

# 从水土保持到全球气候变化:中国黄土研究70年

杨丽娟

中国科学院自然科学史研究所,北京 100190

**摘要** 中国黄土独特的地层构造一直吸引着不同领域学者的注意。1949年后,黄土研究进入一个全新而系统的阶段。根据大量黄土研究材料,梳理了黄土研究在中国的发展脉络,总结了70年来黄土研究的重要成果。20世纪50—60年代的黄土普查获得了大量关于黄土地区的一手材料,陆续出版有重要影响力的黄土阶段性研究成果;20世纪70年代后,随着新技术与新方法的运用,黄土研究在内容与精度上不断得以丰富与完善;20世纪80年代至今,黄土高原水土流失综合治理研究取得诸多成果,更为重要的是,黄土地层记录的古气候密码逐渐被破解,成为理解全球气候变化的关键因素。在几代学者的共同努力下,中国黄土研究处于世界先进水平。

**关键词** 黄土研究;水土保持;黄土沉积;古气候;全球气候变化

黄土是中国北方人民长期以来对当地黄色土状堆积物的习惯称呼。中国黄土覆盖面积广阔,以黄河中下游黄土高原的黄土分布最为广泛,也是世界上埋藏最厚、分布最连续的黄土区域。长期以来,黄土地区独特的地质构造及地理环境吸引了多个学科学者的广泛关注。早在晚清、民国时期,地质学家即对黄土成因、来源以及黄土沉积等基础问题展开研究。1949年以后,中国对黄土展开深入而系统的研究,在黄土的地层划分、物质成分、结构特征、工程地质、地貌及成因、年代地层学、黄土与

古气候、黄土区的水土保持等方面,均取得了突破。此外,第四纪研究机构的建立、相关刊物的创刊及国际会议的参与,中国黄土研究取得举世瞩目的成果,得到国际地质学界的认同。其中,刘东生因黄土研究获得了泰勒环境成就奖、“洪堡奖章”等国际奖励,此外,中国黄土研究还获得过国家自然科学基金、国家科技进步奖等多项国家级大奖。

本文根据黄土研究相关材料,系统梳理黄土研究在中国的发展脉络,总结近70年来黄土研究的重要成果。

收稿日期:2019-08-22;修回日期:2019-09-11

基金项目:中国科学院自然科学史研究所重大突破项目(Y621081)

作者简介:杨丽娟,助理研究员,研究方向为近现代地学史,电子邮箱:yanglijuan@ihns.ac.cn

引用格式:杨丽娟.从水土保持到全球气候变化:中国黄土研究70年[J].科技导报,2019,37(18):162-168;doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2019.18.016

## 1 20世纪50—60年代的黄土普查及水土保持综合考察

中华人民共和国成立后,中国地学工作者开展了广泛的黄土研究。20世纪50年代初,侯德封、徐仁、袁复礼与苏联专家帕林诺夫在三门峡地区组织了新中国成立以来第一次综合性多学科的第四纪考察。杜恒俭担任考察队队长,考察团成员包括周明镇、刘东生等,三门峡综合考察详细调查了当地水文、地质,开始了对中国黄土的研究<sup>[1]</sup>。

第一个五年计划准备筹建三门峡水库,为研究黄土地区水土保持问题,解决三门峡水库修建后黄河中上游的泥沙淤积问题。1955年起,中国科学院组织黄河中游水土保持综合考察队,考察队事务由竺可桢主持,考察内容包括第四纪地质、地貌、水文、气象、土壤、植物、农林、畜牧等。地质组主要任务为完成黄河中游1:20万的自然分区地质图,并对调查区内的第四纪沉积物(特别是黄土)成因、组成、地质剖面进行研究。考察队于1955年完成晋西地区普查,1956年完成陕西地区普查,1957年分别对汾河、泾河、洛河流域进行调查<sup>[2]</sup>。1957年,中国科学院和苏联科学院共同组织黄河中游水土保持综合考察队中苏联合队,中国土壤学家马溶之担任队长,苏联自然地理和水土保持学家阿尔曼(苏联队队长)、第四纪地质地貌学家凯司、土壤学家拉扎诺夫、森林植物学家卡班诺夫、固沙学家彼得洛夫以及水文学家奥理菲洛夫参与考察。考察队对黄土及其他土块堆积物的分层、成因、类型等相关问题进行研究,并在太原、兰州、北京等地举行座谈会<sup>[3]</sup>,考察成果以《黄河中游第四纪地质调查报告》为题出版<sup>[2]</sup>,并编制了1:1000000的黄土分布草图。

