

中华人民共和国地质矿产部
地质专报

二 地层 古生物 第13号

青藏大冰盖

韩同林 著

地质出版社

中华人民共和国地质矿产部

地质专报

二 地层古生物 第13号

青藏大冰盖

韩同林 著

地质出版社

内 容 简 介

本书是作者通过在青藏高原进行了十多年的野外实际考察工作所搜集的大量第一手资料的基础上撰写而成的,是目前关于青藏高原第四纪早期内陆型海洋性统一大冰盖的第一部最详细的著作。

全书共分10章,首次以大量确切的大冰盖遗迹的类型、特征及展布等,来论证青藏大冰盖的存在及其特征,确认青藏高原在早更新世中期曾为连绵一片的冰雪所覆盖;第一次揭示了世界第四纪早期古气候、古环境演化的极其重要的证据。这对于亚洲及世界第四纪地质、冰川、古气候和古环境演化研究必将产生重大影响。而且对于寻找高原第四纪盐类矿产资源及砂金、砂锡等砂矿床及其原生矿床均具有实际参考价值。

本书可供第四纪地质、地貌、冰川、环境、水文与工程地质、地理等方面的工作者及有关高等院校师生等参考。

本书另有英文版本,可供国际学术交流。

中华人民共和国地质矿产部 地质专报

二 地层古生物 第13号

青 藏 大 冰 盖

韩同林 著

责任编辑:蔡卫东 谭惠静

地质出版社出版发行

(北京和平里)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店总店科技发行所经销

开本: 787×1092¹/₁₆ 印张: 7.25 铜版图: 20页 字数: 166000

1991年7月北京第一版·1991年7月北京第一次印刷

印数: 1-1000册 定价: 7.30元

ISBN 7-116-00884-5/P·756

前言

中国第四纪冰川研究,是由杰出的地质学家李四光教授于1922年首先提出,后来又以他为核心创立了中国的第四纪冰川学说。近半个多世纪以来,在广大地学工作者的共同努力下,得到了很大发展;尤其对中国东部冰川的研究,投入了大量的研究工作,并取得了许多重要成果^[5,9,10,11,14,16,22,25,26,33]。目前,对中国东部是否存在第四纪冰川争论相当激烈,赞成者有之^[5,6,22,24,25,26,44,45,50],否定者有之^[33]。造成争论的关键所在,就是对中国第四纪时期,尤其是更新世早期的气候特征,未能取得可靠的证据;也可以说是对青藏高原在整个第四纪地质发展过程中是否存在统一的大冰盖问题未能取得确切的证据引起的。

关于青藏高原第四纪冰川的研究起步较晚,从五六十年代起我国才有较多的地学工作者进行过实地考察,到七八十年代,开始进行全面和较系统的调查,并取得了许多重要成果^[2,12,13,17,18,19,27,30,32,37,38,40]。这些成果为发现、研究和确定青藏大冰盖提供了许多重要证据和丰富的基础资料。

作者通过1965—1967年在青藏高原东部的地质调查,1975—1977年参加的1:100万拉萨幅路线地质考察,1979年参加的柴达木盆地北缘地质研究工作,1980—1982年参加的中法合作研究喜马拉雅地壳—上地幔形成与演化工作,1984—1989年参加的中国及其邻近海区第四纪编图工作和1988年参加的亚东—格尔木岩石圈GGT断面的路线地质考察等(图1),收集到不少有关第四纪冰川作用的资料。本专著即在上述已取得的大量有关资料的基础上,进行全面的综合、分析和研究,并结合该地区航卫片的初步解释撰写而成,属于《国家自然科学基金委员会重点资助项目(编号4860094)》和《地质矿产部“七五”重点科技(攻关)课题(编号88003-1)》中,青藏高原亚东—格尔木岩石圈GGT断面综合研究成果的一部分。经专家评审认为:“青藏大冰盖的结论可以成立”,“系我国第四纪地质研究中首次提出的重大发现,这是我国晚新生代古气候变迁的最重要材料,它突破了亚洲第四

