厚度占整个雪坑剖面的 90%. 雪坑密度随剖面深度的加大而逐渐变大(图 2(a)). 这种特征反映了雪密实化的渐变特征, 雪的密实化过程实际上就是成冰作用过程. 在图 2(b) 上, 可以看出成冰作用过程在更长时间尺度上的特征. 在 19.11m 冰芯剖面上, 共出现 35 个冰壳, 35 个冰壳总厚度为128.5 cm, 不到总厚度(19.11 m) 的 7%, 平均每个冰壳厚约 4 cm. 根据计算, 在此冰雪大平台上, 19.11m 深的冰芯, 可划分出 14 个年层, 即每年降雪厚度可达 1.3m 以上, 而每层冰厚不到 5cm, 足显其微不足道. 在冰芯剖面上, 冰密度(图 2(b)) 变化显示了随着深度稳定地、逐渐地增大的特征. 这同雪坑资料所显示的短期内的密实化过程是一致的. 图 2(c)) 是 18.49 m 冰芯的剖面图, 在该剖面图上, 共数出 28 个冰壳, 考虑到冰芯长度比 19.11m 冰芯少 0.6m, 那么, 可以认为这两冰芯单位长度内所反映的冰壳的数量是相同的, 即厚度 19.11∶18.49, 冰壳数 35∶28. 但冰壳厚度却有差异, 28 个冰壳总厚度达 127cm, 平均每个冰壳厚4.5 cm. 冰壳总厚度(127cm) 占冰芯总剖面厚度的 6.9%. 18.49m 冰芯未进行密度测量, 但从剖面特征看, 其密实化过程同 19.11m 冰芯所反映的密实化过程是一致的. 也就是说, 其密实化过程也是一种稳定的、逐渐的过程. 所不同的是, 由于 18.49m 冰芯的冰壳平均厚度和总厚度大于 19.11m 冰芯, 所以其密实化过程可能要略快于 19.11m 冰芯.