1957年,第四纪研究委员会成立,委员会设立两个分组,旨在编制小比例尺中国第四纪地质图、地貌图和编辑出版中国第四纪研究刊物以及其他出版物。1958年,《中国第四纪研究》(后改名《第四纪研究》),1958—1989年为不定期刊物,1989年后开始固定出版,开始为季刊,后为双月刊)创刊。同年在黄土高原10条各约1500 km的大剖面展开

调查工作,搜集了黄土的分布、厚度、地层、地貌、古地理、埋藏土以及黄土和其他第四纪地层关系等资料,并对黄土进行了矿物、化学、粒度等成分分析,对大量的实际材料进行了总结,编制了1:15万的《黄河中游黄土分布图》。此次调查工作获得了丰富的一手材料,采集大量标本,为日后论证黄土风成成因,编制黄土分布图奠定基础,其中最突出的是开始了对“古土壤”的研究<sup>[4]</sup>。土壤学家朱显谟<sup>[5,6]</sup>、石元春<sup>[7]</sup>等对黄土和黄土中古土壤层的研究表明,黄土层中所夹的红色条带,即德日进(Pierre Teilhard de Chardin)、杨钟健所称的红色土,实质为一种褐色土型的古土壤层,在黄土高原的东芝塬、洛川塬等地都发现黄土和古土壤相重叠的现象。王挺梅、朱海之等发现黄土在空间分布上具有颗粒粗细自西北向东南逐渐变细的特点,并把黄土高原的黄土划分为砂黄土、黄土、黏黄土带,这一划分为黄土高原的水土保持工作以及黄河泥沙的治理提供了依据。黄土地层的划分和分布,年龄的新、老关系等相关研究亦为黄土地区的湿陷性问题研究提供了方法参考<sup>[8]</sup>。

1959—1961年,中国学者对山东、青海、河北等黄土高原以外地区进行了调查。1961年,在波兰召开的国际第四纪研究联合会(international association on quaternary research, INQUA)第6次会议上,刘东生、张宗祜提交了以“The ‘Huangtu’ of China(中国的黄土)”为题的论文,展示了山西午城的黄土剖面,其中黄土所夹的古土壤有17层之多,使得外国学者颇为震撼。该文介绍了中国黄土的分布、地层、主要地貌形态(峁:多分布于黄土高原北部,为圆锥形丘陵,是一种发育在各种黄土堆积上的参丘;梁:多分布于黄土高原中部,为长条形的脊状地形,是一种叠加的古侵蚀地形;塬:多分布于黄土高原南部,为平台状地形,由多层叠覆的黄土、古土壤层构造)以及黄土的物质成分(矿物成分、化学成分),并认为黄河中游的黄土,特别是马兰黄土,其物质是由风力搬运的,黄土的形成代表干燥时期,剥蚀面则代表一个潮湿时期,引起国际学者广泛关注<sup>[9]</sup>。

## 2 20世纪60年代黄土阶段性研究

### 成果的出版

20世纪60年代后,黄土研究及调查工作暂停,但陆续出版多部有关黄土研究专著,内容多为新中国成立初期研究黄土的阶段性成果,为以后开展黄土研究提供重要参考依据。兹简要介绍如下。

《黄河中游第四纪地质调查报告》(科学出版社,1962),该书收集中国科学院、黄河中游水土保持综合考察队第四纪地质组自1955—1957年在晋西、陕北等地工作报告,共6篇,对黄河中游地区黄土的地层分布及其岩性等进行了研究,并讨论了黄土地层及水土保持的关系,为黄河中游水土保持考察报告提供了第四纪图鉴和文字说明<sup>[9]</sup>。