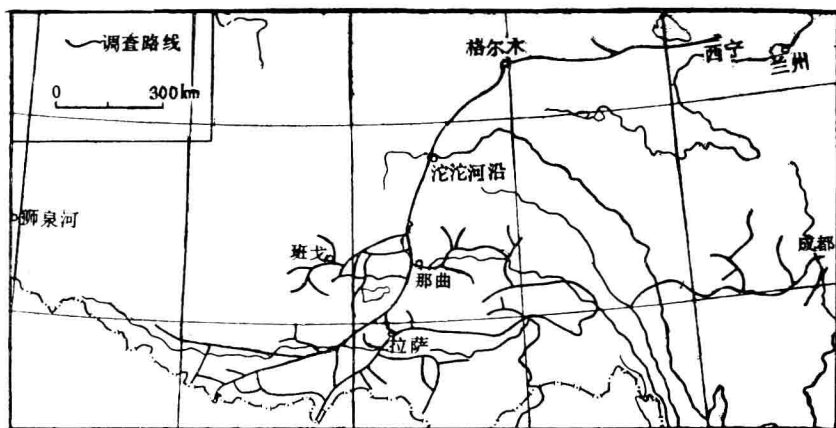


图1 青藏高原第四纪冰川调查路线略图

纪古气候及古环境变迁的旧格局，为未来亚洲气候变化及环境变迁预测的国际研究项目，提供了新依据”。

本书较详细地介绍了目前调查所及范围内大冰盖冰川遗迹的类型、特征及展布等，并与中晚更新世山谷、山麓冰川遗迹作了比较。在充分肯定大冰盖遗迹存在及其展布特征的基础上，着重讨论了青藏大冰盖的冰川类型，形成时代，冰盖冰流的中心、流向、冰流厚度及冰盖形成时古雪线的海拔高度等。还探讨了大冰盖的地壳均衡过程与高原隆升的关系。本书最后对高原的冰期、间冰期进行了初步划分、对比，并讨论了高原古气候的演化与第四纪底界等问题。因此，青藏大冰盖的研究和确定，不但把公认的世界第四纪冰盖作用的南界自北纬 40° 左右向南移至北纬 28° 左右；同时对解决长期争议的中国东部冰川问题和高原范围内有争议的其它一些重大地质问题（如中国第四纪冰期的划分、对比，高原夷平面形成和中国黄土的成因等）乃至对研究中国、亚洲以及世界范围的第四纪地质发展历史、第四纪冰川及古气候、古生物演化和古人类进化等，也都提供了佐证，因而具有重大的科学价值；对在青藏地区广泛分布的砂金及其原生矿床的寻找，第四纪沉积盐类矿产的研究，以及与大冰盖堆积物有关的水文地质、大型工程建设等问题均有重要的实际价值。

青藏高原幅员辽阔，地形条件复杂，气候恶劣，大冰盖遗迹的实际考察工作受到种种限制，实际考察范围有限，还不够全面和深入，取得的有关大冰盖证据多侧重于宏观上的观察，微观方面的研究很少。因此，本书所讨论的有关大冰盖的特征及其它有关问题，只能起到抛砖引玉的作用，不妥之处请批评指正。

本书在编写过程中得到孙殿卿教授、周慕林教授的指导，钱方副研究员、崔之久教授的热情帮助，以及吴功建教授、李廷栋教授、乔秀夫教授的积极支持。尤其是在本书出版过程中，得到项礼文教授的大力支持。全部图件由董效静清绘。郑英龙、唐哲民等，与作者共同进行了野外调查。在此一并表示衷心的感谢。

目 录

前 言	1
第一章 关于青藏大冰盖研究的简要历史回顾与现状	3
第二章 青藏大冰盖遗迹的类型及特征	6
第一节 关于青藏大冰盖遗迹类型的划分	6
第二节 大冰盖遗迹类型的特征	8
一、冰蚀遗迹类型	8
二、冰碛遗迹类型	13
三、挤压构造遗迹类型	16
第三章 青藏大冰盖遗迹的区域特征	18
第一节 藏南区	18
一、佩枯错—拉龙拉—定日地区	19
二、多庆错—普莫雍错地区	25
三、中贝乡地区	36
四、大竹区地区	37
第二节 羌塘区	40
一、羊八井—当雄地区	40
二、那曲—班戈地区	45
三、麦地卡地区	54
四、安多—唐古拉山口地区	56
五、雁石坪—昆仑山口地区	62
第三节 祁连山区	69
第四节 东南区	70
第四章 青藏大冰盖遗迹与区域构造、地层、岩石及地形的关系	72
第一节 大冰盖遗迹与区域构造的关系	72
第二节 大冰盖遗迹与区域地层的关系	73
第三节 大冰盖遗迹与区域岩石性质的关系	73
第四节 大冰盖遗迹与现代地形的关系	74
第五章 青藏大冰盖与中晚更新世山谷、山麓冰川遗迹的对比	75
第一节 空间分布	75
第二节 规模	75
第三节 与区域构造、地层、岩石及地形的关系	75
第四节 冰川遗迹特征的对比	76
第六章 关于青藏大冰盖遗迹成因的讨论	79
第一节 关于冰蚀遗迹的成因	79
第二节 关于冰碛遗迹的成因	81

第三节 关于大冰盖遗迹与高原岩溶地貌的关系	82
第七章 青藏大冰盖遗迹的航卫片影象特征	85
第一节 青藏大冰盖遗迹的航卫片影象特征	85
一、冰蚀遗迹的航卫片影象特征	85
二、冰碛遗迹的航卫片影象特征	88
第二节 青藏大冰盖与中晚更新世山谷、山麓冰川遗迹航卫片影象特征的对比	88
一、中晚更新世山谷、山麓冰川遗迹的航卫片影象特征	88
二、大冰盖遗迹与中晚更新世山谷、山麓冰川遗迹航卫片影象特征的对比	88
第八章 青藏大冰盖的特征	89
第一节 大冰盖形成的时代	89
第二节 大冰盖的冰川类型	90
一、关于冰川类型的划分	90
二、大冰盖冰川类型的确定	90
第三节 大冰盖的冰流中心	91
第四节 大冰盖冰流的流向	92
一、冰流流向确定的标志	92
二、大冰盖冰流流向的确定	92
第五节 大冰盖冰流厚度的计算	93
一、关于冰流厚度的计算方法	93
二、大冰盖冰流厚度的计算	93
第六节 大冰盖古雪线的推断	95
一、关于古雪线推断的方法	95
二、大冰盖古雪线海拔高度的推断	95
第九章 青藏大冰盖地壳均衡过程与高原隆升	97
第一节 青藏大冰盖地壳均衡过程的地质、地貌证据	97
一、地质证据	98
二、地貌证据	99
第二节 青藏大冰盖地壳均衡过程与高原隆升的关系	99
一、关于高原隆升机制	99
二、大冰盖地壳均衡作用与高原隆升的关系	99
第十章 青藏高原第四纪冰期、间冰期的划分和对比, 古气候演化及底界问题	101
第一节 青藏高原第四纪冰期、间冰期的划分和对比	101
一、关于冰期、间冰期划分的原则	101
二、冰期、间冰期的划分和对比	101
第二节 青藏高原古气候演化	103
一、上新世古气候	103
二、更新世古气候	104
三、全新世古气候	106
第三节 关于青藏高原第四纪底界问题	107
参考文献	108
图版及图版说明	