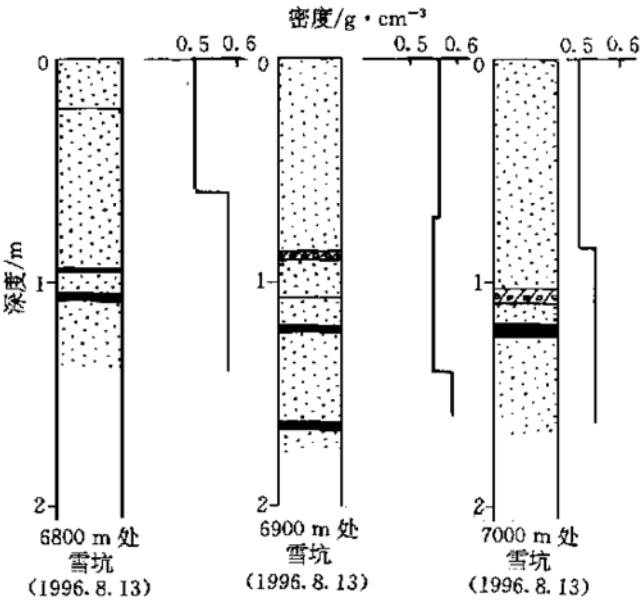


图 2(a)　达索普冰川 7 000 m 大平台成冰作用过程雪坑剖面图

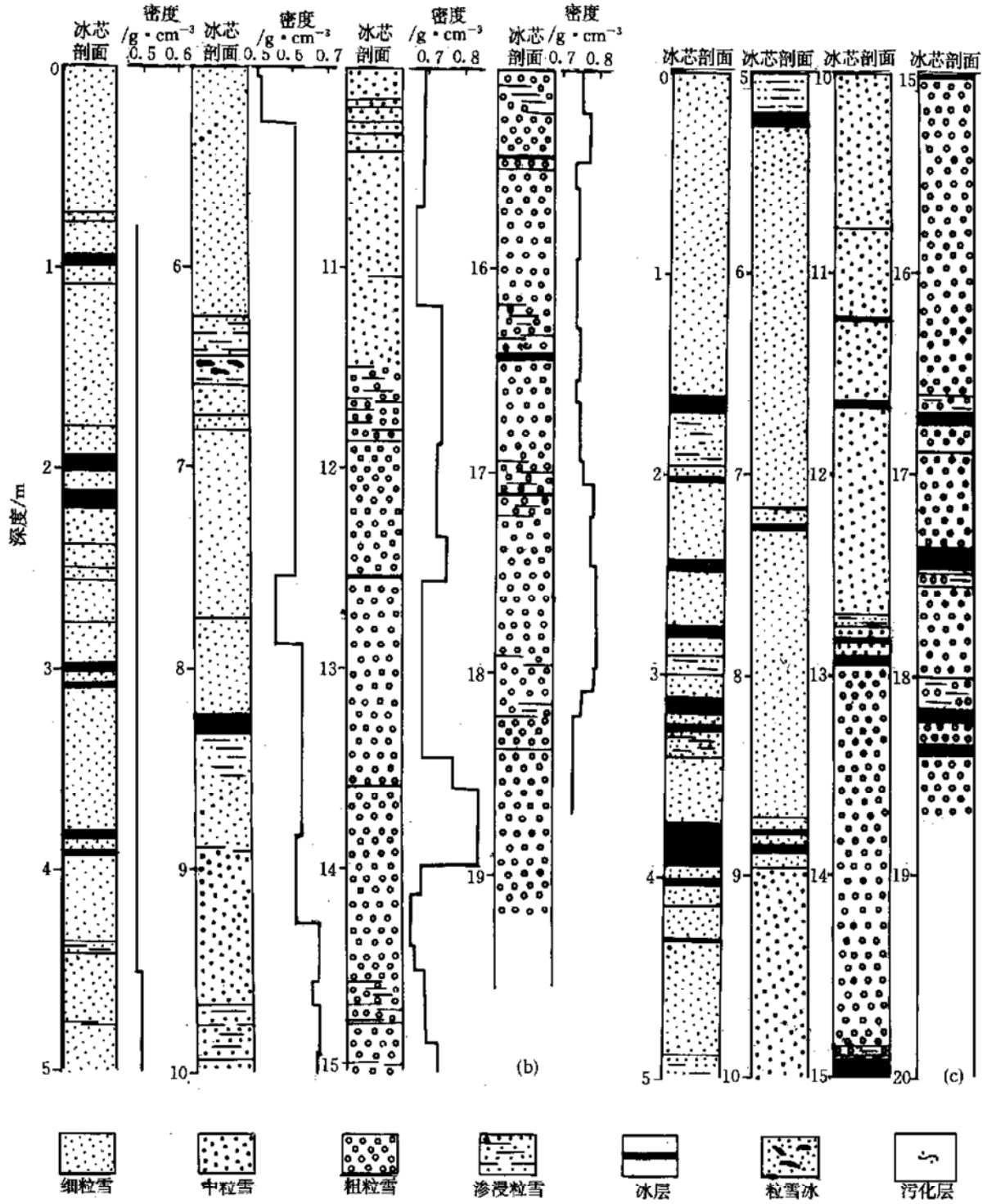


图 2(b), (c)　达索普冰川 7 000 m 大平台成冰作用过程 19 和 18 m 冰芯剖面图

3　讨论

综上所述, 雪坑剖面和冰芯剖面、雪坑剖面密度和冰芯剖面密度都显示, 达索普冰川 7 000 m 处冰雪平台上的成冰作用过程(也即密实化过程) 是一种稳定的、缓慢的、逐渐的成冰过程. 在两冰芯底部(18. 49 和 19. 11 m 深处), 都还出现几十厘米厚的粒雪, 因此, 可以估计, 要出现真的冰川冰, 至少应在 30~ 40 m 以下. 在这个深度或以下才出现冰, 无疑是通过重结晶作用

过程成冰. 达索普冰川冰温极低(图 3) , 10 m 处冰温接近- 14 ℃, 和已经发现的我国极地型冰帽——古里雅冰帽相似. 19 m 处冰温仍为- 13.5 ℃, 在这样低的冰温下, 若无融水参与, 由粒雪变成冰川冰时, 其成冰作用过程肯定是重结晶作用. 由于在干粒雪中, 仍有微量消融壳出现, 因此, 这种重结晶作用过程应属于再冻结_重结晶作用.