《黄河中游黄土》(刘东生等著,科学出版社,1964),该书是中国第一本系统研究黄土问题的专著,为中国科学院地质研究所第四纪地质研究室1955—1958年间对黄河中游地区黄土进行野外调查和室内研究工作的总结,资料丰富,论证详实。内容包括:介绍黄河中游黄土分布及研究历史;通过对黄河中游地区南北、东西十条典型路线调查,剖视了整个黄土高原的结构,并对区内各地黄土作了对比分析;对黄土分布的高度、黄土下方的古地形、黄土厚度、黄土与其他第四纪沉积物的关系、发育在黄土中的埋藏土、黄土的物质成分等问题,进行了讨论。通过对黄土地层的进一步划分,该书系统地阐述了黄土的发育历史;通过对切入基岩的黄土剖面的测量,阐述了黄土堆积前的基岩古地形;对黄土中“红色条带”的研究,确定了埋藏土的存在;对黄土和其它第四纪地层关系的研究,阐述了第四纪以来古气候的变化;对各地黄土剖面的测量,确定了中国黄土堆积的厚度。书中另附一张黄河中游黄土分布大图及简要说明<sup>[10]</sup>。

《第四纪地质问题》(中国科学院地质研究所,科学出版社,1964),收录论文12篇,为第四纪地质研究室1957—1962年间野外调查和室内研究成果,关于黄土研究的内容包括:黄河中游黄土物质成分、粒度和结构问题;对黄土地层进行新的命名;对黄土做颗粒分析,发现黄土颗粒的动态性;建立

了古气候研究指标<sup>[11]</sup>。

《中国的黄土堆积》(刘东生,科学出版社,1965),为第四纪地质研究室1953年后研究中国黄土的总结性专著,可作为1:400万“中国黄土分布图”的说明书。内容包括:中国东北、华北、黄河中游、西北4个地区的黄土和黄土状岩石的分布、岩性、厚度、地层划分和成因等问题的深度描述与探究;讨论了黄土和黄土状岩石的分布、地层时代、颗粒成分、矿物成分、化学成分等各方面的特征;根据野外测量和大量室内分析数据,讨论了黄土、黄土状岩石区域时代上的分布规律、地层划分、接触关系、形成条件、岩相变化等<sup>[12]</sup>。

《黄土的物质成分和结构》(刘东生等,科学出版社,1966),为系统研究黄土物质成分与结构的专著,对西北一些地区的黄土、次生黄土和黄土中埋藏土壤的地层结构、微结构、颗粒、碎屑矿物、化学成分等在区域和剖面上的变化特征进行了研究,共7章。内容包括:马兰黄土的区域分布特征;黄土的粒度韵律——粒度分布特征数的讨论;黄土和次生黄土的碎屑矿物成分比较;黄土中碳酸钙的地球化学特征;离石黄土中埋藏土壤微结构的若干区域特征;湿陷性黄土的地质结构和物质成分等<sup>[13]</sup>。

## 3 20世纪70年代后新技术、新方法的引入

20世纪70年代后,黄土研究进入新阶段,随着古地磁学、同位素化学、年代学等新技术、新学科的发展,认识黄土的方法与技术不断进步。古环境地球化学、古气候学的发展又丰富了黄土研究的内容。利用古地磁、<sup>14</sup>C、热释光、铀系法等研究黄土的年代,用扫描电镜研究黄土的结构,采用孢粉分析、化学分析、矿物分析等方法,结合古土壤和古生物学科知识复原黄土形成时代的古气候和古环境,极大扩展了黄土研究的广度和深度。

黄土中由于化石分布较少,地层划分与对比问题往往争议较大。古地磁测试方法在黄土地层研究中的应用,不仅有助于认识中国黄土在第四纪时期的极性变化规律,还有助于解决多年来由于黄土

