

地壳构造与地壳应力文集

中国地震局地壳应力研究所 编



地震出版社



地壳构造与地壳应力文集

(14)

中国地震局地壳应力研究所 编

SAZ 03/06

地震出版社

2002

图书在版编目 (C I P) 数据

地壳构造与地壳应力文集. 14 / 中国地震局地壳应力研究所编. —北京: 地震出版社, 2002.2

ISBN 7-5028-2013-2

I. 地… II. 中… III. ①地壳构造-文集②构造地应力-文集
IV. P313.2-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 091154 号

内 容 提 要

本书第 14 集共有论文 16 篇。涉及的内容有: 活动构造及地震活动性、为城市抗震减灾规划提供基础资料的城市断裂活动性研究、地震仪器监测资料分析、地应力—应变中短临地震前兆预报方法研究及岩石力学问题和地震工程等。

可供从事地质、地震、减灾、工程地质等领域的工作人员及有关大专院校的师生参考应用。

地壳构造与地壳应力文集 (14)

中国地震局地壳应力研究所 编

责任编辑: 张晓波

特邀编辑: 张宝红

出版发行: 地 震 出 版 社

北京民族学院南路 9 号

邮编: 100081

发行部: 68423031 68467993

传真: 68423031

门市部: 68467991

传真: 68467972

总编室: 68462709 68423029

传真: 68467972

E-mail: seis@ht.rol.cn.net

经销: 全国各地新华书店

印刷: 北京地大彩印厂

版 (印) 次: 2002 年 2 月第一版 2002 年 2 月第一次印刷

开本: 787×1092 1/16

字数: 227 千字

印张: 9

印数: 001~500

书号: ISBN 7-5028-2013-2/P·1109 (2564)

定价: 20.00 元

版权所有, 翻印必究

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

编 委 会

主 编：唐荣余

副主编：谢富仁 黄忠贤

编 委：（以拼音为序排列）

陈 虹	陈群策	陈学波	傅子忠	勾 波
郭启良	黄福明	黄忠贤	江娃利	李方全
李海亮	李 宏	陆远忠	吕悦军	马保起
欧阳祖熙	邱泽华	苏恺之	唐荣余	王恩福
王建军	王文清	王 勇	谢富仁	谢新生
杨树新	于慎鄂	张宝红	张伯崇	张鸿旭
张景发	张周术	赵国光	周振安	

编 辑：王文清 张宝红

目 录

走滑断错地貌的特征及研究方法·····	赵国光 苏 刚 (1)
活动地块多层次构造单元划分及强震活动的相互关联·····	江娃利 (11)
青藏—西蒙古高原周缘与华北地区大震构造机制初探及设想建议 ·····	陈学波 唐荣余 王恩福 张景发 张国宏 李金森 (18)
走滑断错地貌的特征及研究方法·····	赵国光 苏 刚 (23)
青岛地区断裂活动性的野外调查与分析·····	杨承先 张冈厚 (35)
滦沱河系舟山段冲沟洪积扇分期及沉积环境·····	窦素芹 苏 刚 刘文元 (47)
第三纪银川断陷主干断裂的活动性·····	杨承先 (55)
1976 年龙陵—潞西 7.3、7.4 级地震的共轭破裂及其极限主应力·····	谢新生 (63)
山东鲍店煤矿采矿诱发地震的应力环境分析·····	杨树新 王建军 (73)
分量式钻孔应变观测数据的解释·····	邱泽华 石耀霖 易志刚 (80)
光电型断层形变测量仪在安丘地震台的应用分析·····	蒋林根 陈葛天 罗光禄 (87)
岩石综合抗剪强度的研究·····	安 欧 (97)
溧阳地震台体应变测量与南黄海强震对应关系的分析 ·····	陈启林 陆文林 邱泽华 王 勇 (103)
长清地震台数字化前兆资料可靠性分析·····	孔向阳 王德玉 (108)
钻孔应变、应力地震中短临前兆异常特征及预报方法研究·····	李淑恭 (115)
由断层活动特征探讨地震活动的前兆信息——首都圈三次 $M_s \geq 6.0$ 级地震的启示 ·····	高忠宁 龚复华 (127)

CONTENTS

Geological Dating of Offset Geomorphologic Units for Quantitative Studies of Active Tectonics.....	Zhao Guoguang Su Gang (1)
Regionalization of Multi-Ordering Tectonic Units in Active Massif in Relation to Strong Earthquake Activities— Taking Ordos Active Massif and North China Plain Active Massif as Examples.....	Jiang Wali (11)
A Preliminary Study of Tectonic Mechanism of Strong Earthquakes around Qinghai- Tibet Plateau and Western Mongolia Plateau	Chen Xuebo Tang Rongyu Wang Enfu Zhang Jingfa Zhang Guohong Li Jinsen (18)
An Outline of Faulting Geomorphology Part 1: Strike-Slip Fault Zone	Zhao Guoguang Su Gang (23)
Field Investigation and Analyses of the Fault Activities in the Qingdao Area, Shandong Province.....	Yang Chengxian Zhang minhou (35)
Pluvial Fan Ages and Their Depositional Environment along the Xizhoushan Segment of the Hutuohe River.....	Dou Suqin Su Gang Liu Wenyuan (47)
Tertiary Major Fault Activities of the Yinchuan Depression.....	Yang chengxian (55)
1976 Longling Earthquakes Conjugate Ruptures and Its Limiting of Principal Stresses Accompanying Variation of Depths in the Crust	Xie Xinsheng (63)
Study of the Mining-Induced Earthquakes by Numerical Simulation at Baodian Coal Mine, Shandong Province.....	Yang Shuxin Wang Jianjun (73)
Explanation of Borehole Component Strain-Meter Observatory Data	Qiu Zehua Shi Yaolin Yi Zhigang (80)
Photoelectricity Instruments for Fault Displacement Observation and Their Application at the Anqiu Observatory	Jiang Lingen Chen Getian Luo Guanglu (87)
A study of Comprehensive Shear Strength of Rocks.....	An Ou (97)
Analyses of the Corresponding Relationship between Volumetric Strain Anomalies Observed at Liyang Seismic Observatory and Moderate- Strong Earthquakes Occurred in Southern Yellow Sea Area	Chen Qilin Lu Wenlin Qiu Zehua Wang Yong (103)
Reliability Analysis of Digitized Precursory Data Observed at Changqing Observatory	Kong Xiangyang Wang Deyu (108)
A Study of Mid-Term and Short-Impending Earthquake Prediction Method of Borehole Strain-Stress Anomalies.....	Li Shugong (115)
Precursory Information Explored from Fault Activities—Enlightenment of Three Earthquakes with $M_s \geq 6$ Occurred in the Capital Circle	Gao Zhongning Gong Fuhua (127)