一个需要解释的问题是, 为什么在达索普冰川 7 000 m 处大平台上出现了在北极和南极地区才会出现的再冻结_重结晶带, 野外现场观测回答了这个问题. 1996 年在野外的一个月, 正是这儿的暖季, 同时也是夏季风雨季期. 在此雨季期间, 冰川上空几乎天天云雾缭绕且天天降雪. 就是在很偶然的几个晴天里, 一到下午, 冰川上空也是云遮雾罩, 大雪纷飞. 这样的天气过程, 不但直接阻挡太阳辐射, 抑制了冰面融化, 而且通过每天的降雪过程, 增大了雪面反射率, 使得穿透云层到达雪面的有限的太阳辐射也不能起有效的作用. 由此看来, 除了高海拔低温因素以外, 夏季风所带来的丰沛降水及其与之相伴随的多云和每天降雪所产生的高反照率是希夏邦马峰再冻结_重结晶带出现的最主要的原因.

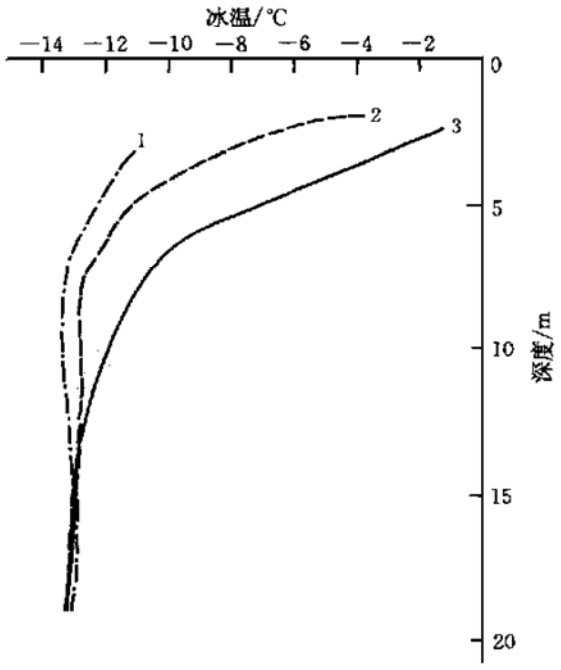


图 3　达索普冰川冰温

1 ——18.49 m 孔, 1996 年 8 月 16 日测冰温(美方仪器测) ; 2 ——19.11 m 孔, 1996 年 8 月 17 日测冰温(中方仪器测) ; 3 ——1996 年 8 月 15 日所测 19.11 m 孔冰温(美方仪器)

致谢　本工作为“攀登”计划和国家自然科学基金(批准号: 49671021) 资助项目.

参 考 文 献

1　Paterson W S B. The Physics of Glaciers. Amsterdam: Elsevier Science Publishing Ltd, 1994. 9~ 10

2　Benson C S. Stratigraphic studies in the snow and firn of the Greenland Ice sheet. Folia Geographica Danica, 1961, 9: 13~ 37

3　谢自楚. 希夏邦马峰北坡的积雪和成冰作用. 见: 希夏邦马峰地区科学考察报告. 北京: 科学出版社, 1982. 45~ 58

4　谢自楚, 王宗太. 珠穆朗玛峰北坡成冰作用. 见: 珠穆郎玛峰地区科学考察报告(1996~ 1986) . 北京: 科学出版社, 1975. 14~ 25

5　谢自楚, 郑本兴, 李吉均, 等. 中国冰川的分布特征及变化. 见: 中国地理学会冰川冻土学术会议论文选集(冰川学) . 北京: 科学出版社, 1982. 1~ 13

6　谢自楚, 黄茂桓. 见: 中国冰川的成冰作用. 中国冰川学概论. 北京: 科学出版社, 1988. 55~ 68

(1997-04-01 收稿, 1997-07-14 收修改稿)