前言

中国第四纪冰川研究,是由杰出的地质学家李四光教授于1922年首先提出,后来又以他为核心创立了中国的第四纪冰川学说。近半个多世纪以来,在广大地质工作者的共同努力下,得到了很大发展;尤其对中国东部冰川的研究,投入了大量的研究工作,并取得了许多重要成果^[5,9,10,11,14,16,22,25,26,33]。目前,对中国东部是否存在第四纪冰川争论相当激烈,赞成者有之^[5,6,22,24,25,26,44,45,50],否定者有之^[33]。造成争论的关键所在,就是对中国第四纪时期,尤其是更新世早期的气候特征,未能取得可靠的证据;也可以说是对青藏高原在整个第四纪地质发展过程中是否存在统一的大冰盖问题未能取得确切的证据引起的。

关于青藏高原第四纪冰川的研究起步较晚,从五六十年代起我国才有较多的地质工作者进行过实地考察,到七八十年代,开始进行全面和较系统的调查,并取得了许多重要成果^[2,12,13,17,18,19,27,30,32,37,38,40]。这些成果为发现、研究和确定青藏大冰盖提供了许多重要证据和丰富的基础资料。

作者通过1965—1967年在青藏高原东部的地质调查,1975—1977年参加的1:100万拉萨幅路线地质考察,1979年参加的柴达木盆地北缘地质研究工作,1980—1982年参加的中法合作研究喜马拉雅地壳—上地幔形成与演化工作,1984—1989年参加的中国及其邻近海区第四纪编图工作和1988年参加的亚东—格尔木岩石圈GGT断面的路线地质考察等(图1),收集到不少有关第四纪冰川作用的资料。本专著即在上述已取得的大量有关资料的基础上,进行全面的综合、分析和研究,并结合该地区航卫片的初步解释撰写而成,属于《国家自然科学基金委员会重点资助项目(编号4860094)》和《地质矿产部“七五”重点科技(攻关)课题(编号88003-1)》中,青藏高原亚东—格尔木岩石圈GGT断面综合研究成果的一部分。经专家评审认为:“青藏大冰盖的结论可以成立”,“系我国第四纪地质研究中首次提出的重大发现,这是我国晚新生代古气候变迁的最重要材料,它突破了亚洲第四

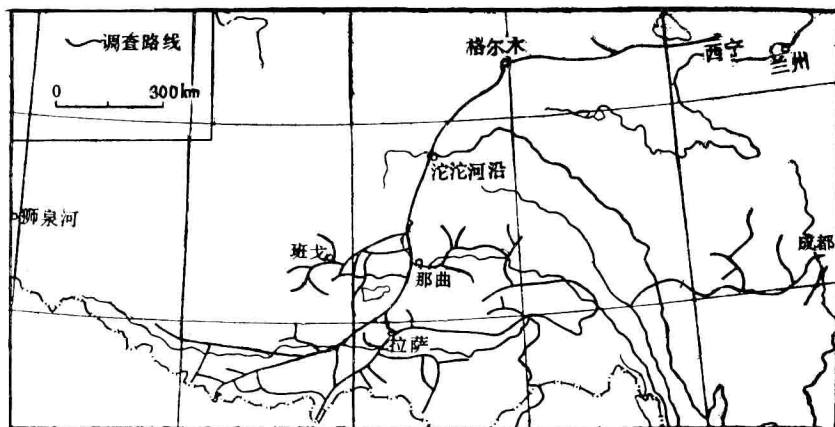


图1 青藏高原第四纪冰川调查路线略图

纪气候及古环境变迁的旧格局，为未来亚洲气候变化及环境变迁预测的国际研究项目，提供了新依据”。

本书较详细地介绍了目前调查所及范围内大冰盖冰川遗迹的类型、特征及展布等，并与中晚更新世山谷、山麓冰川遗迹作了比较。在充分肯定大冰盖遗迹存在及其展布特征的基础上，着重讨论了青藏大冰盖的冰川类型，形成时代，冰盖冰流的中心、流向、冰流厚度及冰盖形成时古雪线的海拔高度等。还探讨了大冰盖的地壳均衡过程与高原隆升的关系。本书最后对高原的冰期、间冰期进行了初步划分、对比，并讨论了高原古气候的演化与第四纪底界等问题。因此，青藏大冰盖的研究和确定，不但把公认的世界第四纪冰盖作用的南界自北纬 40° 左右向南移至北纬 28° 左右；同时对解决长期争议的中国东部冰川问题和高原范围内有争议的其它一些重大地质问题（如中国第四纪冰期的划分、对比，高原夷平面形成和中国黄土的成因等）乃至对研究中国、亚洲以及世界范围的第四纪地质发展历史、第四纪冰川及古气候、古生物演化和古人类进化等，也都提供了佐证，因而具有重大的科学价值；对在青藏地区广泛分布的砂金及其原生矿床的寻找，第四纪沉积盐类矿产的研究，以及与大冰盖堆积物有关的水文地质、大型工程建设等问题均有重要的实际价值。

