

文章编号: 1006-6616 (2005) 04-0311-09

西藏札达盆地及周缘高山区 第四纪冰川遗迹与冰期的初步划分和对比

朱大岗¹, 孟宪刚¹, 邵兆刚¹, 杨朝斌²
韩建恩¹, 余佳¹, 孟庆伟¹, 吕荣平¹

(1. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081; 2. 西藏自治区国土资源厅, 拉萨 850000)

摘要: 札达盆地及周缘高山区的第四纪冰川遗迹分布广泛, 类型齐全、发育连续。特征的冰碛及冰水堆积地貌有: 冰水堆积平原或冰水堆积平台、冰碛丘陵等。挤压构造遗迹有: 褶皱、断裂表皮构造、压坑、压裂构造、变形砾石等。ESR 年代测定结果表明, 冰碛形成的最大年龄为 2.33Ma。依据冰碛、冰水堆积的特征、分布和形成年代等, 区域冰川发育由老到新可划分出: 7 次冰期、6 次间冰期、1 次冰缘期、1 次新冰期。该区是目前所知青藏高原第四纪冰川遗迹发现最多、保存最完整和发育最连续的地区, 为青藏高原地区的第四纪冰川演化研究、冰期的划分和对比、古气候古环境的研究, 提供了重要的实际资料和依据。

关键词: 西藏札达; 第四纪; 冰川遗迹; 冰期划分

中图分类号: P534.6

文献标识码: A

札达盆地位于西藏西南边陲的阿里地区, 介于喜马拉雅山与阿伊拉日居山之间, 呈 NW—SE 走向的一个大型山间盆地, 地处北纬约 31°00′ ~ 32°30′, 东经 79°00′ ~ 80°30′ 之间, 南北宽约 50km, 长约 250km, 平均海拔约 4500m 左右。其南喜马拉雅基岩山地海拔在 6000 ~ 6500m 以上, 现代冰川发育广泛; 其北阿伊拉日居山, 海拔约 5500 ~ 6000m 左右, 现代冰川零星分布。札达盆地基底为中生代砂板岩及灰岩, 盖层为广泛分布的上新世至早更新世河湖相沉积地层。第四纪时期, 札达盆地周缘高山区发生过多次冰川作用, 堆积了多期冰川沉积物。因此, 本区成为研究青藏高原喜马拉雅山脉冰川演化和气候变迁的理想场所。前人对青藏高原的喜马拉雅山中段^[1-2]、昆仑山^[3-5]、念青唐古拉山^[6-7]等地的古冰川堆积进行过多次调查研究, 并认为上述地区在第四纪可能发生过 3 ~ 6 次冰期的冰川堆积。但涉及札达盆地及周缘高山区第四纪冰川堆积方面的资料, 仅有简要和少数文章报道^[8-9]。

