科 学 通 报
第 39 卷 第 5 期 CHINESE SCIENCE BULLETIN 1994 年 3 月

冰芯记录所揭示的青藏高原升温*

姚檀栋 杨志红 刘景寿
(中国科学院兰州冰川冻土研究所，兰州 730000)

关键词 冰芯、青藏高原、升温

许多研究证实，青藏高原不仅在全球变化中具有重要作用，而且也对全球变化十分敏感．本文将以最新的冰芯资料阐述青藏高原的升温和青藏高原对全球升温的敏感性．

冰芯样品中温度的最好指标是稳定氧同位素(简写 $\delta^{18}O$)和稳定氢同位素(简定 δD)．本文的讨论以稳定氧同位素为基础．以稳定氧同位素作为冰芯样品中反映温度的指标时，一个首先需要回答的问题是冰芯样品中的稳定氧同位素是否反映了温度的变化．为了回答这个问题，从 1989 年开始，在唐古拉冰川附近和敦德冰川附近(图 1)建立了两个长期采样观测点以进行降水中稳定氧同位素与气温关系的研究．其基本方法是，采集每一次降水中的样品，并记录下所采集样品从云中下降时的气温．所采集的样品从野外运回到实验室后，立即进行稳定氧同位素测定．氧同位素的测定是在 MAT-252 质谱仪上进行的，其测量精度为 0.5‰．得到降水中稳定氧同位素的结果以后，结合已获取的气温资料，进行两者之间关系的分析．本研究工作目

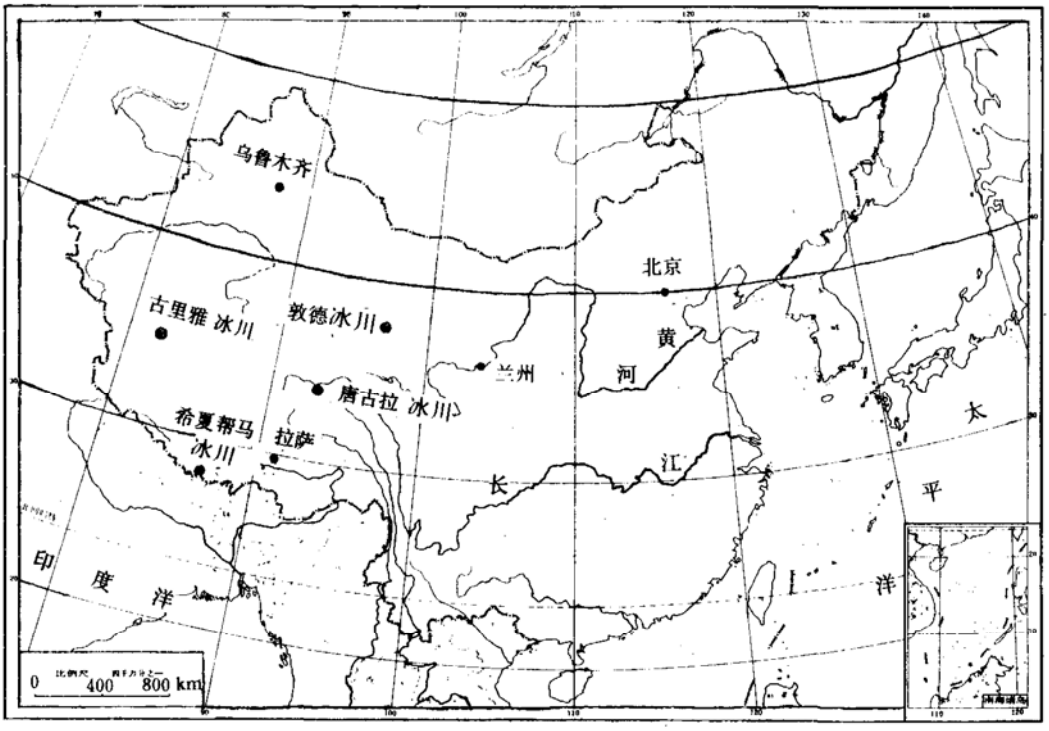

图 1 青藏高原冰芯样品采集点

1993-06-22 收稿，1993-11-12 收修改稿．
* 国家自然科学基金和攀登计划资助项目．

前仍在进行，详细研究的结果将有专文讨论．但本研究的初步结果清楚地表明，青藏高原降水中的稳定氧同位素与气温密切相关，是气温的理想指标．

为了分析青藏高原降水中稳定氧同位素与温度之间的关系，我们除了在固定站进行长期采样分析外，还进行了大范围内不同高程的降雪采样，以分析稳定氧同位素随高度的变化．大范围不同高程采样的方式分为两种：一是横穿青藏高原的大范围采样，二是在一个有较大高程变化的特定地区采样．西昆仑古里雅冰帽被选为这样的特定地区，其原因是古里雅冰帽面积大（330km^{2}以上），高差也大（从冰帽顶部到冰帽边缘相对高差1400m）．研究发现，稳定氧同位素与高度之间有明显的相关关系：稳定氧同位素随海拔高度的降低而增大，反之亦然．由于温度随海拔高度降低而增加，随海拔高度的上升而减小，所以上述稳定氧同位素与海拔高度的关系实际上也反映了它与温度的关系．

