

文章编号: 1000-0240(2002)06-0687-06

中国第四纪冰期划分改进建议

施 雅 风

(中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘 要: 由刘东生主持 16 位研究者提出的“以气候变化为标志的中国第四纪地层对比表”一文发表已近 2 a, 其中由施雅风执笔第四纪冰期与海洋同位素对比部分. 由于新情况的出现, 需作适当改进: 1) 周尚哲等应用 ESR 测年确定祁连山北坡摆浪河源中梁赣海拔 2 996 m, 高出现代河床 500 m 处冰碛年代为 462.9 ka BP, 天山乌鲁木齐河上游高出河床 200~300 m 的高望峰阶地冰碛样品 ESR 测年为 477.1 ka BP 和 459.7 ka BP, 均相当于 MIS 12 阶段, 该阶段国际上对应 Kansan - Mindel 冰期, 与 MIS 2、MIS 6 和 MIS 16 都是 100 ka 周期 $\delta^{18}\text{O}$ 值特低时期; 2) 古里雅冰芯记录中相当于 MIS 3b 阶段, $\delta^{18}\text{O}$ 值折算温度比现代低 5 °C 左右, 已经发现台湾雪山山庄期冰碛 TL 年代为 (44.25 $\pm$ 3.72) ka BP, 天山乌鲁木齐河谷一处冰碛 ESR 年代 45.9 ka BP, 喜马拉雅山、喀喇昆仑山和兴都库什南坡测定对应此时段冰川前进更为显著, 初步检查亚、欧、北美、南美和澳洲 12 个地区 23 个地点相应于 MIS 3b 冷期冰川前进规模均超过 MIS 2 阶段, 即常说 LGM 时, 推测 MIS 3b 的降温值虽不及 MIS 2, 但降水较多, 有利于冰川发展; 3) MIS 3a 暖期, 不仅青藏高原异常暖湿, 而且中国全境的降水量普遍高于现代, 并有较大范围的海侵与仅低于现代海面 8~10 m 的高海面, 气候环境实际达到间冰期程度. 上述 3 点应补充入中国冰期划分表.

关键词: 冰期; 海洋同位素阶段(MIS); MIS 12; MIS 3b; MIS 3a

中图分类号: P534.63 **文献标识码:** A

1 引言

2000 年由刘东生主持 16 位研究者提出“以气候变化为标志的中国第四纪地层对比表”, 其中中国第四纪冰川——冰期与海洋同位素比较表由施雅风执笔^[1]. 正如刘东生在该文中所说:“我们认为对中国第四纪 MIS 地层划分方案的提出目前还是一个‘有’或‘无’的问题, 尚未达到完全准确与否的阶段”, “一方面, 今后研究中发现许多新的, 令人兴奋的内容的可能; 另一方面在建立我们自己的第四纪地层对比还有许多实实在在的工作要做”. 果如他的预期, 在距该文发表仅 2 a 时间, 第四纪冰川研究就出现令人兴奋的新材料, 突破了以青藏高原第四纪冰川遗迹为基础, 少数几个测年资料拟订的冰期划分方案. 突破点主要为在后述 3 方面出现, 根据新事实, 就需修订 2000 年的方案.

2 新进展

2.1 MIS 12 阶段冰期的确定

以往根据地貌地层法的青藏高原第四纪冰期分为末次冰期(相当 MIS 2~4 阶段)、倒数第二次冰期(主要相当 MIS 6 阶段、起始时间不明)、倒数第三次冰期(MIS 16~18 阶段, 系冰川规模最大的冰期)以及更早的希夏邦马冰期, 但规模较小, 时代不明, 推测在 1 Ma 以前. 周尚哲等^[2, 3]应用电子自旋共振(ESR)技术采样测得祁连山北支走廊南山北坡摆浪河源中梁赣海拔 2 996 m, 高出现代河床 500 m 处的冰川漂砾和冰碛, 在直径 1~2 m 的粗砾岩漂砾间, 填充棕红色、深度风化, 含较多粘土的细砾冰碛采样, 在青岛海洋所业渝光主持的实验室测年得 ESR 年龄为 462.9 ka BP^[3]. 在天山乌鲁木齐河源望峰道班附近高出现代河床 200~300 m,