地层中化石分布较少(尤其是晚更新世黄土地层中化石分布稀少)而带来的地层划分与对比的问题,为黄土地层划分提供了可靠依据。70年代中后期,中国科学院贵阳地球化学研究所李华梅等对山西午城黄土剖面进行了古地磁测试,初步确认了古地磁方法应用于黄土研究中的可能性。随后,刘东生、安芷生、葛同明等在洛川剖面采集古地磁样品。1981年刘东生赴苏黎世联邦理工学院访学,获得黄土底界年龄和黄土剖面磁化率曲线等重要研究数据,成果证明黄土从第四纪初即开始堆积。王永焱等对甘肃兰州九洲台区黄土剖面、河南陕县张卞原黄土剖面做了系统的古地磁测试分析工作。张宗祜等对甘肃西峰镇火巷沟黄土剖面、平凉大寨子黄土剖面,以及陕西吴旗土佛寺和靖边郭家梁剖面等都做了系统的古地磁测试分析。由于古地磁方法的应用及黄土磁性地层学的迅速发展,使中国黄土地层学研究进入了新阶段<sup>[14]</sup>。

<sup>14</sup>C测年方法的应用,对黄土地区全新世地层的研究起了重要作用。中国科学院贵阳地球化学研究所试验室利用<sup>14</sup>C测年法,测定黄土中黑垆土及全新世黄土的年龄。研究资料丰富了中国黄土地区全新世地层研究内容,促进了全新世地层的对比与划分工作的进一步发展。热释光测年方法则有利于测定黄土年龄,特别是晚更新世黄土年龄。中国科学院考古研究所李虎侯对马兰黄土等沉积物的热释光年龄作过较深入的研究<sup>[14]</sup>。

此外,孢粉分析、黄土中氧同位素的测定,加深了对黄土形成时期古气候变化规律的认识,对中国黄土气候地层学的发展起到了推动作用。同时,使中国黄土地层能从气候地层方面与第四纪深海沉积物进行对比<sup>[14]</sup>。

#### 4 20世纪80年代后全球气候变化与黄土研究

20世纪80年代后,学术研究重点转移到全球气候变化方面,黄土作为全球气候变化的载体进入地质学家视野。米兰科维奇理论认为,地球轨道变化是引起第四纪气候变化的主要原因,而黄土-古

土壤序列所记录的气候变化与地球轨道变化具有相关性,因此地球轨道变化对气候的驱动作用可在黄土-古土壤序列中得到体现<sup>[15]</sup>。中国黄土是最为连续完整并具有高分辨率的古气候记录载体之一。第四纪冰期时,随着全球气温的降低,中国西北地区以冷气候为主,沙漠中大量的粉尘物质被风力携带至黄土高原形成黄土层;间冰期时,粉尘堆积速率降低,且良好的水热条件对黄土物质进行风化,形成古土壤。黄土-古土壤的重复出现代表了全球气候系统在第四纪时期的冷-暖波动<sup>[16]</sup>。

黄土高原黄土堆积年龄决定于堆积起始年龄。刘东生根据洛川、西峰剖面的古地磁研究,确定黄土剖面的底界年龄为240万年。丁仲礼将关中盆地黄土剖面的底界年龄定在250万年,孙建中则根据西安刘家坡剖面研究推断黄土的底界年龄为266万年。通常以250万年作为黄土高原堆积起始年<sup>[17]</sup>。黄土高原一些典型沉积区的地层对比表明,完整的黄土序列共有37个土壤层单位<sup>[18]</sup>,代表了250万年以来气候经历的37次冷暖旋回,各个地层单位在空间上具有很好的可比对性,因此黄土在记录古气候变迁上是连续的<sup>[19]</sup>。加之气候变化本身具有全球同时性,黄土的连续性为进一步探讨第四纪时期气候演化的特征、趋势、周期性等问题提供了重要的野外证据,为重建第四纪古气候旋回奠定了基础<sup>[20]</sup>。

黄土的气候地层学研究包括3个方面:提取气候信息,建立时间序列,划分气候地层。任何单个的黄土层与古土壤层均独立地代表一次大的气候事件<sup>[20]</sup>。科学家建立了“气候年代地层”,以气候代用指标建立了黄土万年和万年以下尺度的年代地层。刘东生运用古地磁、热释光以及<sup>14</sup>C等方法,对洛川黄土剖面中的黄土-古土壤中古气候进行研究,确立了距今240万年以来黄土时间序列<sup>[16]</sup>。安芷生提出黄土和古土壤分别代表古气候环境的冬季风和夏季风盛行的模式,对了解黄土与古土壤的形成,解释其与环境变化的关系有着重要理论意义。丁仲礼利用黄土和古土壤中粒径0.002~0.010 mm颗粒含量的比值作为冬季风搬运尘颗粒的风力强弱的代用指标,讨论冰期和间冰期的变化,发