1 第四纪冰川遗迹特征

1.1 冰川侵蚀遗迹特征

札达盆地及周缘高山区的冰川遗迹和冰蚀地貌, 分布广泛, 特征明显 (图 1)。

收稿日期: 2005-05-13

基金项目: 中国地质调查局项目“青藏高原第三纪重点古湖泊环境演变序列”(编码: 200313000066)资助。

作者简介: 朱大岗 (1951-), 男, 研究员, 从事区域地质、沉积相与古环境研究, E-mail: dagangzhu@sohu.com。

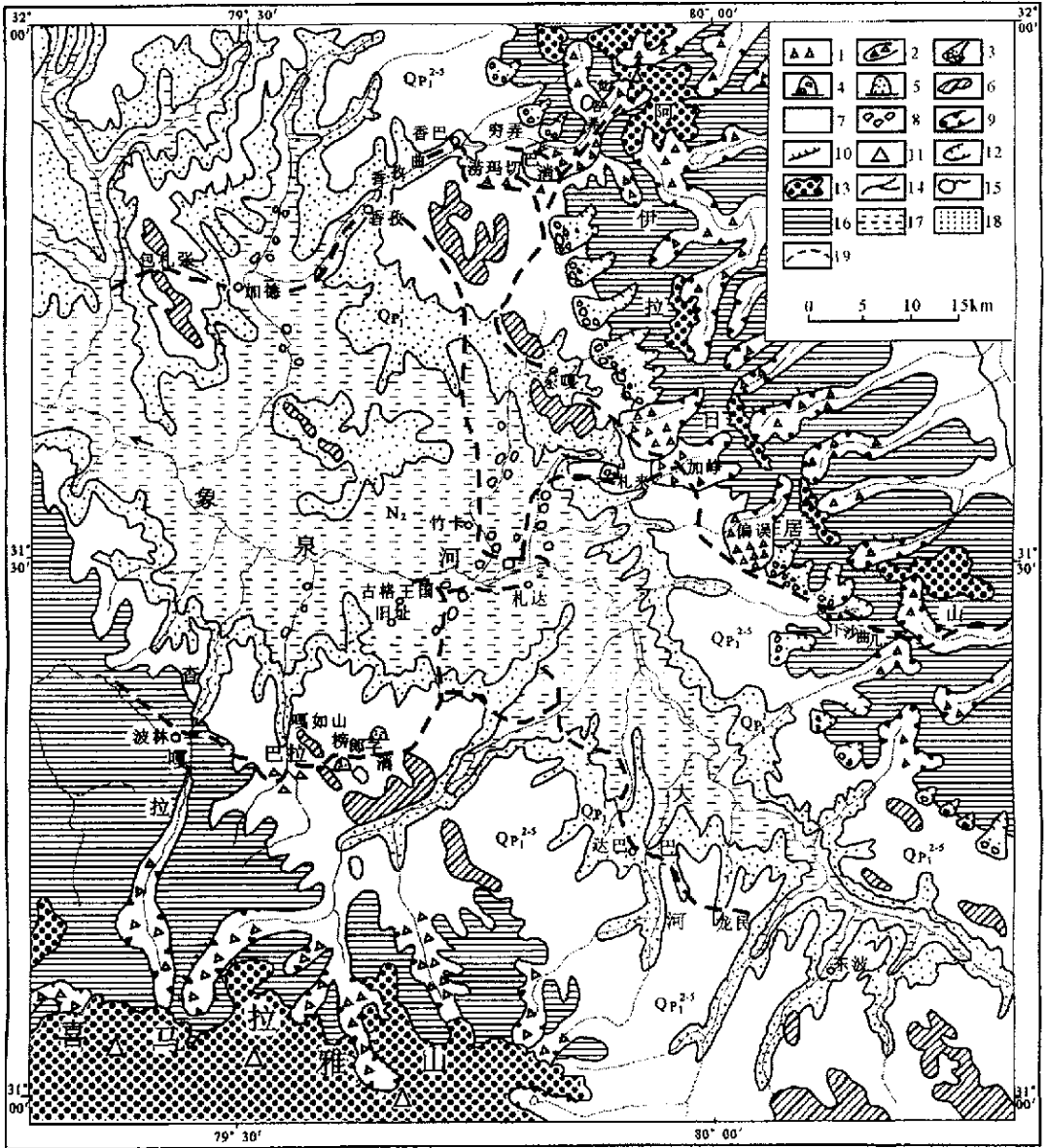


图1 西藏札达盆地及周缘高山区第四纪冰川遗迹分布图

Fig.1 Distribution of Quaternary glacial remnants in the Zanda basin and its peripheral high mountain areas, Tibet

- 1. 层状冰碛; 2. 冰碛垄、终碛垄、中碛、侧碛; 3. 冰碛扇、冰碛裙; 4. 冰碛丘状堆积; 5. 冰水丘陵; 6. 基岩鼓丘、冰蚀丘陵; 7. 早更新世冰碛、冰水平原 (Qp²⁻⁵); 8. 冰川漂砾堆积; 9. U形谷; 10. 刃脊; 11. 角峰; 12. 冰溜槽 (或冰笕); 13. 现代冰雪; 14. 河流; 15. 冰川湖; 16. 基岩山地; 17. 上新世河湖相沉积 (N₂); 18. 早更新世冰缘期河湖相沉积 (Qp₁); 19. 调查路线

(1) U形谷 为山谷、山麓冰川作用所形成, 分布于海拔高约 5000~6000m 左右盆地周缘的高山区, 延伸长 5~20km, 宽约 0.5~2km。U形谷中常有大量各类冰碛物分布, 如终碛、侧碛、中碛等。U形谷两侧及源头, 刃脊、角峰、冰窖和冰斗发育。