活动构造定量研究中的地貌年代问题^①

赵国光 苏 刚

(中国地震局地壳应力研究所, 北京, 100085)

活动断层构造的研究方法与“老”构造的研究方法的一个重要差别, 就在于它往往必须借助于各类地貌变形来确定断层活动的性质、方式、活动时代及活动速率; 由于活动构造变形所涉及的第四纪地层在大陆地区的分布极其有限, 所以各类变形构造地貌单元相当于老构造研究中地层学的基础。本文拟对作为“地层单元”的河流阶地、冰川地貌年代的确定进行探讨。

一、地貌单元的年代概念

地貌年代即地貌单元发育形成的年代。它通常包括“地貌相对年代”和地貌的“地质年代”这两重含义。

所谓地貌相对年代, 是指相关的各个地貌单元形成的相对顺序。例如, 河谷中发育有多级河流阶地, 在同一横剖面上, 这些阶地的高程越高, 形成时代越早; 通常按照由低而高的顺序, 把它们编为 T_1 , T_2 , T_3 等, 其下标号越大, 相对年代越早, 也就是说, 各级阶地的相对年代是: $T_3 > T_2 > T_1$ 。可见, 这种相对年代的确定是以地貌学理论为依据的。

所谓地貌的地质年代, 即地貌形成的地质年代。通常运用古生物地层法、相关沉积法、年间法, 以及新地质年龄测定方法等来确定。显然, 地貌单元的地质时代确定, 对于活动构造的定量研究来说更为重要, 但是也更复杂。这是因为它需要具有多学科综合分析的理论功底和实践经验。下面作一些扼要的讨论。

这里仍以河流阶地为例。如图 1 所示, 其中图 1(a)表示河谷的主要形态要素, 包括: 谷肩, 谷坡和谷底; 谷坡包括各级河流阶地, 谷底由河床和河漫滩组成。在图 1(a)的谷坡中只有一级河流阶地, 经过进一步发展, 到了图 1(b)阶段, 形成了两级河流阶地。其中第一级河流阶地 T_1 是由图 1(a)中的河漫滩被抬升高出洪水位线后形成的, 而第二级 T_2 则是图 1(a)中第一级河流阶地的升级。它由基座和上覆的冲积层组成。现在, 譬如说, 第二级阶地前缘陡坎被活断层左旋水平错移 35m, 为了求出断层的平均水平滑动速率, 需要确定第二级阶地前缘陡坎的地质年龄。第二级阶地的基座是由已褶皱变形的第三纪砂页岩组成的, 上覆的冲积层含晚更新世晚期古脊椎动物化石。按照“年间法”, 可以确定阶地基座和冲积层之间的冲刷面的形成年代是在第三纪之后, 晚更新世晚期之前。按照古生物地层法, 可以确定冲积层的地质年龄为晚更新世晚期。但是, 它们都不能代表第二级阶地的地质年龄, 更不能代表第二级阶地前缘陡坎的地质年龄。这是因为冲刷面的形成年代和冲积层的

^① 地震科学联合基金资助课题(批准号: 100041)

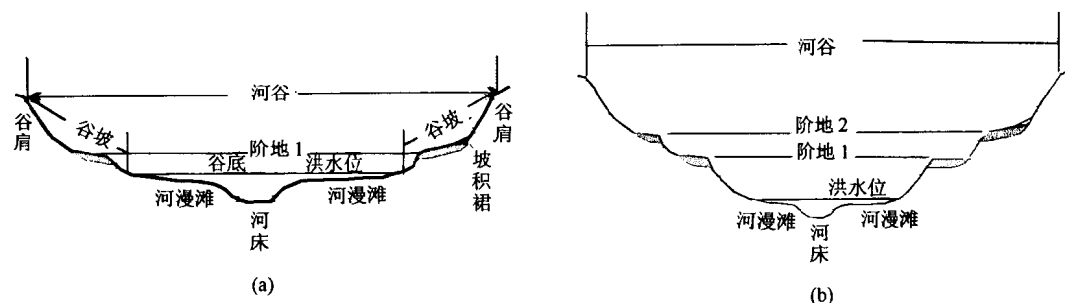


图1 河流阶地的发育

(a)河谷的形态要素, (b)二级阶地的发育及其与沉积物的年代关系

地质年龄与河流阶地及其前缘陡坎的年龄是不同的概念。冲积层形成时是处于当时的河床中,或者河漫滩上(如果是河漫滩相堆积),后来河流进一步下切,才使原来的老河床和漫滩抬升成为阶地。所以阶地的形成年代晚于阶地上覆冲积层形成时代,而阶地前缘陡坎是在河流进一步下切以后才形成的,并且,阶地前缘陡坎的陡坡有一个发育稳定的过程。要确定阶地前缘陡坎的地质年龄,公认的正确方法是用下一级阶地表层堆积物年龄来代表。因为下一级阶地表层堆积物的堆积时期,恰恰是上一级阶地前缘陡坎形成和发育稳定的时期。当然,在特殊情况下,上、下两级阶地的高差太大,可能出现中间发生的地质过程没有记录的情况,则需要进行阶地位相纵剖面的对比分析,另当别论。

