

王乃樑先生对中国地貌学发展的主要贡献

莫多闻¹, 夏正楷¹, 朱 诚²

(1. 北京大学城市与环境学院, 北京 100871; 2. 南京大学地理与海洋科学学院, 南京 210046)

摘要: 王乃樑先生是中国著名的地貌学家。20世纪40年代至90年代初期, 先后在清华大学和北京大学任教。他对中国黄土高原、华北、东北、西北、四川、湖北和广西等广大地区进行了地貌和新生代沉积研究, 在新生代沉积与地貌演化历史、新构造活动与构造地貌学、地貌学与沉积学基本理论与方法等诸多领域取得了一系列创新性的成果。在地貌学学科建设、人才培养、科学研究和国内外学术交流诸方面, 为中国地貌学的发展做出了卓越贡献。

关键词: 王乃樑; 地貌学家; 地貌演化史; 新生代沉积; 构造地貌; 地貌学理论与方法

DOI: 10.11821/dlxb201611013

王乃樑先生(1916-1995)是中国著名地貌学家。他在北京大学领导和创建了中国高校第一个地貌学专业, 曾长期担任中国地理学会地貌学专业委员会主任委员, 毕生为中国地貌学的人才培养、科学研究和学科发展作出了突出贡献。笔者作为王先生的学生, 曾有幸亲聆先生多年的教诲。2016年是王乃樑先生诞辰100周年。特撰此文, 简单回顾王乃樑先生的科学生涯、学术路径和主要成就, 以表达对先生的景仰和缅怀之情。

王乃樑先生1916年10月7日出生于辽宁省安阳市(今丹东市), 祖籍福建闽侯。少年时随家多次迁居, 曾先后在厦门集美中学、天津南开中学上中学。1935年考入清华大学地学系, 抗日战争爆发后随校迁至长沙、昆明, 1939年毕业于西南联大地质地理气象学系, 随后在重庆国民政府资源委员会昆明办事处经济研究室任职。1940年起在西南联大师范学院史地系任教。1945年起在清华大学地学系任教。1948年赴法国巴黎大学理学院自然地理与动力地质教研室学习。1951年底回国到清华大学地学系任教。1952年随全国高等学校院系调整到北京大学地质地理系任教。曾任地貌教研室主任、地质地理系、地理系副系主任、地理系主任等职务^[1-3]。王乃樑先生历任中国地理学会常务理事, 中国地理学会地貌学专业委员会主任委员, 中国第四纪研究委员会副主任委员, 《地理学报》编委、副主编等众多学术职务。1986年当选国际地貌学家联合会执委会委员。

王乃樑先生在进行教学工作的同时, 结合国家重大建设和科研项目, 在全国许多地区开展了地貌学与新生代沉积研究。其中主要的有: 1954-1957年先后在陕西和甘肃两省的黄土高原区、山西大同盆地、宁夏贺兰山等地进行地貌第四纪研究。在辽东半岛、广西平果、富川、贺县、钟山等地为探寻沉积砂矿富集规律进行地貌与新生代沉积研究。1956-1965年配合水利工程先后在黄河青铜峡、长江三峡、河北黄壁庄水库、四川安宁河谷和雅砻江水电站等地开展新构造活动与构造地貌研究, 同时解决有关水利工程区域地质稳定性问题; 为南水北调西线选线在川西地区进行地貌学考察; 研究内蒙古呼伦贝尔

收稿日期: 2016-09-02; 修订日期: 2016-10-28

作者简介: 莫多闻(1955-), 男, 教授, 中国地理学会会员(S110004190H), 从事地貌研究。E-mail: dmo@urban.pku.edu.cn

夏正楷(1942-), 男, 教授, 主要从事地貌、第四纪环境与环境考古研究。E-mail: xiazk@urban.pku.edu.cn

朱诚(1954-), 男, 教授, 主要从事地貌、第四纪环境与环境考古研究。E-mail: zhuchengnj@126.com

2037-2048 页

盟达赉湖的演化规律与趋势。20世纪70年代后期在河北平原为地下水资源开发而从事古河道调查研究;80年代中后期重点研究山西地堑系新生代沉积与构造地貌,同时在新疆克拉玛依油田和甘肃玉门油田开展油田的沉积相研究^[1-3]。

王先生的地貌学研究涉及较多方向和领域,大致可以归纳为如下三个方面:即充分运用沉积分析的原理与方法进行新生代沉积和地貌演化历史研究;运用动力地质学理论及大地构造学说进行区域乃至全国的新构造活动与构造地貌学研究;始终关注国际科学发展动态,重视地貌学基本理论的研究和新技术新方法的应用,注重运用地貌学与沉积学研究解决有关社会实际问题。

1 新生代沉积与地貌演化历史研究

王乃樑先生认为,地貌学研究不仅只研究某个区域现代地貌的特征,而且应能说明各地貌单元的形成和演化历史,及各种内外营力在地貌形成和演化的各个阶段所发挥的作用。其中仔细分析和研究相关沉积是深入了解地貌形成与演化历史的重要途径。即使对于侵蚀地貌而言,欲深入了解侵蚀过程特点和强度的变化历史,也必须从相关沉积中获取相关信息。王先生是中国倡导通过相关沉积研究来深入研究和分析地貌历史的主要开拓者之一,这种研究方法也始终贯穿于他的地貌学研究实践。

1.1 地貌过程相关沉积研究的理论与方法研究

王乃樑先生留法期间进入巴黎大学理学院自然地理与动力地质实验室,师从D. Bourcart教授和A. Cailleux讲师,在他们的指导下,通过学习和研究,他逐渐体会到地貌学与沉积学相结合的重要性,对此产生了浓厚兴趣^[4]。在野外考察和实验研究的基础上,他完成的毕业论文《法国罗瓦河下游上新世至更新世沉积与古地理》,受到法国著名地貌学家丁·特里喀尔的赞赏,并将其刊载于由他主编的《动力地貌学论评》上^[5]。

王乃樑先生回国后在北京大学的地貌学课堂上全面介绍有关理论和方法,在北京大学地貌教研室建立了用于地貌学研究的沉积实验室,带领教研室老师和学生在华北等地区进行研究实践。1955年在《地理学报》上发表《一些沉积学方法在区域地形研究中的应用》一文^[6],指出地貌形成和发育的过程仅凭对地表侵蚀形态的分析是不够的,其形成过程常具体记录在沉积地层中,要想揭露沉积地层中所保留的历史,就必须应用一些沉积学的方法。并指出沉积物的机械组成、磨蚀形态、排列方位等都潜含着搬运介质、搬运方式和堆积过程的信息。文中还详细地介绍了颗粒分析(机械分析)、砾石与砂的形态量计、砾石的岩性与砂的矿物组成分析、沉积层的结构构造等具体研究方法。并以实例阐明区域地形研究中沉积学的重要性和实用性。

