

国际交流地质学术论文集

为二十六届国际地质大会撰写



构造地质 地质力学

地质出版社

中国北京

国际交流地质学术论文集

——为二十六届国际地质大会撰写——

(一)

构造地质 地质力学

地质出版社

中国 北京

国际交流地质学术论文集
——为二十六届国际地质大会撰写——
(一)

构造地质 地质力学

地质部书刊编辑室编辑

地质出版社出版

(北京西四)

地质印刷厂印刷

(北京安德路47号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ ·印张: $19 \frac{1}{4}$ ·插页3个·字数: 474,000

1980年5月北京第一版·1980年5月北京第一次印刷

印数1—4,195册·定价2.70元

统一书号: 15038·新516

前 言

随着我国转入社会主义四个现代化建设以来，地质事业和地质科学研究得到了更广泛的重视和发展。为了更好地进行国际学术交流，促进地质科学研究水平进一步提高，我国地质学家们积极为 1980 年 7 月在法国巴黎召开的第二十六届国际地质大会撰写学术论文。鉴于大会除专题报告外，对其他论文只印出论文摘要，因此，我们将论文汇编成文集以满足国内外的需要。

《论文集》按其专业内容性质，共分为七个分册：

(一) 构造地质 地质力学

(二) 矿物 岩石 地球化学

(三) 成矿作用和矿床

(四) 地层 古生物

(五) 水文地质 工程地质 第四纪地质 地貌

(六) 物探 化探 数学地质

(七) 前寒武纪地质

这些论文在提交时，曾经过有关专家的审查和作者的认真修改，又得到编纂、译校人员和地质出版社的大力支持，使这一论文集得以在二十六届国际地质大会之前出版，这是大家共同努力的结果。在此，一并表示谢意。

第二十六届国际地质大会筹备办公室

一九七九年九月一日

目 录

特提斯—喜马拉雅构造域上新世—第四纪磨拉斯的形成及其与印度板块活动的

关系·····	黄汲清	陈炳蔚	(1)		
略论中国主要的地壳运动·····	孙殿卿	崔盛芹	(15)		
中国大陆壳的早期构造演化·····	马杏垣	谭应佳	吴正文	蔡学林	(27)
断裂体系与断块大地构造学说·····	张文佑	李荫槐	钟嘉猷	马福臣	(35)
地洼学说及其实践意义·····				陈国达	(45)
中国地壳的波浪运动及其起因与效应·····	张伯声	王 战	(55)		
中国中元古代的地壳发展与构造古地理·····	王鸿祯	王自强	朱 鸿	(61)	
中国构造体系的现今活动性·····	陈庆宣	孙 叶	邵云惠	(69)	
中国大地构造及其演化·····	任纪舜	姜春发	张正坤	秦德余	(79)
中国几个重要半隐伏构造带·····				邓乃恭	(91)
中国新生代断块构造的主要特征·····				邓起东	(101)
华南大地构造格架和地壳演化·····	郭令智	施央申	马瑞士	(109)	
燕山地区晚元古代(震旦亚代)古构造演化史 ·····	崔盛芹	杨振升	仇甘霖	葛肖虹	(117)
郯—庐断裂带的平移运动及其地质意义·····				徐嘉炜	(129)
中国特提斯喜马拉雅蛇绿岩及其地质构造意义·····				肖序常等	(143)
青藏高原地质构造特征和地质发展历程·····	李廷栋	韩同林	(153)		
青藏高原的地质构造轮廓与高原形成问题·····				蒋忠惕	(163)
雅鲁藏布江断裂是“地缝合线”吗? ·····				梁定益等	(173)
金沙江板块缝合线上的消减作用·····	张之孟	金 蒙	(181)		
亚洲前寒武系及其构造特征·····				马丽芳	(193)
亚洲大陆平移断裂系的构造分析·····				刘和甫	(201)
地质构造在旋转球体上的模拟实验·····	孙殿卿	张国铎	(211)		
地球自转速率变化推动全球构造运动的可能性·····	王 仁	何国琦	王永法	(217)	
旋卷褶皱构造的一种力学模型·····				黄庆华	(223)
一类入字型断裂构造力学的研究·····	王维襄	韩玉英	(233)		
断块内部与断块边缘力学机制的研究 ·····	张文佑	钟嘉猷	李荫槐	马福臣	(243)
构造体系的复合改造作用及其对隐伏矿床的预测意义 ·····				谭忠福等	(249)
构造体系在煤田预测中的应用·····	缪 奋	范士忠	李明潮	(257)	
论中国油气盆地的构造演化·····	朱 夏	陈焕疆	(263)		
印支运动在四川含油气盆地发展过程中的作用·····	冯福阎	吴承业	(269)		
唐山地震与地震危险区·····	马 瑾	张渤海	袁淑荣	(281)	
唐山地震前的断层运动及应力积累·····	赵国光	黄佩玉	(293)		

