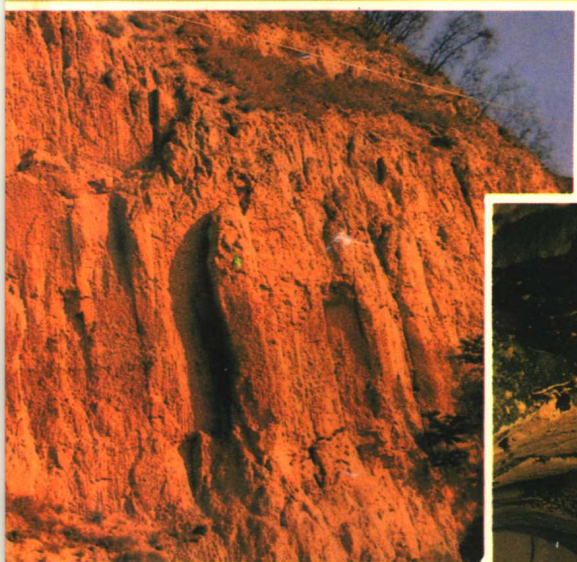


黄土构造 节理的理论及其应用

国家自然科学基金资助项目

王景明 等 著



中国水利水电出版社

THE THEORY ON TECTONIC JOINTS
IN LOESS AND ITS APPLICATION

黄土构造节理的理论及其应用

王景明等著

国家自然科学基金资助项目

中国水利水电出版社

一九九六年五月

内 容 提 要

本书系国家自然科学基金资助项目的综合研究成果。详细地论述了黄土构造节理的理论及其应用。对重新认识黄土地貌发育规律、指导干旱半干旱黄土区找水、恢复区域新构造应力场、帮助预测地裂缝乃至地震活动、控制黄土崩滑流和水土流失灾害、进行工程乃至区域稳定性评价,既有理论意义又有实际意义。

全书观念新颖,论述精辟,在学术上有重要开拓,利于实际应用。可供水土保持、地貌、第四纪地质、水利工作者和从事黄土区农、林、牧生产与国土整治研究的科技工作者、大专院校师生参考使用。对于工程地质、水利水电、环境保护、交通、建筑设计施工、综合减灾等部门的科研生产人员和大专院校师生也有理论和实际应用的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

黄土构造节理的理论及其应用/王景明等著. --北京:中国水利水电出版社,1996

国家自然科学基金资助项目

ISBN 7-80124-145-2

I. 黄… I. 王… III. 黄壤-土壤剖面-研究 IV. S155.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 04718 号

书 名	黄土构造节理的理论及其应用
作 者	王景明等著
出版、发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路 6 号 100044)
经 售	全国各地新华书店
排 版	西安地质学院印刷厂照排中心
印 刷	西安地质学院印刷厂
规 格	787×1092 毫米 16 开本 15 印张 350 千字 5 插图
版 次	1996 年 5 月第一版 1996 年 5 月西安第一次印刷
印 数	0001—1000 册
定 价	38.00 元

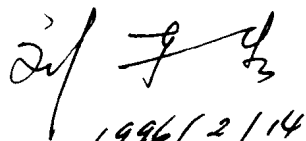
序一

人们对黄土从科学的角度开展研究已有170多年的历史了,时至今日对黄土成因、物质来源、古地理环境、地层划分、地貌特征、水土流失、工程性质等问题的认识已有了长足进步。同时也应指出,还有许多黄土地质问题需要深入研究,黄土节理就是其中之一。虽然人们很早就注意到黄土特别是在马兰黄土中节理发育。但节理对黄土的岩石性质、地貌发育过程,黄土的侵蚀和破坏、地下水运移和黄土的工程地质稳定影响方面则了解较少。对于节理的形成过程、产生的机制和存在的形式虽然已作了不少工作,但专门指出其主要意义方面发表的工作还不多见。