1.2 河流地貌研究

王乃樑先生主要研究长时间尺度的河流地貌形成与演化历史及其同新构造活动和气候变化的关系。因而十分注重河流地貌及其相关沉积的研究。

1.2.1 河流阶地研究 河流阶地研究是分析探究河流地貌及区域地貌演化历史、区域新构造活动特征及气候变化历史的重要途径。如何确定河流阶地的成因、如何对比河流阶地都是一些比较困难的问题。王乃樑先生曾先后撰文系统论述河流阶地的分析研究方法^[7-8],并运用于许多地区的地貌学研究中。

(1) 王乃樑先生根据地貌学理论和自己的研究实践,总结出河流流经区域整体上升、上游翘起抬升、下游翘起抬升、拱曲变形、断层垂直错动或水平错动等5种不同新构造活动方式情况下,形成相应的5种不同河流阶地纵剖面形态。这些河流阶地的构造

响应模式不仅被当时的一些研究实例所证明,也被后来山西地堑系构造地貌研究^[9]中的许多实例所证明。

(2) 河流由构造上升区域进入下陷区域,多数情况下会出现阶地减少的现象。河谷在相对软弱的岩性分布区强烈的侧向侵蚀也可能彻底破坏掉较老阶地而导致阶地级数减少。因此需要对区域岩性和构造特征进行仔细研究才能辨别出何种成因。

(3) 当气候变干发生加积、气候变湿后再下切形成的阶地为气候成因阶地。可以根据阶地的纵坡降差异、阶地沉积物特征以及相应时段的古气候变化研究结果来加以证明辨别。

(4) 根据河流不同发育阶段,可以将阶地沉积物和结构特征划分为3种类型:初始或暂时冲积(侵蚀复苏)、均衡冲积和加积冲积。不同类型沉积的粒径和粒度组成、分选磨圆特征、沉积厚度、沉积旋回叠覆情况等存在显著差异。根据这些差异可以判别阶地形成时的构造、基准面、气候等因素处于相对稳定或处于较快变化的过程中。

(5) 河流阶地对比。首先是根据阶地高度进行沿程对比,但需要特别注意由于构造活动引起的阶地高差。其次是根据地层、沉积标志和相对年代进行对比。

1.2.2 陇东地区泾河流域地貌演变历史研究 王乃樑先生20世纪50年代中期通过对泾河中游至泾河源头各支流地貌、新生代地层与沉积的野外考察,对多处河流阶地的测量,及阶地沉积物的沉积特征和岩性分析,揭示了泾河中上游的地貌演化历史^[10]。研究证明:① 泾河中游河谷底部有早于上新世红土、并已初步胶结的砂砾石层分布,表明泾河中游段在上新世之前就已形成。永寿梁顶部有更老的河流砾石层分布,但河流走向已难以复原。② 泾河源头几条支流在早更新世以前的第三纪时期曾延伸到六盘山以西,六盘山在上新世末至早更新世初曾发生了一次显著抬升,泾河各源流在六盘山东坡形成深切曲流,六盘山脊顶部的古泾河河谷已被剥蚀不留踪迹。③ 泾河的最大支流马连河的西源(西川)在上新世红土堆积之前的流域范围已超出今天的分水岭。那时的源头部分来自鄂尔多斯高原上有震旦纪砂质灰岩露头的地方,现代向北入黄河的山水河上游可能为西川源头,上新世红土堆积之后,马连河分水岭曾发生了断层抬升,导致西川源头河段转向北流。

1.2.3 陕西蓝田灞河中游地貌结构及其发育历史研究 灞河中游处于秦岭和南面的骊山之间,大致东西走向,至骊山西南有源自秦岭的辋川河汇入后转向北流,下游段西岸有浐河汇入。1964年,王乃樑先生及课题组师生根据详细的地貌和沉积地层的野外考察、沉积物特征及岩性分析、地层时代对比等得到如下主要结论^[11]:

(1) 区域地貌类型包括南侧秦岭山地和北侧的骊山山地、骊山南麓的横岭塬黄土塬、秦岭北麓的黄土台地、东部地区的白鹿塬黄土塬、灞河及其支流和两岸阶地。

(2) 区域新生代沉积包括:① 老第三纪上新世之前的砂质泥岩夹砂砾层的河湖相沉积和洪积层。② 上新世早期的冲积砾石层及上新世中晚期的红土沉积,红土厚20~70 m不等。③ 早更新世以来的阶地砾石层及秦岭山麓洪积层。④ 早更新世至晚更新世黄土,最厚达100 m以上,古土壤发育最全的剖面可见20多层。

(3) 区域新构造活动与地貌演化历史:① 秦岭北麓此段有一大规模正断层,为控制本区与秦岭山地之间的边界断层。骊山南麓也有正断层发育,骊山同本区域之间为构造掀斜活动,北部骊山构造抬升,骊山南麓及本区向南相对倾斜下降。② 老第三纪时期,本区缓慢而持续拗陷,形成河湖平原,沉积了厚层河湖相沉积和山麓洪积。河湖相沉积地层产状由于构造活动影响已向南倾斜。秦岭北麓断层的派生断层错断了老第三纪的地层。③ 新第三纪秦岭加速上升,区域演变为河流沉积环境,冲积砾石明显变粗。④ 上

新世晚期,拗陷区域转为上升,沉积了红色粘土。⑤ 上新世晚期以来,区域逐渐抬升,灞河逐渐下切,形成五级河流阶地^①,阶地高度分别为160 m、150 m、60 m、28 m、8 m。各阶地的时代分别为早更新世早期、中更新世中期、中更新世晚期、晚更新世、全新世早期。⑥ 各阶地形成之后开始加积黄土,并都延续到晚更新世。所以越老阶地上黄土堆积起始时间越早,堆积时间越长,一般厚度也越大。

1.2.4 北京平原永定河古河道变迁同新构造活动的关系研究 该研究揭示了北京平原永定河全新世期间的变迁历史、平原地区的新构造活动特点及河道变迁同新构造活动的关系。主要成果如下^[12]:

(1) 根据沉积物的岩性和岩相、冲积砂砾体的特征、卫星照片解译和地貌分析、¹⁴C年代测定和沉积物相互切割、叠置关系以及用电子计算机追索古河道沉积物顶面高程变化等方面的研究,在北京平原上找到了永定河全新世不同时期四条主要古河道。古河道在平原上呈扇形分布。全新世早期古河道向北东方向大致沿现代清河的流路,之后逐渐顺时针方向迁移,直到现代永定河的位置。