现宝鸡的黄土剖面超过 160 m, 在 260 万年间有 32 次黄土与古土壤的配对, 代表了 32 次的从暖湿到冷干的变化, 证明了大陆冰期和间冰期的多次性, 丰富了以前认为大陆仅有 4 次冰期的理论。郭正堂将甘肃省西峰镇和陕西长武黄土塬区的剖面黄土与古土壤中的析出铁  $\text{FeO}$  和全铁  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  的比值作为夏季风的代用指标, 比值大小代表风化强弱。夏季风强盛时期, 因温度和湿度的增加, 风化程度亦随之加大, 而在黄土形成时期(即冬季风强盛时期)风化程度则相对减弱<sup>[8]</sup>。

全球冰量的增加, 特别是北极地区冰量的增加, 会导致西伯利亚高压的增强, 这一增强可能会导致亚洲内陆干旱化加剧。黄土高原的形成与此密切相关, 而青藏高原的隆起也促进了干旱化的形成和黄土的沉积。丁仲礼根据宝鸡黄土剖面研究了 250 万年来黄土与深海记录之间米兰科维奇周期的比较, 对黄土高原中部和南部的宝鸡、灵台、蒲县、平凉、泾川 5 地的黄土粒度进行了精细分析, 发现黄土与古土壤序列的变化自 180 万年以来, 和深海的旋回几乎可以一一比对。郭正堂等通过对董志塬的黄土和黄土下的上新世红粘土、甘肃泰安的中新世晚期古黄土与古土壤序列的研究, 认为亚洲内陆荒漠化起源于 2200 万年以前, 直至 620 万年前, 干旱化和气候波动较为稳定, 形成了泰安的黄土; 620 万—500 万年前是一个干旱时期, 500 万—360 万年前则是相对温暖湿润时期。360 万年以后黄土高原粉尘沉积的速率表现为持续增长的趋势, 到 260 万年这种趋势再次增长。这一研究将以黄土作为干旱的象征的时间向前推进了 10 倍<sup>[8]</sup>。

## 5 黄土高原水土流失综合治理研究及黄土研究机构的建立

黄土高原是中国水土流失极为严重的地区, 严重的水土流失导致黄河泥沙淤积, 水患严重, 加之干旱、少雨、冰雹等自然灾害, 生态环境十分恶劣。新中国成立后, 国家投入了大量人力、物力, 在黄土高原开展了大规模的水土流失治理工程。1953 年中国科学院等单位组成西北水土考察团, 对无定

河、泾河、渭河等地区土壤侵蚀因素和方式进行了论述。1954 年黄秉维编制了黄河中游流域土壤侵蚀分区图、水力侵蚀图与风力侵蚀图, 为黄土高原水土流失治理确定治理方向和措施提供了科学依据。中国科学院水土保持研究所朱显谟从 1953 年起一直从事土壤侵蚀的调查研究, 1956 年制定出黄土区土壤侵蚀分类, 为黄土高原最早的土壤侵蚀分类系统。20 世纪 60—70 年代中国大力进行黄土高原水土流失治理, 确定水土保持重点县。80 年代后, 中国科学院地理研究所陈永宗、景可、蔡国强等出版第一部土壤侵蚀专著《黄土高原现代侵蚀与治理》, 对黄土高原侵蚀问题进行系统研究与总结。赵文林、李雪梅、龚时旻、郭停辅等对黄土高原河水中泥沙进行长期研究, 为水土流失治理提供重要依据。此外, 20 世纪 80 年代由中国科学院组织成立了黄土高原综合科学考察队, 对太行山以西, 日月山—贺兰山以东, 秦岭以北, 阴山以南的黄土地区进行大范围考察。1986 年, 黄土高原水土流失综合治理研究被列入国家科技攻关计划。中国科学院黄土高原综合科学考察队重点攻关科技项目“黄土高原综合治理”, 考察研究黄土高原地区综合治理和开发中的各类重大问题, 内容涉及黄土高原地区自然环境与历史变迁的各个方面, 并提出综合治理、开发的总体方案。多家科研单位的数百名科技工作者针对土壤侵蚀强烈、风蚀沙化加剧、林草植被退化严重、地区经济落后等问题进行研究, 将科学研究、技术开发、试验示范、推广应用相结合, 取得诸多具有重大价值的科研成果<sup>[17]</sup>。