CONTENTS

1. On the Formation of Pliocene-Quaternary Molasses in the Tethys-Himalayan Tectonic Domain and Its Relation with the Indian Plate Motion.....*Huang Jiqing and Chen Bing-Wei* (13)
2. On the Major Tectonic Movements of China
..... *Sun Dianqing and Cui Shengqin* (25)
3. Early Tectonic Evolution of the Chinese Continental Crust
..... *Ma Xingyuan, Tan Yingjia Wu Zhengwen and Cai Xuelin* (33)
4. Fracture Systems and Fault-Block Tectonics
..... *Zhang Wenyong, Li Yinhuai, Zhong Jiayou and Ma Fuchen* (43)
5. The Theory of Diwa (Geodepression) and Its Practical Significance*Chen Guoda* (53)
6. The Wave Movements in China's Earth's Crust and Their Origin and Effects *Zhang Bosheng and Wang Zhan* (60)
7. Middle Proterozoic Tectono-Paleogeography of China
.....*Wang Hongzhen, Wang Ziqiang and Zhu Hong* (68)
- 8 Present-Day Activities of the Tectonic Systems in China
..... *Chen Qingxuan, Sun Ye and Shao Yunhui* (78)
9. The Tectonic Evolution of China
.....*Ren Jishun, Jiang Chunfa, Zhang Zhengkun and Qin Deyu* (89)
10. Some Significant Partly-Buried Tectonic Zones in China
..... *Deng Naigong* (99)
11. Main Characteristics of Cenozoic Fault-Block Tectonics in China*Deng Qidong*(108)
12. The Geotectonic Framework and Crustal Evolution of South China..... *Guo Lingzhi, Shi Yangshen and Ma Ruishi*(115)
13. The Palaeotectonic Evolution of the Late Proterozoic (Sinian Subera) in Yanshan Area China
.....*Cui Shengqin, Yang Zhensheng, Chou Ganlin and Ge Xiaohung*(127)
14. The Horizontal Displacement of Tancheng-Lujiang Fault Zone and Its Geological Significance..... *Xu Jiawei*(141)
15. Ophiolites of the Tethys-Himalayas of China and Their Tectonic Significance.....*Xiao Xuchang, et al.*(152)
16. On the Tectonic Characteristics and the Process of Geological Development of the Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau

- *Li Tingdong and Ha Tonglin*(161)
17. Outline of the Geological Structures of the Qingzang Plateau and the Problem of Its Formation *Jiang Zhongti*(171)
18. Is the Yalu Zangbu River Fault a Plate Suture? *Liang Dingyi, et al.*(179)
19. Subduction Along the Jinsha River Suture *Zhang Zhimeng, Jim Meng*(190)
20. The Precambrian of Asia and Its Tectonic Characteristics *Ma Lifang*(199)
21. Structural Analysis of the Wrench Fault Systems of Asia *Liu Hefu*(209)
22. A Model Experiment on Geological Structures on Rotating Sphere.....*Sun Dianqing and Zhang Guoduo*(216)
23. On the Possibility About the Variation of the Earth's Rotation to Produce Global Tectonic Movements *Wang Ren, He Guoqi and Wang Yongfa*(222)
24. A Mechanical Model of the Whirl Structure*Huang Qinghua*(232)
25. Researches on Mechanics of one Class of λ -Type Fracture Structure *Wang Weixiang and Han Yuying*(242)
26. On the Mechanism of Intra-Block and Inter-Block Movements Tectonics *Zhang Wenyou, Zhong Jiayou, Li Yinhuai and Ma Fuchen*(248)
27. Modification of Tectonic Systems by Compounding and Their Significance in Predicting Ore Deposits*Tan Zhongfu, et al.* (256)
28. An Application of Tectonic Systems in the Prognosis of Coal Fields *Miao Fen, et al.*(262)
29. On the Tectonic Evolution of Chinese Petroleum Basins *Zhu Xia and Chen Huan jiang*(267)
30. The Role of the Indosinian Movement in the Development of the Sichuan Oil and Gas Basin*Feng Fukai and Wu Chengye*(279)
31. On the Tangshan Earthquake and the Earthquake Risk Areas *Ma Jin, Zhang Botao and Yuan Shurong*(290)
32. Fault Movements and Stress Accumulation Before the 1976 Tangshan Earthquake*Zhao Guoguang and Huang Peiyu*(304)

特提斯—喜马拉雅构造域 上新世—第四纪磨拉斯的形成 及其与印度板块活动的关系

黄汲清 陈炳蔚

(中国地质科学院)

一、引言

青藏高原是世界上最大最高的高原。广义的青藏高原，包括帕米尔—昆仑山—阿尔金山—祁连山—西秦岭及其以南，喜马拉雅山及其以北，川西高原以西的广大地区。海拔在二千米以上，面积约三百三十万平方公里。狭义的青藏高原，范围要小得多，它是印度斯河—雅鲁藏布江河谷以北，昆仑山及其以南，川西北草地以西的地区。海拔在三千五百米以上，面积约一百四十万平方公里，为台原、冰川、冻土及草甸分布地区。它的西部称羌塘，平均海拔 4500—5000 米，基本上是一个高原夷平面；东部，平均海拔 3500—4000 米，受到几条大河的强烈切割，夷平面被分成若干条块。喜马拉雅山在印度斯河—雅鲁藏布江河谷以南，大部分高峰海拔在七千米以上，形成的时代最新，应同狭义的青藏高原区别开来。青藏高原地壳厚度为 50—70 公里。最厚的地方在雅鲁藏布江河谷东段，厚达 70 公里，而喜马拉雅最高峰带的地壳厚度还不到 55 公里，这说明喜马拉雅本身远未达到均衡补偿的程度。

本文从研究与青藏高原隆起直接有关的磨拉斯建造入手，结合地层、构造方面的实际材料，试图阐明高原隆起的时代、幅度、速度和成因，最后讨论高原隆起和邻区各大山脉的形成与印度板块活动的关系。

