



临沂大学博士教授文库
LINYIDAXUE BOSHI JIAOSHOU WENKU
国家自然科学基金项目

晚第四纪 我国风尘堆积的 区域对比研究

WANDISIJI WOGUO FENGCHENDUIJI DE
QUYU DUIBI YANJIU

徐树建 著

山东人民出版社

全国百佳图书出版单位 国家一级出版社



临沂大学博士教授文库
LINYIDAXUE BOSHI JIAOSHOU WENKU

晚第四纪 我国风尘堆积的 区域对比研究

徐树建 著

山东人民出版社

全国百佳图书出版单位 国家一级出版社

图书在版编目(CIP)数据

晚第四纪我国风尘堆积的区域对比研究/徐树建著. —
济南:山东人民出版社,2012. 12

ISBN 978-7-209-06950-2

I. ①晚… II. ①徐… III. ①晚第四纪-风沙地貌-对比研究-中国 IV. ①P931.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第296545号

责任编辑:李楠

封面设计:武斌

晚第四纪我国风尘堆积的区域对比研究

徐树建 著

山东出版集团

山东人民出版社出版发行

社址:济南市经九路胜利大街39号 邮编:250001

网址:<http://www.sd-book.com.cn>

发行部:(0531)82098027 82098028

新华书店经销

山东省东营市新华印刷厂印装

规格 16开(169mm×239mm)

印张 16.25

字数 250千字

版次 2012年12月第1版

印次 2012年12月第1次

ISBN 978-7-209-06950-2

定价 30.00元

如有质量问题,请与印刷单位调换。电话:(0546)6441693

自强不息 厚德载物

——《临沂大学博士教授文库》总序

临沂大学校长 韩延明

《易经》云：“天行健，君子以自强不息；地势坤，君子以厚德载物。”我以为，摘得诺奖者莫言便应该是这样一位自强不息、厚德载物的“君子”。2012年10月11日，著名作家莫言荣膺诺贝尔文学奖，成为首位中国籍诺贝尔文学奖获得者。多少年来，“诺贝尔”和“奥斯卡”成了中国人的两大心结。我们一直在孜孜追求，却总是擦肩而过，令国人纠结。莫言的获奖，坚定了中国知识分子进一步“敢为天下先”冲刺世界一流的决心和信心，同时，也向大学的博士教授们提出了更加严峻的挑战。

众所周知，博士乃博学有识之士，教授乃教书育人之师，博士教授乃大学之中流砥柱。正如被誉为清华大学“终身校长”的梅贻琦先生所言：“所谓大学者，非有大楼之谓也，有大师之谓也。”任何一所大学，永远都是由这所大学的教师们来播撒知识、培育人才、发展学术、引领社会的。无论是国内大学还是国外大学，不管是部属大学还是省属大学，“腹有诗书气自华”的博士教授们始终是大学改革创新的大力推进者、优秀人才的辛勤培育者、学术精神的坚定捍卫者、科学真理的勇敢探索者与大学优良传统的忠诚继承者和弘扬者，同时还是披肝沥胆、磨石铸剑、“为天地立心，为生民立命”的攻坚者和开拓者，是智慧的化身、科学的代表和正义的力量，是人类进步与世界文明的虔诚守护神。纵览世界各国大学的历史发展，大学之所以历久弥新而始终薪火相传，就在于大学的真、善、美，就在于大学的博、智、雅，就在于大学研究“高深学问”的宗旨一直绵延

相续。大学人体现的是学问和精神。他们默默耕耘且任劳任怨，竟知向学而淡泊名利，心忧天下而平凡度日，穷情育才而不图回报。《礼记·中庸》中所说的“博学之、审问之、慎思之、明辨之、笃行之”，便是他们做人做事做学问的真切体现。正如北京大学“永远的校长”蔡元培先生所释：“大学者，研究高深学问者也”；“大学者，囊括大典、网罗众家之学府也”。从某种意义上可以说，一所大学的声望，归根到底是校友的名望；一所大学的发展，归根到底是学术的拓展；一所大学的活力，归根到底是大师的魅力。

