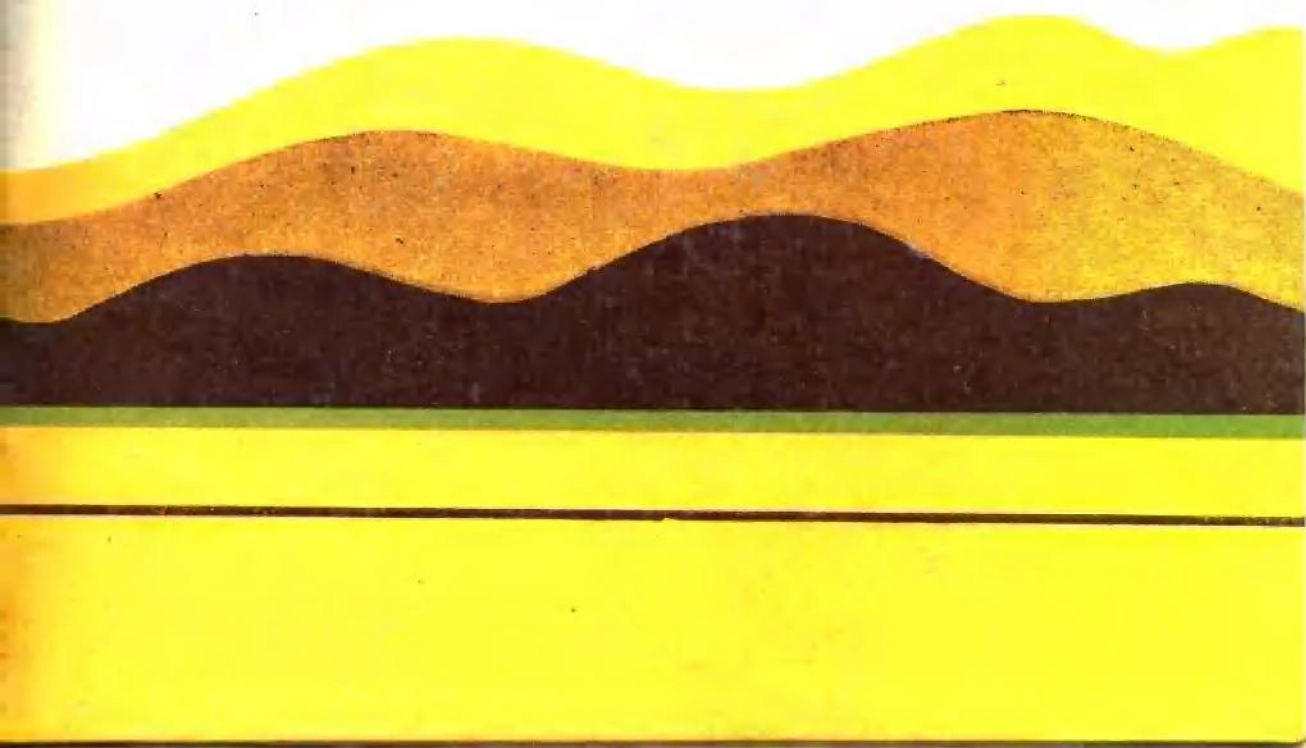


中国黄土

张宗祜 张之一 王芸生 著



中 国 黄 土

张宗祜 张之一 王芸生 著

地 质 出 版 社

内 容 简 介

我国黄土分布之广和厚度之大、地层层序之完整，均为举世之冠。我国黄土的科学研究已有一百余年之历史。本书在众多的黄土研究著作中独树一帜，它以三十多年来广泛测制的黄土地层剖面为基础，从岩性地层学的角度，辅以生物地层学、气候地层学、磁性地层学、年代地层学以及古地理环境研究等方法，同时对同黄土地区毗连的沙漠的形成时代进行了大区域的调查研究。故本书认为黄土地层大部分形成于沙漠形成以前，其黄土沉积的物质并非完全由沙漠供给，从而否定了黄土的单一风成学说，提出了多成因说和黄土化作用的新概念。这样，就将黄土的研究向前推进了一步，具有重要的科学意义和生产实践意义。

中 国 黄 土

张宗祜 张之一 王芸生 著

责任编辑 李鄂荣 张义勋

地质出版社出版发行

(北京和平里)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店总店科技发行所经销

开本：787×1092¹/₁₆ 印张：14.625 插页：4 页字数：336,000

1989年6月北京第一版·1989年6月北京第一次印刷

印数：1—1685册 国内定价：7.85元

ISBN 7-116-00412-2/P·357

前 言

黄土在我国分布面积很广，连续分布的面积可达44万多平方公里。其厚度局部可达400余米（据兰州西津村甘肃地矿局水文地质一队钻孔）。黄土主要分布在我国西北地区，黄河中游一带。这里既是孕育中华民族古老文化的重要地区之一，也是我国社会主义建设的重要地区之一。因此，黄土分布地区的综合开发治理及有关问题的研究日益受到重视，得到各方面的关注。