(2) 冰溜槽 (或称冰笕) 在札达盆地周缘高山区向盆地一侧有广泛分布, 海拔为 4900~5500m, 槽较窄且短, 宽约 0.3~0.5km, 少数可达 0.8km。长约 0.5~2km。为冰帽冰

川沿山坡向下运动所形成的冰坡窄、坡面平滑的槽状斜面。槽的两侧伴有宽角度的刃脊或小岗分布。槽谷源头常呈宽阔的凹地,槽中冰碛零星分布。槽谷对应的山前地带,常有较多冰碛扇或冰碛裙分布。

(3) 冰蚀丘陵及基岩鼓丘 分布于札达盆地的两侧基岩山前地带,呈小丘状基岩山地出现,小丘一般高出冰水平原面约十余米、数十米至 300~500m 不等。大小悬殊,面积由数百、数千平方米至数十平方千米,但大多数小丘的长轴方向与札达盆地延伸方向一致。形态上均呈浑圆状,顶平、两侧陡立,有的呈孤立单个小丘出现,有的则连续多个相连分布。在有的小丘上面有较多冰碛或冰水砂砾堆积物分布,证实这些小丘确实是曾为冰川覆盖过的冰蚀丘陵或基岩鼓丘。

(4) 冰窖、冰斗 分布于札达盆地周缘的高山区,海拔高度大,多在 5800m 左右,呈椅状。冰窖与 U 形谷直接相连;冰斗可见两层,多单独分布于 U 形谷两侧或源头陡峻的山坡上。有的冰斗或冰窖中还可可见残留的现代冰川分布,但规模不大,长、宽多在数百米左右。

(5) 刃脊、角峰 分布于盆地南北高山区山脉的主脊线附近,海拔高度多在 5500~6500m 左右。

(6) 挤压构造遗迹特征 是指冰川运动过程中由挤压作用所形成的褶皱、断裂构造和变形砾石、压坑、压裂、冰川擦痕、刻痕等。如涝玛切第一层层状冰碛与下伏香孜组地层的接触面上,冰碛砾石明显受到压裂和断裂的切割而破裂。冰碛层底部的一些巨大砾石明显“犁入”下伏的河湖相沉积地层之中,使河湖相层地层产生强烈的扰动,造成砾石呈直立状分布。第二层层状冰水沉积层,同样是由于古冰川运动的挤压作用而产生的强烈褶皱和断裂。在榜郎子淌冰水砂砾堆积层的坠石中也可见到明显的压坑、冰川擦痕和“李四光环”构造特征。札达之北丁丁卡沟中一些巨大砂岩冰川漂砾表面,分布明显的冰川擦痕。

1.2 冰川堆积遗迹特征

(1) 冰碛及冰水堆积 札达盆地及周缘高山区的冰碛及冰水堆积,分布十分广泛,类型多种多样,且不同区域分布的冰碛及冰水堆积的特征有明显的差异(图2)。

A. 分布于盆地周缘高山区 U 形谷中、冰窖、冰斗及山麓地带的冰碛及冰水堆积

为山谷、山麓冰川作用所形成,分布于海拔 4800~5800m。冰碛物成分与组成 U 形谷、冰窖、冰斗的基岩完全一致。阿伊拉日居山一带冰碛、冰水堆积砾石成分,以花岗岩、砂岩为主,其次为板岩。喜马拉雅山一带冰碛和冰水堆积的砾石成分,以花岗岩、砂岩、大理岩、灰岩和变质岩为主,少量的板岩。砾石大小悬殊,以 0.2~1m 居多,少量漂砾可达 10m 以上,磨圆度较差,以棱角状和次棱角为主,大小混杂堆积,无层理,无分选(冰碛),或略见层理特征(冰水堆积,但分布很少);冰碛物厚度由数十米至百米以上。所采样品 ESR 测年结果:山麓地带的终碛垄为 $0.70 \pm 0.07\text{Ma}$, U 形谷中冰碛垄分别为 $0.15 \pm 0.01\text{Ma}$ 和 $0.18 \pm 0.02\text{Ma}$ ^①。U 形谷中及山麓地带的冰碛及冰水堆积依据空间分布特征,由新到老可划分为四套,相当于高原倒数 1~4 冰期的产物^[1-2]。