诚然，大学最基本的职能是教学，教学是教师的天职。没有教学，就不是一所真正意义上的现代大学；没有以教学为本、育人为先的大学教师，大学的质量提升、内涵发展、学术突破、特色凸显和品牌创建也就无从谈起。然而，大学还是知识继承、生产、传播和创新的学术机构。大学之为大学，就在于其拥有一种学术无疆的世界胸怀。学术繁荣是大学向心力、生命力和感召力的集中体现。探索真理、发展科学，是每一位大学教师义不容辞的重要职责，也是每一所大学责无旁贷的神圣使命，因为大学不仅要适应社会、服务社会，还要批判社会、引领社会。与钱学森、钱三强合称为“三钱”的中国近代力学奠基人之一、曾任上海大学校长长达27年之久（1983~2010）的钱伟长院士曾经对教师们说过：“你不教课，就不是教师；你不搞科研，就不是好教师。”教学和科研是大学教师彼此推动、相辅相成的本职事业。在西方，从古代的柏拉图、亚里士多德，到近代的亨利·纽曼、威廉·冯·洪堡等，都无一例外地把学术探究作为大学教育的一项基本职能。尽管现代大学受到了越来越多的外部因素的牵扰或干涉，但学术传承与创新依然是大学生生不息、代代相传的基本依托。大学虽历经沧桑巨变，但至今仍然是靠知识和智慧生存与发展的学者群体的学术组织。作为博学善思的博士教授们，理应躬身以行、率先垂范，增强学术实力、遵守学术规范、坚持学术争鸣、提升学术水平，以求真、求善、求美、求新为目标，在教书育人的同时，自觉地把时间和精力集中到学术研究上来，使自己始终立于学科、专业的发展前沿与战略高地，真正成为具有精深学术造诣和高尚人格魅力的专家、学者，成为本学科当之无愧的学术带

尖人和拔尖创新人才。我们要凭着中国知识分子几千年来所形成的那种道义、人格、理想和拼搏精神，凭着对国家和民族未来的一种强烈的忧患意识和竞进意识，凭着大学教师被赋予的那种神圣职责和光荣使命，坚守“富贵不能淫、贫贱不能移、威武不能屈”的士子风骨，道德高尚地去做人、做事、做学问。但近年来，学术道德失范却如一颗“毒瘤”，侵蚀着学人的身心。抄袭剽窃成风，权学交易泛滥，“关系学术”肆虐，“金钱学术”走俏，使学术伦理面临异化和崩盘的危险，令人心痛。这不仅严重损害了学术研究者的形象和声誉，而且对大学长远发展和社会整体运行都造成了可怕的负面影响。究其原因，乃在于当下“心浮气躁”之风盛行。“智圣”诸葛亮有言，“淡泊以明志，宁静以致远”，这非常契合中国知识分子的特质。对博士教授们而言，心静既是一种氛围和情愫，又是一种信念和境界；既是一种淡然而淡定的安宁，也是一种神圣且神秘的安静。心静是一种品质。心静才能滋养生命、修养心灵。大学正是在非同凡响的宁静中包蕴着纯正、质朴、深刻、卓越、文明、洁雅，即所谓“深深的水，静静地流”，从而彰显出博士教授们那种渊博的学识、深邃的睿智、高洁的品格、强烈的责任、拼搏的精神和崇高的境界。我们要通过传道、授业、解惑，通过学习、思考、实践，点燃和升华学生的梦想，并为学生的梦想插上强劲的翅膀，使他们真正成为德才兼备的社会栋梁。

德国著名教育家雅斯贝尔斯说过：“大学是研究和传授科学的殿堂，是教育新人成长的世界，是个体之间富有生命的交往，是学术勃发的世界。”大学回归学术本位，重要的是尊重学者人格，鼓励学术卓越，打造学科品牌。我认为，一个人就像一粒种子，天生就有强烈的要发芽的欲望，只要具备一定的条件。为了积极催发“种子”发芽、强力推进学术突破，临沂大学全面贯彻“治教学、治学科、治学术、治学风”的“教授治学”理念，强力推行“导向科研、导向基层”政策，不断构筑学科高地，培育学科高峰，吸纳学科高人，提倡和引导教师们“发表高水平论著、申报高层次课题、获得高级别奖项、争取高额经费、研发高科技专利”，全力营造浓厚、宽松、和谐、相对自由的学术环境和科研氛围，进一步激发全校教师学术研究的积极性、主动性和创造性，现已初步呈现出百舸争流、千帆