收稿日期: 2002-05-21; 修订日期: 2002-07-08

基金项目: 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所知识创新工程项目(CACX2002102); 中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX-10-06; KZCX2-301)资助

作者简介: 施雅风(1919—), 男, 江苏海门人, 中国科学院院士, 1944 年毕业于浙江大学研究院, 现主要从事冰川、古气候、全球变化与水资源研究. E-mail: shi@mail.issas.ac.cn

海拔 3 400~3 500 m 称为高望峰阶地残留的冰碛, 于 1999 年和 2000 年两次重复采样, 同样在青岛业渝光主持的实验室进行 ESR 测年, 获得 471.1 ka BP 和 459.7 ka BP 两组年龄^[4]. 考虑到 ESR 测年误差一般认为在 10 % 左右, 因此, 上述 3 个数据 (460~477 ka BP 间) 可认为同一冰期所成. 在海洋同位素曲线上, 应相当于 MIS12 阶段, 姚檀栋提供的古里雅冰芯³⁶Cl 测年记录也表明 MIS12 冰期存在^[2]. 在云南玉龙山东侧干海子附近, 郑本兴认为冰水湖相沉积的 ESR 年代为 (448.3 ± 89.0) ka BP, 亦可能看作 MIS 12 阶段堆积^[5]. 这个冰期在世界有较大的广泛性, Raymo^[6]依据太平洋 849 地点钻孔底栖有孔虫 $\delta^{18}\text{O}$ 值变化, 按 GSS47 时间标尺绘制的变化曲线 (图 1) 清楚地指示 800 ka BP 以来 100 ka 周期的冰量变化只是在 MIS 2, 6, 12 和 16 等 4 个阶段显著低于 $\delta^{18}\text{O}$ 5 %, 可分别和 Wisconsin - Würm 冰期, Illinoian - Riss 冰期, Kansan - Mindel 冰期, Nebraska - Günz 冰期相当. MIS 12 阶段出现于 420~480 ka BP 间^[6], 周尚哲等^[2]所得 3 个数据正位于 MIS 12 阶段的早期, 将来更多而精确的测年数据有希望填充 MIS 12 整个时段. E-meis *et al.* 根据阿拉伯海西北部季风驱动以上涌流沉积区 723 地点钻孔中有孔虫 *P. Obliquiloculata* 的 $\delta^{18}\text{O}$ 值变化, 重建的 500 ka BP 冰量变化指示, MIS 12 为最低值烯烃 U^k ³⁷ 指示的海表温度即 MIS 12 比现代偏低 2 °C 左右, 是曲线中的低值之一, 可能受表面热带海洋影响^[7]. 从上述事实可以确定 MIS 12 阶段冰期是不可忽视的重要冰期, 从摆浪河中梁赣与乌鲁木齐河高望峰阶地冰碛的地貌部位, 如无测年资料, 是容易被认为倒数第三冰期的冰碛, MIS 12 阶段冰期的成立, 在顺序上应被认为是倒数第三冰期, 这样又和原来的倒数第三冰期混

杂, 以此建议直称为中梁赣冰期, 而原命名倒数第三冰期称为昆仑冰期, 今后也不再用倒数第三、第四等冰期名称.