为了研究过去气候变化，已在青藏高原不同地区钻取了20多根冰芯（图1）．本文着重于新近在两个地点钻取的冰芯分析．这两个地点是西昆仑山古里雅冰帽和唐古拉山的唐古拉冰

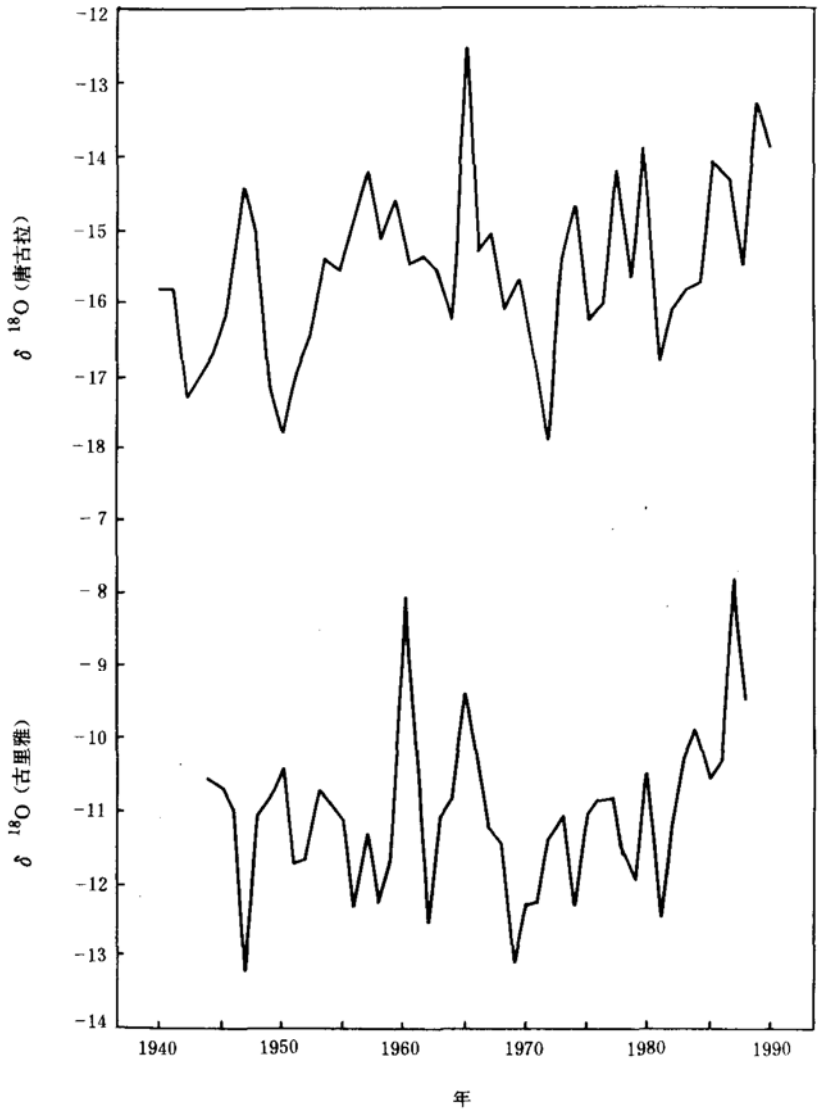

图2　唐古拉冰芯和古里雅冰芯样品中氧同位素的年际变化

川．我们从唐古拉冰川钻取了两根冰芯，分别长 17m 和 14m．17m 冰芯因受冰裂隙的扰动，没有用来进行分析．14m 冰芯的时间序列追溯到本世纪 30 年代．在古里雅冰帽我们共钻取深、浅孔冰芯 10 根，为了本文的研究，我们也选取了时间序列追溯到本世纪 30 年代的相应浅孔冰芯，以与唐古拉冰芯结合起来进行分析．冰芯的断代是冰芯时间序列和冰芯气候环境信息解释的关键．就青藏高原的冰芯来讲，比较精确的方法是将冰芯中年层计数和冰芯样品中稳定氧同位素季节变化结合起来，进行冰芯断代[1]．这也是本文所用的方法．

图 2 表示唐古拉冰芯和古里雅冰芯样品中稳定氧同位素的年际变化．虽然这两地点相距 1000km 以上，但两个冰芯样品中稳定氧同位素所记录的变化趋势却基本相似．这两记录都显示，本世纪 50 年代晚期至 60 年代早期为一暖期，这一暖期前后，各有一相对降温时期．这一暖期后的相对降温期的最低点是在 1969 年．中国西部的气象记录已证实了 50 年代晚期至 60 年代早期的温暖期的存在和以 1969 年左右为转折点的相对降温期的存在．这两记录所显示的最