竞渡的强劲发展势头。教师们奋力拼搏、严谨治学，坚守学术批判精神与创新精神有机结合，高水平论著不断涌现，高层次课题不断展现，高级别获奖不断呈现，高额经费不断实现，高科技专利不断发现。绳锯木断，水滴石穿，贯通学识，求知凝练涓涓细流汇成海；白驹过隙，稍纵即逝，捕捉灵感，妙思汇集句句明理著为书。在《临沂大学博士教授文库》编纂委员会的组织、指导与协调下，首批《临沂大学博士教授文库》即将由山东人民出版社付梓。“雨余观山色，景象便觉新妍；夜静听钟声，音响尤为清越。”我相信并且坚信，我校首批学术专著的出版发行，定会对各位博士教授各自研究的领域有所帮助，也必将为下一步个人乃至全校科研水平开启更为广阔的世界。同时，这批成果也是我校由临沂师范学院更名为临沂大学之后首批立项资助出版的学术著作。它既是学校高水平成果培育计划步入规范化、系列化、制度化、科学化轨道的一个重要标志，也是学校认真贯彻落实国家教育部、山东省教育厅高等院校教学质量建设工程精神、促进学校内涵发展的一项重大举措。

修改、审定本序之时，恰逢本人由中共中央组织部派往中国延安干部学院培训学习。其间，除在课堂上聆听老师讲授“基础理论课”之外，我们还通过“现场体验课”走出课堂，参观考察了中共中央在延安十三年期间留下的众多革命古迹和伟人故居，深受感染、熏陶和教育。特别是瞻仰了位于枣园的“毛泽东故居”之后，我更是为毛泽东同志那种身居窑洞、点燃油灯而刻苦读书和勤奋著述的顽强拼搏精神深深打动。据记载，1943年10月至1945年12月两年间，在枣园半山坡那阴暗潮湿的狭窄窑洞里，毛泽东同志不仅酝酿发动了南泥湾大生产运动，指挥了抗日战争，组织开展了整风运动，筹备召开了党的第七次全国代表大会等，而且废寝忘食、见缝插针地学习和写作。他在当时艰难困苦、资料匮乏的境况下，撰写了一系列振聋发聩、影响久远的鸿篇大作。《学习和时局》《为人民服务》《论联合政府》《愚公移山》《抗日战争胜利后的时局和我们的方针》《文化工作中的统一战线》《关于重庆谈判》《建立巩固的东北根据地》等名篇均创作于此，这些著述仅收入后来《毛泽东选集》的就有28篇之多，令人肃然起敬，使我们深受教育、启迪和鞭策。拿破仑说过：“聪明的人会抓住

每一次机会，更聪明的人会不断创造新的机会。”一个人，想要优秀，必须去接受挑战；想要尽快优秀，必须去寻找挑战。“大学之道，在明明德，在亲民，在止于至善。”大学是我们产生梦想的地方，大学也是我们梦想成真的地方。

感慨系之，是为序。

草于临沂大学明静斋

2012年10月20日

前 言

本书立足于全球变化研究的三大支柱之一——黄土（风尘堆积）的研究，探讨晚第四纪暖温带我国东西不同地区（黄土高原西部与山东地区）风尘堆积的粒度、磁化率等沉积特征，并进一步分析其所指示的环境意义。

现代科学技术的发展提高了地球科学研究获取资料的能力，使大量高分辨率、精确定年、具有定量特征气候记录的获得成为可能，并为地球气候和环境变化的对比提供了基础资料。

青藏高原—戈壁沙漠—黄土堆积是一个成因上彼此密切相关的耦合系统，青藏高原的隆升是亚洲内陆干旱化及产生风尘堆积的重要原因。亚洲内陆干旱化已成为一个重要的科学问题，近年来越来越严重的沙尘暴所带来的危害已引起了世界各国科学家的重视，作为沙尘暴源区的我国西北内陆干旱区的环境问题也成为关注的焦点。对其下风向山东地区风尘堆积的研究可以进一步寻找风尘源与汇的联系，加深对东亚地区古粉尘循环（产生、输送和沉积）的认识。