B. 分布于札达盆地周边深切峡谷区的冰碛及冰水堆积

主要分布于札达之北的涝玛切沟、西南的巴拉沟和之东的偏误沟等地。其中,以涝玛切沟出露最多、最好。冰碛及冰水堆积埋藏于盆地平原面之下。冰水堆积厚度大、冰碛较薄,砾石成分复杂,且不同区域差别较大。冰碛无分选、无层理、大小混杂,冰水堆积层理特征

① ESR 法测年由成都理工大学 ESR 实验室梁兴中教授 2004 年完成。

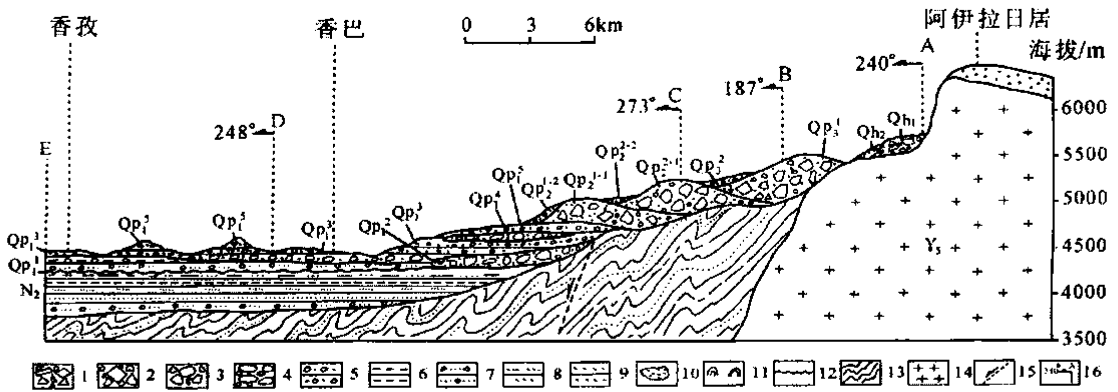


图2 札达盆地香孜—香巴—阿伊拉日居山第四纪冰川堆积示意剖面图

Fig.2 Cross section of Quaternary glacial deposits in Qangzè-Xiangba-Ayila Ri'gyu, Zanda basin

1. 全新世小冰期冰碛 (Q_{h1}); 2. 晚更新世冰期冰碛 (Q_{p3}^2 、 Q_{p3}^1); 3. 中更新世冰期冰碛 (包括 Q_{p2}^{2-1} 、 Q_{p2}^{1-1}); 4. 早更新世冰期冰碛 (包括 Q_{p1}^4 、 Q_{p1}^2); 5. 冰水堆积 (包括 Q_{h2} 、 Q_{p3}^2 、 Q_{p2}^{2-2} 、 Q_{p2}^{1-2} 、 Q_{p1}^5 、 Q_{p1}^3); 6. 湖相泥质沉积; 7. 河流相砂砾堆积; 8. 湖相粉砂沉积; 9. 河流相砂质沉积; 10. 现代冰川; 11. 冻融褶皱; 12. 不整合界线; 13. 三叠—侏罗纪砂板岩 (基岩); 14. 燕山期花岗岩 (基岩); 15. 边界断层; 16. 剖面方向

明显。在涝玛切沟、偏误沟一带，砾石成分以花岗岩、砂岩为主，含少量板岩、变质岩砾石。巴拉沟一带，砾石成分以花岗岩、灰岩、大理岩、变质岩、火山岩为主，含少量板岩。砾石圆度均较好，呈圆状和次圆状为主，混杂堆积，无层理、无分选。砾石大小悬殊，一般砾径以 0.2~0.3m 居多，最大可达 1~2m，泥砂质胶结，受风化作用较强烈，许多粗粒花岗岩砾石风化后呈松散状，板岩砾石呈粉末状。

涝玛切沟剖面，可见三层层状冰碛分布，与下伏早更新世 (Q_{p1}) 冰缘期河湖相沉积地层之间有沉积间断或呈假整合接触。即冰碛层中的一些巨大砾石，明显“犁入”下伏河湖相地层之中，而河湖相地层表层因受古冰川的挤压作用而发生扰动、褶皱、断裂等表皮构造特征。三层层状冰碛、冰水堆积特征及 ESR 测年结果见表 1。