2.2 MIS 3b 阶段冰期的出现

据古里雅冰芯 $\delta^{18}\text{O}$ 记录和按 A. Berger 重建的长时期日射变化, MIS 3 阶段在中低纬度实际可分为早、中、晚三段, 按 5 阶段分 a, b, c, d, e 先例, a 最新, a, c, e 为暖期, b, d 为冷期, 则 3 阶段的 3 段可称为 3e, 3b 与 3a. c 和 a 为高日射暖期, b 为低日射冷期, 按 Thompson *et al.* 所拟订的曲线 MIS 3b 冷期时间出现于 54~44 ka BP, 海拔 6 200 m 处古里雅冰芯中 $\delta^{18}\text{O}$ 值折算温度低于现代 5 °C 左右, 是一个不可忽视的冷期^[8], 但是否达到了冰期的程度是个应解决的问题. 崔之久等对海拔 3 886 m 的台湾雪山考察, 确定了该山区具有确切无疑的末次冰期冰川的侵蚀和堆积, 应用 TL 法测定了三期冰碛年代, 其中山庄期冰碛的 TL 年代为 (44.25 ± 4.52) ka BP, 其时冰川长 4.5 km, 末端降至海拔 3 100 m, 平衡线海拔 3 300 m, 比之于 TL 年代为 (18.6 ± 4.52) ka BP, 即相当 MIS2 阶段冰盛期的水源期冰川规模 (长 3 km, 末端海拔 3 300 m). 平衡线海拔 3 500 m) 大得多^[9, 10]. 易朝路等^[4]对天山乌鲁木齐河谷上望峰组和下望峰组冰碛采样作 ESR 法测年, 发现上望峰组冰碛 ESR 年代比以前应用 AMS¹⁴C 法测定的年代 (19 080 ± 510) a BP 和 (23 019 ± 450) a BP 偏老数千年. 对下望峰组冰碛 4 个样品的 ESR 年代分别为 72.6 ka BP, 58.6 ka BP, 54.6 ka BP 和 56.6 ka BP, 单纯从数据看, 易朝路将之划入 MIS 4 阶段冰碛期是恰当的, 但如考虑 ESR 测年有可能偏老数千年, 则不能排除下望峰组部分样品归属于 MIS 3b 冷期的可能, 而从上游哈依萨鼓丘背冰面 3 m 深处

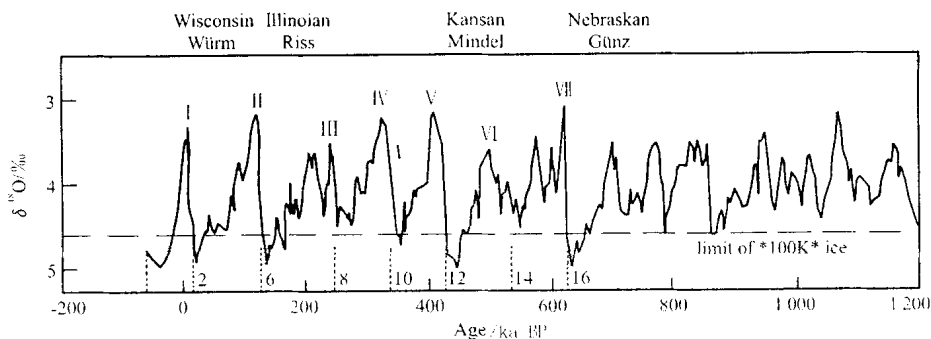


图 1 国际第四纪主要冰期与海洋同位素阶段比较^[6]

Fig. 1 The comparison of major Quaternary Glaciations and Marine Isotope Stages^[6]

冰碛样品的 ESR 测年 45.9 ka BP, 则可能完全为 MIS 3b 冷期的冰川前进^[4]. Staudacher 对阿尔金山南侧计方桥(Jifang Qiao)海拔 5 040~5 220 m 冰川堆积的花岗岩石砾进行宇宙射线形成的³He 测定, 获得了暴露年龄分别为 (19 ±4) ka BP, (41 ±2) ka BP 和 (44 ±2) ka BP, 后二者相当于 MIS 3b 阶段, 距现代冰川末端距离亦超过 MIS 2 阶段即 (19 ±4) ka BP 冰碛^[11]. 马秋华对喜马拉雅山系海拔 7 694 m 的纳木纳尼峰南坡第四纪冰川堆积考察中, 在邻近几个河谷的山麓冰碛碳酸钙采样的¹⁴C 测年得 (40 100 ±800) a BP, (33 250 ±750) a BP 和 (32 890 ±800) a BP 数据, 显然均早于 MIS 2 阶段的冰碛, 可能主要为 MIS 3b 冷期冰川前进结果^[12]. 年保玉则山末次冰期较老的希门错冰碛相连的第一阶地砂黄土堆积底部 TL 测年为 49 ka BP 亦应与 MIS 3 b 冷期气候有关^[13]. 国境以外的喜马拉雅山

表 1 中国冰期与海洋同位素阶段(MIS)比较表(2002 改进方案)