众所周知，在黄土地区进行工程建设时，经常受到黄土的湿陷性质等所造成的危害，造成地基的不均匀沉降；在兴修水利工程时，由于灌溉渠道的渗漏、变形、塌陷影响工程的正常进行和使用。同时，由于黄土粉土颗粒成分多，结构疏松，在暴雨作用下，常发生严重的水土流失。大量的表土和沃壤被支流带入黄河成为泥沙的主要来源，又造成黄河淤积。黄土地区沟谷斜坡地带的滑坡也时有发生，影响铁路等道路工程的进行。这些都迫使建筑、地质、水利、铁路等工业部门和科研单位的科技工作者，开展对黄土特性的测定、评价和试验研究工作，并探讨黄土不良特性的改善途径和方法。

黄土，作为一种在第四纪时期干旱条件下的特殊堆积物，早就受到国内外地质、地理学家的注意。对于黄土的成因、巨厚沉积的物质来源、黄土地区第四纪地质发展史及古地理环境、黄土的地层划分和对比、黄土特殊性质的形成等重大问题，有许多文献与专著进行了阐述和讨论。随着黄土研究程度的提高和研究手段的深入，对于这些问题，有的认识已逐步被实践所证实；但多数的结论和认识从宏观和大区域范围来看，还存在着相当大的分歧和争论。本书除对上述黄土基本地质问题进行论述外，还重点对解决黄土堆积物在理论和生产实践中所涉及的地质基础——黄土地层的划分、沉积层序及其区域对比等，进行了全面的研究；并在以往工作的基础上，根据新的地层学理论进行系统的论证，为我国黄土地层学的发展提供了一些重要资料和见解。

我国的黄土地层的研究始于19世纪末20世纪初，但由于长期以来，不少研究者认为黄土堆积从外观上看没有明显的区别：黄色，疏松，垂直节理发育，覆盖于不同时代的地层和不同高度的地形之上，因此采用岩石地层学的方法来划分黄土地层比较困难；而可用来鉴定地质时代的脊椎动物化石，较之一些较老地层又相当贫乏，已经发现的一些动物化石又多处在河湖相或河流相的砂砾石层地层中，与黄土堆积的关系还存在着一定的问题；同时，这些生物的出现、发展直至绝灭的时期较长，有明显的穿时性，很难用以作为确定地层界限的标志。因此，仅采用生物地层学的研究方法解决黄土的地层问题，在实践中也有不少困难。所以过去黄土地层学的研究发展十分缓慢。同时，由于过去的研究程度和资料的局限，所建立的黄土地层系统和命名，如以马兰黄土、离石黄土、午城黄土分别代表晚更新世、中更新世、早更新世的堆积物等，便不可避免地有一定的局限性。

当前地层学的发展趋势已从统一地层学的理论逐步转向多重地层学的理论观点与方法。1983年《中国地层指南及中国地层指南说明书》中已明确指出，今后地层学的研究，采用多重地层学的理论与原则。这一理论是基于地质体的任何一个特征都可用来作为地层划

分的依据。这样,就产生了岩石地层、生物地层、年代地层、磁性地层、气候地层等多种地层划分方法。根据不同的标志和方法所划分出的地层单元的界线有时互相重合,但也可以不重合,甚至交叉。前三者划分的方法是主要的,而最基础性的方法仍然是岩石地层及年代地层的划分。黄土地层学也应该根据多重地层学的原则,来重新建立自己的地层系统。

本书正是在近30年来采用各种手段对黄土地层进行研究的基础上,以新的地层划分的理论作为指导思想,提出了黄土地层新的划分方案,并进行区域性的对比。全书共分十章。除了在第一章内回顾了黄土地层研究简史外,从第二章到第七章都分别阐述和讨论了黄土的各种地层划分方法。鉴于岩石地层学的方法是基本的地层划分方法,因此在第二章内,用较大的篇幅总结了大量野外实地调查和测制的黄土地层剖面的岩性资料,建立了地区性的典型地层剖面 and 地层层型剖面。与以往岩石地层学研究不同之处在于,以前地层划分所依据的剖面往往是不完整不连续的,只代表第四纪中的某一段时期的沉积,如以午城黄土命名的午城剖面,其“午城黄土”厚仅17余米;显然以它代表整个黄土区早更新世黄土沉积的地层是不合适的。本书作者尽量采用连续沉积的地层剖面作研究对象,这样就可以避免由于沉积间断所带来的地层缺失对地层划分的可靠性的影响。在区域性的地层划分基础上进行了地层对比,提出了新的地层建组的命名。

第三章是从生物地层角度,重点阐述第四纪不同地质时代脊椎动物化石的组合及其生态意义。由于黄土地层中广泛分布有多层埋藏古土壤层,其时间和空间的分布规律有着明显的区域性特征,它反映了当时的气候特征。故古土壤层的组合标志可用来作为土壤地层划分的依据。因此在第四章内,介绍了古土壤层在垂直和水平方向上的特征变化规律及其在地层划分上的意义。当然,古土壤层尚具有地理环境上的指示意义,可以帮助我们进一步了解黄土堆积的形成历史。