从上例的分析中可以看出以下几点:

①相关地貌单元的形成顺序,与地层学的顺序不同,需要用地貌学的理论和方法,根据地貌单元的成因类型具体分析。

②确定地貌单元地质年代的“年间法”,只能给出事件发生过程的时间上、下限;这种方法受到所涉及的地层的限制,一般情况下都只能给出一个比较宽的时限,往往不能满足精确的定量研究的需要。

③为了满足精确的定量研究的需要,应采用现在已比较成熟的某些新地质年龄测定方法和技术,结合地貌学分析来加以确定。

二、河流地貌的年代问题

在大陆地区的活动构造调查研究中,河流地貌和冰川地貌往往是发育最为广泛的两类地貌类型。因此,对这两类地貌年代问题的探讨具有比较普遍的意义。本节主要论述河流地貌的年代问题。

为了给研究区域的活动构造研究打下一个年代学基础,需要对该区域的河流地貌进行系统的调查研究。常用的方法是沿河流走向测制一系列河谷横剖面,然后编制纵向的河流阶地位相图。它的作用有些类似于传统构造地质调查中的测制区域地层剖面。

在测制河谷地貌横剖面时,须准确地测定河谷的几何形态,各级阶地的相对高程和海拔高程,阶地的几何特征、结构类型,包括阶地基座的地层和岩性、构造特征,上覆松散覆盖层的岩性岩相特征,仔细寻找是否含有各种化石或考古学文物。根据具体情况研究确

定可否采集某种测年样品, 妥善采样和记录、编号。测制一个好的横剖面至少需要花数小时乃至更长的时间。

沿河流走向测制河谷地貌横剖面, 需要有系统性, 即不但要选测有代表性的典型地段, 而且要注意某些参数有变化的地段。

在此基础上, 可着手编制纵向的河流阶地位相图。编制纵向的河流阶地位相图的目的和作用, 一是为了进行各级阶地对比, 二是为了研究可能的构造变动及其特征。在进行各级阶地对比时, 要注意区分各种可能存在的“假阶地”, 例如, 构造剥蚀阶梯, 断块阶梯, 以及滑坡阶梯等。还要注意区分“曲流阶地”, 曲流阶地是在河道弯曲段河床在横向摆动过程中同时发生下切侵蚀而在河道凸岸形成的, 它的特点是两岸不对称, 高度不一致, 平面上呈不连续的局部分布, 不能对比; 在利用阶地位相纵剖面研究可能的构造变动时, 还要注意分析是否具有造成这种构造变动的区域构造力学环境。

由于河流的溯源侵蚀作用, 河流阶地的级数向上游逐渐减少; 换句话说, 一般情况下, 同一级阶地的年龄越往上游越老。但是, 如果同一条大河谷的上游存在第四纪古冰川侵蚀作用, 而中下游为流水侵蚀河谷的话 (这种情况在青藏高原很常见), 河流阶地的纵剖面位相又有所不同, 如图 2 所示。

图 2 是鲜水河断裂带庆大河上游的纵剖面位相示意图。鲜水河断裂带的北西段 (即炉霍一道孚断裂) 沿鲜水河谷向南东延伸, 越过松林口分水岭后, 进入了庆大河上游地区。