Table 1 Table of China Quaternary Glaciation correlation with Marine Isotope Stages (MIS) (2002 modified)					
年代/ ka BP	MIS(综合 SPECMAP 与 DSDP607)	中国冰期(据古里 雅冰芯与冰川沉 积记录)	喜马拉雅与青藏高原	天山与阿尔泰山	东部山区
11	1	1. 冰后期	小冰期与新冰期冰进(4ka BP 以来), 绒布德寺阶段, 大暖期冰退, 新仙女木、早全新世冰进	小冰期与新冰期冰进(4ka BP 以来), 土格别进而齐阶段, 大暖期冰退, 新仙女木、早全新世冰进	
	2	2. 末次冰期晚冰阶, 末次冰盛期 (LGM)	珠穆朗玛冰期 II(绒布寺阶段): 贡嘎冰期 II(¹⁴ C:19.7 ka BP) 大理冰期 II(ESR:16 ka BP)	破城子冰期(?) 上望峰冰期 (AMS ¹⁴ C:17~23 ka BP) 哈纳斯冰期(?)	太白冰期 II (TL : 19 ka BP) 水源阶段 (台湾) TL :14~19 ka BP
	28~32				
44	3	3a 间冰期	大湖期(30~40 ka BP 左右) 藏东南 ¹⁴ C: 36 ka BP	大湖期(30~40 ka BP)	
54		3b 末次冰期中冰阶	冰川前进、阿尔金山计方桥冰碛 ³ He: 41~44 ka BP	乌鲁木齐河谷哈依萨鼓丘冰碛 ESR:46 ka BP	山庄阶段(台湾) TL : 44 ka BP 左右
58~60		3c 间冰阶			
75	4	4. 末次冰期早冰阶	珠穆朗玛绒布谷地高测碛 风化凹坑: 60~72 ka BP	乌鲁木齐河谷下望峰期 部分冰碛 ESR: 58~72 ka BP	太白冰期 II
130	5a, 5b, 5c, 5d, 5e	5. 末次间冰期	高湖岸、纳木错 70~90 m 湖岸铀系测年 78~91 ka BP 甜水海铀系测年 74~145 ka BP	天山柴窝堡第三湖相系 120~75 ka BP	
420	6	6. 倒数第二冰期, 开始时间可能 8 或 10 阶段 间冰期	珠穆朗玛冰期 I(基龙寺阶段), 藏东南古乡冰期, 西昆仑布拉克巴什冰川、冰碛砂 TL :206 ka BP 左右	天山台兰河谷契克达坂冰期(?)	
480	12	12. 中梁赣冰期	祁连山摆浪河中梁赣冰碛 ESR:463 ka BP 左右	乌鲁木齐河谷高望峰冰碛 ESR: 460~477 ka BP	
600	13, 14, 15	大间冰期	若尔盖钻孔针阔叶林植被 藏南红色风化度	柴窝堡钻孔 550~400 ka BP 湖相沉积	
800	16, 17, 18, 19, 20	昆仑冰期 (最大冰期)	青海昆仑山垭口冰碛 ESR: 710 ka BP, 磁性地层 <780 ka BP, 古里雅冰芯底部 ¹⁴ C:760 ka BP	台兰河谷柯克台不爽冰期(?)	
		间冰期			
		希夏邦玛冰期	希夏邦马冰期(时间待定)	阿合布隆冰期(时间待定)	

南坡、喀喇昆仑山南坡与兴都库什山南坡发现了 MIS 3b 阶段冰川前进更多和更显著,其中兴都库什山主峰 Tirich Mir (海拔 7 706 m)南坡, Owen *et al.* 应用改进的光释光 (Optically Stimulated Luminescence) 测年,对 Drosh 阶段(冰川长 270 km, 平衡线比现代冰川低 1 200 m, 冰碛高出谷底 80~150 m), 9 个冰碛样品的测年数据的多数集中于 52~40 ka BP^[14], 可以确定为 MIS 3b 冷期冰川前进, 其前进规模远超过其后 MIS 2 阶段冰川规模. 喀喇昆仑山洪扎河谷中与 Ghulkim I 期冰川堆积相当的湖相沉积 TL 测年为 (47 ± 2.3) ka BP^[15], 喜马拉雅山西段印度境内称为 Lahul Himalays 山区 Batal 期冰川前进的光释光测年得冰川最大时年龄为 (43.4 ± 10.3) ka BP^[16], 显然相应于 MIS 3b 冷期. 初步检阅现代有测年资料的末次冰期冰川文献统计到亚洲、欧洲、北美洲、南美洲和澳洲 12 个地区 23 个地点有相当于 MIS3b 导致的冰川前进记录, 这个时期冰川前进规模都超过气候严寒而干燥 MIS 2 阶段 25~15 ka BP (Last Glacial Maximum) 冰川规模, 这与 MIS 3b 降温程度小于 MIS 2 相当矛盾, 这迫使研究者推断出 MIS 3b 冷期降水较 MIS 2 丰沛, 山区降雪大, 因而 MIS 3b 冷期冰川积累丰富, 而日射较低所导致的降温抑制了冰川消融, 有条件导致冰川的盛大前进^[17]. 如果这个推断是正确的, 则 MIS 3b 冷期应作为冰期对待, 这样末次冰期就不是过去那样分的早、晚 2 个冰阶 (MIS 4 与 MIS 2) 而应分早、中、晚为 3 个冰阶 (MIS 4, MIS 3b 与 MIS 2). 但是在测年数据不足条件下, 将 MIS 3b 从 MIS 4 分离出来是困难的.