(2) 北京平原的断裂分布以北东向和北西向两组为主。北东向有八宝山断裂、高丽营断裂、莲花池断裂、良乡—前门断裂、南苑—通县断裂、马坊—夏垫断裂等。北西向断裂有南口—孙河断裂和六里屯断裂。这些断裂的差异升降导致不同地块全新世期间发生隆起或凹陷,继而影响古河道的流向或导致古河道发生迁移改道。

(3) 这些断裂全新世期间的构造活动同新生代构造活动方向一致。早中全新世,北东向和北西向两组断裂活动都比较强。全新世中后期,北东向构造仍继续活动。

1.2.5 黄河、长江演化历史研究 王乃樑先生20世纪50年代以来曾多次在黄土高原进行野外考察,注意到山陕间黄河干流及许多支流,如无定河、洛河、泾河及其它们的一些支流都至少在上新世以前就已经形成^[13]。因为这些干支流的很多地段还保存有早于上新世红粘土沉积的河流阶地,对这些河流阶地的沿河追索发现,这些阶地所代表的河谷流向基本同现代河谷类似。并且还发现,在有的地点早于上新世红粘土沉积的河流阶地还不止一级,这表明黄河中游地区的黄河干支流的形成年代可能还可以追溯到更早的时期。王先生发现宁夏青铜峡附近的黄河穿牛首山而过,而牛首山是突出于周围各种地貌单元之上的孤山,并且在第四纪以前就已隆起,黄河能穿过牛首山说明黄河是一条先成河^[14],即形成于牛首山隆起形成山地之前。

王乃樑先生也十分关注长江的形成与演化历史。他注意到宜昌一带的东湖系红层中含有来自现在长江上游的砾石。东湖系与浦口系的分布大体沿目前长江的流路,南京方山玄武岩之下有中新世的长江砾石层分布,据此推测,中新世时,长江可能已经是一条贯穿四川盆地、巫山山地和中下游平原的大河^[15]。

1.3 冲洪积扇形成与演化历史研究

王乃樑先生关注地貌演化历史同构造活动及气候变化之间关系的研究,注意山地向盆地或平原过渡地带的地貌演化历史,尤其山前冲洪积扇演化历史的研究。《太行山东麓滹沱河出山处新生代沉积相与地貌结构》^[16]一文相对而言是比较集中研究冲洪积扇演化历史的论文。王乃樑先生及课题组成员对太行山东麓滹沱河出山口附近区域的地貌、新生代地层与沉积进行了详细的野外考察,对新生代各时期地貌遗迹和地层层位出露的空间位置进行了细致测量,对相关沉积进行了岩性分析,得到如下主要认识:

(1) 区域新生代沉积地层主要包括:① 上新统杂色粘土夹砂岩、砾岩层;② 下更

① 原文中由于早期的两级阶地高差较小,归为一级,所以总共四级阶地。但因两级阶地时代不同,本文介绍时将其重新定位两级阶地,因而为五级阶地。如果上新世早期的宽谷河流砾石层也算作一级阶地,则实际存在六级阶地。

新统红色砂、粘土质砾石层;③中更新统红色土与砂、砾石或角砾层;④上更新统黄土类沉积与砂、砾层;⑤全新统黄土类沉积与砂、砾或角砾层。

(2)区域内主要地貌类型包括:①太行山东缘低山;②在黄壁庄以西的低山区有零星分布的晚第三纪早期夷平面和较多分布晚第三纪晚期夷平面(唐县面);③区域东部有被埋藏的上新世古湖汉洼地;④分别形成于上新世、早更新世、晚更新世和全新世的四期山前冲洪积扇,另有一个被掩埋的中更新世冲洪积扇;⑤滹沱河两侧山麓坡脚的小型坡洪积扇。

(3)新构造活动和气候变化共同影响下的地貌演化历史:①晚第三纪气候较为暖湿,有两次构造相对稳定时期,发育了两级夷平面。上新世滹沱河及邻近的几条山地河谷已经存在,向东注入一个大湖中。滹沱河出山口形成入湖冲积扇。②上新世晚期至早更新世初期,本区有一次较强的拗折性构造运动,平山以西抬升,平山以东下降,形成早更新世冲洪积扇。扇顶位置向下游方向迁移。③中更新世早期构造抬升和降水增加,河流以下切作用为主,扇顶位置进一步下移。晚期气候变干堆积了红色土。④晚更新世气候变干,河流及冲洪积扇以大规模加积为主,将较早期的大部分冲洪积扇和部分基岩高地覆盖,扇顶上移至上新世冲积扇顶点附近。马鞍山以南滹沱河故道被淤废,河道偏移至马鞍山以北。⑤全新世,区域气候变湿、构造抬升,河流下切。扇顶下移至黄壁庄以东。

1.4 湖泊成因与演化历史研究

1.4.1 华北地区新生代湖泊成因与演变研究 20世纪30年代以来,随着河北阳原泥河湾古湖、河南三门峡古湖等早更新世湖泊沉积的发现,华北地区古代湖泊的分布、时代、成因、演变及其同新构造运动和气候变化的关系遂成为学术界关注的重要问题。王乃樑先生20世纪50年代多次考察和分析研究这些湖泊沉积及其所处的地貌和构造背景,获得一系列新的见解,在《三门系地层的岩性特征及其与新构造运动的关系》^[17]一文中做了集中阐释:①发现新生代湖泊沉积在所有汾渭地堑盆地及部分其他盆地中均有分布;后来发现在鄂尔多斯周边各断陷盆地中也有分布^[14]。②关于湖泊沉积的时代,王先生发现大同盆地许堡火山口大沟中的湖相沉积上部砂砾层中发现有肿骨鹿化石,认为有的湖泊环境延续到了中更新世。后来进一步的研究发现,山西地堑系列盆地中亦存在广泛的中更新世湖泊沉积,也有部分盆地中发育了上新世的湖泊沉积^[9]。前已述及陕西蓝天灞河中游地区还有老第三纪的湖泊沉积^[11]。③关于湖泊成因,王先生注意到上新世时期古桑干河就已贯通大同盆地和阳原盆地,后来的构造运动,使得大同盆地、阳原盆地这些相对下陷的区域积水成湖,而之间相对抬升的区域河流下切形成峡谷和河流阶地。后来证明,山西地堑诸盆地新生代湖泊的成因都与构造活动密切相关。④王先生注意到桑干河盆地中的泥河湾湖相沉积厚达数百米,但湖相沉积以浅湖相沉积为主,并夹砂层,说明构造断陷曾长期缓慢持续地进行,也可能包括若干次的稳定甚至短暂反向抬升时期。前述灞河中游老第三纪的湖泊和形成过程也有类似的特点。山西地堑系的许多盆地也有类似特点,即盆地下陷的方式和速率影响了湖泊沉积特征。⑤发现各时期湖泊沉积形成过程中和形成后的构造活动导致湖泊沉积地层发生倾斜(如沁县盆地)、抬升等变形(如大同云岗小站剖面),有的被断层切割而发生错断(如大同盆地许堡东大沟)。