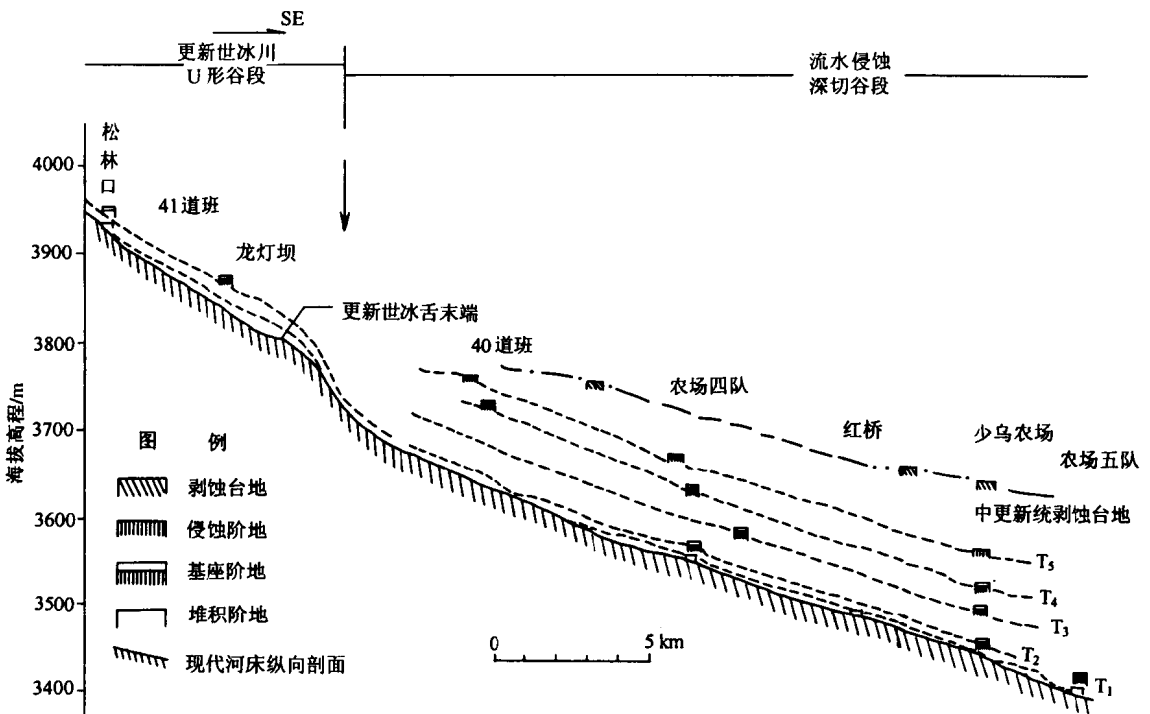


图 2 鲜水河断裂带庆大河上游河谷纵剖面位相图

庆大河上游河谷在龙灯坝(海拔 3800m 左右)以上的地区保持着典型的古冰川 U 形谷形态, U 形谷是更新世多期古冰川作用的产物, 古冰川衰退后, 河谷中发育了两级河流阶地, 一级阶地高出河床 2~5m, 为堆积阶地。二级阶地拔河 25~30m, 为基座阶地, 基座高出河床约 10m 左右, 上覆 15~20m 厚的冰水砂砾层, 阶地面宽阔, 表面被草甸土覆盖。而龙灯坝以下为深切的流水侵蚀河谷, 河流阶地增加到五级, 在少乌农场附近保存最完好。

这里的问题是, 如何分析对比龙灯坝以上的两级阶地和以下的五级阶地的关系呢? 按照河流的溯源侵蚀的一般规律, 上游的一、二级低阶地, 延伸到下游后可能变为第三、四级或四、五级高阶地, 但是这里的情况不同。从少乌农场阶地横剖面来看(图 3), 三级以上的阶地堆积物年龄都属于更新世, 堆积物中还夹有冰水湖相层; 那时龙灯坝以上的谷中被谷冰川所占据, 河流不可能溯源侵蚀上来。晚更新世末期谷冰川衰退后, 才开始发育了那两级河流阶地。它们的年龄与少乌农场的一、二级阶地相当, 属于全新世堆积阶地。这样, 在纵向剖面位相图上, 龙灯坝下方有一个很陡的“裂点”, 它的上游河谷早期是冰川谷, 晚期才有河流发育; 而“裂点”下游谷地至少从晚更新世到全新世都遭受河流的侵蚀和堆积作用。这个例子表明, 同时存在冰川和流水两种外动力作用时, 河谷纵剖面位相的特点。

有了纵向的河流阶地位相图, 在遇到研究区域的地貌年龄问题时, 心里就有了一个“纲”, 可以做到多快好省, 少犯错误。

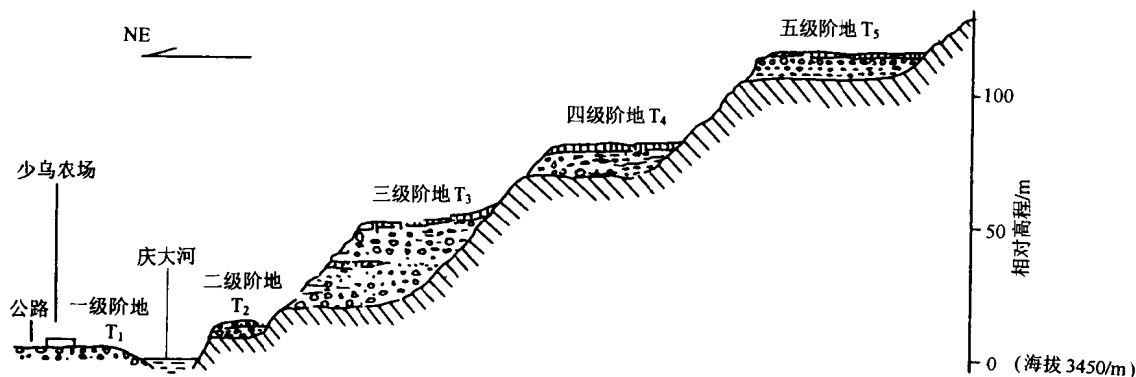


图 3 少乌农场庆大河阶地横剖面

三、冰川地貌的年代问题

我国青藏高原地区, 活动构造十分发育, 那里, 特别是其中的高海拔地带, 普遍发育第四纪冰川地貌, 所以, 冰川地貌的年龄问题就成为活动构造调查中不可回避的问题。例如, 图 4 就是一个活动断层切割古冰碛物的实例。可惜的是, 许多调查者对于冰川地貌不太熟悉, 很难充分利用这种“自然资源”。

这里有必要简要地陈述一下第四纪冰川的研究史。关于第四纪冰期, 自 19 世纪初期以来经历了长期的争论、修订和发展。1877 年, 盖基在东英吉利亚建立了四次冰期, 直到 1909