第五章用气候地层学的方法分析了黄土沉积序列形成过程中的古气候变化规律,并初步与深海沉积物氧同位素方法测定的阶段进行对比。第六章阐述和讨论了黄土的磁性地层学,除了进行典型的磁性地层剖面的对比之外,还就目前在应用磁性地层学方法研究黄土地层时应注意的问题进行了讨论。第七章是黄土的年代地层学,介绍了当前国内外在这方面的研究现状和研究方法,以及应用这些方法解决黄土地层划分所取得的成果。第八章分成几个大的沉积区阐述了黄土堆积物的第四纪地质发展史以及古环境的演变,再现了古地理、古气候和沉积环境的古面貌。第九章论述黄土中的沉积构造。由于黄土堆积中存在有许多常不易被人们所发现的微细的沉积构造,这些地质现象能够反映黄土的沉积环境和发生过的地质作用,对于了解黄土的堆积和形成很有帮助,因而具有重要的成因意义。基于上述资料的分析以及对于黄土高原北部沙漠的形成和演化的地质历史分析,在第十章针对地质界长期争论的黄土成因问题,进一步论证了黄土多种成因的观点,并进行了专门的讨论。

本书中有关黄土高原地貌特征及其形成规律,以及现代土壤侵蚀作用等方面内容,由于已在张宗祜主编的《中国黄土高原地貌类型图(1/50万)与说明书》中进行了充分的论述,故在本书中没有再涉及这方面的内容(此图已于1986年由地质出版社用中、英文公开出版)。

这本专门论述中国黄土地质学的专著,所利用的材料主要是作者多年来在野外考察、

观测所积累的第一手资料和大量实验室的测试分析资料，同时也引用参考了一些最近时期国内黄土地质研究方面的新成果和新资料。

本书从1982年开始撰写，由于陆续补充新的野外调查资料和研究成果，到1987年方全部脱稿。在野外调查及撰写过程中得到山西、内蒙、宁夏、甘肃、陕西等省、自治区地矿局及水文地质队有关同志的帮助。水文地质工程地质研究所的余志会、石建省、李瑞敏等同志帮助整理清抄校核；王明德等同志负责全部插图图例的设计和清绘，在此一并表示深切的感谢。

目 录

第一章 中国黄土地层研究简史	1
第二章 中国黄土的岩石地层	8
第一节 概述	8
第二节 黄土岩石地层的划分依据	9
第三节 黄土岩石地层的区域性特征及地层划分	10
一、陇东（六盘山以东）地区黄土的岩石地层	10
二、陇西（六盘山以西）地区黄土的岩石地层	29
三、宁夏南部地区黄土的岩石地层	39
四、陕北地区黄土的岩石地层	45
五、白于山地区黄土的岩石地层	57
六、陕西渭河谷地地区黄土的岩石地层	65
七、山西、河南地区黄土的岩石地层	87
八、太行山以东（河北、山东）地区黄土的岩石地层	98
九、新疆地区黄土的岩石地层	104
十、东北地区黄土的岩石地层	107
十一、其它地区黄土的岩石地层	109
第四节 中国黄土岩石地层基本单位“组”的命名及其区域对比	115
第三章 中国黄土地层中脊椎动物化石组合及其生态环境的演化	117
第一节 中国黄土地区脊椎动物化石及其分布	117
第二节 中国黄土地层中的化石组合及其典型意义	121
第三节 更新世脊椎动物的演化与生态环境的特征和变迁	122
第四章 中国黄土中古土壤的区域分布及其地层意义	125
第一节 古土壤在黄土地层剖面中的分布特征	126
第二节 古土壤的区域分布特征	128
第三节 古土壤剖面的特性和物质组分	131
第四节 古土壤层的古地理环境和地层学意义	141
第五章 中国黄土的气候地层	149
第一节 黄土中反映气候变化的地质标志	151
第二节 黄土堆积时期古气候的波动	153
第三节 黄土堆积时期古气候变化与深海沉积物的对比	154
第六章 中国黄土的磁性地层	157
第一节 黄土极性带中的极性异常	158
第二节 黄土中极性异常的岩性层位	159
第三节 我国黄土磁性地层区域对比	161
第七章 中国黄土的年代地层	166

第一节 黄土年代地层学的研究现状	166
第二节 黄土年代地层学的研究方法	167
第三节 黄土年代地层学研究中一些问题的探讨	174
一、年代地层的界限问题	174
二、黄土地区年代地层对比问题	178
第八章 中国黄土分布区第四纪地质发展史及古环境的变迁	180
第一节 黄土高原第四纪地质发展史	180
第二节 黄土高原第四纪时期内古环境的变迁	181
第三节 中国东部黄土堆积地区地质发展史	187
第四节 黄土高原以北沙漠的形成和演变	192
第九章 黄土中的沉积构造	195
第十章 中国黄土的成因	198
第一节 黄土的物质成分及其来源	199
第二节 搬运堆积的地质营力	203
第三节 黄土的形成	204
参考文献	207
英文摘要	211