二、从喜马拉雅山到天山山前磨拉斯的 分布及其特点

青藏高原及其邻区，上新世—更新世磨拉斯建造十分发育，主要分布在喜马拉雅山麓、昆仑山麓、天山南麓及北麓以及祁连山北麓。下面简单叙述这些磨拉斯建造的特征。

(一) 喜马拉雅山麓的细瓦利克群

喜马拉雅的山前拗陷，从克什米尔至阿萨姆，东西长约 2500 公里，平均宽约 20 公里，

在锡金、不丹境内变窄，断断续续出现，由不丹进入阿萨姆又变宽（图1）。充填这个拗陷的沉积物，主要是木里群和细瓦利克群。木里群主要是半咸水至淡水沉积物，由紫色页岩、紫灰色砂岩夹石膏和盐岩等组成，厚2000米以上。木里群物质来源于印度地盾^[1]，不是磨拉斯建造，时代为早中新世—中中新世。细瓦利克群分为三个亚群，底部与下伏木里群为连续沉积，其岩性特征由上而下简述如下（图2、之(1)）：

上细瓦利克亚群：

漂砾砾岩（Boulder Conglomerates）组：由分选很差的卵石、砂组成。卵石成分多为灰岩及其它沉积岩，少部分为火成岩，砾径大者可达30厘米，时代属早更新世。厚约300米。

品佐尔组（Pinjor Stage）：由紫、褐色砂岩、粉砂岩和卵石组成二至三个沉积旋迴。砾石成分有页岩、石英岩、花岗片麻岩、砂岩、灰岩等，砾径一般为3—8厘米，时代属晚上新世晚期。厚约1000米。

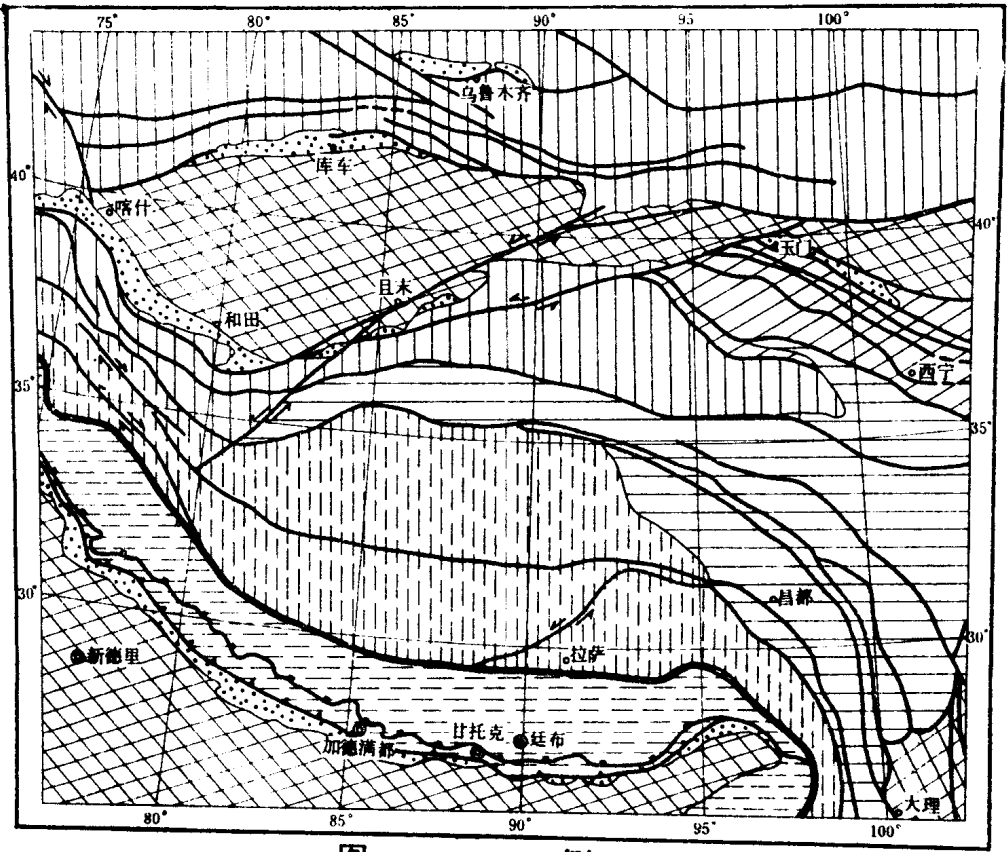


图 例

- | | | |
|-------|----------------|---------|
| 地台 | 燕山褶皱 | 冲断层 |
| 加里东褶皱 | 喜马拉雅褶皱 | 纳布带 |
| 华力西褶皱 | 上新世—第四纪磨拉斯沉积拗陷 | 剪切断层 |
| 印支褶皱 | 深断裂及大断裂 | 雅鲁藏布缝合线 |