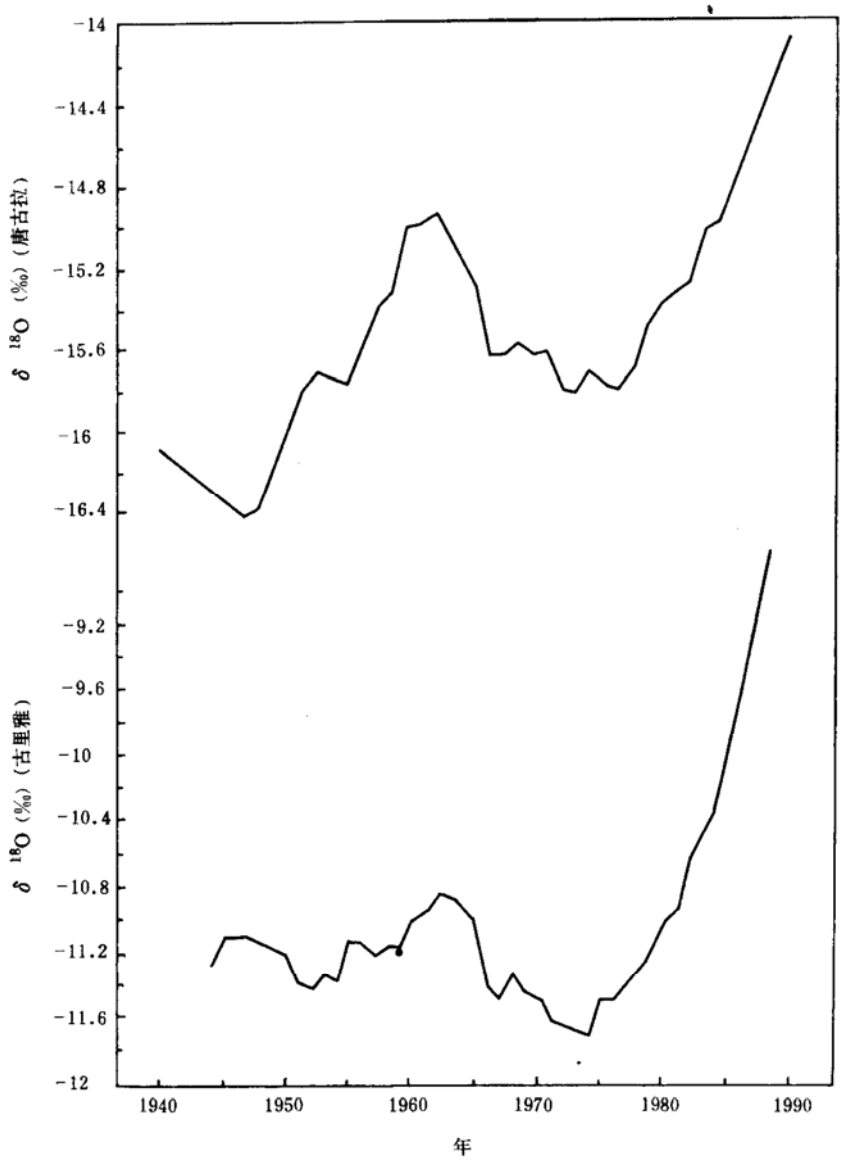

图 3 唐古拉冰芯和古里雅冰芯记录 11 年滑动平均

重要的特征是 80 年代的升温．无论是唐古拉冰芯记录还是古里雅冰芯记录，都显示从 70 年代晚期开始、至 80 年代进一步强化了的这次升温是过去 50 多年来最强烈的一次．在古里雅冰芯记录中，这次升温过程比唐古拉冰芯记录更剧烈．图 3 是唐古拉冰芯和古里雅冰芯记录的 11 年滑动平均．在图 3 中，两冰芯所记录的 50 年代晚期至 60 年代早期的暖期和 80 年代的暖期表现得更明显．同时可以看出，古里雅冰芯记录的变暖不但比唐古拉冰芯更剧烈，而且在位相上早于唐古拉冰芯记录．在敦德冰芯研究时，我们曾发现敦德冰芯记录的变暖时间早于中国东部[2]．古里雅冰芯记录的变暖早于唐古拉冰芯的事实说明，不但整个中国东西部的气候变化有差异，而且在青藏高原，气候变化也存在东西部差异．

致谢　谢超协助整理资料，顾佩绘图，在此谨致谢忱．

参　考　文　献

[1] 姚檀栋等，中国科学，B 辑，1990, (11): 1196—1200.

[2] Yao Tandong, Thompson, L. G., *Annals of Glaciology*, 1992, **16**: 21—24.