CONTENTS

Chapter I. Historical Review of Stratigraphic Study of Loess in China.....	1
Chapter II. Lithostratigraphy of Loess in China.....	8
A. Overview.....	8
B. Criteria for lithostratigraphical classification of loess in China.....	9
C. Regional characteristics and lithostratigraphical classification of loess in China.....	10
1. Lithostratigraphy of loess in the East of Liupan Mountain area.....	10
2. Lithostratigraphy of loess in the West of Liupan Mountain area.....	29
3. Lithostratigraphy of loess in Southern Ningxia area.....	39
4. Lithostratigraphy of loess in Northern Shaanxi area.....	45
5. Lithostratigraphy of loess in the Baiyu Mountain area.....	57
6. Lithostratigraphy of loess in the Weihe River Valley.....	65
7. Lithostratigraphy of loess in Shanxi and Henan area.....	87
8. Lithostratigraphy of loess in the East of Taihang Mountains area.....	98
9. Lithostratigraphy of loess in Xinjiang area.....	104
10. Lithostratigraphy of loess in Northeast China.....	107
11. Lithostratigraphy of loess in other areas.....	109
D. Nomenclature of lithostratigraphic unit—"formation" of loess in China and regional correlation.....	115
Chapter III. Vertebrate Fossil Assemblage in Loess Sequence and Its Ecological Environment Evolution.....	117
A. Vertebrate fossils and their distribution in loess area in China	117
B. Vertebrate fossil assemblages in loess sequences in China and their typical significance.....	121
C. Evolution of vertebrate in Pleistocene loess sequence and its ecological characteristics.....	122
Chapter IV. Regional Distribution of Fossil Soil in Loess Deposits in China and its stratigraphic significance.....	125
A. Distribution characteristics of fossil soil in the stratigraphic sections of loess.....	126

B. Regional distribution characteristics of fossil soil.....	128
C. Characteristics of fossil soil sections and material composition.....	131
D. Palaeoenvironment and stratigraphic significance of fossil soil layer.....	141
Chapter V. Climatostratigraphy of Loess in China.....	149
A. Geological indications of climatic evolution in loess deposits.....	151
B. Palaeoclimatic fluctuation during the period of loess deposition	153
C. Comparison of palaeoclimatic fluctuation during the period of loess deposition with abyssal sediments.....	154
Chapter VI. Magnetostratigraphy of Loess in China.....	157
A. Polarity anomalies in the magnetic zones of loess.....	158
B. Lithologic horizons of polarity anomalies in loess deposits.....	159
C. Regional magnetostratigraphic correlation of loess deposits.....	161
Chapter VII. Chronostratigraphy of Loess in China.....	166
A. Present state of chronostratigraphic study of loess.....	166
B. Methods for chronostratigraphic study in recent years.....	167
C. Discussion on some problems in chronostratigraphic study of loess deposits.....	174
1. Chronostratigraphic boundaries	174
2. Chronostratigraphic correlation between different loess areas	178
Chapter VIII. Historical Geology of the Quaternary and Palaeoenvironmental Change in Loess Region of China.....	180
A. Historical geology of the Quaternary in the Loess Plateau region	180
B. Palaeoenvironmental change during the Quaternary in the Loess Plateau region.....	181
C. Geological development of loess depositional area in the eastern part of China	187
D. Formation and evolution of the desert north of the Loess Plateau.....	192
Chapter IX. Sedimentary Structure in The Loess Deposits.....	195
Chapter X. Origin of Loess in China.....	198
A. Compositions and sources of loess in China.....	199
B. Geological forces of transportation and accumulation.....	203
C. Formation of loess in China.....	204
References.....	207
Abstract.....	211

第一章 中国黄土地层研究简史

中国黄土分布之广和厚度之大,以及地层层序之完整,均是举世闻名的。它连续分布在甘肃的中部和东部,宁夏南部,陕西的西北部和中部,山西和河南的西部及其他一些地区,连续分布面积约44万平方公里,厚度从数十米至400m(图I-1)。中国黄土自早更新世开始沉积以来,地层层序基本上是完整的、连续的。有的天然剖面保存得相当完好。尤以黄河中游一带的黄土高原为最典型,早已引起国内外专家的关注。

我国在几千年以前,对于分布非常广泛的黄土就有所认识。早在纪元前我国人民就注意到黄土的基本特征以区别其它土类。例如黄土土类的区分、黄土地形的描述、黄土的形成、黄土中地下水的开采利用以及关于黄河水系的研究等,我们可在《尚书·禹贡》、《汉书·地理志》中见到一些记述。可见,中国广大劳动人民对黄土的开发利用,早已有了丰富的经验和认识。

但是,从地质学领域中去探索和研究黄土却要晚得多,大约只有近百年的历史。自19世纪末到现在,中国黄土地层的研究,大致可分为三个阶段。

第一阶段

1866年美国入庞培利(R. Pumpelly)和1868年德人李希霍芬(F. V. Richthofen),先后来我国进行地质考察,在李氏地质著作——《中国》中论述了中国黄土。以后来到中国,研究中国黄土的还有奥勃鲁切夫(B. A. Обручев)、安特生(J. G. Anderson)、德日进(P. Teilhard de chardin)、G. 巴尔博(B. Barbour)、梭颇(J. Thorp)等著名科学家。我国老一辈科学家,如杨钟健、裴文中、马溶之、杨杰、张伯声等人也都对中国黄土研究作出过重要贡献。