不同沉积环境和沉积机制形成的沉积物一般具有不同的粒度分布与磁化率特征，沉积物的粒度特征一直是区别沉积类型、分析沉积作用、恢复沉积环境最基本的方法，受到国内外学者的普遍重视。本书分别分析了黄土高原西部与山东地区晚第四纪风尘堆积的粒度、磁化率等沉积特征，并对其环境意义进行了对比研究，探讨了它们所反映的全球性的意义及其区域性的差异性，具有一定的创新性。

本书可为自然地理学、地质学、沉积学等专业的师生从事风尘堆积研究提供参考。

目 录

自强不息 厚德载物

——《临沂大学博士教授文库》总序 韩延明 1

前 言 1

第一篇 黄土高原西部风尘堆积研究

第一章 绪 论..... 3

第一节 亚洲内陆干旱化与沙漠进退研究 3

第二节 中国黄土研究进展 7

第三节 风成沉积物粒度研究 12

第四节 选题意义及拟解决的问题 23

第二章 黄土高原西部与主要剖面概况 26

第一节 研究区概况 26

第二节 主要剖面概况 32

第三章 粒度的环境意义与环境敏感粒度指标的提取..... 45

第一节 粒度的含义及粒度研究简史 45

第二节 粒度指标及其环境意义 49

第三节 粒度参数的计算与比较 61

第四节 环境敏感粒度指标的提取与粒度数据处理 68

第四章 风成沉积物粒度的实验研究 84

 第一节 粒度测试方法评述 84

 第二节 实验数据的评价 90

 第三节 不同前处理方法对实验结果的影响 93

 第四节 不同实验方法结果的比较与联系 100

第五章 风成沉积物粒度的空间分布规律 108

 第一节 风成沉积物粒度平均指标的空间分布特征 108

 第二节 粒级百分含量的变化规律及指示意义 116

 第三节 粒度参数的空间变化特征 120

 第四节 地形对风成沉积物粒度影响的复杂性 129

第六章 风成沉积物粒度与腾格里沙漠进退研究 136

 第一节 冰沟剖面概述与区域概况 136

 第二节 冰沟剖面光释光年代学 140

 第三节 末次冰期冰沟剖面的沉积记录与沙漠进退 144

 第四节 腾格里沙漠的演化及与其他全球变化记录的对比 151

 第五节 白岩沟剖面记录的全新世腾格里沙漠的变化 157

第七章 结论与问题 162

第二篇 山东地区风尘堆积研究

第八章 山东地区风尘堆积研究综述 167

第九章 山东地区概况 169

 第一节 山东自然地理概况 169

 第二节 山东地区黄土分布概况 170

第三节 山东地区主要风尘堆积剖面概况	171
第十章 山东风尘堆积剖面光释光年代学	175
第一节 蓬莱风尘堆积剖面光释光年代研究	176
第二节 昌邑徐林庄风尘堆积剖面年代研究	179
第三节 砣矶岛后口风尘堆积剖面年代研究	180
第十一章 山东地区风尘堆积的特征及其环境意义	183
第一节 长岛剖面研究	184
第二节 蓬莱林格庄剖面研究	188
第三节 昌邑徐林庄剖面研究	195
第四节 砣矶岛剖面风尘堆积研究	199
 第三篇 山东地区风尘堆积特征与黄土高原的区域对比	
第十二章 山东地区风尘堆积特征与黄土高原的区域对比的意义	205
第十三章 山东地区长岛风尘堆积与黄土高原的区域对比研究	206
第十四章 结论与展望	209
参考文献	211
后 记	247