图 1 从喜马拉雅至天山山前磨拉斯建造分布图

塔特罗特组 (Tatrot Stage): 由紫、褐色砾岩、砂岩夹棕色粘土、粉砂岩组成, 砾径为 3—8 厘米, 时代属晚上新世早期。厚约 600 米。

中细瓦利克亚群

多克—帕坦组 (Dhok Pathan Stage) 由棕红色细砂岩, 淡褐色粉砂岩、页岩、粘土岩及砾石层组成, 时代为中上新世。厚约 900 米。

纳格里组 (Nagri Stage): 由灰色或淡黄色细粒为主的坚硬砂岩组成, 夹页岩及粘土岩, 时代为早上新世。厚约 800 米。

下细瓦利克亚群

秦吉组 (Chinji Stage): 灰色砂岩与红色页岩互层, 时代为晚中新世晚期。厚 500 米。

卡姆里亚尔组 (Kamlial Stage): 由红色坚硬砂岩、紫红色页岩组成, 红色砂岩中含粘土结核, 时代为晚中新世早期。厚 600 米。

从上述剖面〔图2之(1)〕可以看出, 下细瓦利克亚群(包括卡姆里亚尔组及秦吉组), 为细粒碎屑岩, 性质和下伏木里群相似, 不具磨拉斯建造的特征。但从中细瓦利克亚群纳格里组开始, 碎屑物粒度显然变粗, 往上到多克—帕坦组, 经塔特罗特组再到品佐尔组, 其间虽出现几个沉积旋迴, 但总的说来碎屑物粒度都很粗大, 而且由下往上有越来越粗的趋势。这些碎屑物基本上来源于上升的喜马拉雅山。这就是喜马拉雅南麓细瓦利克群的上新世部分的磨拉斯建造的一般特点。

更新世沉积, 在细瓦利克山区大部分被侵蚀, 个别向斜中出现 200—300 米厚的漂砾层, 组成细瓦利克群的顶部。它与下伏地层呈不整合接触。保存最好的更新世沉积, 出现在皮尔—旁遮尔 (Pir—Punjal) 山中的卡利瓦盆地, 称卡利瓦 (Karewas) 组^[1, 2]。下卡利瓦组的底部漂砾岩, 可能与上述细瓦利克群顶部漂砾岩相当。下卡利瓦组总体上为一套湖相沉积, 由泥岩、粉砂岩组成, 夹砂岩、砾岩及两层腐植粘土层, 厚约 1400—1500 米。上卡利瓦组, 底部为冰碛砾岩, 向上为粉砂岩、粘土及黄土层, 厚约 330—450 米。上、下卡利瓦组之间为明显的不整合, 上卡利瓦组与上覆中更新统的砂、砾、粘土层亦为不整合接触。

细瓦利克群, 从纳格里组开始到顶部漂砾层, 厚约 3600 米。假如把被侵蚀的更新统部分的厚度, 换算成卡利瓦组的厚度 (约 1500 米), 则整个细瓦利克磨拉斯的厚度将为 5100 米。

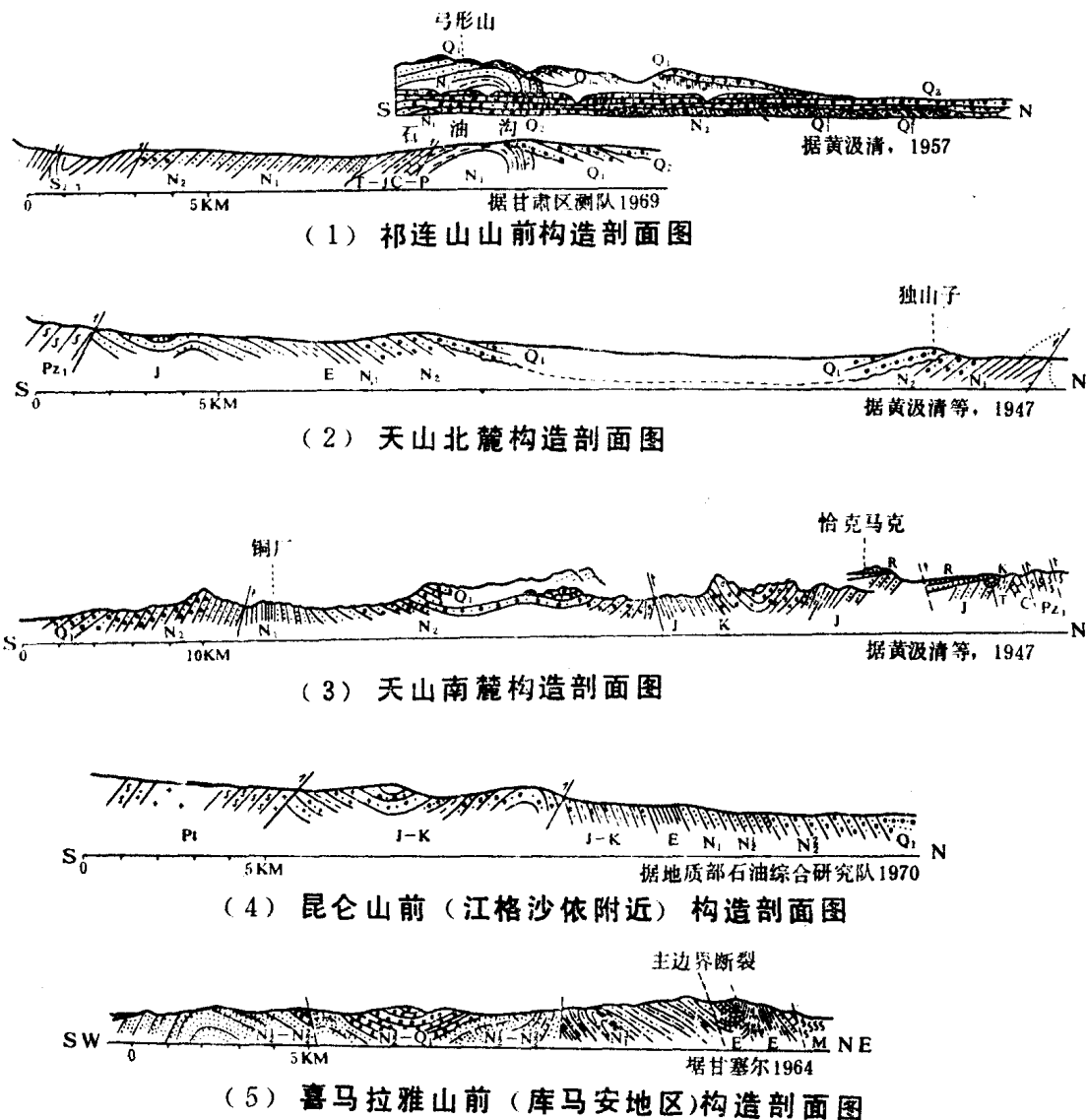
在喜马拉雅山前磨拉斯中, 有三个不整合存在。下面的不整合 (U_1) 出现在上上新统与下更新统之间; 中间的不整合 (U_2) 出现在下更新统的内部; 上面的不整合 (U_3) 出现在下更新统与中更新统之间。