中国黄土地层的划分始于安特生。1923年他在我国山西、河南一带考察时,发现在原属于黄土底部的红粘土中含有三趾马动物群化石,故将这一套地层定为第三纪上新统,并与黄土分开。这两者之间实际上还有一层棕红色黄土的堆积,但他未作进一步的划分,所以他直接把直接覆在第三纪上新统红土以上的一套松散沉积物统称为黄土。

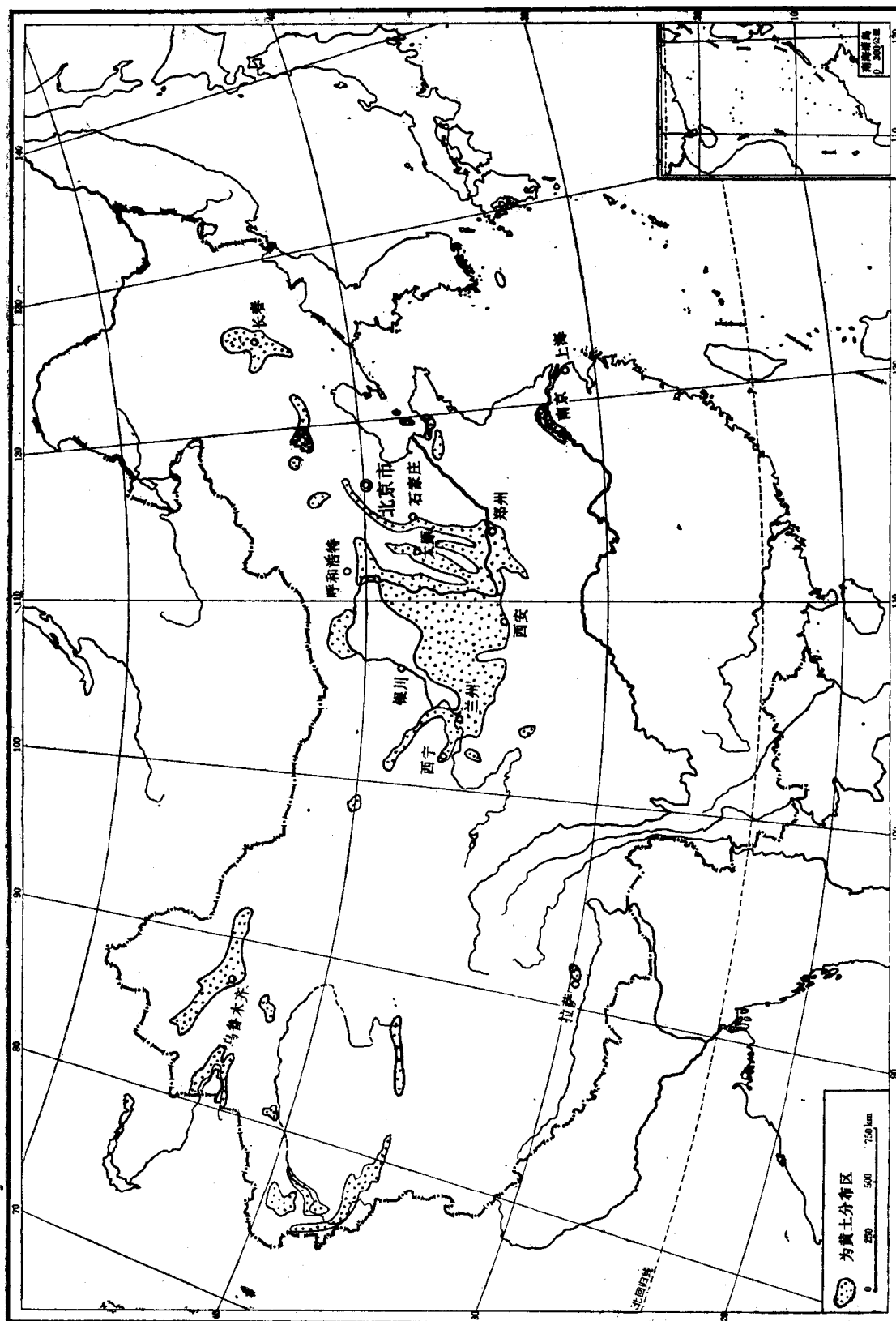
杨钟健和德日进于1930年根据野外观察与古脊椎动物化石的研究,将黄土地区的地层划分为红色土和马兰黄土,并将红色土分为A、B、C三层。A层属于上上新统;B层属于下更新统,相当于“泥河湾组”或“三门系”;C层属于中更新统,相当于“周口店组”。

这一研究成果,奠定了黄土地层划分的基础。自19世纪末叶到20世纪40年代,黄土研究开始从土壤、地理学的范畴,进一步跨入地质领域;从一般性问题的描述,逐步深入到对黄土成因、地层学等专题研究。