青藏高原幅员辽阔，地形条件复杂，气候恶劣，大冰盖遗迹的实际考察工作受到种种限制，实际考察范围有限，还不够全面和深入，取得的有关大冰盖证据多侧重于宏观上的观察，微观方面的研究很少。因此，本书所讨论的有关大冰盖的特征及其它有关问题，只能起到抛砖引玉的作用，不妥之处请批评指正。

本书在编写过程中得到孙殿卿教授、周慕林教授的指导，钱方副研究员、崔之久教授的热情帮助，以及吴功建教授、李廷栋教授、乔秀夫教授的积极支持。尤其是在本书出版过程中，得到项礼文教授的大力支持。全部图件由董效静清绘。郑英龙、唐哲民等，与作者共同进行了野外调查。在此一并表示衷心的感谢。

第一章 关于青藏大冰盖研究的 简要历史回顾与现状

关于青藏高原在整个第四纪地质发展过程中是否曾形成统一的大陆冰盖,是国内外地质学界长期以来十分关心和存在较大争议的重大地质问题。早在19世纪末和20世纪初叶,一些国外探险家和研究者,根据一些零星资料曾先后提出过大陆冰盖存在的认识或假说。如亨丁顿(Huntington, E., 1906)、加依奇(Гайди)、哈尔乌德(Харвуд)、达伊伦(Данн-емн)等,他们研究了喜马拉雅山、喀喇昆仑山及西藏其它一些地区后,认为西藏广阔的湖盆多半是由于冰川作用形成的^[56,57,59,60]。但斯文赫定(Sven Hedin, 1907)则持完全相反意见,认为西藏冰川活动的规模极为有限。他认为虽然在更新世时温度不高,对于冰川活动有利,但由于喜马拉雅山、喀喇昆仑山在那时已有相当高度,已能阻挡潮湿的印度洋季风的入侵,对于冰川的发育已极为不利,因此古冰川可能遍及整个西藏,但仅发育于山区,规模也不可能太大。并认为平原地区未被冰川覆盖,原因是因为这里没有发现冰碛层。К. И. 波格丹诺维奇(Богдановиц, 1892)则认为这里的地貌、气候条件对冰川发育极为不利。他说,在昆仑山地区与其说有“冰期”,倒不如说有“洪积期”。E. 德林克勒(Trinkler, E., 1930)在对亚洲高原地貌研究后,认为古代冰川的遗迹在整个地区都有广泛分布,在平原区之所以未能见到冰碛层分布,是因为这里的侵蚀活动很弱,日照强,当地岩石很少碎裂化的缘故。B. M. 西尼村(1958)根据西藏古冰川和现代冰川的终点盆地,在中昆仑山的最小高程的分布下限为4600m,而其中较大冰川还要低于冰川的一般下限200—300m,并以此推算青藏高原在第四纪早期(最小高度推测在4300m)曾接连一片的冰雪所覆盖。他把平原地区冰碛物少的原因解释为由于冰流到达山间平原后,速度骤减,侵蚀岩石的活动能力相应减弱和携带的风化作用产物相对减少所致。并根据山谷中没有见到冰川活动引起的下切现象和没有磨圆的岩石及条痕,认为这些是说明冰盖不厚和活动能力不大的证据。从上述可以看出,不论是赞同还是反对冰盖存在,证据皆嫌不足,有的则把山谷、山麓冰川遗迹与大冰盖遗迹混为一谈^[65,68]。

此后,我国地质、地理工作者曾先后在青藏高原进行过多次实地考察,但考察范围集中在高原各大山脉附近(图1-1)。1954年李连捷等认为高原山地的古冰川遗迹发育很普遍,在第四纪时期曾有过大陆冰盖的存在^[12],但未能提供更多更确切的大冰盖遗迹的证据。1963年罗来兴等认为在青藏高原东部,高山夷平面上发育过平顶冰川,而无数十万平方公里的大冰盖^[23]。1964年,崔之久在“关于中国西部第四纪冰川覆盖类型问题”中明确否定大陆冰盖的存在^[40]。1964年施雅风、刘东生在参加希夏邦马峰考察后也认为没有大冰盖的存在^[32]。1965年,王明业等在对珠穆朗玛峰及藏北地区进行路线调查后,依据发现的古冰川遗迹,特别是奇林错附近冰碛物的分布,认为在海拔4200m以上地区的古冰川活动具有普遍意义,指出“虽不能认为那时有埋没所有地面的大冰盖存在,至少也可以说断续出现的冰盖是相当普遍的”,但推测这些古冰碛物很可能都是最后一次冰期的产物^[2]。毫