第一篇

黄土高原西部风尘堆积研究

第一章 绪 论

青藏高原隆升与亚洲内陆干旱化是当前地球科学研究的重点和热点。越来越多的研究 (Raymo *et al*, 1992, 1997, 1998; Li *et al*, 1991&1995; Molnar *et al*, 1990; Guo *et al*, 2002; Kutzbach *et al*, 1993; Ruddiman *et al*, 1989; 汪品先等, 2003; 丁仲礼等, 1999a; 安芷生等, 1998 & 2000; An *et al*, 1991, 2001; 方小敏等, 1999; Pan *et al*, 2003; 潘保田等, 1991, 1995, 2000; Chen J & Li G J, 2011; Zeng L *et al*, 2011) 表明, 晚新生代以来青藏高原的急剧隆起彻底改变了中国的地质环境格局, 对亚洲内陆干旱区的形成与演化、亚洲季风系统和全球气候环境产生了巨大而深刻的影响, 被称为全球变化的“驱动力”和“放大器”。青藏高原周边地区的风尘堆积为探讨亚洲内陆干旱化提供了丰富的信息, 中国黄土以其分布广泛、沉积连续、蕴含环境信息丰富而与深海沉积物、极地冰芯并称为全球变化研究的三大支柱, 而气候代用指标的研究一直是全球变化研究的基础和难点之一。

第一节 亚洲内陆干旱化与沙漠进退研究

19 世纪人们已经认识到地质时期存在过冰期, 但直到 20 世纪六七十年代, 深海和大洋钻探计划才使得气候变化研究取得了突破性的进展 (金性春等, 1995)。深海记录的时间跨度一般为几十万年至几百万年, 甚至超过了千万年, 已不限于第四纪 (Tongyan Lü *et al*, 2011)。自从三极地区的冰芯记录获得之后 (GRIP members, 1993; Dansgaard *et al*, 1993; Petit *et al*, 1999; Thompson *et al*, 1995; 姚檀栋等, 1999; NGRIP members, 2004), 末次冰期旋回及全新世成了气候变化研究的重要时段, 并且研究热点集中在千年尺度的气候不稳定性及其机制上。在过去全球气候变化研究中, 长时间尺度的气候演变一直是研究的重点, 并取得了重大

的进展。现代意义的北极冰盖的出现标志着全球进入新生代以来冰川最为发育的第四纪大冰期。这一时期全球气候变化的最大特征是周期性的冷暖波动 (Thomas, 2002)、千年尺度的快速气候变化 (Heinrich *et al*, 1988; Bond *et al*, 1993, 1995, 1997; Dansgaard *et al*, 1993) 和中更新世气候转型 (MTP)。

发生在 2.5Ma B. P. 左右的青藏运动 B 幕改变了大气环流状况, 其高大地形的热力和动力作用, 对行星大气环流进行了一系列的重大调整 (李吉均等, 1979, 1999; 丁仲礼等, 1995)。青藏高压的形成, 强化了由于海陆热力差异形成的亚洲季风系统, 同时加强了中国西北内陆及中亚地区的干旱化格局 (施雅风等, 1998a; Ruddiman, 1989; 董光荣等, 1991)。虽然对我国西北内陆地区干旱化开始形成的时间存在着诸多争议, 但由于 2.5Ma B. P. 青藏高原隆升引起的中国西北和中亚地区干旱化的加剧则是无可争议的事实 (郭正堂等, 1999a; 刘东生等, 1998; 吴海斌等, 2002)。除高原隆升的动力和热力作用引起的干旱化外, 西北内陆干旱区海拔较高, 地处大陆腹地, 冰期时海岸退缩, 使其水汽输送的距离增加, 冬季风增强引起地表蒸发的增加, 也加强了这种干旱化趋势。大量的地质证据和数值模拟证实了亚洲中部自晚新生代以来气候在向着干旱化方向发展 (刘晓东, 1998)。尽管目前我国西北气候存在由暖干向暖湿转型的特征和趋势, 但西北气候向暖湿转型可能是世纪性的, 而且预测有较大的不确定性 (施雅风等, 2003)。