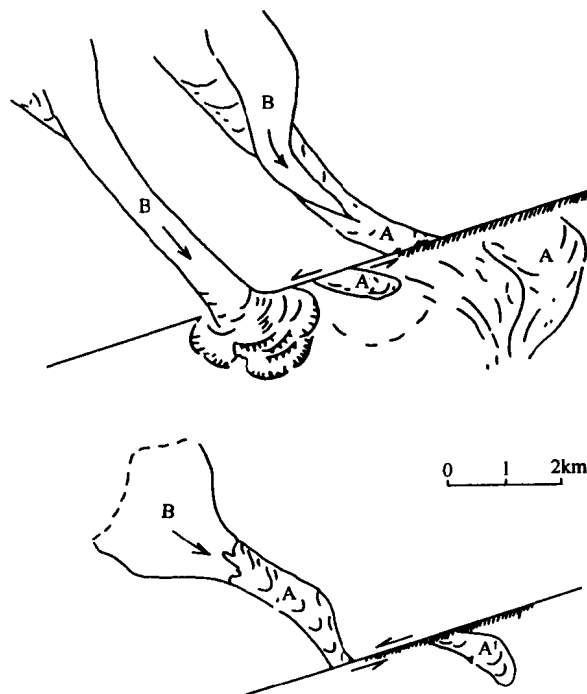


图4 活动断层切割古冰碛物的实例（据国家地震局《阿尔金活动断裂带》课题组，阿尔金活动断裂带，地震出版社，1992）

年，彭克和布鲁克纳发表了著名的《Die Alpen im Eiszeitalter (冰期中的阿尔卑斯)》一书，在欧洲建立了四次冰期的理论。它对学术界的影响长达 50 年之久。此后，世界各地也先后建立了四次冰期。20 世纪 30 年代，李四光发现并根据庐山“冰碛物的风化程度和接触关系”，首次划分了中国的四次冰期。这样，对于冰川地貌，最初的研究工作都崇尚世界对比，即与阿尔卑斯地区的四次冰期之间划等号。这样的研究随着第四纪研究的进展，已显得过时^[1, 2]。

20 世纪 60 年代以来，国际地学研究取得了革命性的进展。在第四纪研究方面，最重要成果之一是深海岩芯氧同位素曲线的建立，另一项重要成果是建立了南极冰岩心 1.6×10^5 a 以来的气候变化信息曲线。科学家们把它们进行了成功的对比，并通过谱分析方法与地球轨道参数的各种周期变化相联系，二者相得益彰，使冰期成因的天文理论重新复活，为第四纪研究树立起了一个时间标尺。海底沉积物氧同位素变化曲线，古气温曲线，冰量曲线，以及大陆上黄土剖面的综合研究，证实更新世每一次冰期循环为时约 1×10^5 a。在第四纪 2×10^6 a 的时期内约发生 20 次左右的寒冷气候旋回。

我国的研究者结合青藏高原的具体情况，得出了一些重要结果。

据中国第四纪研究委员会中国第四纪冰川和环境研究中心有关专家^[1, 3, 4]研究认为，青藏高原更新世冰期与深海氧同位素（v28-29 孔）曲线的阶段对比关系如下：

更新世末次冰期（西藏白玉冰期）可与氧同位素曲线的 2、4 阶段对比；

倒数第二次冰期（即：古乡冰期）可与氧同位素曲线的第 6 阶段对比；

倒数第三次冰期（即：聂聂雄拉冰期）宜与氧同位素曲线 12 阶段对比；

倒数第四次冰期(即:希夏邦马冰期)宜与氧同位素曲线 16 阶段对比。

以上四次冰期从新到老年龄分别为:据今 $(7.5\sim 11)\times 10^3\text{a}$, $(130\sim 185)\times 10^3\text{a}$, $(429\sim 455)\times 10^3\text{a}$, 以及 $(578\sim 617)\times 10^3\text{a}$ 。它们大致相当于洛川黄土剖面中的 L_1 、 L_2 、 L_5 和 L_7 。

最新的研究^[4]认为,青藏高原在更新世的快速隆起过程中,迎合了全球性的各次冰期而发育了冰川,各次冰期的规模取决于当时的高原高度、降水和全球性降温的幅度。更新世期间,高原上曾有过降水丰沛的时期,即中更新世;当时高原面高程约 3000m,喜马拉雅山高程约 4500m,印度洋气流能够深入高原内部,在许多较高山地中发育了规模相对最大的冰川。之后,由于高原继续加速抬升,喜马拉雅山便成为南来的暖湿气流不可逾越的屏障,高原内部形成干寒景观。所以,晚更新世时主要是由于剧烈的降温而发育了规模相对较小的冰川,晚更新世末次冰期的冰川作用最盛期约距今 $18\times 10^3\text{a}$ ($15\times 10^3\text{a}\sim 20\times 10^3\text{a}$)。全新世冰后期气候转暖,之后,部分地区在不同时期又有一个规模很小的新冰期。

据我们所知^[5],以上的认识基本上符合现有的各次考察所获得的大量实际材料,可以作为新的研究的参考标尺。

这里需要说明的是,陆地地面考察所依据的是古冰川的侵蚀地貌和冰川堆积物;但是它们好像是一部“断简残书”,特别是冰川堆积物,只有在冰川规模由大到小的发展趋势下,才能在陆地上保存并留下记录;而难以记录和保存相反趋势下的冰川作用遗迹。

四、鲜水河断裂带的更新世冰川作用

据我们的野外考察^[5],研究区在第三纪期间处于隆升和剥蚀、夷平时期,高原剥夷面在本区的现代高程约为 4000~4600m。在高原面上清楚地保留着两期更新世冰川作用的侵蚀地貌和冰碛物。现代冰川作用则仅限于高原面上的高峰附近,如贡嘎山、大炮南山以及炉霍县西南的旦都客峰等地。现代冰川的雪线高度约为 4800m 或者更高。晚更新世冰川雪线高度约为 4400~4600m,而中更新世冰川雪线高度估计为 4000~4200m。可见,从中更新世到晚更新世冰川作用的范围逐步缩小。但是,即使在中更新世冰川作用的最盛期,冰川作用的类型仍以山谷冰川和山麓冰川为主,并未形成高原大冰盖。中更新世以前的冰川作用遗迹已很难找到,这种情况在青藏高原上具有普遍性。在本区,晚更新世山谷冰川的末端局部可伸达海拔 3600~3800m 的谷地中。有的还残留了终碛堤。