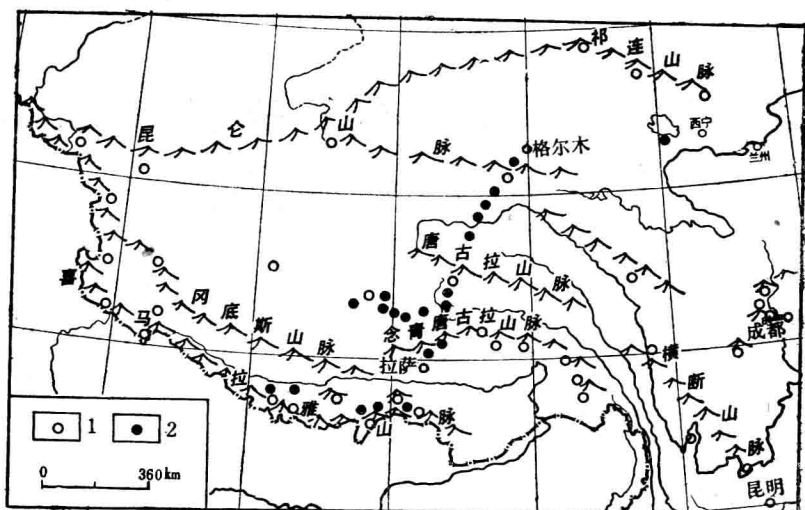


图 1-1 青藏高原第四纪冰川遗迹主要研究点分布示意图

1—1986年以前第四纪冰川遗迹研究点；2—青藏大冰盖遗迹研究点

无疑，这是我国地学工作者对大冰盖的存在所提供的唯一有一定证据的认识。但是由于取得的证据不多，对冰盖形成时代认识有误差等，仍无法确定大冰盖的存在。1966—1968年，郑本兴等在对珠穆朗玛峰地区进行较广泛和详细考察后，对该区第四纪冰川作用，尤其是对中晚更新世的山谷、山麓冰川作用取得了较丰富的第一手资料，对该区冰期、间冰期首次进行了较详细划分，并首次提出无大冰盖存在的较详细的“论证”^[27]。1982年，钱方、吴锡浩、浦庆余等，对念青唐古拉山、昆仑山及唐古拉山等地的第四纪冰川地质进行了较深入的研究，取得了较丰富的实际资料。但浦庆余等认为，高原在第四纪时期最多形成过局部冰盖^[19,37,38]。

1982年中国地质学会第四纪冰川与第四纪地质专业委员会，在总结我国第四纪冰川及第四纪地质学的成就与展望时明确指出“青藏高原古今冰川研究的成果，使我们对高原第四纪冰川的性质有了较明确的认识：第四纪任何时期都不存在统一的大冰盖”^[1]。1983年，杨逸畴等在对西藏高原地貌进行全面考察和研究后，对以往研究者（指B. M. 西尼村）所提出的大冰盖存在的依据进行较全面和深入的分析后，结论也是完全否定统一的大冰盖存在^[17]。1986年，李吉均等在“西藏冰川”一书^[15]，以及1989年郑本兴在“青藏高原真的有大冰盖吗？”的文章中，明确提出高原无大冰盖的“证据”和不能形成大冰盖的“原因”，并进行了全面和详细的论证^[30]。

近几年来，中国科学院冰川所与西德合作研究高原第四纪冰川。西德地貌学家M. 库勒（M. Kuhle）等，主要依据高原内部存在的一些冰川遗迹及高原周边分布的冰水砂砾堆积，作为古冰川到达的范围，推断高原末次冰期有过统一的大冰盖的存在^[58]。而冰川所的绝大多数专家则认为依据不足，认为库勒所依据的冰川遗迹实际上是山谷、山麓冰川所形成的，因此否定大冰盖的存在。

总之，关于青藏高原在整个第四纪地质发展过程中，是否曾形成统一的大冰盖，无论是赞成者还是反对者，迄今为止均未能提供更多和更有力的证据。正因为如此，使得对青

藏大冰盖是否存在这一重大地质问题，在中国基本上是持完全否定的认识。

但是，从本书所提供的大量野外实际资料看，证实青藏大冰盖确实存在的证据是比较充分的，或者说是比较肯定的。但应当看到对大冰盖本身的一些特征的认识，如大冰盖的形成时代、冰川性质、冰流厚度及古雪线海拔高度的推算等，尚欠深入研究和详细的资料；在对大冰盖形成的沉积物、古气候等方面的工作，涉及很少，还有待于作进一步的全面考察和研究。

第二章 青藏大冰盖遗迹的类型及特征

第一节 关于青藏大冰盖遗迹类型的划分

冰川遗迹是冰川在发生、发展和消亡过程中产生和遗留下来的各种痕迹及地貌。现依据大冰盖冰川遗迹形成的方式及特征，并为了叙述方便起见，大致划分为三种基本类型，即冰蚀遗迹、冰碛遗迹及挤压构造遗迹（表2-1）。

表 2-1 青藏大冰盖冰川遗迹类型划分简表

大 陆 冰 盖 冰 川 遗 迹	冰 蚀 遗 迹	冰蚀地貌	正 地 貌	冰蚀平原、冰蚀丘陵、基岩鼓丘等
			负 地 貌	U形谷、冰蚀洼地、冰盆、冰宽
		冰蚀痕迹	冰川磨光面、擦槽、冰坡、擦痕、冰川条痕石、冰臼、冰流侧蚀面及侧蚀线	
	冰 碛 遗 迹	冰 碛 物	冰川泥砾、侧碛、鳍碛等	
			冰水砂砾堆积、冰川泥石流堆积、冰水黄土状堆积等	
		冰碛地貌	冰碛丘陵、侧碛堤、鳍碛垄、冰台等	
	挤 压 构 造 遗 迹	表皮构造	褶皱构造	
			断裂构造	
		变形砾石	马鞍石	
		压 坑		

冰蚀遗迹 指冰川冰流对地表岩石的掘蚀、磨蚀和啃蚀等创蚀作用形成的各种各样痕迹，包括各种侵蚀地貌及刻痕。其中侵蚀地貌可分正地貌单元（如冰蚀平原、冰蚀丘陵等）和负地貌单元（如U形谷、冰蚀洼地等）。冰川刻痕包括磨光面、冰川擦槽及冰川擦痕等。