山前磨拉斯拗陷形成的时间虽然很新, 但构造相当复杂。可分为两个带, 北带以向北陡倾的逆断层和向南倒转的褶皱为特征, 它和低喜马拉雅山以主边界大断裂为界; 南带以平缓的不对称的背、向斜为特征。轴面以及翼部的走向断层, 在地表倾角很陡, 但深部转向平缓 (图 3 之(5))。

(二) 昆仑山前的磨拉斯沉积

分布范围, 从莎车之西至民丰以东, 全长约 1300 公里, 和田以西发育较好, 一般出露宽度 50—70 公里; 和田以东至阿尔金山麓, 仅断断续续出现 (图 1)。

磨拉斯沉积的下伏地层称帕卡布拉克组, 时代属中新世晚期, 由棕红、紫红色含石膏



图例	Pt 元古界	T 三叠系	R 第三系	N ₁ - N ₂ 中细互利克亚群
	Pz ₁ 下古生界	T - J 三叠侏罗系	N ₁ 中新统	N ₂ - Q ₁ 上细互利克亚群
	S ₂₋₃ 中上志留统	J 侏罗系	N ₂ 上新统	Q ₁ 下更新统
	C 石炭系	K 白垩系	N ₁ - N ₂ 中新统至下上新统	Q ₂ 酒泉砾石层
	C-P 石炭二叠系	J - K 侏罗白垩系	N ₂ 上上新统	Q ₁ 下玉门组
	M 变质岩	E 下第三系	N ₂ 下细互利克亚群	Q ₂ 上玉门组

图 3 从喜马拉雅至祁连山山前构造剖面图

的泥岩组成。磨拉斯沉积本身包括上新世的阿图什组及早更新世的西域组^①。阿图什组、底部为砂岩夹粉砂岩及泥岩，向上为粗砂岩及砾岩，并夹具大型交错层的厚层砂岩。厚

① 西域组一名由黄汲清创立，当时认为西域组相当于河西走廊的玉门组，分上、下两部，时代均被认为属下更新统 (Q₁)。新疆区测队采用了西域组一名。但，在昆仑山前，它实际上是指黄氏西域组下部，而上部的一套亦遭受褶皱和错断的砾岩层则被划为中更新统。由于喜马拉雅的下更新统卡利瓦组分上下两部分，其间有一个明显的不整合，而上、下玉门组之间亦有明显的不整合，因此初步认为卡利瓦组 = 西域组 = 玉门组。这样，昆仑山前的“中更新统”以划归下更新统上部为宜。

3000 米 (图 2 之(2))。从剖面上看, 沉积物的粒度从下往上逐步变粗, 下部砾石之砾径为 1—5 厘米, 中部为 5—15 厘米, 上部可达 15—40 厘米。阿图什组与下伏中新统为连续沉积。西域组分两部分, 下部为一套巨厚的暗灰色、灰黑色块状砾岩, 夹灰色、黄灰色含砾砂岩。砾径一般为 15—40 厘米, 在民丰以东个别可达 50—100 厘米, 厚约 1600 米。与下伏阿图什组为不整合接触。上西域组为冰碛—洪积层, 下为砾石层, 上为黄土层, 厚约 200 米。西域组上、下部之间亦为明显的不整合接触。西域组之上出现一套呈水平产状的砾石层, 时代属中—上更新统, 它与下伏西域组亦为不整合接触。

昆仑山前的磨拉斯形成于上新世—更新世, 并具下细上粗的特点, 巨大的砾石主要出现在上新世末至早更新世。磨拉斯的碎屑物质来源于南面的昆仑山。在地层接触关系上, 亦存在三个显著的不整合: 第一个不整合相当于喜马拉雅山前的 U_1 , 第二个不整合相当于 U_2 , 第三个不整合相当于 U_3 。(图 2 之(2))。

昆仑山前磨拉斯拗陷中, 在叶城、皮山一带, 出现数排与昆仑山走向一致的背、向斜构造, 由阿图什组及西域组组成, 南与昆仑山多为断层接触, 靠近大山, 岩层陡倾 50—70°, 向北至塔里木盆地方向, 则产状变缓, 背、向斜两翼地层倾角不足 10°^①。

(三) 天山南麓的磨拉斯沉积

分布在天山南麓的库车山前拗陷中, 西起乌什以西, 东至库尔勒, 北以北轮台断裂与南天山为界, 东西长约 600 公里, 南北最宽约 70 公里, 平面上呈东西延伸的长纺锤形 (图 1)。