1.4.2 呼伦贝尔盟达赉湖成因、演变历史与现代湖面变化规律研究 1963年王乃樑先生等对呼伦贝尔地区达赉湖的形成、湖区第四纪沉积相与古地理环境,达赉湖的近现代变化过程及其原因做了详细的调查研究。发表的研究论文^[18]认为:①湖区平原以下的中生代地层构成一北东—南西走向的宽浅向斜构造,新生代地层也自盆地两侧向湖泊倾斜,

这种地质构造和地貌形态有利于盆地地下水和地表水向湖区汇流。② 达赉湖东西两侧都有正断层发育,且断距较大。但即便如此,现代湖泊扩大和上涨趋势同新构造活动无关。湖泊扩大和上涨的主要原因,一是降雨量增加。二是气温增高,促使周围冻土部分融化,使地下水供给增加。因此,在区域降水出现波动性增加趋势的同时,而湖面出现连年稳定上涨的趋势。

1.5 黄土高原第四纪黄土的沉积过程与物质来源研究

20世纪50年代,王乃樑先生考察过黄土高原的大部分地区。较早对第四纪黄土的成因和物质来源做过比较深入的研究,得出了比较严谨和明确的结论^[13]。他注意到陕北、陇东的许多分水高地以及河间地区(如董志塬等一些黄土塬区),以及比这些黄土塬还高出数百米的分水岭地区(如永寿梁、子午岭一带),都有很厚的黄土分布。根据这些地貌位置和黄土的沉积特征认为,只有风成沉积过程才能使黄土同时沉积在这些高度不同的分水高地上。王先生还特别注意到同一分水高地上水平分布的黄土古土壤层次可以同高地斜坡上倾斜分布的黄土古土壤层次互相对比连接,即高地和斜坡上的黄土可以同时平行向上加积,这一沉积特征也只能用风成降尘的沉积方式来解释。王先生在陕西蓝田灞河中游地区的研究中^[14],也注意到灞河北岸阶地上的黄土沉积结构显示,较晚阶地上的黄土古土壤层次可以追溯到较早阶地上黄土沉积剖面的上部,且黄土古土壤层次在阶地面上近乎水平,而在阶地后缘斜坡上为倾斜,显然这种沉积特征也只能用风成成因来解释。王先生还根据前苏联学者对环县、平凉与榆中塬面上所采集的黄土的矿物分析结果,以及他自己注意到不同基岩岩性山地附近黄土的矿物成分十分相似,而与当地的基岩岩性没什么关系的现象,进一步证明了黄土的风成成因和黄土物质的远源来源。

王乃樑先生在陕西蓝田灞河中游的研究中还指出^[14],白鹿原上所见的晚上新世红土为质地较纯净的粘土,夹杂少量砂粒物质,厚度也很大,似乎难以用冲积成因来解释,但又完全没有层理,不象湖相沉积。这在当时实际上已提出有些第三纪红粘土是否也是风成成因的问题。

1.6 沉积学基本理论与方法研究

根据古代沉积地层的沉积特征来重建古代沉积过程和地貌演化历史,需要了解现代地貌和气候等条件下,外营力风化、侵蚀、搬运、沉积过程和沉积特征形成机制等方面的知识,即沉积学的基础。为此,王乃樑先生同任明达先生合著了《现代沉积环境概论》^[19]一书。系统总结了国内外沉积学的理论、方法与研究实例,并结合了作者自己多年的研究实例。全书分三篇十五章。第一篇分别介绍沉积特征及其研究方法,包括沉积结构、沉积构造、矿物与颜色特征、生物特征、环境物理与化学特征的研究与有关研究方法。第二篇介绍各主要沉积环境与过程,包括河流、冲积扇、湖泊、冰川、沙漠、三角洲、海岸、浊流等过程。内容包括各主要沉积过程发生的地貌和气候背景,沉积过程的介质特点和动力机制,沉积物的侵蚀、搬运和沉积过程,沉积体特征与研究方法,以及相应古代沉积地层的沉积过程研究。第三篇沉积物与沉积环境研究方法,包括沉积物各种野外和实验室分析方法,如粒度、砂粒表面特征以及多种矿物和化学分析方法。同时介绍了方差、聚类、趋势面、判别、有序样品的最优分割等数据统计方法及其应用实例。该书可以作为沉积地层与地貌演化历史研究的重要基础。

2 构造地貌学研究

在王乃樑先生长达半个多世纪的地貌学研究中,最重要的建树是关于构造地貌学和

中国构造地貌的研究。中国是世界上最上新构造活动和构造地貌最为丰富的国家之一,这促使他立志发展中国构造地貌学研究方向。

2.1 北京南口地区的构造地貌研究

王乃樑先生20世纪50年代早期就开展了北京南口地区的构造地貌研究^[20]。研究表明,北京军都山南麓断层是本区最大规模断层,断层北东-南西走向。由于该断层的强烈活动,断层上升盘形成高耸的山地,沿断层形成一系列断层三角面,下降盘形成以冲积平原为主的地形。南口附近沿南口河有一北西—南东向断层发育。在南口山前,该断层以东形成有基岩基座、上覆第四纪砾石层和第四纪晚期黄土沉积的台地。断层以西为全新世冲积砾石层覆盖的平坦平原,平原地下有达数百米的第四纪冲洪积沉积。山地中有些地区南口河不同河段同级阶地以及河流两岸同级阶地都显示出较大高差,表明山地抬升过程中不同区域的抬升幅度有所不同。用实例证实了新构造运动方式、时代和速率对该地区地貌发育的控制作用。

2.2 中国构造地貌研究

中国地域广大,构造活动类型、构造地貌类型和构造地貌演化历史都十分复杂。因此,以全国为研究对象的构造地貌研究是一项十分艰巨的任务。王乃樑先生经数十年研究,先后贡献了两篇地貌学研究生涯中最具代表性的力作:《构造地貌》^[15]和《中国的基本构造地貌单元》^[14],对中国全境的构造地貌格局及各区域构造地貌特征及形成演化历史进行了系统总结和深入分析。王先生首先注意到地质构造与构造运动对中国地貌格局与演化历史的巨大影响,如中国地貌构成的三大阶梯特点,以及许多高大而绵延的山脉,许多大型的盆地、高原和平原,河流水系宏大形态和格局等,都与地壳表层的构造形态关系至为密切,并从如下几方面展开研究与阐释。