冰碛遗迹 指冰川及冰水搬运和堆积作用形成的各种堆积物及堆积地貌。堆积物包括由冰川直接搬运和堆积形成的冰川泥砾、侧碛、鳍碛等，以及由冰川融水搬运和堆积的砂砾堆积、冰川泥石流堆积等。冰碛地貌包括冰碛丘陵、侧碛堤、鳍碛垄等。

冰川挤压构造遗迹 指由冰川的挤压作用形成的褶皱、断裂等表皮构造及变形砾石、压坑等。

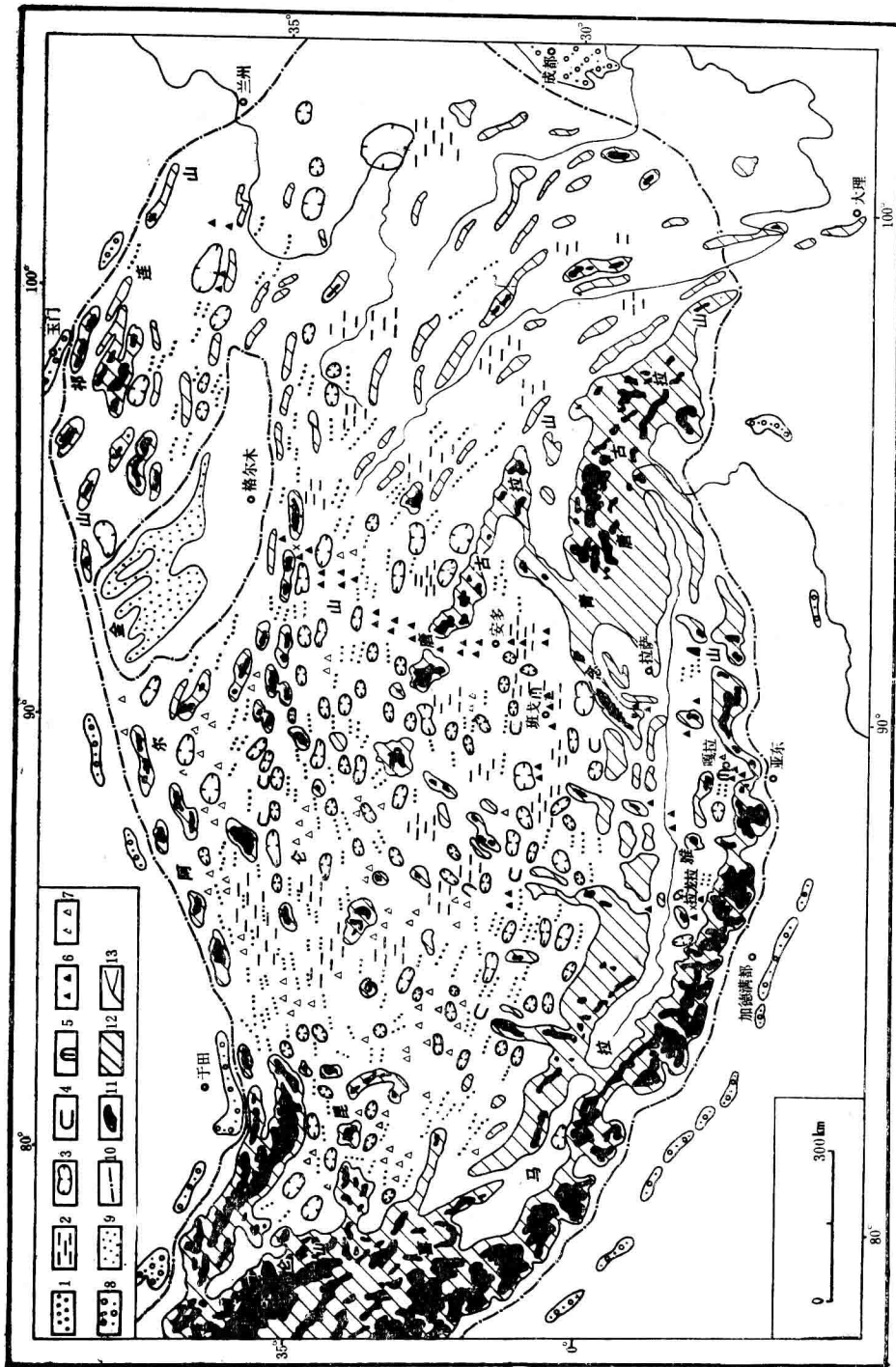


图 2-1 青藏大冰盖冰川遗迹分布示意图

1—冰蚀丘陵主脊线；2—冰蚀平原；3—冰蚀洼地、冰盆；4—U形谷；5—冰笕、冰坡；6—冰碛及冰水砂砾堆积；7—推测冰碛及冰水砂砾堆积；8—冰水砂砾堆积；9—湖相沉积；10—推测大冰盖古雪线；11—现代冰川及雪被；12—中晚更新世山谷、山麓冰川作用范围；13—河流

第二节 大冰盖遗迹类型的特征

初步研究结果表明, 青藏大冰盖形成的各种冰川遗迹类型多种多样, 分布十分广泛(图2-1), 并且基本上是在上新世末期形成的广阔高原面基础上发展起来的。

一、冰蚀遗迹类型

青藏大冰盖形成的冰蚀遗迹, 目前发现和较肯定的类型主要有: 冰蚀平原、冰蚀丘陵、U形谷、冰蚀洼地、冰盆、冰阶、冰筓(或称冰溜槽)、冰坡及基岩鼓丘等。现将各种类型冰蚀遗迹的主要特征简述如下。