在鲜水河道乎以上的宽谷地带,冰碛和冰川地貌主要分布于海拔 3600m 以上的谷坡、支沟和谷肩以上的高原面上。这里以炉霍县城南塞塞龙至尤斯一带西南侧谷坡和陡日山地为例,说明更新世两期冰川作用的特征。如图 5 所示,炉霍县城南谷地南侧高原面上分布有若干海拔 4700m 以上的高峰,最高峰多结奔巴峰海拔 4798m。在这些高峰北坡分布有三级古冰斗和冰围谷。最高一级冰斗海拔 4600m,代表了全新世早期的新冰期,以冰斗冰川为主。现在冰体已消失,仅在有的冰斗底部遗留小冰湖,如多结奔巴峰东北坡的马亥措湖。第二级冰斗分布较广泛,海拔高程约为 4450m,其中有的也留有小湖泊,如波鲁冲沟上游的格炯绰湖。此级古冰斗反映第二期冰川作用的雪线高度,有证据表明其时代为晚更新世

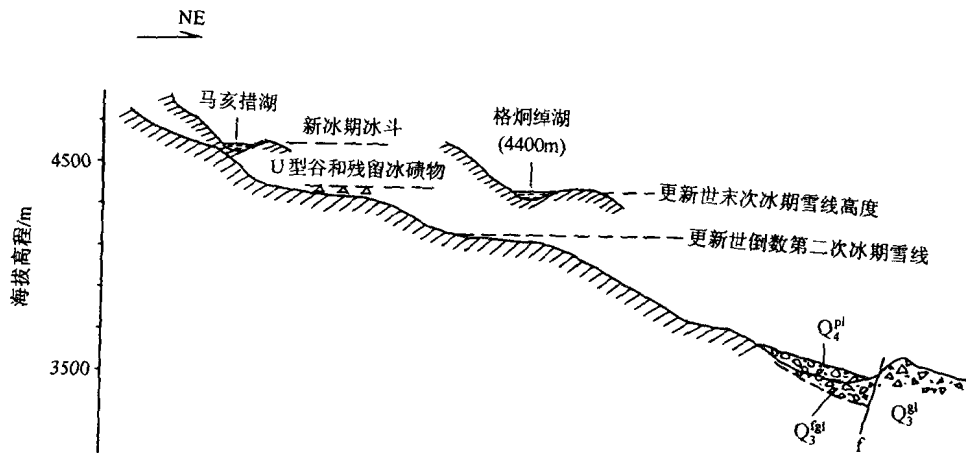


图5 炉霍陡日沟上游纵剖面（表示更新世两期古冰川作用遗迹和新冰期冰斗高度）

中晚期，类型为冰斗冰川和谷冰川。分布最低的冰围谷海拔约在 4000m 左右，已遭后期流水侵蚀切割。与它相连的 U 型谷顺北坡向下延伸，达到 3750m 左右的高度，与鲜水河主河谷谷坡上发育的 3700m 剥蚀台地相接。这一带坡麓海拔 3600m 高度分布有冰碛垅和冰水扇形堆积。据此分析，当时的山谷冰川已汇入主河谷，在谷坡上留下了终碛和冰水扇形堆积，后者又横向过渡为鲜水河的中更新统冲积物。这样，可以初步认为，这里保存较好的、且规模较大的第一期冰川作用的时代为中更新世，而以中更新世中晚期最盛。

更新世冰川作用的遗迹在炉霍、道孚一带鲜水河谷盆地两侧高原面上，以及部分支沟中分布十分广泛。特别是倡促梁子北侧的阿拉沟，根据大比例尺地形图分析，是一条长达 50 多公里的古冰川 U 型谷，它的源头和两侧尚保留了数十个形态很典型的古冰斗和悬谷。但是，实地考察发现，这里的古冰碛堆积地形已遭后期流水侵蚀、改造，面目全非了。

折多山口以东大渡河支流上游的古冰川地貌也很典型。这一带已接近高原边缘，降雨量大增，所以，康定断裂谷地和折多塘断裂谷地都被流水深切割，现代谷地底部已低于高原山顶面两千多米，形成陡峻的嶂谷。但是，谷地上游海拔 3500~4000m 以上的地段，由于流水的溯源侵蚀尚未达到，所以仍完好地保留着更新世两期冰川作用的 U 形谷、悬谷、冰斗及冰碛物。局部高山还有现代冰川。活动断裂沿谷地一侧的半坡通过，显示为清晰的断层槽和边坡脊。它们在有些地方错断了古冰碛，所以，古冰川地貌的研究为确定断层滑动速率提供了依据。图 6 概括地表示了折多塘谷地的上述地貌特征。图上部反映了折多山几期冰川作用的分布高度和冰蚀地貌特征，图下部表示河流阶地纵剖面，阶地级数自上而下增多，至光明村附近为四级，破碉房以下增至五级。高阶地之上还残留着几级剥蚀台地。

至此，作为实例，我们已经概要地介绍了鲜水河断裂研究区的更新世冰川地貌和流水地貌发育概况。由于研究区的第四纪古地理特点，本区的河流都是由冰雪补给的，冰川地貌和流水地貌密切相关。为便于研究和对比，我们把已有的地貌第四纪研究结果总结于表 1 中。表 1 是鲜水河断裂研究区第四纪冰川作用和第四系沉积与青藏高原冰期对比表。希望它能够对今后进一步的研究有所帮助。