2.3 MIS3a 暖期实际达到间冰期暖湿程度

1999—2002 年间发表的文献^[18~20]已经明确 30~40 ka BP 即 MIS 3a 阶段, 青藏地区特殊温暖湿润, 西南季风降水旺盛, 以至可称为高温大降水期, 对湖泊与河流有重大影响. 最近检查西北、华北、长江流域和华南各地区, 发现降水量普遍高于现代, 中国西部与华南的温度也高于现代, 但东北至长江流域的温度, 多数孢粉研究者认为略低于现代, 同时出现高海面 and 三大三角洲地区的盛大海侵^[21], 当时冰盖消融萎缩, 可能当时北方冰盖只有末次冰盛期一半左右^[22].

另外, 在西藏的纳木错湖区, 赵希涛等发现有高于现代湖面 70~90 m 的高湖岸线, 通过铀系测年为 78~91 ka BP, 对应于 MIS 5 阶段的末次间冰期^[23].

3 中国冰期划分与海洋同位素阶段比较的 2002 改进方案

改进方案如表 1 所示.

表中虽对 2000 年文献^[1]所提方案有所补充, 但仍然大量缺漏, 测年资料的贫乏, 特别是国际新兴测年方法 (改进的光释光 (OSL) 法、红外释光 (IRSC) 法, 多种宇宙成因³He 与³⁶Cl 等) 没有建立和应用, 是我国第四纪冰川研究落后的主要原因, 必须迅速改进, 急起直追.

参考文献 (References)

- [1] Liu Dongsheng, Shi Yafeng, Wang Rujian, *et al.* Table of Chinese Quaternary stratigraphic correlation remarked with climate change [J]. Quaternary Science, 2000, 20(2): 108 - 120. [刘东生, 施雅风, 王汝建, 等. 以气候变化为标志的中国第四纪地层对比表[J]. 第四纪研究, 2000, 20(2): 108 - 120.]
- [2] Zhou Shangzhe, Yi Chaolu, Shi Yafeng, *et al.* Study on the Ice Age MIS 12 in the Western China [J]. Journal of Geomechanics, 2001, 7(4): 321 - 327. [周尚哲, 易朝路, 施雅风, 等. 中国西部 MIS12 冰期研究[J]. 地质力学学报, 2001, 7(4): 321 - 327.]
- [3] Zhou Shangzhe, Li Jijun, Zhang Zhiqiang, *et al.* Glacial geomorphology and Ice Ages in the Bailang River Basin, Qilian Mountains[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2001, 23(1): 51 - 56. [周尚哲, 李吉均, 张世强, 等. 祁连山摆浪河谷地的冰川地貌与冰期[J]. 冰川冻土, 2001, 23(2): 131 - 138.]
- [4] Yi Chaolu, Jiao Keqing, Liu Kexin, *et al.* ESR Dating on tills and the Last Glaciation at the headwaters of the Urünqi River, Transhan Mountains, China [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2001, 23(4): 389 - 393. [易朝路, 焦克勤, 刘克新, 等. 冰碛物 ESR 测年与天山乌鲁木齐河流末次冰期系列[J]. 冰川冻土, 2001, 23(4): 389 - 393.]
- [5] Zheng Benxing. Quaternary Glaciation and glacier evolution in the Yulong Mount, Yunnan [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2000, 22(1): 53 - 61. [郑本兴. 云南玉龙雪山第四纪冰期与冰川演化模式[J]. 冰川冻土, 2000, 22(1): 53 - 61.]
- [6] Raymo M E. The timing of major climatic terminations [J]. Paleoceanography, 1997, 12(4): 577 - 585.
- [7] Emeis K C, Anderson O M, Doose H, *et al.* Sea surface temperature and the history of monsoon upwelling in the northeast Arabian Sea during the last 500,000 years [J]. Quaternary Research, 1995, 43(3): 335 - 361.
- [8] Thompson L G, Yao T, Davis M E, *et al.* Tropical climate instability, the last glacial cycle from Qinghai - Tibetan ice - core [J]. Science, 1997, 276: 1 821 - 1 825.
- [9] Cui Zhijiu, Yang Jianfu, Liu Gengnian, *et al.* Discovery of Quaternary glacial evidence of Snow Mountain in Taiwan, China [J]. Chinese Science Bulletin, 2000, 45(6): 566 - 571. [崔之久, 杨健夫, 刘耕年, 等. 中国台湾高山第四纪冰川之确证[J]. 科学通报, 1999, 44(20): 2 220 - 2 224.]
- [10] Cui Zhijiu, Yang Jianfu, Liu Gengnian, *et al.* Monsoon development and glacier disappearance —from the point of view of glacier revolution features during last glaciation in Xueshan, Tai-