1. 冰蚀平原(图版16-1, 19-1, 21, 11-2, 40,)

冰蚀平原为大陆冰盖冰流长期磨蚀、掘蚀作用形成的广阔平坦平原或“山原面”, 基本上相当于以往研究者所描述的山原面(或夷平面的一部分)^[17]。其分布的海拔高度一般在4800—5000m, 5000—5200m和5400—5600m等(图2-2)。总的趋势是自西北向东南方向逐渐降低。在平原面上, 冰蚀丘陵、冰蚀洼地常较发育, 但规模一般较小。冰碛物也常见。

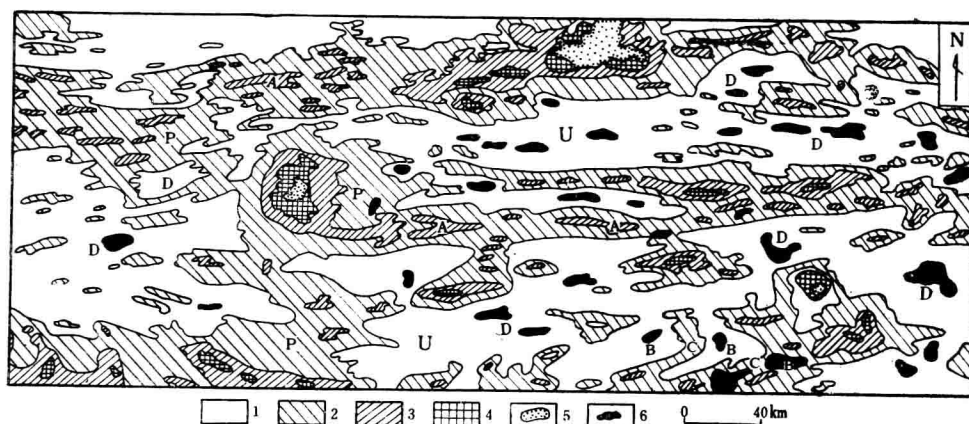


图 2-2 木孜塔格峰一带大冰盖遗迹分布示意图

1—5000m以下; 2—5000—5200m; 3—5200—5400m; 4—5400m以上; 5—现代冰川; 6—湖泊; P—冰蚀平原(5000—5200m); U—U形谷; A—冰蚀丘陵; B—冰盆; C—冰阶; D—冰蚀洼地

2. 冰蚀丘陵(图版 2-1, 3, 5-3, 6-1, 9-1, 11-1, 14-1, 17-1, 18-1, 26-1, 35-1, 21, 22, 23, 24)

冰蚀丘陵为大冰盖冰流覆盖下由掘蚀和磨蚀作用形成的一系列低山丘陵。其在内流区分布十分广泛。山脊多宽缓平坦, 两侧山坡陡峻。在形态特征上冰蚀丘陵与羊背石、鲸背石相似。但前者规模巨大, 分布连续、普遍; 后者规模小, 分布局限。冰蚀丘陵面有的为基岩磨光面, 有的则为较多冰碛物所覆盖。分隔冰蚀丘陵的为一系列大小不同的U形谷及冰蚀洼地。

3. U形谷(图版12-1, 16-1, 21, 22, 24, 40)

U形谷即冰川槽谷, 为冰川过量下蚀作用形成的在横剖面上呈两侧陡峻、底部平坦的槽谷。青藏大冰盖与中晚更新世山谷、山麓冰川形成的U形谷, 在形态特征上基本相同,

但它们在空间分布、规模及与U形谷一起形成的其它一些地貌特征则有很大区别。如山谷冰川的两条U形谷之间的山脊常为尖薄如刀刃般的 鳍脊（或刃脊），在U形谷源头常有岩壁陡立的角峰等分布和冰窖相连接；在空间分布上主要围绕高原各大山脉主脊线呈放射状分布，宽一般在0.5—2km左右，深度较大，纵坡降较陡，但底部平坦，起伏不大等。大冰盖形成的U形谷，一般无鳍脊、角峰，U形谷源头也见不到明显的冰窖相连接；多呈近EW向分布于高原各大山脉之间的低山丘陵、宽谷和湖盆区。U形谷宽度大小悬殊（0.5—20km），多宽而浅，纵坡降缓，底部纵剖面起伏较大，常呈凸起的“抛物线”特征，近EW向相互沟通联结呈网状分布（图2-3，4）。

4. 冰蚀洼地

冰蚀洼地为冰流对基岩下蚀形成的宽浅基岩洼地或碟状盆地，常积水成冰蚀湖。大冰盖形成的冰蚀洼地规模大小十分悬殊，大者达数百至数千平方公里，小的仅数平方公里，在内流区分布十分普遍。有的冰蚀洼地现为湖泊占据（图2-5），有的周边山脉有较多中晚更新世山谷、山麓冰川发育，大量的冰碛物及冰水砂砾堆积在洼地周围充填（图2-6）。有的冰蚀洼地在形态特征上酷似“冰斗”，形成三面环山后壁陡峻的半圆形洼地，出口处有凸起的岩坎分布，形似匙状（图2-7）。