2.2.1 中国构造体系形成的动力机制与东西部差异 王先生综合运用板块学说、李四光的地质力学学说和张文佑的断块学说等解释中国构造格局的动力学机制。由于亚洲大陆向南,太平洋地块向北,所以西部地区以南北向压应力作用为主,东部地区有北东向的左旋扭动。西部地壳厚,周围有连续的硅铝层的围限,形成以钝角对着挤压力的X型断裂。东部地壳较薄,不受硅铝层围限,可以向东南伸展或蠕散,形成锐角对着挤压力的X型断裂,并且显示出一定的北西—南东向拉伸作用。基于上述原因,大致以南北向的贺兰山至哀牢山一线为界,中国东西两大区域在地质构造性质、构造走向、岩浆活动历史、构造应力与构造活动方式及所形成的地貌特征等存在显著差异。

2.2.2 中国主要构造体系的形成时代 王先生认为要了解中国各地的地貌特征,必须在一定程度上追溯区域的构造发展历史。如中国西部地区自北而南,褶皱山系的形成时代有越来越晚的趋势。即从北部的阿尔泰山,到青藏高原南缘的喜马拉雅山等巨型褶皱山系分别形成于晚古生代的海西运动、中生代早期的印支运动、中生代晚期的燕山运动和新生代的喜马拉雅运动。东部地区除去较早形成的纬向构造带依然存在以外,形成了大致北东向三大巨型隆起带和三大拗陷带,自西而东,其形成年代也有逐渐年轻的趋势,最西部第一列拗陷带北起呼伦贝尔盆地,南至滇中盆地,形成时代早至三叠纪至侏罗纪。最东边的第三列拗陷带,北起鄂霍茨克海,南至南海,形成于第三纪到第四纪初。

2.2.3 中生代以来三大构造运动对中国构造地貌格局形成与演化的影响 不同时期的构造运动,对各地区构造地貌格局及其演化都有强弱不同的影响。但相对而言,较晚地质历史上发生的三次构造运动影响较大。中生代早期的印支运动使得中国除喜马拉雅山、塔里木盆地西部、广东南部和台湾等少数地区外的大部分地区连成一块陆地。中生代晚期的燕山运动,形成了除喜马拉雅山和台湾岛以外,控制中国地貌轮廓的主要构造走向。

新生代的喜马拉雅运动, 不仅使喜马拉雅山和台湾岛由拗陷经褶皱而隆起, 而且使全国广大地区在燕山运动的构造格局基础上发生了大规模的地形升降, 现今的地势高差主要形成于喜马拉雅运动。

2.2.4 中国构造地貌的区域特征及各区域地貌演化历史 王先生注意到控制中国地貌宏观特征的两条重要构造和宏观地貌界限: 一是南北向的贺兰山—六盘山—龙门山—哀牢山—一线; 二是东西向的天山—阴山—一线; 三是昆仑山—秦岭—大别山—一线。根据这些界限将全国的构造地貌划分为东西部、5 个大区域和 27 个构造地貌区。即东部地区阴山以北的内蒙古东南部高原、大兴安岭、小兴安岭、松辽平原、东北东部山地、阴山与冀北辽西山地。秦岭—大别山与阴山之间的鄂尔多斯及周围断陷带、山西高原、华北平原、山东低山与丘陵、秦岭—大别山以南的四川盆地及边缘山地、云贵高原、广西盆地、长江中下游平原、江南低山与红土丘陵、东南沿海低山与丘陵、台湾岛。西部西北盆地与高山区的准噶尔盆地、阿尔泰山与准噶尔西部山地、天山及其山前地带、塔里木盆地、祁连山、河西走廊与北山、柴达木盆地、陇中盆地。西南大高原与高山区的青藏高原, 横断山脉, 喜马拉雅山地等。王先生根据大量地球物理、地质构造与新构造活动、新生代沉积与地貌演化历史的资料, 对所有这些区域的构造地貌演化历史进行了深入研究与论述。

2.3 山西地堑系新生代沉积与构造地貌研究

王乃樑先生 20 世纪 50 年代以来就对山西地堑系诸盆地进行过多次考察研究, 并在多篇论著中涉及了相关成果。20 世纪 80 年代以来, 带领北大师集中研究山西地堑系。对山西地堑系的大同一阳原盆地、滹沱河盆地、晋中盆地、临汾—侯马盆地、运城盆地的地貌和新生代地层与沉积特征进行了大量深入的野外考察研究, 分析了大量钻孔资料, 采集了大量沉积样品进行年代测定、沉积分析和古环境指标分析, 全面调查和研究了大量新生代断层的新构造活动遗迹, 在这些资料基础上, 分析了各盆地的地貌特征及演化历史、新生代沉积的形成与演化历史、新构造活动与气候变化对地貌和沉积形成与演化的影响。尤其新构造活动的方式、速率、历史变化、应力场和动力机制及其对各种地貌类型形成和演变的影响或控制作用。经多年研究基础上出版了《山西地堑系新生代沉积与构造地貌》^[9]的专著。

2.4 新构造运动和构造地貌学发展动态与趋势总结

(1) 将 1949-1980 年期间的新构造运动研究划分出三个发展阶段^[21]; 将主要成就总结为地貌发育和新构造运动关系、新构造运动和深部地壳构造关系、新构造运动和地震关系研究等方面; 并开展了新构造应力场、活动断层和活动褶皱、新构造运动理论与工程应用等方面研究; 将遥感、计算机、模拟等多种现代科学新技术应用于新构造运动研究, 并指出了今后的主要发展趋势。

(2) 将 20 世纪 80 年代以前的构造地貌学归纳为三个发展阶段^[22]; 总结了过去构造地貌学理论、构造地貌学学科交叉和领域扩展、构造地貌学方法及其现代新技术应用、构造地貌学研究应用于地震预测预报和建设工程地基稳定性研究等方面的进展; 并介绍了国际上几个主要发达国家构造地貌学的发展特点。