偏误沟的层状冰碛，分布于海拔 4490m 左右，出露厚度约 20 余米。从岩性特征和分布海拔高度相当于涝玛切沟的第一层层状冰碛。巴拉沟的层状冰碛，分布海拔高度约 4400m，其岩性和分布高度也相当于涝玛切沟的第一层层状冰碛。

C. 分布于盆地平原面上的冰碛及冰水堆积

主要分布于札达盆地南北两侧的山前地带，海拔高度在 4400~4500m 之间。如札达之东北的札来附近、西南的榜郎子淌一带和东南的龙民一带，都有广泛分布。

札来附近分布的冰碛在海拔约 4500~4560m，出露呈冰碛丘状。砾石成分为砂岩、泥灰岩、火山岩和少量基性、超基性岩、花岗岩等。砾石大小一般在 0.2~0.5m，少量达 1m 以上，以次圆和次棱角状为主，砂泥质胶结，厚约 40m。

榜郎子淌一带分布的冰水砂砾堆积，呈丘岗状，分布面积较广，至少在数十平方公里以上。丘岗高约数米至 10 余米。从人工揭露的剖面显示，冰水堆积主要由砂砾夹细砂、粉砂层组成。水平层理发育，局部也见发育很好的小型斜层理。剖面上部见冰上融出碛形成特有的似斜层理构造特征，斜层理倾向 SE，倾角 20°~25°。

砾石成分复杂，见有砂岩、灰岩、大理岩、花岗岩、变质岩等，砾石磨圆均较好，以圆状、次圆状为主。砾石大小一般数厘米至 10 多厘米，少量可达 20 多厘米。在细砂、粉砂层

中可见少量冰筏沉积—坠石分布。坠石大小一般为 30~40cm，有的坠石表面可见明显压坑、压裂、冰川擦痕和“李四光杯”构造发育。有的冰水砂砾层直接上伏于由灰岩组成的冰蚀丘陵的山顶面。据人工剖面相邻上、下层所取 2 个样品的 ESR 测年结果分别为： $1.30 \pm 0.13\text{Ma}$ 和 $1.31 \pm 0.16\text{Ma}$ 。

表 1 札达盆地涝玛切沟三层层状冰碛、冰水堆积特征简表

Table 1 Summary of the features of the three-layered moraines and outwash deposits in the Laomaqie Gully, Zanda basin

特征 分层	分布海拔 高度 (m)	厚度 (m)	砾石成分	磨圆度	砾石特征	胶结物	结构构造	ESR 测年 (Ma) ^①	
三 层	冰水 堆积	4660~4710	50	板岩、石英、砂岩	次圆、 次棱角状		砂质 为主	褶皱、断裂 表皮构造	0.95 ± 0.11
	冰碛	4620~4660	40	花岗岩、砂岩、 少量板岩	圆状、 次圆状	压裂、压碎、 冰川擦痕常见	泥质、 砂质	挤压 构造	1.17 ± 0.12
二 层	冰水 堆积	4580~4620	40	板岩、砂岩、石英、 少量花岗岩	次圆、 次棱角状		砂质	褶皱、断裂 表皮构造	1.31 ± 0.16
	冰碛	4560~4580	20	花岗岩、砂岩、 少量板岩	圆状、 次圆状	压裂、 压碎常见	泥质、 砂质	挤压 构造	1.87 ± 0.19
一 层	冰水 堆积	4530~4560	30	花岗岩、砂岩、变质 岩、石英、板岩	圆状、 次圆状		砂质	褶皱、断裂 表皮构造	2.03 ± 0.02
	冰碛	4450~4530	80	花岗岩、砂岩、 少量板岩	圆状、 次圆状	压裂、 压碎常见	泥质、 砂质	挤压 构造	2.33 ± 0.17

D. 分布于盆地沟谷中的冰川漂砾堆积

主要分布于象泉河谷两侧的支沟谷中。漂砾成分复杂，主要有砂岩、石英岩、花岗岩、少量的变质岩和白色石英等。砾石大小一般在 0.3~0.5m 左右，少数达 1m 以上。砾石磨圆均较好，以圆状、次圆状为主，少量为次棱角状。有的砾石表面可见较多压坑和冰川擦痕分布，一些石英岩表面，可见“李四光环”构造发育。