表 1 鲜水河断裂研究区第四纪冰川作用和第四系沉积与青藏高原原冰期对比表

时 代	地 区		研 究 区	
	青藏高原典型地区 冰川遗迹		冰川作用	相关沉积
全 新 世	现 代	冰斗和谷冰川	雪线高度 4800~5200m, 冰斗, 谷冰川	现代冲积, 洪积, 湖沼沉积; 鲜水河格鲁 I 级阶地堆积 (^{14}C 7584 $\pm$ 172a. B. P.); 道孚 I, II 级阶地堆积, 庆大河少马, 惠远寺 I, II 级阶地堆积 (^{14}C 2366 $\pm$ 84~7949 $\pm$ 117a. B. P.); 龙灯坝断崖底部泥炭 (11374 $\pm$ 209a. B. P.)
	新 冰 期	1000~3000a B.P. 间三次冰进, 新鲜侧碛和 终碛垅	贡嘎山、折多山、大炮南山以及炉霍道孚一带 4600m 以上的高山发育冰斗和小型谷冰川, 有冰碛 和冰水湖积; 海螺沟冰进 940 $\pm$ 50a B.P., 若果冰进 1580 $\pm$ 60a B.P.	
晚 更 新 世	高 温 期	含细石器文化的石灰华台地钙板层, 棕色 古土壤 (约 5000~10000a. B.P.)	末次冰碛 (表层发育土壤); 道孚万木卡灰华台地 (^{14}C 11160 $\pm$ 260a. B.P.)	
	白 玉 冰 期 (里田冰期)	波密白玉冰期三列终碛垅; 冈底斯山大金沟三列终碛; 西昆仑终碛 (^{14}C 测年 16150 $\pm$ 553~21046 $\pm$ 716a. B.P.)	贡嘎山末期冰碛、冰水平台 (24390~19700a. B.P.); 折多山冰川侧碛、惠远寺纹泥 (27620 $\pm$ 1802~ 17600 $\pm$ 1800a. B.P.); 炉霍尤斯-波鲁冰水堆积 (21790 $\pm$ 350~ 17120 $\pm$ 360a. B.P.); 大炮南山南坡侧碛、三道终碛	恰叫坡麓黄土 (18795 $\pm$ 360a. B. P.), 惠远寺盆地 III 级阶地堆积 (26152 $\pm$ 1152a. B. P.) 旦都至格鲁 II 级阶地堆积; 卡扎老洪积阶地含角砾亚粘土 (43400 $\pm$ 2700a. B. P.) 尤斯西古新塞塘含砾砂土 (33530 $\pm$ 1334a. B. P.) 折多塘 III 级阶地砂砾层 (47500 $\pm$ 3800a. B. P.) 庆大河少马 III 级阶地砂砾层 (57000 $\pm$ 4700a. B. P.) 旦都 III 级阶地砂砾层
中 更 新 世	末次间冰期	棕黄色、棕红色古土壤, 西昆仑阿什火山 爆发 (120000a. B.P.)	塞塞龙红色土上部	
	古 乡 冰 期 (布拉克巴什冰期)	西昆仑布拉克巴什老冰碛平台 TL206000 $\pm$ 17000a. B.P.; 古乡冰碛残丘; 希 夏邦马波状冰碛平原; 侧碛, 漂砾群, 冰 碛丘陵等见于冈底斯, 唐古拉和藏东南	塞塞龙红色土下部; 古冰碛, 冰水堆积 (160000a 左右) 大炮南山古冰碛平台; 折多山古冰碛、贡嘎山埋藏古冰碛; 网状 U 形谷, 古冰斗, 悬谷	道孚电站 V 级阶地砾石层 140200a $\pm$ 麻孜 IV' 级洪积阶地砂砾层 144200a. 旦都 IV 级阶地砾石层 210600~244900a 旦都 V 级阶地砾石层 319900~358700a 塞塞龙冲积砾石层上段 160100~374200a. B. P.
早 更 新 世	大 间 冰 期	棕褐色、棕红色、红色古土壤	不详	塞塞龙冲积砾石层下段 (距今约 37~60 万年)
	玉 龙 喀 什 冰 期 (聂聂雄拉冰期)	西昆仑玉龙喀什河上游 4700~4900m 冰碛 平台, TL33 万年; 唐古拉 4900m 冰碛丘陵, 冈底斯、希夏邦马冰碛平台		河谷谷坡上部剥蚀台地
早 更 新 世	间 冰 期 希夏邦马冰期	希夏邦马北坡最高冰碛平台; 于田南康苏 拉克砾岩 (1430000a. B. P.)		