磨拉斯沉积的下伏地层为中新统的吉迪克组 (包括康村组), 由褐红色砂岩、泥岩互层及石膏泥岩夹盐岩等组成。磨拉斯沉积本身包括上新统库车组及下更新统西域组 (图 2 之(3))。库车组底部为灰色砂岩、粉砂岩夹细砾岩, 往上为厚层的褐色砾岩夹砂岩、泥岩等, 砾径 5—20 厘米, 上部砾石变大, 大者可达 40—50 厘米, 厚约 2000 米。库车组与下伏中新统为连续沉积。西域组分两部分, 下部为深灰色砾岩, 偶夹灰色、黄色砂岩及泥岩, 砾石大小与库车组上部相似, 厚约 400 米。上部为冰碛、洪积砾石层, 厚近 300 米。库车组与西域组之间为不整合关系 (局部为假整合), 西域组上部与下部之间亦为不整合关系。西域组与上复呈水平产状的中更新统高阶地砾石层亦为不整合接触^[8, 图版十之图15]。

显然, 库车山前拗陷中的磨拉斯形成于上新世—更新世, 亦具下细上粗的特点。磨拉斯建造的碎屑物来源于北面的天山。在地层接触关系上亦显示有与喜马拉雅山前相对应的三个不整合, 即 U_1, U_2, U_3 。

库车山前磨拉斯形成一系列的线形背、向斜褶皱, 北面近山麓带发育有向北陡倾的逆断层及紧密的倒转褶皱, 南面远离山麓地带出现梳状背斜, 北翼缓南翼陡, 轴部大部为纵断层切割。磨拉斯建造一般出露在开阔的向斜中。

(四) 天山北麓的磨拉斯沉积

分布在天山北麓独山子一带的山前拗陷中, 东西断续延展约 400 公里, 最宽处约 50 公里, 其南与北天山以深断裂为界, 往北被埋于现代戈壁砾石层之下 (图 1)。

磨拉斯沉积的下伏地层为中新统塔西河组, 由一套河湖相灰绿色泥岩、砂质泥岩夹砂岩组成。磨拉斯沉积本身包括上新统独山子组及下更新统西域组 (图 2 之(4))。独山子组

① 据新疆地质局、石油管理局 (1964) 内部资料。

下部为苍棕色、褐黄色砂质泥岩、砂岩、细砾岩；上部为灰色砾岩夹粗砂岩及粉砂岩薄层。自下而上砾石组分增多，砾石颗粒变大，砾径下部在1厘米左右，上部在3—7厘米，大者可达15厘米，厚度约1800米。与下伏中新统为连续沉积。或超覆于更老地层之上。西域组分上、下两部，下部为灰色砾岩夹砂岩，砾径10—20厘米，大者可达50厘米，厚约600米。上部为冰碛、洪积、冲积层，由砂、砾、亚砂土等组成，厚度不详。上、下西域组之间为不整合接触。西域组与上复中更新统高阶地砾石层亦为不整合接触^[3]。

显然，天山北麓山前拗陷中的磨拉斯形成于上新世—更新世。磨拉斯沉积在剖面上亦具下细上粗的特点，沉积物来源于南面的天山。在地层接触关系上，亦显示三个不整合： U_1 （上新世—早更新世）， U_2 （早更新世内部）， U_3 （早更新世—中更新世）。

天山北麓山前拗陷中，发育的巨厚而完整的中、新生代地层，构成一系列的背、向斜褶皱，两翼不对称，一般南翼缓而北翼陡，这与天山南麓库车山前拗陷中的褶皱情况相反。

（五）祁连山北麓的磨拉斯沉积

分布于北祁连山褶皱带之北，河西走廊之中，以玉门油矿一带发育得最为典型。一般宽度40—50公里，北西西方向断续延伸，约400公里，南西以向南陡倾的大断裂与北祁连山褶皱带为界。

磨拉斯沉积的下伏地层称白杨河组，属中新统，为砖红色砂岩夹砂砾岩，砂质泥岩、泥灰岩及石膏层。磨拉斯沉积本身包括上新统疏勒河组及下更新统玉门组。（图2之(5)）。疏勒河组下部“弓形山层”为灰白色砂岩、棕黄色泥岩、粉砂岩，底部有0.5—14米砾状砂岩，厚300—340米；中部“胳膊沟层”为棕红色砂质泥岩、砂岩、灰色砾岩，厚600米；上部“牛胳膊套层”为灰色砾岩夹棕红色砂岩，厚约400—550米^①。疏勒河组与下伏白杨河组为整合接触，有时超覆于较老地层之上。玉门组分上、下两部，下玉门亚组为灰白色，灰色砾岩夹棕黄色砂岩，砾径一般10—15厘米，厚达160—300米；上玉门亚组为褐色厚层砾岩，顶部具砾状砂岩及砂质泥岩，砾径达30—50厘米，厚200—350米。玉门组与下伏疏勒河组为不整合接触，局部为假整合。上、下玉门亚组之间亦为不整合接触。玉门组之上，出现一套呈水平产出的砾石层称“酒泉砾石层”，属中更新统，与下伏玉门组呈明显的不整合^[4]。

祁连山山前磨拉斯形成于上新世—更新世，亦具下细上粗的特点，碎屑物来源于南面的祁连山。这里也出现三个不整合： U_1 （上新世—更新世）， U_2 （早更新世内部）及 U_3 （早更新世—中更新世）。