第二阶段

解放以后至70年代初期,由于地处腹地黄土高原的工业、农业、交通运输、水利建设事业的蓬勃发展,黄土已被作为专门性的问题进行研究。黄土地层学作为基础学科,引起了人们更大的注意和更加深入的研究。

从1955年开始,国内各有关单位根据各自不同的目的组建了黄土研究的科研组织。其



中较有影响的有：中国科学院地质研究所、中国科学院古脊椎动物及古人类研究所、西北土壤及水土保持研究所、地质矿产部水文地质工程地质研究所等单位。他们对黄土的区域地质特征、新构造运动、地貌及地形形态、沉积相变化、古地理环境、古土壤以及土壤侵蚀区域性规律等方面做了大量工作。同时对黄土中孢子花粉和古脊椎动物化石也进行了研究。在这些研究工作的基础上，对黄土地层作了进一步的划分与对比，因而在黄土地层学方面取得了较大的进展。

1957年，刘东生等在研究山西、陕西黄土地层期间，将过去命名的“马兰黄土”及晚更新世黄土堆积称为“新黄土”；而早于“马兰黄土”的黄土，称为“老黄土”。“老黄土”又进一步划分为上、下两部分。在1964年，刘东生等著的《黄河中游黄土》一书中，对黄河中游黄土地层进行了新的划分（见表1）。主要以古生物化石作为黄土地层划分的依据。他认为黄土中动物群都是陆生的，尚未发现水生属种。脊椎动物化石多在埋藏土中发现。黄土地层中鼯鼠化石很多，它在黄土生物景观中，占有绝对优势。对其种族演化的研究，不

表 1 黄河中游黄土地层划分表

时 代		地 区		黄河中游 河谷盆地	黄土高原	黄土中主要化石
		气候期 及地层划分				
第 四 纪	全新世	Q ₄		低阶地 及泥炭层	黄土状岩石	
	晚更新世	Q ₃	Ⅲ' 间雨期		新黄土或砂质 新黄土(马兰黄土)	<i>Myospalax lontanicri</i> (方氏田鼠) <i>Struthiolithus</i> sp. (鸵鸟蛋)
			Ⅲ 雨期	乾 县 组 (萨拉乌苏组)	(清水期侵蚀)	
	中更新世	Q ₂	间雨期	Ⅱ ₂ ' 间雨期		老黄土上部 (与离石黄土上部相当)
Ⅱ' 雨期				Ⅱ ₂ 雨期	丁 村 组	(铜川侵蚀)
雨期			Ⅱ ₁ ' 间雨期		老黄土下部 (与离石黄土下部相当)	<i>Spirceros cf. peii</i> (裴氏转角羚羊) <i>Myospalax fontanicri</i> (方氏田鼠)
			Ⅱ 雨期	Ⅱ ₁ 雨期	陕 县 组 (泾河组)	(湟水期侵蚀)
早更新世	Q ₁	Ⅰ' 间雨期			午城黄土 (相当老黄土下部的部分层次)	<i>Nyctereutes sinensis</i> (中国貉) <i>Hipparion (proboscidi) hipparion</i> <i>sinensis</i> (中国长鼻三趾马)
		Ⅰ 雨期		泥河湾组 (三门组)	(汾河期侵蚀)	<i>Hipparion</i> sp. (三趾马) <i>Sus lydekkeri</i> (李氏猪) <i>Hypolagus brachypus</i> (短脚野兔) <i>Gazella</i> sp. (羚羊)

注：表中个别化石名称有误，请参看后文。（据刘东生等，1957）

仅在古生物学方面取得较满意的成果，而且大大有助于黄土地层的划分。

同时，刘东生等还引用了气候期的概念，作为对黄河中游黄土地层划分的依据。这些划分的方案，基本上还具有我国新生代地质研究工作早期的地文期概念的特点，认为“侵蚀期”或“雨期”内没有黄土的堆积作用，而黄土只形成于“堆积期”或“间雨期”。但是，这些工作推动并发展了生物地层和气候地层方法在我国黄土地层研究上的应用。因此，这一阶段在我国黄土地层研究的深度和水平上，显示出比早期有了更大的进展。1962年在研究午城镇柳树沟与离石王家沟两处黄土地层剖面时，刘东生等根据黄土剖面的岩性和古脊椎动物化石，命名了“午城黄土”（认为属于早更新世）和“离石黄土”（认为属于中更新世）。并将整个第四纪黄土堆积划分为“午城黄土”、“离石黄土”、“马兰黄土”。

黄土在黄土高原地区沉积较厚，但在不同的地方，其中有剥蚀面的存在。加以埋藏的古土壤层多次出现的复杂产状，各地区黄土沉积的连续程度不同。因此，黄土地层剖面在黄土原区比较完整，而在山前地带、丘陵、以及近河谷地区，会有较大沉积间断或缺失，所以在对这些地区黄土地层进行研究时，必须同其他第四纪沉积物一同进行研究，且要研究整个第四纪时期各种沉积物形成的全貌和他们之间的相互关系。尽管黄土地层从外观上，常常被认为有很大的一致性，但各个地区由于地形和古地理环境不同，以及黄土剖面保存的情况不同，实际上有较大的差异。要进一步作详细的地层对比，必须依靠各个地区、各地段更多的黄土剖面的岩石地层、磁性地层、生物地层、气候地层等的综合分析，才能获得满意的答案。