- wan [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2000, **22**(1): 7 - 14. [崔之久, 杨健夫, 刘耕年, 等. 季风的发展与冰川的消失——从台湾高山末次冰期冰川发育特征说起[J]. *冰川冻土*, 2000, **22**(1): 7 - 14.]
- [11] Staudacher Th, Sarda Ph, Tappornier, P, *et al.* Preliminary ages of the Jifang Qiao glacier moraines, western Tibet determined from cosmogenic noble gas isotopes [A]. Abstracts of International Symposium of the Karakorum and Kunlun Mountains, June 5 - 9, 1992, Kashi, China [C]. Beijing: Geological Press, 1992. 102.
- [12] Ma Qiuhua. Geomorphology and Quaternary Glaciation in Naimonayi peak region [A]. Pro. Sino - Japanese Joint Sci. Symp. Tibetan Plateau. V. 2 [C]. Kyoto, 1989. 41 - 59.
- [13] Lehmkühl F, Liu Shijian. An outline of physical geography including glacial landforms of Eastern Tibet [J]. *GeoJournal*, 1998, **34**: 7 - 33.
- [14] Owen L A, Kamp Jr. U, Spencer J Q, *et al.* Timing and style of Late Quaternary Glaciation in the eastern Hindu Kush, Chitral, northern Pakistan: a review and revision of the glacial chronology based on new optically stimulated luminescence dating [J]. *Quaternary International*, 2002 (in press).
- [15] Derbyshire E, Li Jijun, Xu Shuying, *et al.* Quaternary history of the Hunza Valley, Karakorum Mountains, Pakistan [A]. Miller K. International Karakorum Project [C] New York: Camb. Univ. Press, 1989. 456 - 495.
- [16] Owen L A, Wishart M, Bailey R M, *et al.* Style and timing of glaciation in Lahul Himalaya, North India: a frame work for reconstructing late Quaternary paleoclimatic change in the western Himalaya [J]. *Journal of Quaternary Science*, 1997, **12**: 83 - 110.
- [17] Shi Yafeng, Yao Tandong. MIS 3b (54 - 44 ka BP) cold period and glacial advance in middle and low latitudes [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2002, **24**(1): 1 - 9. [施雅风, 姚檀栋. 中低纬度 3b(54 - 44 ka BP)冷期与冰川前进 [J]. *冰川冻土*, 2002, **24**(1): 1 - 9.]
- [18] Shi Yafeng, Liu Xiaodong, Li Bingyuan, *et al.* A very strong summer monsoon event during 30 - 40 ka BP in the Qinghai - Xizang (Tibet) Plateau and its relation to precessional cycle [J]. *Chinese Science Bulletin*, 1999, **44**(20): 1 851 - 1 852.
- [19] Shi Yafeng, Yu Ge, Liu Xiaodong, *et al.* Reconstruction of the 30 - 40 ka BP enhanced India monsoon climate based geological records from the Tibetan Plateau [J]. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology*, 2001, **169**: 69 - 83.
- [20] Shi Yafeng, Jia Yulian, Yu Ge, *et al.* Features, impacts and causes of the high temperature and large precipitation event in the Tibetan Plateau and its adjacent area during 40 - 30 ka BP [J]. *Lake Sciences*, 2002, **14**(1): 1 - 11. [施雅风, 贾玉连, 于革, 等. 40 - 30 ka BP 青藏高原及邻区高温大降水事件的特征、影响及原因探讨[J]. *湖泊科学*, 2002, **14**(1): 1 - 11.]
- [21] Shi Yafeng, Yu Ge. Warm - humid climate and transgressions during 30 - 40 ka BP and the potential mechanisms[J]. *Quaternary Sciences*, 2003, **23**(1): (in press) [施雅风, 于革. 30 - 40 ka BP 中国暖湿气候和海侵的特征与成因探讨[J]. *第四纪研究*, 2003. **23**(1): (出版中).]
- [22] Winograd I J. The magnitude and proximate cause ice sheet growth since 35000 yr BP [J]. *Quaternary Research*, 2001, **56**: 299 - 307.
- [23] Zhao Xitao, Zhu Dagang, Wu Zhonghai *et al.* The Development of Nam Co Lake in Tibet since Late Pleistocene[J]. *Acta Geoscientia Sinica* 2002, **23**(4): 329 - 334. [赵希涛, 朱大岗, 吴中海, 等. 西藏纳木错晚更新世以来的湖泊发育[J]. *地球学报*, 2002, **23**(4): 329 - 334.]