3 地貌学基本理论与方法的研究与应用

3.1 地貌学基本理论的研究与普及

王乃樑先生 1952 年到北京大学担任地貌学方面的教学。他翻译国外有关重要地貌学

文献^[23-25]或撰文介绍国外地貌学发展动态^[26],同时亲自编写地貌学讲义^①。后来还参加了1978年人民教育出版社出版的《地貌学》的编写^[28]。王先生对国际上各种地貌学经典学说进行了系统介绍,并结合国内外有关研究进展对这些理论学说进行了评价或批判。全面介绍了有关坡地发育、夷平面与成层地貌,河流阶地,构造地貌,气候地貌学等主要地貌学方向的基本理论和研究方法。结合自己的研究实例和国内外最新研究进展,对有关理论与方法进行了研究和发展。还编写了有关地貌学与人类环境的科普文献^[29-30]。

3.2 地貌制图研究与实践

凡是区域的研究,用相关图件所体现和表达的内容和学术思想,具有光用文字表达不可替代的优势。王乃樑先生一直重视地貌制图研究,在地貌制图这一领域做过较多的研究和探索。1978-1987年期间,担任中国1:1000000地貌图编辑委员会副主任委员,参与指导了《中国1:1000000地貌图制图规范》的编写和15幅百万分之一地貌图的编绘和出版。他直接指导完成的《中国1:1000000地貌图,大原幅》,在构造地貌学理论的指导下,汇集区域地貌的研究成果,用专业地图的形式,系统表述了区域地貌的形态、成因、发展变化及其空间分布规律。

3.3 地貌学方法研究与新技术应用

王乃樑先生在地貌学研究中不仅对现代沉积过程和新生代沉积的研究方法^[16, 19]、构造地貌学的研究方法^[22]等进行了系统研究和创新发展,而且积极支持现代科学技术在地貌学研究中的应用,参与了遥感技术和地理信息系统技术应用于地貌学研究的一些工作。

3.3.1 遥感影像解译编制区域地貌图 通过遥感影像进行了太原幅地貌图编制实验^[31],主要研究工作包括:① 根据野外样区调查与卫星影像特征的对比分析建立地貌解译标志。② 结合地形图、地质图等资料,对卫星影像全面解译。③ 设计地貌分类系统和图例表达方案,将区域内的地貌按形态划分为平原、台地、丘陵、低山、中山、亚高山六大类,再进一步按成因和物质组成划分为17个二级地貌类型。用不同颜色和符号结合表示地貌成因和物质组成类型。用各种符号分别表示点状、线状和小型地貌类型。④ 编绘整幅地貌图,再对地貌图进行野外验证。⑤ 编写图幅说明书,将太原幅地貌划分为太原断陷盆地、吕梁山地、太岳山霍山山地、黄土丘陵、榆社—武乡盆地等五区,分区介绍了各区地貌特征。研究表明,结合有关地形地质资料,利用卫星影像解译编制区域地貌图,可以大幅提高地貌图编制工作效率。为利用遥感资料进行区域地貌研究和地貌图编制积累了经验,形成了相关技术方案和流程。

3.3.2 地貌信息分析与地貌信息系统研究 20世纪80年代,随着计算机技术的发展,地理信息系统技术的兴起和在地理学中的应用潜力突显出来。王乃樑先生大力支持地理信息系统技术的研究及其在地貌学中的应用。以鄂尔多斯地区为例,进行了地貌信息分析与地貌信息系统研究的有意尝试。主要工作包括:① 地貌形态、特征、物质组成和结构的信息数据表达;② 遥感影像、地形图、其他各种地质地理图件、野外调查等多源地貌信息获取、数据化与信息集成;③ 运用信息技术及数学方法构建定量分析、信息复合、分类和评价、动力模拟与预测等系列地貌分析模型;④ 根据地貌信息特点和分析方法,运用地理信息系统工具构建地貌信息系统(Geomorphological GIS),包括地貌数据库管理、地貌分析软件包、输入输出等子系统;⑤ 地貌信息系统支持下区域地貌图和专题地貌图的计算机自动成图。将该系统应用于鄂尔多斯地区的构造地貌研究,形成了一系列地貌研究成果和地貌图件。在这些工作基础上撰写了总结性的论文^[32]。

① 该讲义主要内容已由夏正楷教授整理收入2006年出版的《王乃樑文集》^[27]。

3.4 地貌学与沉积学的应用研究

王乃樑先生是一位科学的理想主义者,凭着强烈的科学好奇心,对探索自然奥秘和科学真理的执着追求从事科学研究。但同时又是一位具有高度社会责任感的现实主义者,他长期坚持将科学研究与解决国家重大社会实际问题结合。20世纪50年代将地貌过程与沉积学研究同中国海岸带地貌演化与港区选址与保护、沉积砂矿床调查与开发、河流湖泊环境保护等研究结合。将黄土与第四纪研究同黄土高原生态环境治理研究结合。20世纪50年代至60年代,将新构造和构造地貌研究与三峡库区等多座水库、水电站等工程的新构造和地质稳定性研究结合;20世纪70年代以来将新构造活动研究与地震危险性评价与预测结合;将平原区河流地貌沉积研究与华北地区地下水资源开发结合;20世纪80年代以来将沉积学研究同石油勘探与开发结合。这些研究既促进了地貌学与沉积学基础研究水平的提高,也为国家建设解决了一系列重大问题。

综上所述,王乃樑先生半个多世纪的地貌学研究生涯,不仅贡献了许多创新研究成果,而且形成了富有特色的学术思想。这些成果与思想,以及先生密切关注科学发展动态,广泛吸纳相邻学科新的理论方法,及时引进现代科学技术手段,不断推进地貌学理论与方法的探索与创新精神,都值得我们继承与发扬。

参考文献 (References)