作者于1959年在《中国甘肃东部（陇东）黄土的地质特征及工程地质性质之综合研究》专著中，对我国黄土高原黄土地层划分问题作了充分论述。在研究陇东黄土沉积物时，特别重视黄土的区域性特征，并在进行大面积区域性野外观察及重点地区地层剖面实地测量的基础上，确定了黄土地层划分的原则，并提出划分的意见与方案。认为黄土地层划分的原则应根据的标准是：

1. 岩性特征的差异：主要为颜色、颗粒成分、组织结构、沉积构造、成岩作用程度、风化状态等。
2. 埋藏的古侵蚀面（剥蚀面）。
3. 古土壤层的产状、土壤剖面特征。
4. 所含陆相化石（蜗牛等化石）之形态变化及其石化程度。
5. 地层所处地貌单元部位的分析。

其中岩性、古侵蚀面及古土壤层，是进行黄土地层区域性对比的最重要依据。

在上述原则的基础上，黄土高原中部地区黄土地层自下而上划分为四个岩石地层组，各组的一般岩性特征如下：

第一组：为浅红色，无大孔，有黑斑，坚固，容重大，富含碳酸岩类，颗粒成分以粉土为主，属于黄土类亚粘土或黄土类重亚粘土，其中夹有厚层的钙质结核层。本组地层富含泥化（粘土化）之陆生蜗牛化石；下部钙质十分富集而形成多层钙质层。在泾河及其支流两岸，有些地区在本组地层之下，出现被钙质胶结的冲积相的砂砾石层，胶结良好呈砾岩状，其产状、成分与厚度，各地所见均不一致，有的厚数米，有的厚数十米。

第二组：为微棕红色，无大孔，有黑斑，坚固，容重较大，较富含碳酸盐类及较大的钙质结核，颗粒成分以粉土为主，为黄土类亚粘土，含多层古土壤层。在冲沟沟壁可以见

到此层风化以后，常呈片状剥蚀面。

第三组：以灰黄色为主，多大孔隙，粉土质，含碳酸盐类及钙质结核，中间夹有多层古土壤，单层厚1—2m。古土壤间的黄土厚度一般为5—8m。

第四组：为冲积、坡积和重力堆积等作用形成的黄土类土，灰黄或灰褐黄色，具有大孔构造，颗粒成分以粉砂和细砂为主。主要分布在河谷内，构成河谷低阶地，下部有冲积砂砾石层。在近六盘山及永寿梁等山地一带分布有坡积及冲积扇之黄土堆积，厚约数米。

在对黄土高原中部黄土中所夹的古土壤层研究中，作者特别注意到了其产状的变化规律及其在黄土地层学上所具有的重要意义。其主要现象是：

1. 古土壤的厚度、产状、倾斜方向及其角度变化等，它反映着古地形的变化，而这一变化，在整个第四纪不同地质时期内是有所不同的。

2. 古土壤的产状在近山地带与远离山地的原区有所不同，且在近山地带多有交叉或相互切割现象，而在原区则多近似水平叠置。

3. 黄土剖面中自地表向下依次第五层古土壤是由三层古土壤紧密叠置而成。组成厚度最大的埋藏古土壤层，厚约5—7m，区域分布很广，是黄土地层的岩石地层划分的重要标志。

这一时期国内外一些学者，如刘东生、王永焱等都提出了划分黄土地层的各种方案（见表2和表3）。总之，第二阶段可谓研究中国黄土地层的大发展阶段，不论在研究方法上，还是在地层学的概念上，都比前一个阶段有了很大的进展，并取得了重要成绩。

表2 黄河中游黄土地层对比表

时代	著者	李希霍芬	安特生	德日进 杨钟健	奥勃鲁契夫	格拉西莫夫	刘东生	帕夫林诺夫	凯司	张宗祜	严阵	刘东生
分层		1877	1923	1930		1955	1956—1957	1956	1958	1959	1958—1960	1962
现代 (全新世)	Q ₄		次生黄土				新黄土 ₂		黄土	冲积、坡积、重力堆积黄土状土		
晚第四纪 (晚更新世)	Q ₃		马兰黄土 (原生黄土)	马兰黄土	黄土	马兰黄土	新黄土 ₁	浅白色尘土状黄土		浅灰黄、黄、浅褐黄色夹红色的黄土	马兰黄土	马兰黄土
中第四纪 (中更新世)	Q ₂			C B 红色土	红色黄土		老黄土 ₂	黄橙色黄土 含石灰质	带有埋藏土的黄土	浅棕黄色夹红色埋藏土的黄土状亚粘土	老黄土	离石黄土(上部) 离石黄土(下部)
早第四纪 (早更新世)	Q ₁			A		三门黄土	老黄土 ₁	结核红色黄土	红色黄土	浅红色黄土，重亚粘土	古黄土	午城黄土
晚第三纪 (晚上新世)	N								粉红色粘土 红色粘土			