A Suggestion to Improve the Chronology of Quaternary Glaciations in China

SHI Ya-feng

(Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou Gansu 730000, China)

Abstract: Table of Chinese Quaternary Stratigraphic Correlation Remarkd with Climate Change presented by 16 authors under the direction of CAS Academician Liu Dongsheng has been published for nearly two years, of which a part, entitled by Comparative Study on the Quaternary Glaciations and Maritime Isotope, was written by Shi Yafeng. In view of recent discovery, the following three points are suggested to supplement the Chronology of Quaternary Glaciations in China.

(1) ESR dating demonstrates that the age of the moraine at 2 996 m a. s. l., 500 m above the present river bed, in the Zhonglianggan Mountain in the headwaters of the Bailang River on the north slope of the Qilian Mountains was 462.9 ka BP, and those of the moraines at Gaowanfeng terrace, 200~300 m above the present river bed, in the upper reaches of the Urumqi River in the Tianshan Mountains were 477.1 ka and 459.7 ka BP. These are equivalent to MIS 12, which may correspond to traditional Kansan - Mindel glacial period. The period, together with MIS 2, MIS 6 and MIS 16, belongs to the major sequence with 100 ka cycle.

(2) Temperature in MIS 3b, calculated from the $\delta^{18}\text{O}$ recorded in Guliya ice core, was about 5 °C lower

er than that at present. Moraine of shan Zhuang stage in Xueshan Villa in Taiwan has a TL Age of (44.25 $\pm$ 3.72) ka BP, and moraine in the $\text{Y}\ddot{\text{u}}$ mqi River valley at the high wang feng stage of the Tianshan Mountains has an ESR Age of 45.9 ka BP. Corresponding to this stage, the advance of glaciers in the Himalayas, the Karakorum Mountains and the southern slopes of the Hindu Kash Mountains was more evident. According to a preliminary study, in the cold MIS 3b, glaciers in 23 sites of 12 regions in Asia, Europe, North America, South America and Australia all advanced in a scale even greater than that in MIS 2. In other words, during the LGM, in MIS 3b precipitation was plenty and favourable to the extension of glaciers, although the inferred temperature reduction was less than that in MIS 2.

(3) During the warm MIS 3a, not only the Tibetan Plateau had an unusual warm and humid climate, but also the whole China had rich precipitation, more than that at present in general, together with large area of transgression, with a high sea level, merely 8~10 m lower than that at present. Climate and environment in MIS 3a was virtually comparable with the interglacial period.

Key words: Glaciation; maritime isotopic stage (MIS); MIS 12; MIS 3b; MIS 3a