E. 分布于盆地周缘高山区山前地带的冰碛及冰水堆积

呈冰碛扇或冰碛裙分布，下伏于盆地冰碛、冰水平原面之上，并为分布于山麓地带的中更新世终碛垄所覆盖。砾石成分较单一，与附近基岩山组成冰溜槽的岩性一致。砾石大小一般为 0.2~0.3m，少量可达 1m 以上；磨圆中等，以次棱角状为主，少量为次圆状或棱角状。砾石大小分布与冲洪积扇完全不同，前者巨大的冰川漂砾多集中分布于扇体的前缘地带，向扇顶方向砾径逐渐变小，而后者则正好相反，巨大的砾石多集中分布于出山口附近的扇顶周围，向扇体前缘逐渐变小。

(2) 冰碛及冰水堆积地貌 札达盆地及周缘高山区的冰碛地貌类型，除了常见的 5 条较大的冰碛垄、终碛垄、中碛垄、侧碛堤、冰碛扇和冰碛裙外，还有较为特征冰水堆积平原或冰水堆积平台和冰碛丘陵。

A. 冰水堆积平原或冰水堆积平台

有一些早更新世冰水及冰碛堆积物覆盖过，后期河流及支沟的切割破坏，使这些冰水堆积成为这些河流支沟的冲积物或冲洪积物的组成部分。

B. 冰水堆积丘陵

区域冰水堆积丘陵主要分布于冰蚀丘陵分布区附近。地貌上呈大小不同丘陵,高出冰水平原(或平台)数十米至数米不等,大小悬殊;小的为数百平方米,大的可达数千平方米。一些冰碛丘陵经人工揭露,显示丘陵中的结构及沉积物的特殊性。沉积物主要由砂、细砾石或粉砂互层,分选较好,层理清晰。但在一些砂砾层中,可见砾经在0.5m以上的巨大冰川漂砾落入其中。虽然,这些巨大冰川漂砾是古冰川冰筏运载而来形成的坠石,但是丘陵内部沉积物的层理是倾斜的,倾向SE,倾角 $15 \sim 20^\circ$ 。沉积物中砾石成分复杂,有花岗岩、板岩、灰岩和砂岩等,磨圆度较好,砾石中可见变形砾石分布。

2 第四纪冰碛、冰水堆积时代与第四纪冰期的划分和对比

2.1 冰碛、冰水堆积的形成时代

根据本区第四纪冰碛及冰水堆积的地层层序、主要特征和其形成时代等,可将本区的第四纪冰期演化进行初步划分(图3)。札达盆地及周缘高山区分布的冰碛及冰水堆积的形成时代,主要依据所采样品的ESR年代测定并依据其上、下接触和相互切割关系推定进行的。

分布于U形谷中的最新冰碛物,因其处于ESR年代为 $0.015 \pm 0.01\text{Ma}$ 的冰碛层之上和分布于现代冰川之前缘地带,故可推断其为距今约3000~5000年的新冰期的产物。倒数第一期冰碛层的ESR年代为 $0.015 \pm 0.01\text{Ma}$,故为晚更新世晚期的产物,以其最发育的地点命名为觉各弄冰期。倒数第二期冰碛层,因其ESR年代为 $0.15 \pm 0.01\text{Ma}$,可能为中更新世晚期的产物,以其出露最好的地点命名为穷弄冰期。分布于阿伊拉日居西侧山麓地带的ESR年代为 $0.70 \pm 0.07\text{Ma}$ 的冰碛,可称之为阿伊拉日居冰期。在香巴附近,涝玛切和巴淌沟中,发育在香孜组河湖相地层冻融褶皱构造上面的三套冰碛层,ESR测年结果自下向上分别为 $2.33 \pm 0.17\text{Ma}$; $1.87 \pm 0.19\text{Ma}$ 和 $1.17 \pm 0.12\text{Ma}$ ^[10],则分别命名为香巴冰期、涝玛切冰期和巴淌冰期。其中香巴冰期是本区最早的一次冰期,它的时代和孙殿卿先生^[9]所提出的喜马拉雅山西段的香巴冰期基本一致。对分布于山前地带的札来等处的冰碛扇、冰碛裙的形成年代,则依其分布于盆地平原面之上,在涝玛切一带见其为ESR年代 $0.70 \pm 0.07\text{Ma}$ 终碛垄所覆盖,因此推断其形成年代应该在0.70Ma之前,香孜组沉积结束之后形成的,定名为札来冰期。