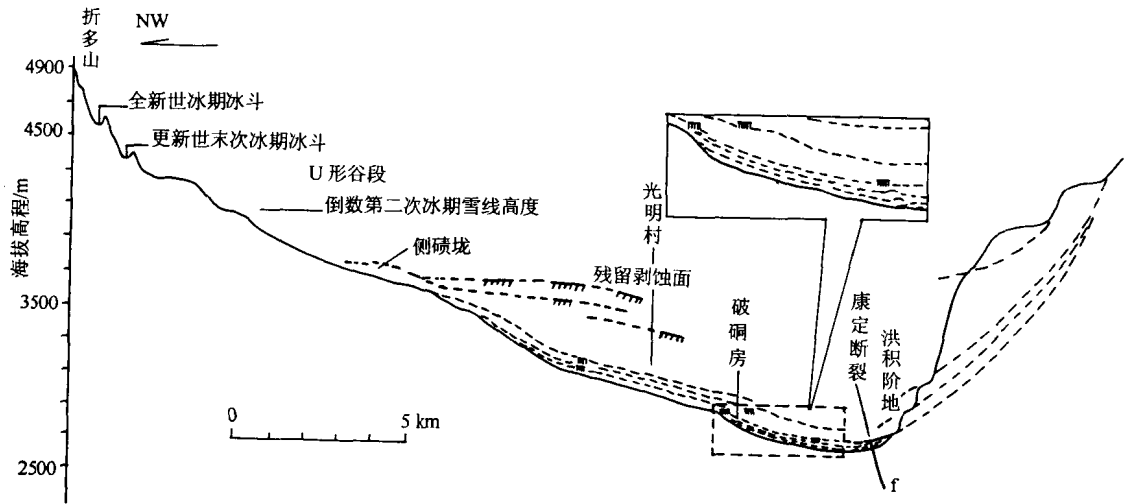


图6 折多塘谷地冰川作用和阶地位相纵剖面

五、结 论

活动断层构造研究方法与“老”构造研究方法的一个重要差别，就在于它往往必须借助于各类地貌变形来确定断层活动的性质、方式、活动时代及活动速率，这是由于活动构造变形所涉及的第四纪地层在大陆地区的分布极其有限。本文研究了大陆地区活动构造定量研究中如何确定地貌年代的问题。重点讨论了河流阶地地貌和冰川地貌的年代确定，结合野外实例作了具体分析，力求给出带有示范性的工作纲要。这两类地貌在我国大陆、特别是西部地区具有普遍意义。但限于篇幅，未能涉及活动断层的运动性质及各类断错地貌类型，关于后者我们将在另文中详细讨论。

参 考 文 献

- [1]杨怀仁主编，第四纪地质，北京：高等教育出版社，1988。
- [2]杜恒检、陈华慧、曹伯勋主编，地貌学及第四纪地质学，北京：地质出版社，1981。
- [3]郑本兴等，西昆仑山第四纪冰川与环境变化，中国第四纪冰川与环境研究中心、中国第四纪研究委员会编，中国西部第四纪冰川与环境，北京：科学出版社，1991。
- [4]周尚哲、李吉均、李世杰，青藏高原更新世冰川再认识，中国第四纪冰川与环境研究中心、中国第四纪研究委员会编，中国西部第四纪冰川与环境，北京：科学出版社，1991。
- [5]Zhao Guoguang et al., The late Quaternary slip rate and segmentation of the Xianshuihe Active Fault Zone, Proceedings of the PCR-USA Bilateral Symposium on the Xianshuihe Fault Zone held in Chendu, Seismological Press, Beijing, 1992.

Geological Dating of Offset Geomorphologic Units for Quantitative Studies of Active Tectonics

Zhao Guoguang Su Gang

(Institute of Crustal Dynamics, CSB, Beijing 100085)

In active tectonic investigations in continental regions, geological dating of offset morphologic units is fundamental for quantitative studies, as Quaternary strata are usually limited. The basic conception of geological dating of offset morphologic units and that of the methodology has been discussed in this paper. Some field practical examples have been given and emphasized on river terrace geomorphology and glaciation. And, their research history and recent achievements have briefly been reviewed.

活动地块多层次构造单元划分及

强震活动的相互关联^①

——以鄂尔多斯活动地块和华北平原活动地块为例

江娃利

(中国地震局地壳应力研究所 北京 100085)

一、前言

张文佑先生在我国较早地提出了断块构造概念,指出:“综合分析地质和地球物理,特别是地层和岩石、航磁、重力等资料以及结合模拟试验,得知中国大地构造不仅现在,而且在过去都具有以断裂运动为特征的块断构造性质。”^[1],并指出大陆地质构造的断块概念概括了各种不同等级大地构造的“块断属性”^[2]。在第四纪活动构造的研究中,不同活动断裂构成的块体的边界以及同一构造单元不同活动断裂之间强震活动的关联,进一步显示出断块即活动地块的存在。以下分别探讨鄂尔多斯活动地块及华北平原活动地块多层次构造单元的划分及强震活动的关联特征。

二、鄂尔多斯活动地块多层次构造单元划分

本文讨论的鄂尔多斯地块,是包括鄂尔多斯周缘断陷系和鄂尔多斯稳定地块在内的整个区域。如果鄂尔多斯块体作为一级构造块体,那么,其北、西、南及东部边界分别展布的河套断陷系、银川断陷系、渭河断陷系和山西断陷系,则属于鄂尔多斯地块内的二级构造单元。其中河套断陷系主要由河套盆地及河套盆地北缘断裂系组成,银川断陷系主要由银川盆地及其西缘的贺兰山东麓断裂带组成,渭河断陷系主要由渭河盆地及渭河盆地南缘断裂系组成,而山西断陷系由一系列断陷盆地及盆地边缘断裂组成。此外,在鄂尔多斯地块西南边缘存在一组北西方向的压扭性弧形断裂束,其中包括牛首山断裂带、天景山断裂带及海原断裂带。该组断裂束不属于鄂尔多斯活动地块的组成部分,而是祁连活动地块的组成部分。但这组构造与鄂尔多斯活动地块交界,它们的活动与鄂尔多斯周缘活动断陷系的形成密切相关。

组成鄂尔多斯地块二级构造单元的北部、南部及东部的断陷系,又可进一步划分成三级构造单元。河套盆地由呼包凹陷、白彦花凹陷及临河凹陷组成,这三个凹陷的北缘分别为大青山山前断裂、乌拉山山前断裂及狼山—色尔腾山山前断裂。渭河盆地由固市凹陷和户县凹陷组成,这两个凹陷的南缘分别为渭南—华县北缘断裂和秦岭北缘断裂。山西断陷

^①该项研究得到地震科学联合基金 95423 课题的资助。