中国黄土研究的巨大成绩, 与学术团体和学术机构的建立与发展密不可分。黄土研究相关机构的建立, 为科学研究和人才培养创造了条件, 为学术成果的交流提供了平台与保障。中国自 20 世纪 50 年代起, 相继建立多个试验站和研究所。1954 年, 中国科学院地质研究所成立第四纪地质研究室。1956 年, 中国科学院水利部水土保持研究所成立, 初期名为“中国科学院西北农业生物研究所”, 是中国科学院在西北地区建立的第一个科研机构。1987 年由中国科学院和水利部双重管理, 1995 年确定现所名。研究所以黄土高原为重点研

究对象,致力于土壤侵蚀、水土保持与生态修复等问题研究,解决水土保持与生态建设中的重大科学技术问题。在黄土高原不同类型区,建有多个试验站,为改善黄土高原生态系统贡献良多。1985年3月,中国科学院西安黄土与第四纪地质研究室正式建立。1999年更名为中国科学院地球环境研究所。中国科学院院士刘东生、安芷生、郭正堂先后担任所长,地球环境所拥有连续7次被评为“优秀实验室”的黄土与第四纪地质国家重点实验室,多年来开展环境变化的过程、规律、机制、趋势与可持续性研究,为黄土高原和中国经济社会可持续发展及生态文明建设提供科学依据和建议,为中国西部经济社会可持续发展和生态环境修复积累了大量原始材料。

## 6 结论

从20世纪50年代开始,中国黄土地层研究的发展经历了由生物地层、岩石地层、磁性地层、气候地层、年代地层为主要内容的不同阶段。20世纪50—60年代,地质学家及土壤学家按黄土粒度的粗细对黄土进行了划分,为黄土地质学古气候研究以及湿陷性黄土的研究奠定了基础。20世纪70年代后,随着古地磁、热释光、孢粉分析、同位素年代学等现代科学方法在地层划分上的应用,黄土区哺乳类化石的不断丰富和新动物群的建立,地层划分和古气候分析取得重要成绩。20世纪80年代,以黄土磁化率作为气候的代用指标。到20世纪90年代后,以黄土颗粒比值代表冬季风强弱,以 $\text{FeO}$ 及 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 风化指数代表夏季风强弱,中国黄土研究跨入了多种代用指标并存的时代。此外,黄土高原水土保持综合治理亦取得重大成就,黄土研究精度和广度不断扩展,多次获得国家级大奖。“中国的黄土”“黄土与环境”“中国干旱半干旱区15万年来环境演变的动态过程及发展趋势”“黄土丘陵沟壑区土地利用与土壤侵蚀”“黄土粉尘等气溶胶的理化特征、形成过程与气候环境变化”“黄土区土壤-植物系统水动力学与调控机制”等项目获国家自然科学基金二等奖。有关黄土高原综合治理研究的“黄土

高原综合治理定位试验研究”获1993年度国家科学技术进步一等奖;“黄河流域小流域综合治理大面积水土保持措施的试验和推广”“黄土高原(丘林地区)飞播造林种草试验”“黄土高原微肥使用的有效条件与施肥技术”“黄土高原水土保持林体系综合效益与抗旱造林技术研究”“黄土高原地区综合治理开发的考察研究”“黄土高原水蚀动力过程及调控技术”等项目则获国家科技进步二等奖。