2.2 第四纪冰期的划分和对比

冰期是第四纪气候地层中代表气候极度寒冷冰川达到最大推进的时期,形成大量的冰碛物,与气候变暖的间冰期形成的冰水砂砾堆积物,构成古气候变化的一个完整的气候周期^[8]。札达盆地及周缘高山区目前发现的7套冰碛冰水堆积及相关的冰蚀地貌、冰碛地貌,是该区第四纪冰川演化过程中,不同冰川阶段发育的冰期、间冰期的产物。据此可划分为7次冰期、1次新冰期、6次间冰期和1次冰缘期,并与青藏高原^[1,2]及喜马拉雅山西段^[9]、庐山地区^[11,12]、欧洲阿尔卑斯期地区的冰期进行了对比(表2)。

3 初步认识和问题讨论

(1) 札达盆地及周缘高山区第四纪冰碛、冰水堆积,至少可划分出8套,其ESR年龄介于2.33~0.15Ma之间。因此,本区是青藏高原、也是我国目前冰碛层发现数量最多、保存

表 2 西藏札达盆地周缘高山区与欧洲、中国及青藏高原第四纪冰期划分对比表

Table 2 Correction of Quaternary glacial stages in the Zanda basin and its peripheral high mountain areas, Tibet, with those in Europe, China and the Qinghai-Tibet Plateau

时代		札达盆地及周缘高山区		喜马拉雅山西段	青藏高原地区		庐山地区	阿尔卑斯地区			
第四纪 大冰期	全新世	冰后期	现代	冰后期	冰后期	现代	冰后期	冰后期			
			新冰期			绒布寺小冰期					
			亚里期			亚里期					
	晚更新世	觉各弄冰期		挪提普亚冰期	珠穆朗玛冰期	绒布寺阶段	大理冰期	玉木冰期			
		穷弄—觉各弄间冰期		凯戟—挪提普		间阶段	庐山—大理冰期	里斯—玉木间冰期			
	中更新世	穷弄冰期		凯戟亚冰期	加布拉间冰期	基龙寺阶段	庐山冰期	里斯冰期			
		阿伊拉日居—穷弄间冰期		沙瓜弄—凯戟		大姑—庐山间冰期	民德—里斯间冰期				
		阿伊拉日居冰期		沙瓜弄亚冰期		聂聂雄拉冰期	大姑冰期	民德冰期			
	早更新世	札来—阿伊拉日居间冰期		阿衣拉—沙瓜弄	帕里间冰期	鄱阳—大姑间冰期	群智—民德间冰期				
		札来冰期		阿衣拉亚冰期	希夏邦马冰期	鄱阳冰期	群智冰期				
		巴淌—榜郎子淌间冰期		涝玛切—阿衣拉	间冰期	大排—鄱阳间冰期	间冰期				
		巴淌冰期		涝玛切亚冰期	贡巴砾石层	大排冰期	多脑冰期				
		涝玛切—巴淌间冰期					间冰期				
		涝玛切冰期					拜伯冰期				
		香巴—涝玛切间冰期		香巴—涝玛切							
		香巴冰期		香巴亚冰期							
	香孜冰缘期										
	新近纪	上新世	冰前期								

(4) 由于影响 ESR 测年准确性的因素很多, 对其可靠性和精度等问题, 国内外学者持不同的认识。因此, 有关冰碛物年代数据还需进一步详细测定; 对早更新世早期 (下部) 3 套冰碛层冰川特征和分布范围, 尚需野外进一步详查。

(5) 孙殿卿先生对喜马拉雅山西段第四纪大冰期划分出 6 次亚冰期, 其中阿衣拉、涝玛切和香巴冰期的名称被笔者引用。香巴冰期为本区最早的冰期, 阿衣 (伊) 拉冰期均可与大姑冰期对比。而孙殿卿先生划分出的涝玛切冰期因为根据 ESR 年代和野外观察, 可以进一步分为两个冰期, 即涝玛切冰期和巴淌冰期。对青藏高原第四纪亚冰期的进一步划分有待深入研究。

参 考 文 献

- [1] 郑本兴, 施雅凤. 珠穆朗玛峰地区第四纪冰期探讨 [A]. 见: 珠穆朗玛峰地区科学考察报告 1966~1968 第四纪地质 [C]. 北京: 科学出版社, 1982. 29~62.