(据刘东生, 1962)

第三阶段

从70年代后期以来，中干四化建设蓬勃发展，与黄土地区有关的水土保持、农田水利

表 3 黄河中游黄土地层时代划分表

黄土时代		接触关系	岩 性	古 土 壤	考古资料	哺乳类化石
全 新 世		沉积间断	原面及阶地面上的黄土及其下的黑垆土	黑垆土	彩陶文化 新 石 器	现代动物群
晚更新世	晚期		淡灰黄色疏松黄土	灰棕色土	旧石器	萨拉乌苏动物群
	早期		添灰褐色疏松黄土	色较鲜艳的红褐色 古土壤		
中更新世	晚期	短期沉积间断	淡灰褐色黄土			周口店动物群
	早期	长期沉积间断	灰褐色黄土,胶结较硬	色较淡的红褐色古土壤		
早更新世	晚期	连续沉积	淡肉红色石质黄土	上部为多层密集 钙质结核层		泥河湾动物群
	中期	连续沉积		下部有微显红色 的古土壤,间距疏		游河动物群
	早期	连续沉积				

(据王永焱)

建设、治理黄河、交通运输、工程建设等实践工作的进展,促使黄土研究工作出现了新的局面。

在以往工作的基础上,黄土地层研究中采用了第四纪年代学研究的最新技术方法,如古地磁学、同位素年代学、热释光、 ^{14}C 测定等方法在黄土地层年代测定和地层划分上的应用,以及古环境地球化学、古气候学、微观结构分析又丰富了黄土研究的内容。提高了对中国黄土地层形成、发育历史的认识,使中国黄土地层学发展到了一个崭新的阶段。其中特别是对陕西洛川黑木沟、渭南阎村 W_1 孔、吴旗土佛寺、甘肃平凉大寨子、西峰火巷沟、兰州九洲台等典型剖面研究成果,在我国黄土区域地层研究上都有着非常重要的意义。

古地磁测试方法在黄土地层研究中的应用,促进了我国黄土磁性地层学的发展。70年代中后期,首先由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,并初步提出了在黄土研究中古地磁方法应用的可能性。以后安芷生、刘东生、葛同明、王永焱等对陕西洛川黑木沟的黄土剖面作了磁性地层的研究,取得了良好的效果。同时王永焱等对甘肃兰州九洲台区厚的黄土剖面、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。作者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。在不同地区进行的黄土磁性地层研究,基本上取得了一致的认识。所测定的主要极性变化界限出现的层位,基本上是一致的。这就为我国黄土地层进行区域性对比提供了重要条件,也为我国黄土地层划分提供了一个可靠的科学依据。古地磁方法的应用,不仅使我们对我国黄土在第四纪时期的极性变化规律有所认识,而其具有重要意义的是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)而带来的地层划分与对比的问题。由于古地磁方法的应用及黄土磁性地层学的迅速发展,使我国黄土地层学研究进入了一个突破阶段,

改变了过去对黄土地层一些旧的观念，取得了一些新的认识。

^{14}C 测年方法的应用，对我国黄土地区全新世地层的研究起了非常重要的作用。尤其是中国科学院贵阳地球化学研究所试验室取得了大量实际资料，对研究我国黄土中黑垆土及全新世黄土的年龄方面都很有成就。这些资料丰富了我国黄土地区全新世地层研究内容，并促进了全新世地层的对比与划分工作的进一步的发展。

热释光测年方法，在测定黄土年龄方面也取得了一定的成就。特别是对晚更新世黄土年龄的测定，有了一批可靠的数据。在这方面中国科学院考古研究所李虎侯曾经对马兰黄土等沉积物的热释光年龄作过较深入的研究。这一时期，对我国黄土堆积的孢粉分析，也取得了大量系统资料。此外，黄土的氧同位素测定，加深了对黄土形成时期古气候变化规律的认识，从而对我国黄土气候地层学的发展，起到了推动作用。同时，使我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。这就有可能使我国的黄土地层研究与世界上其他地区黄土地层进行洲际之间或大陆之间的地层对比了。

这一阶段我国黄土地层研究的主要特点是：黄土年代地层学与黄土气候地层学有了突出的进展。

总之，我国黄土地层研究的发展历程，从本世纪30年代到现在，在将近半个多世纪内，基本上是经历了由生物地层→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。而且在地层研究上，由分散的、零星的露头剖面，进入到有选择的完整的典型剖面或层型剖面的研究。在研究方法上，由采用单一的方法（如古生物的或岩性的），发展为同时采用综合多种方法（古生物、岩性、磁性、气候、年代学等等）相互配合的研究方法。因此，这几十年来，由于我国的黄土工作者们的共同努力，使我国黄土地层学的研究达到了一个较高的水平，并处于世界先进行列之中，探讨着具有国际性的问题。同时，也带动了我国第四纪地质的研究工作。