三、喜马拉雅与青藏高原形成的时期、 上升的幅度及速度

（一）磨拉斯沉积特点总结

1. 从上面描述的剖面来看，喜马拉雅山麓、昆仑山麓、天山南麓和北麓以及祁连山

① 据甘肃第二区测队（1969）内部资料。

北麓、均有发育良好的真正的磨拉斯建造，它们的形成同这些山脉的上升有紧密的联系：山地一面逐渐上升形成高山，山前拗陷逐渐下沉形成磨拉斯建造。山脉上升的速度和高度显然同磨拉斯建造形成的速度和厚度是相对应的。

2. 磨拉斯形成的时代，从上新世初期开始，经更新世直到全新世。中新世时期山前拗陷虽已初步形成，但尚未出现真正的磨拉斯建造。

3. 上述各山系的磨拉斯建造，都具下细上粗，愈上愈粗的特点，这和阿 尔卑斯山前的标准磨拉斯，一般具下粗上细的特点相反。表明山脉上升的速度，开始缓慢，逐渐加快，至更新世，上升的速度变得更快。

4. 在整个磨拉斯剖面中出现三个明显的不整合，代表三次强烈的构造运动。它们的时代是：上新世与早更新世之间 (U_1)、早更新世内部 (U_2)、早更新世与中更新世之间 (U_3)。特别要注意的是，这三次构造运动，在喜马拉雅山到昆仑山再到天山及祁连山都同时发生，这说明在整个特提斯—喜马拉雅构造域中各大山脉的上升表现三次显著的爆发期。

5. 从图 3 的几个构造剖面可以看到：(1) 磨拉斯山前拗陷与上升的山脉间一般都以大断裂为界，后者向山内陡倾。喜马拉雅山的主边界大断裂特别重要，它和磨拉斯拗陷紧密伴随，地表向山内陡倾，向深部变得平缓^[1]。一系列的强烈地震震中分布其间，它们都是浅震，说明主边界大断裂是壳断裂而不是岩石圈断裂^[6]。(2) 一系列的不对称的线形背、向斜构造发育于磨拉斯拗陷中，靠近大山的一面背斜比较紧密，甚至向山外倒转，逆断层特别多，一般出现在背斜的陡翼。离山愈远，褶皱愈趋平缓。(3) 从这些褶皱和断裂的形态和性质来看，它们的产生显然是由于大山块体向山前拗陷施加强烈的水平压力的结果。

(二) 喜马拉雅山形成的时期、上升的幅度及速度

喜马拉雅与青藏高原的发展史很不相同，所以要分别对待。

喜马拉雅山北坡，已发现若干个上新统的沉积盆地，沉积物一般都属湖相及河湖相，由粗砂岩、细砂岩、粉砂岩及粘土等组成，基本上不是磨拉斯沉积。紧靠高山脚的盆地沉积物，如希夏帮马峰山脚的野博康加勒群，产状比较陡，约 $48-50^\circ$ 北倾；靠近雅鲁藏布江河谷的沉积物，一般产状比较缓，甚至近于水平。据徐仁^[6]对野博康加勒群所含高山栎植物群的研究，估计该盆地上新世中、晚期约在海拔 2000—2500 米，现在为 5700—5900 米，推测自上新世中、晚期以来已上升 3000 余米。据李吉均、文世宣等^①所述，在喜马拉雅山某地上新世地层中，出现热带或亚热带的罗汉松、苏铁、棕榈等孢粉组合。但产化石的具体层位和地点作者均未说明。现代的罗汉松、棕榈等植物可生长在 2000 米左右的高度^②，这和徐仁推断的高度 (2000—2500 米) 并无显著的矛盾。如果李等所说的孢粉组合产出在早上新世，那就更没有什么矛盾了。李等还强调，“三趾马动物群在青藏高原上的发现具有重要的古生物与古地理意义”。实际上，三趾马化石只发现在喜马拉雅北坡的吉隆盆地^[7]和聂拉木的达梯组中以及青藏高原索县的布龙盆地中 (见下文)。据现所知，三趾马化石既发现于中新统顶部，也发现于更新统下部，因此三趾马已不再是上新统的标准化石。

我们认为，对喜马拉雅山上升的幅度和速度，要根据其山前磨拉斯发展的趋势，结合

① 李吉均、文世宣等，1978，青藏高原隆起的时代、幅度和形式的探讨 (未刊稿)。

② 中国科学院植物研究所侯学煜同志函告。

徐仁的推断来作出初步结论，才是比较合理的。磨拉斯形成前的中新世晚期，喜马拉雅尚未成山，估计高度可能仅数百米。从上新世早期（纳格里期）开始到上新世末期（品佐尔期），山脉的大部分已上升 2000—2500 米以上。现今的高度是 5700—5900 米，因此，自上新世末至现在上升的幅度约 3000 米。这，只能代表喜马拉雅山北坡的上升速度和幅度，至于高喜马拉雅峰群，上升的速度和幅度当然更大，它们从上新世开始时的数百米达到今天的 7000—8000 米以上^①。