- [2] 李吉均, 郑本兴, 杨锡金, 等. 西藏冰川 [M]. 北京: 科学出版社, 1986, 217~231.
- [3] 吴锡浩, 钱方, 浦庆余. 东昆仑山第四纪冰川地质 [A]. 见: 青藏高原地质文集 (4) 第四纪地质、冰川 [C]. 北京: 地质出版社, 1982. 1~18.
- [4] 郑本兴, 焦克勤, 李世杰. 西昆仑山第四纪冰川与环境变化 [A]. 见: 中国第四纪冰川与环境研究中心, 中国西部第四纪研究委员会编, 中国西部第四纪冰川与环境 [C]. 北京: 科学出版社, 1991. 15~23.
- [5] 伍永秋, 崔之久, 刘耕年, 等. 昆仑山垭口地区的冰期系列 [J]. 冰川冻土, 1999, 21 (1): 71~76.
- [6] 钱方, 浦庆余, 吴锡浩. 念青唐古拉山东南麓第四纪冰川地质 [A]. 见: 青藏高原地质文集 (4) 第四纪地质、冰川 [C]. 北京: 地质出版社, 1982. 34~50.
- [7] 朱大岗, 赵希涛, 孟宪刚, 等. 念青唐古拉山中段第四纪冰期划分 [J]. 地球学报, 2002, 23 (4): 335~342.
- [8] 吴锡浩, 李永昭. 青藏高原的冰碛层与环境 [J]. 第四纪研究, 1990, 2: 146~158.
- [9] 孙殿卿. 中国第四纪亚冰期划分之探讨 [J]. 第四纪研究, 1989, 1: 1~23.
- [10] 朱大岗, 孟宪刚, 邵兆刚, 等. 西藏阿伊拉日居山南麓第四纪冰川沉积物及其 ESR 年龄测定 [J]. 冰川冻土, 2005, 27 (2): 194~198.
- [11] 李四光. 中国第四纪冰川 [M]. 北京: 科学出版社, 1971. 83~91.
- [12] 何培元, 段万侗, 邢历生, 等. 庐山第四纪冰川 [M]. 北京: 地震出版社, 1992. 98~102.

QUATERNARY GLACIAL REMNANTS IN THE ZANDA BASIN AND ITS PERIPHERAL HIGH MOUNTAIN AREAS, TIBET, AND DIVISION AND CORRELATION OF GLACIAL STAGES

ZHU Da-gang¹, MENG Xian-gang¹, SHAO Zhao-gang¹,

YANG Chao-bin², HAN Jian-en¹, YU Jia¹, MENG Qing-wei¹

(1. *Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China;*

2. *Land and Resources Department of Tibet, Lhasa 850000, Tibet, China*)

Abstract: Quaternary glacial remnants in the Zanda basin and its peripheral high mountain areas, Tibet, are widespread and continuously developed and have a complete range of types. The main glacial-eroded remnants include U-shaped valleys, knife-edge crests, horns (pyramidal peaks), firm basins, cirques, ice-scoured hills and bedrock drumlins; the till remnants are moraines, outwash deposits, glacial erratic boulders, terminal moraines, lateral moraines and medial moraines. The characteristic morainic and outwash geomorphologies include outwash plains and platforms, morainic hills. The remnants of compressional structures are folds, faults, epigenetic structures formed by faulting, press pits, pressure fractures and deformed gravels. ESR dating of moraines gives a maximum age of 2.33 Ma. According to the features, distribution and ages of the morainic and outwash deposits, seven glacial stages, six interglacial stages and one neoglacial stage of regional glacial development may be distinguished from older to younger. The Zanda basin and its peripheral high mountain areas, Tibet, are now known as a region where the most Quaternary glacial remnants are found and Quaternary glacial remnants are most completely preserved and most continuously developed on the Qinghai-Tibet Plateau. This study provides important data and grounds for the study of the Quaternary glacier evolution, division and correlation glacial stages and study of the paleoclimate and paleoenvironment in this area and the Qinghai-Tibet Plateau.

Key words: Zanda, Tibet; Quaternary; glacial remnant; glacial stage division