- [1] Yang Jingchun. Our good mentor and friend: A brief biography of geomorphologist Prof. Wang Nailiang//Liu Jiuyan, The Biographies of Geographers in Modern China. Beijing: Xueyuan Press, 2002: 307-313. [杨景春. 良师益友: 记地貌学家王乃樑教授//刘纪远. 现代中国地理科学家的足迹. 北京: 学苑出版社, 2002: 307-313.]
- [2] Xu Haipeng, Yang Jingchun. Wang Nailiang (1916-1995)//China Association for Science and Technology, Brief Biographies of Chinese Scientists and Technologists, Volume 3: Earth Scientists. Beijing: China Science and Technology Press, 2004: 338-352. [徐海鹏, 杨景春. 王乃樑(1916-1995)//中国科学技术协会. 中国科学技术专家传略, 理学编, 地学卷3. 北京: 中国科学技术出版社, 2004: 338-352.]
- [3] Mo Duowen, Xu Haipeng. Wang Nailiang//Sun Honglie. Volume of Geography, A General Overview of the Achievements of Famous Scientists in 20th Century. Beijing: Science Press, 2010: 299-311. [莫多闻, 徐海鹏. 王乃樑//孙鸿烈. 20世纪中国知名科学家学术成就概览·地理学分册. 北京: 科学出版社, 2010: 299-311.]
- [4] Wang Nailiang. The retrospect and prospect of learning geography//Editorial Board of Selected Works of Wang Nailiang, College of Environmental Sciences at Peking University. Selected Works of Wang Nailiang. Beijing: Xueyuan Press, 2006: 16-20. [王乃樑. 学习地理学的回顾与前瞻//北京大学环境学院王乃樑文集编辑组. 王乃樑文集. 北京: 学苑出版社, 2006: 16-20.]
- [5] Wang Nailiang. Lithologie Détritigue et Paléogéographie Cénozoïque de la Basse loire. Revue de Géomorphologie Dynamique, 1951(5): 112-120.
- [6] Wang Nailiang. The application of some sedimentological methods in regional geomorphic studies. Acta Geographica Sinica, 1955, 21(1): 53-61. [王乃樑. 一些沉积方法在区域地形研究中的应用. 地理学报, 1955, 21(1): 53-61.]
- [7] Wang Nailiang. Discussion of the River Terrace//The Committee of Geomorphology, Geographical Society of China. Abstracts of the Proceedings of Geomorphology Conference in 1961. Beijing: Science Press, 1962: 60-61. [王乃樑. 关于河流阶地//中国地理学会地貌专业委员会. 中国地理学会1961年地貌学术讨论会论文摘要. 北京: 科学出版社, 1962: 60-61.]
- [8] Wang Nailiang. Discussion of the River Terrace//Editorial Board of Selected Works of Wang Nailiang, College of Environmental Sciences at Peking University. Selected Works of Wang Nailiang. Beijing: Xueyuan Press, 2006: 74-92. [王乃樑. 关于河流阶地//北京大学环境学院王乃樑文集编辑组. 王乃樑文集. 北京: 学苑出版社, 2006: 74-92.]
- [9] Wang Nailiang, Yang Jingchun, Xia Zhengkai, et al. The Cenozoic Sediments and Tectonic Geomorphology in the Shanxi Graben System. Beijing: Science Press, 1996. [王乃樑, 杨景春, 夏正楷, 等. 山西地堑系新生代沉积与构造地貌. 北京: 科学出版社, 1996.]
- [10] Wang Nailiang. Some materials on the Neotectonic movements in eastern Gansu//Division of Earth Sciences, Chinese Academy of Sciences. The Transcript of Talks in the First Symposium on Neotectonics in Chinese Academy of Sciences. Beijing: Science Press, 1957: 160-163. [王乃樑. 有关甘肃东部(陇东)新构造运动的一些材料//中国科学院]

- 地学部. 中国科学院第一次新构造运动座谈会发言记录. 北京: 科学出版社, 1957: 160-163.]
- [11] Wang Nailiang, Cao Jiaxin, Qian Zonglin. The geomorphic structure and evolutionary history of Middle Bahe River Valley in Lantian Region of Shannxi//Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology. Proceedings of On-the-spot Meeting of Cenozoic in Lantian, Shannxi. Beijing: Science Press, 1966: 75-88. [王乃樑, 曹家欣, 钱宗麟. 陕西蓝田地区渭河中游地貌结构及其发育历史//中国科学院古脊椎动物与古人类研究所. 陕西蓝田新生界现场会议论文集. 北京: 科学出版社, 1966: 75-88.]
- [12] Wang Nailiang, Yang Jingchun, Xu Haipeng, et al. The paleochannel evolution of Yongding River and its relationship with Holocene tectonic movements on the piedmont area of Xishan Mountain, Beijing//Chinese Association for Quaternary Research. Proceedings of the 3rd Quaternary Science Conference. Beijing: Science Press, 1982: 179-183. [王乃樑, 杨景春, 徐海鹏, 等. 北京西山山前平原永定河古河道迁移、变形及其和全新世构造活动的关系//中国第四纪研究委员会. 第三届全国第四纪学术会议论文集. 北京: 科学出版社, 1982: 179-183.]
- [13] Wang Nailiang. Comments on Mr. Zhang Bosheng's article "Illustrating the Yellow River channel evolution from Loess Line". Chinese Science Bulletin, 1956(7): 67-72. [王乃樑. 对于张伯声先生“从黄土线说明黄河河道的发育”一文意见. 科学通报, 1956(7): 67-72.]
- [14] Wang Nailiang. Basic tectonic geomorphic units of China//Preparatory Group for the 80th Anniversary of Prof. Wang Nailiang. Selected Research Papers on Geomorphology and Quaternary Environment. Beijing: China Ocean Press, 1996: 15-37. [王乃樑. 中国的基本构造地貌单元//纪念王乃樑先生诞辰80周年筹备组. 地貌与第四纪环境研究文集. 北京: 海洋出版社, 1996: 15-37.]
- [15] Wang Nailiang. Tectonic Geomorphology//Editorial Board of Physical Geography of China. Volume of Geomorphology, Physical Geography of China. Beijing: Science Press, 1980: 11-61. [王乃樑. 构造地貌//中国科学院《中国自然地理》编辑委员会. 中国自然地理·地貌. 北京: 科学出版社, 1980: 11-61.]
- [16] Wang Nailiang, Han Mukang, Zhu Zhijie, et al. Cenozoic sedimentary facies and landforms near the valley mouth of River Hutuo along the eastern Piedmont of Mountain Taihangshan. Chinese Quaternary Research, 1985, 6(1): 44-59. [王乃樑, 韩慕康, 朱之杰, 等. 太行山东麓滹沱河出山处新生代沉积相与地貌结构. 中国第四纪研究, 1985, 6(1): 44-59.]
- [17] Wang Nailiang. Lithologic characteristics of the Sanmenian Series and its relationship with Neotectonic Movements//Chinese Association for Quaternary Research. Proceedings of the Sanmenxia Quaternary Geology Conference. Beijing: Science Press, 1959: 73-76. [王乃樑. 三门系地层的岩性特征及其与新构造运动的关系//中国第四纪研究委员会. 三门峡第四纪地质会议文集. 北京: 科学出版社, 1959: 73-76.]
- [18] Wang Nailiang, Guo Shaoli, Yang Xushan. The preliminary analysis of the formation and evolution of the Dalai Lake in Hulunbuir//Geographical Society of China. Selected Works from the Conference on Arid Land Geography. Beijing: Science Press, 1966: 151-156. [王乃樑, 郭绍礼, 杨绪山. 呼伦贝尔盟达赉湖的形成及其变迁的初步分析//中国地理学会. 干旱区地理学术会议论文集. 北京: 科学出版社, 1966: 151-156.]
- [19] Ren Mingda, Wang Nailiang. An Introduction to Modern Sedimentary Environment. Beijing: Science Press, 1981. [任明达, 王乃樑. 现代沉积环境概论. 北京: 科学出版社, 1981.]
- [20] Wang Nailiang, Pan Deyang. Some geomorphological features and lithologic characteristics of the piedmont area of Nankaw Mountain revealing Neo-Tectonic Movements and climate changes during the Plio-Quaternary Times. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 1956, 2(3): 377-401. [王乃樑, 潘德杨. 南口山前平原地貌与第四纪沉积物特征及其对于新构造运动与气候变迁的反映. 北京大学学报(自然科学版), 1956, 2(3): 377-401.]
- [21] Wang Nailiang, Yang Jingchun. Neotectonics Study in China: Review and Prospects. Acta Geographica Sinica, 1981, 36(2): 135-142. [王乃樑, 杨景春. 我国新构造运动研究回顾与展望. 地理学报, 1981, 36(2): 135-142.]
- [22] Wang Nailiang, Han Mukang. Theories, Methods, Application and Trends of Tectonic Geomorphology//The Committee of Geomorphology, Geographical Society of China. Selected Proceedings of 1st Conference on Tectonic Geomorphology. Beijing: Science Press, 1984: 1-9. [王乃樑, 韩慕康. 构造地貌学的理论、方法、应用与动向//中国地理学会地貌专业委员会. 中国地理学会第一次构造地貌学术讨论会论文集. 北京: 科学出版社, 1984: 1-9.]
- [23] Герасимов И. П. Gobi desert. Acta Geographica Sinica, 1955, 21(2): 129-140. [И. П. 格拉西莫夫. 王乃樑, 陈静生, 陈传康, 译. 戈壁荒漠. 地理学报, 1955, 21(2): 129-140.]
- [24] Мещеряков Ю. А. Some features of the present situation of geomorphology abroad. Translations in Geography, 1956(2): 89-98. [梅舍略科夫 Ю. А. 王乃樑, 译, 韩慕康, 校. 国外地貌学现状的某些特点. 地理译报, 1956(2): 89-98.]
- [25] Курдюков К. В. Basic issues on the research of alluvial fan. Translations in Geography, 1958(3): 124-132. [库尔居科夫 К. В. 王乃樑, 译. 研究陆上三角洲的基本问题. 地理译报, 1958(3): 124-132.]
- [26] Wang Nailiang. The present situation of geomorphology in France. Acta Geographica Sinica, 1963, 29(1): 52-62. [王乃