（三）青藏高原形成的时期、上升的幅度和速度

前文说过，狭义的青藏高原（主要是羌塘高原），今天的地貌景观基本上是一个辽阔的夷平面，海拔 4500—5000 米。从昆仑山到冈底斯山广大地区的地质构造，是由四个由北向南、由老到新的造山带拼接而成：华力西期的昆仑山、印支期的可可西里山、早燕山期的唐古拉山、晚燕山期的阿陵山。整个地区地貌的发展，是经过多次造山、多次夷平，从早第三纪到中新世才形成统一的，从冈底斯山到昆仑山的广阔的夷平面，这个夷平面向东延伸到昌都和川西地区。夷平面内部虽有若干起伏，但在中新世末平均高度可能接近海平面，只能达到数百米。索县布龙盆地的三趾马化石比较原始，和细瓦利克群秦吉组（中新世晚期）的化石很相似^②，这和我们推测这个夷平面约数百米的高度是一致的。

昆仑山麓的磨拉斯沉积从上新世开始，一直发展到现在，总厚度约 5000 米。显然，羌塘高原与昆仑山一起上升，上升到今天的 4500—5000 米。这一数字和磨拉斯的厚度很相近！昆仑山和可可西里山中若干地点分布着安山—玄武岩，一般，时代属上新世一晚更新世。它们是喷发在夷平面上的火山物质。

现在来初步估计一下喜马拉雅和青藏高原上升的速度。关于上新世开始时和更新世开始时的同位素年龄，不同学者有不同的算法。我们采用大多数人同意的估计数字，即上新世开始为 700 万年，更新世开始为 200 万年。这样，喜马拉雅山在上新世开始时的高度假定是 500 米，上新世末（即更新世开始）的高度应为 3000 米左右，那么，上新世的上升速度应为 0.05 厘米/年。更新世的上升速度应为 0.15 厘米/年。青藏高原及昆仑山在上新世开始时的高度假定为 500 米，上新世的高度为 2500 米，那么，上新世的上升平均速度为 0.04 厘米/年。更新世的上升速度为 0.1 厘米/年。

总结上文，我们估计喜马拉雅山和青藏高原的上升时期、幅度和速度如下表。

天山是华力西褶皱山，自二叠纪以来，经过了多次上升和多次夷平，在早第三纪—中新世才形成了广阔的夷平面，高度大致接近海平面。从上新世开始，直到最近，山脉不断上升，山前拗陷不断下沉，其发展趋势与青藏高原相同。磨拉斯建造厚度约 2500—3000 米。

祁连山是加里东褶皱山，自泥盆纪以来，经过了多次上升和多次夷平，在早第三纪—中新世才形成了广阔的夷平面，高度大致也接近海平面。从上新世开始直到最近，山脉不断上升，山前拗陷不断下沉，其发展趋势与天山和青藏高原相同，磨拉斯建造厚度约 2200 米。

① 考虑到山脉快速上升时，其剥蚀速度也很大，那么，真正的上升幅度就要比这个数字大得多。

② 据李吉均等资料（同前1978）。

表 1

地 区		喜 马 拉 雅			青 藏 高 原 及 昆 仑 山		
沉积及上升的幅度速度		沉 积 物	上升高度 (米)	上升速度 (厘米/年)	沉 积 物	上升高度 (米)	上升速度 (厘米/年)
时 代							
全 新 世	Q ₄	冰川、冰水、 冲积相、河湖相 沉积	高峰群在 7000—8000	0.15	盐湖沼泽冲积、 洪积冰碛	5000—6000	0.10
	Q ₃	各阶地之冰 碛—洪积物 U ₃	6000		各阶地之冰 碛—洪积物 U ₃	4500	
	Q ₂	上卡利瓦组 U ₂	5000		上西域组 U ₂	3500	
	Q ₂ ₁	下卡利瓦组 U ₁			下西域组 U ₁		
上 新 世	N ₃ ₂	上细瓦利克亚 群	3000	0.05	阿图什组	2500	0.04
	N ₂ ₁	中细瓦利克亚 群					
	N ₂	下细瓦利克亚 群	数百米近 海平面		帕卡布拉克组	数百米近 海平面	
中 新 世	N ₃ ₁						

四、印度板块活动与青藏高原和 各大山脉上升的关系

上文所述，喜马拉雅山、昆仑山、天山和祁连山山前磨拉斯拗陷的形成时期相同，发育特点非常相似，而且，各大山脉和青藏高原上升的时期也相同，上升的幅度和速度也大致相当，这充分说明山脉的上升和磨拉斯拗陷的形成是在统一的应力场下产生的。从图 3 可以清楚地看出，每一大山块体都向山前磨拉斯拗陷施加水平压力，这就是说，这个统一的应力场是压性应力场，压应力方向一般和山脉成直交，也就是近于南北向。磨拉斯建造在喜马拉雅山前分布最广，厚度最大，由南往北，经昆仑山到天山，它们的分布范围逐渐减小，厚度也逐渐减小，到天山以北的阿尔泰山，山前磨拉斯基本缺失，由此得出结论，强大的水平压应力来自南方，来自印度方面，而不是来自北方、不是来自古亚洲方面。换句话说，印度板块向北漂移，碰撞在早第三纪和中新世已经形成的喜马拉雅褶皱系，致使后者仰冲（逆掩）于正在形成的磨拉斯拗陷之上，造成今日所见的边界大断裂，和与之伴随的磨拉斯褶皱。这一强大的北向压应力促使青藏高原块体整个抬升，位于其北的昆仑山也相应升起。塔里木地块是一稳定刚体，它没有发生明显的抬升，而只是把压应力传导到天山，后者也相应升起，并在其南坡和北坡形成磨拉斯拗陷。应当指出，喜马拉雅西段，喀喇昆