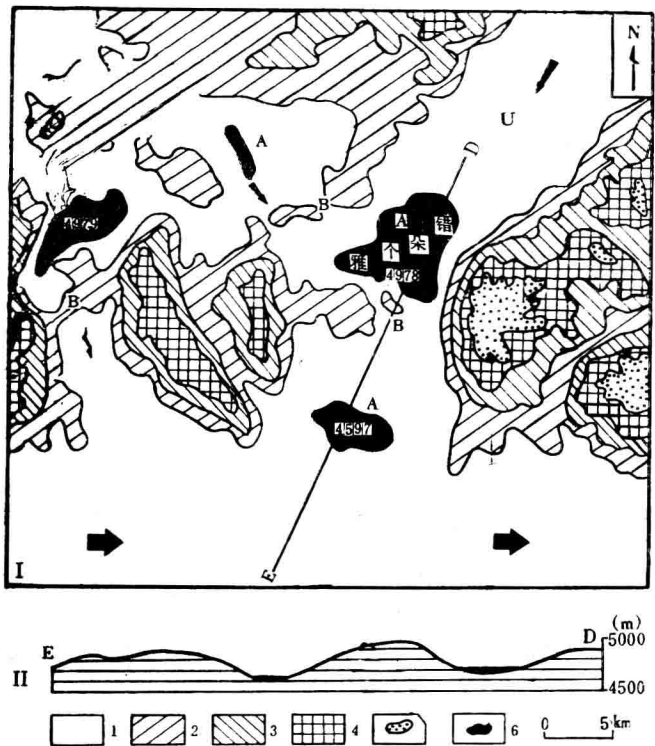


图 2-3 雅个朵错附近大冰盖发育前后形成的U形谷分布平面图（I）及剖面图（II）

1—5200m以下；2—5200—5400m；3—5400—5600m；4—5600m以上；5—现代冰川；6—湖泊；A—冰盆；
B—冰坎（冰阶）；U—U形谷；箭头示古冰流流向

5. 冰盆、冰阶

冰盆、冰阶为冰川冰流沿着槽谷前进过程中对基岩的掘蚀，因岩性差异及原始地形的

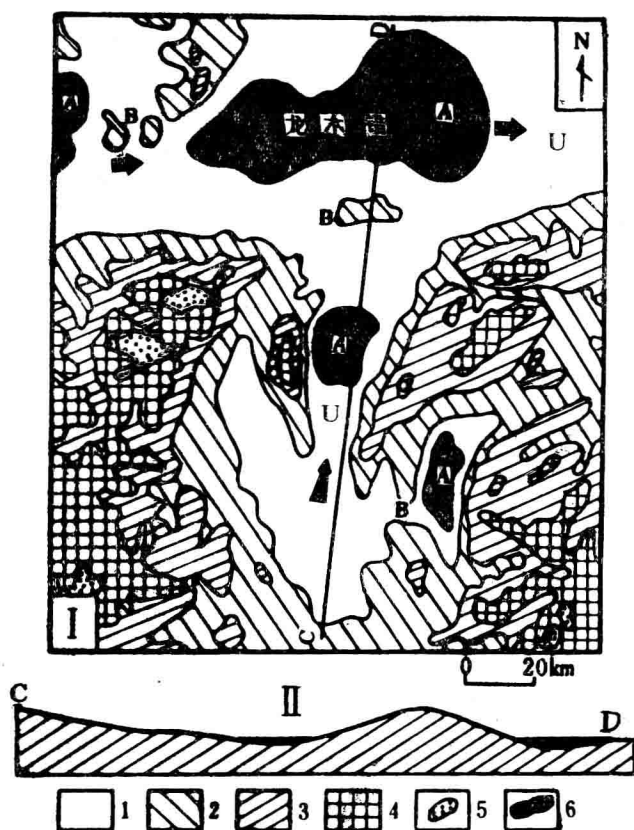


图 2-4 龙木错附近大冰盖发育前后形成的U形谷分布平面图 (I) 及剖面图 (II)
1—5200m 以下; 2—5200—5400m; 3—5400—5600m; 4—5600m 以上; 5—现代冰川; 6—湖泊; A—冰盆;
B—冰阶; U—U形谷; 箭头示冰流流向

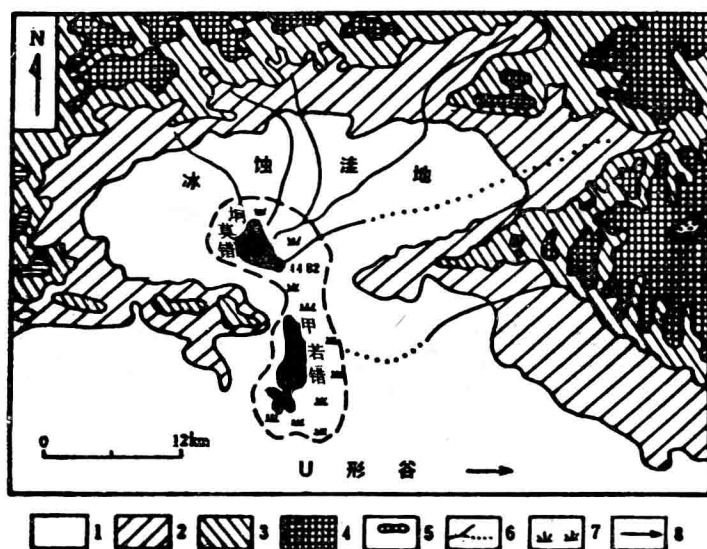


图 2-5 垺莫错冰蚀洼地平面图
1—4700m 以下; 2—4700—4900m; 3—4900—5100m; 4—5100m 以上; 5—现代冰川; 6—河流;
7—沼泽; 8—冰流流向