- 樑. 法国地貌学现状. 地理学报, 1963, 29(1): 52-62.]
- [27] Wang Nailiang. Basic issues in geomorphology//Editorial Board of Selected Works of Wang Nailiang, College of Environmental Sciences at Peking University. Selected Works of Wang Nailiang. Beijing: Xueyuan Press, 2006: 34-112. [王乃樑. 地貌学基本问题//北京大学环境学院王乃樑文集编辑组. 王乃樑文集. 北京: 学苑出版社, 2006: 34-112.]
- [28] Wang Nailiang, Jiang Meiqiu, Tian Zhaoyi, et al. Chapter 1, 10, 11 of Geomorphology //Peking University, Nanjing University, Shanghai Normal University, et al. Geomorphology. Beijing: People's Education Press, 1978: 4-11, 217-253. [王乃樑, 江美球, 田昭一, 等. 地貌学(第一章、第十章、第十一章)//北京大学, 南京大学, 上海师大, 等. 地貌学. 北京: 人民教育出版社, 1978: 4-17, 217-253.]
- [29] Wang Nailiang. Some entries on geomorphology//Editorial Board of Geography, Editorial Board of Encyclopedia of China. Encyclopedia of China, Geography. Beijing: Encyclopedia of China Publishing House, 1990: 88-89, 111-112, 164-165, 171-172, 337-338, 371-372. [王乃樑. 地貌学部分词条//中国大百科全书总编辑委员会《地理学》编辑委员会. 中国大百科全书, 地理学. 北京: 中国大百科全书出版社, 1990: 88-89, 111-112, 164-165, 171-172, 337-338, 371-372.]
- [30] Wang Nailiang, Zhao Shusong, Cui Haiting, et al. The Environment for Human to Live. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press, 2002. [王乃樑, 赵叔松, 崔海亭, 等. 人类生存的环境. 南京: 江苏科学技术出版社, 2002.]
- [31] Wang Nailiang, Fan Xinqi, Gao Qijiang, et al. The preliminary mapping experience of visual interpretation of 1/500000 landform maps using Landsat images: A case study on the landform map in Taiyuan, Shanxi Province. Shanxi Soil and Water Conservation, 1982(1): 45-52. [王乃樑, 范心圻, 高起江, 等. 利用陆地卫星象片目视解译 1/50 万地貌类型图制图的初步经验: 以山西省太原幅地貌类型图为例. 山西水土保持, 1982(1): 45-52.]
- [32] Wang Nailiang, Wu Lun, Han Mukang, et al. Methods and applications of a geomorphological GIS: A case study in the Ordos region of China. The paper of 27th Conference of IGU, Washington, United States, 1992//Editorial Board of Selected Works of Wang Nailiang, College of Environmental Sciences at Peking University. Selected Works of Wang Nailiang. Beijing: Xueyuan Press, 2006: 206-218. [王乃樑, 邬伦, 韩慕康, 等. Methods and applications of a geomorphological GIS: A case study in the Ordos region of China. 1992 年美国华盛顿第 27 届国际地理大会论文//北京大学环境学院王乃樑文集编辑组. 王乃樑文集. 北京: 学苑出版社, 2006: 206-218.]

Prof. Wang Nailiang's contributions to the geomorphological research in China

MO Duowen¹, XIA Zhengkai¹, ZHU Cheng²

(1. College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing, 100871, China;

2. School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210046, China)

Abstract: Professor Wang Nailiang is a famous geomorphologist in China. He worked as a geomorphological science professor for 43 years in Peking University after several years of career in Tsinghua University. He investigated and studied the landforms and the Cenozoic sediments in many regions such as Loess Plateau, North China, Northeast China, Northwest China, and the provinces of Sichuan, Hubei and Guangxi. He achieved great success in research on Cenozoic sediments and geomorphological evolution history, neotectonic movements and tectonic geomorphology, the theories and methods of geomorphology and sedimentology. He worked hard for geomorphological teaching, academic research, scientific activities and international exchange. He contributed greatly to the progress of the geomorphological science in China.

Keywords: Prof. Wang Nailiang; geomorphologist; Cenozoic sediments; geomorphic evolution history; tectonic geomorphology; theories and methods of geomorphology