德日进是主张青藏高原隆起导致亚洲变干的先驱 (李吉均等, 2003), 他首次提出“亚洲干极”的思想, 认为亚洲变干是一个长期缓慢的过程, 并强调蒙古高原为中心的亚洲地台的不断隆升及扩大, 使阿拉善—大青山、秦岭—太行山及南岭相继断裂上升, 促使气候变干和荒漠扩大。“亚洲干极”是德日进总结中国北方中生代以来不断干旱化得出的观点, 构造运动驱动气候变干是其主导思想。德日进关于中国新生代古地理演化的基本框架至今仍然适用, 现代研究补充和深化了“亚洲干极”的理论, 老第三纪行星风系的干热气候逐渐在新第三纪被季风气候取代, 代表干旱气候的粉尘沉积逐步扩大空间范围, 湖相沉积则逐渐收缩。22Ma B. P.、8.5Ma B. P.、3.6Ma B. P. 和 1.2Ma B. P. 是“亚洲干极”逐步加强的关键时段。20 世纪 70 年代, 德国学者 C. Troll 根据亚洲中部植被垂直带谱的高度变化, 提出在亚洲高地存在着一个“高亚洲干旱核心”。郑度 (2001) 总结青藏高原及周边的植被水平和垂直带谱的分布, 进一步指出在青藏高原的藏北“无人区” (羌塘高原) 确实存在着一个“寒旱核心”。近年来 Guo *et al* (2002) 在秦安郭嘉镇发现

了中新世古风成红黏土，古地磁年代始于 22 Ma B. P.，顶部测到 6Ma B. P.，风成红黏土的出现时间被大大提前，不仅突破了午城黄土代表的 2.6 Ma B. P. 底界，也突破了近年对“三趾马红土”所测得的 8.1 Ma B. P. 的底界。认为亚洲内陆荒漠化起源于 22Ma B. P. 以前，由此到 6.2Ma 年之间为较稳定的干旱化和气候波动时期，形成了秦安黄土，自 6.2Ma 到 5Ma B. P. 是一个干旱时期，5Ma 到 3.6Ma B. P. 则是相对温暖湿润时期，3.6Ma 以后黄土高原粉尘沉积的速率表现为持续增长的趋势，到 2.6Ma B. P. 这种趋势再次加强，第四纪黄土大量沉积。

根据中国黄土的研究发现，黄土分布范围在第四纪以来具有逐步扩大的趋势（刘东生等，1985；朱照宇等，1994），并且似乎存在“跳跃式”的阶段性的扩张现象。研究发现，黄土高原中期黄土（1.45 ~ 0.1Ma B. P.）在陕西比早期黄土（2.5 ~ 1.45 Ma B. P.）北移了 60 ~ 80km，在陕北一带移了 40 ~ 60km，在晋东北北移了 200 ~ 400km，在晋东南则向南推进了 160km（朱照宇等，1994），反映了干旱化的不断加剧。对沙漠黄土交界的榆林、靖边等地的黄土研究发现存在若干沙漠推进时期，如 1.26 ~ 1.15 Ma B. P.（L15）和 0.96 ~ 0.85 Ma B. P.（L9 ~ L10），沙漠南进，抵达榆林一带。0.73Ma B. P.（L8）左右沙漠可达靖边与吴旗的白于山南侧。黄土古土壤序列记录表明，在 0.85 Ma B. P. 前后，冰期黄土堆积量显著加大，表明亚洲内陆干旱化的进一步发展。这些重要变化的年代界限与以青藏高原为主的构造运动有较好的一致性。最近 0.6 Ma 以来，北半球风尘沉积速率一直保持着晚新生代以来的最高水平，表明亚洲内陆现代干旱格局基本形成（Rea *et al.*, 1998）。

沙漠的发育必须具备三个必要条件：有效的沙物质供给；充足的风能，以改造沙物质或改造下伏沉积物；适当的地形和气候条件，并保持相当长的时间，以确保大量沙物质的积累（Pye K *et al.*, 1990）。而气候则是沙漠演变最活跃的因素。大量的地层沉积物和生物证据表明，末次冰期盛冰期前后全球气候环境发生了巨大的波动，沙漠也随之发生了相应的扩大和收缩（Thomas, 1984; Wasson, 1983, 1986; Carver, 1989）。国内外研究者采用不同的方法进行了沙漠演化的研究。Lanster(1990, 2000)利用沙丘沉积的层理构造恢复不同时期的古风向和沙丘的活动性（提出沙丘的活动性可以用 M 表示， $M = P/PE$ ，其中 P 为降水， PE 为潜在蒸发量）。Salgado-Labouriau（1997）用孢粉研究巴西中部 3.24 万年来的环境演变，并讨论沙漠演变与气候的关系。Brook *et al.*（1990）根据洞穴堆积的 $\delta^{18}O$ ，结合 TL、