中国黄土研究不仅硕果累累,亦引起了国际学界的重视。1982年8月,第11届INQUA大会在莫斯科召开,张宗祜向大会提交论文“Lithological and stratigraphical analysis on the loess profiles of the loess plateau in China(中国黄土高原黄土剖面岩石和地层分析)”引起了国际地质学家极大兴趣,大会专门组织“中国黄土讨论会”,刘东生被选为国际第四纪研究联合会的副主席。因黄土研究的卓越成果,刘东生2002年获泰勒环境成就奖,2003年获国家最高科学技术奖,2007年参加“第三届亚历山大·冯·洪堡国际会议”,获“洪堡奖章”。在中国几代学者共同努力下,黄土研究处于世界领先水平。

## 参考文献(References)

- [1] 刘东生, 张佳静. 黄土情缘——刘东生口述自传[M]. 长沙: 湖南教育出版社, 2017: 139-142.
- [2] 中国科学院黄河中游水土保持综合考察队, 中国科学院地质研究所. 黄河中游第四纪地质调查报告[C]. 北京: 科学出版社, 1962.
- [3] 周航. 中苏科学家合作考察黄河中游水土保持工作[J]. 科学通报, 1957(17): 540.
- [4] 刘东生. 新黄土和老黄土[J]. 地质月刊, 1959(5): 22-25.
- [5] 朱显谟. 黄土区土壤侵蚀的分类[J]. 土壤学报, 1956, 4(2): 99-115.
- [6] 朱显谟. 关于黄土层中红层问题的讨论[J]. 中国第四纪研究, 1958, 1(1): 74-82.
- [7] 石元春. 晋西地区的黄土及其形成过程[J]. 中国第四纪研究, 1958, 1(1): 253.
- [8] 刘东生. 黄土与环境[J]. 科技和产业, 2002, 2(11): 29-35.
- [9] 刘东生, 张宗祜. 中国的黄土[J]. 地质学报, 1962(1): 1-14, 106-109.
- [10] 刘东生. 黄河中游黄土[M]. 北京: 科学出版社, 1964.

- [11] 中国科学院地质研究所. 第四纪地质问题[M]. 北京: 科学出版社, 1964.
- [12] 刘东生. 中国的黄土堆积[M]. 北京: 科学出版社, 1965.
- [13] 刘东生. 黄土的物质成分和结构[M]. 北京: 科学出版社, 1966.
- [14] 张宗祜, 张之一, 王芸生. 中国黄土[M]. 北京: 地质出版社, 1989.
- [15] Rutter N W. 中国黄土和全球变化[J]. 第四纪研究, 1992(3): 3-11.
- [16] 刘东生. 黄土与环境[M]. 北京: 科学出版社, 1985.
- [17] 李锐, 杨文治, 李壁成, 等. 中国黄土高原研究与展望[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [18] 刘东生, 丁仲礼. 中国黄土研究新进展(古气候与全球气候变化)[J]. 第四纪研究, 1990(1): 1-9.
- [19] 丁仲礼, 刘东生, 刘秀铭, 等. 250万年以来的37个气候旋回[J]. 科学通报, 1989, 34(19): 1494-1495.
- [20] 丁仲礼, 刘东生. 中国黄土研究新进展(黄土地层)[J]. 第四纪研究, 1989(1): 24-35.

## From water and soil conservation to global climate change: The studies of loess over the past seventy years in China

YANG Lijuan

Institute for the History of Natural Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

**Abstract** The unique stratigraphic structure of the loess in China has attracted the attention of studies of various countries and in various disciplines. The year of 1949 marks a new phase of the studies of the loess of more systematical nature. From the loess census in the 1950s and the 1960s, a large amount of first-hand materials is obtained about the loess areas, and several researches of loess of important influence were published in this period. In the 1970s, new scientific technologies and methods were developed, covering new areas and with improved precision. Since the 1980s, many achievements have been made in the comprehensive control of the soil erosion in the Loess Plateau, and more importantly, the results of the loess studies have been more and more used to understand the global climate change, with the decoding of the paleoclimate codes recorded in the loess strata. Through the joint efforts of several generations of scholars, the studies of the loess in China have reached the leading level in the world.

**Keywords** loess studies; water and soil conservation; loess deposit; paleoclimate; global climate change ●



(责任编辑 徐丽娇)