本书主编王景明同志1975年在渭河盆地离石和马兰黄土中对黄土构造节理进行了研究,其后又相继研究鉴别了黄土中的原生节理、风化节理、卸荷节理、湿陷和塌滑节理,为黄土地质学研究开拓了一个新的方面。20多年来,他们坚持不懈地深入到黄土高原地区进行野外观测,研究了数万条黄土构造节理,并在室内作了许多测试分析工作,获得丰富的第一手资料和科学数据。在此基础上综合、归纳、提出了一系列新的观点和新的问题。例如关于黄土构造节理的力学性质、区域特征及系统性规律;确定了两组扭裂面代表了中更新世以来构造应力场最大剪切应力方向,并据此恢复了区域构造应力场;提出黄土构造节理是地下水运移通道和赋存场所,也是黄土区地裂缝、滑坡、水土流失的构造基础等等;他们深入研究了黄土构造节理对黄土潜蚀地貌塑造过程的影响,为应力侵蚀的新理论提供了依据。

本书资料丰富,工作踏实,系统地阐述了黄土构造节理研究对黄土地貌塑造过程、地下水赋存、工程实践、灾害防治等应用问题的重要作用。本书对我们认识黄土中最常见的特征现象——节理——从宏观到微观,从观察到抽象,把黄土的沉积物理性质作了广泛而深入的研究。它为我国黄土研究增添了新的篇章,将为我国黄土地区的经济发展和生产建设作出重大贡献。本书的研究工作具有开拓性、探索性,这一工作涉及的面广、学科多、问题复杂,它的出版会引起多方面的兴趣和注意。并将进一步提高该领域研究的思想和方法,对黄土研究会有更大的推动。

中国科学院院士


1994/2/14

序二

王景明教授主笔撰写的《黄土构造节理的理论及其应用》一书全面而系统地阐述了黄土构造节理的地质特征、分布规律、成因及其伴生的地裂缝、黄土喀斯特等地质现象,还论述了在黄土中进行工程建设的有关问题。这一专著是作者对黄土研究的基本总结,是国内外第一本论述黄土构造节理方面的专著,是一份十分可喜可贺的科研成果,具有重大的理论和实际意义。不论对从事黄土科学研究或从事工程建设的技术人员来说都值得一读,我向读者推荐本书。

1958年我在甘肃从事黄土渠道工程地质和地质工程问题研究时,曾发现过陇西老黄土中存在有构造节理。老黄土的构造节理对黄土边坡稳定性具有重要控制作用。1983年我对山西万荣县“流海缝”考查时,更进一步认识到老黄土中普遍存在构造节理,新黄土中发育有柱状节理。“流海缝”是黄土中喀斯特的上覆土体在大气降水产生的地面积水浸泡下塌陷形成的;黄土中喀斯特是大气降水沿构造节理入渗造成地下潜流的潜蚀作用下形成的。我认为我国西北陕、甘、晋、豫分布的老黄土中比较普遍地存在有地下喀斯特网络。黄土中有头无尾的冲沟、塌陷坑(陷井)、天生桥等现象就是黄土中存在喀斯特洞穴上覆的黄土,塌陷的产物。

从力学来讲,黄土不是一种连续介质,而是在构造节理及其伴生的喀斯特切割下造成的不连续介质。显然,在作为力学问题研究时,不能简单地把黄土作为连续介质的土质力学研究,而应该作为土体力学研究,要考虑黄土的特殊结构特征,才能正确地解决黄土力学问题和黄土地质工程问题。1991年二炮设计研究所在黄土中修建一座大型竖井(直径25m),请我作技术顾问。我在这个黄土竖井选址中考虑了老黄土中喀斯特问题,我的经验是老黄土中的喀斯特分布间距大约为400~500m,为了避免老黄土中喀斯特的不良地质条件,我利用了老黄土中喀斯特分布具有等距性特点,将竖井位置选在相距约500m的两条冲沟的中间位置处。这里的老黄土中发育有密集的构造节理,它对黄土竖井井壁完整性有很大的破坏作用。在施工过程中,当竖井掘进到老黄土层中时,施工单位告诉我,竖井井壁产生了“塌方”。我到现场看了以后,认定是由于老黄土中的构造节理切割产生的局部崩塌掉块,不是大塌方,不影响竖井的整体稳定性,建议采取短进尺快掘进,快封闭等措施施工,防止老黄土在构造节理切割下继续产生崩塌掉块,这样,顺利地完成了这个大型竖井建设。

黄土构造节理对地质工程建设具有重要意义。我对黄土中构造节理十分感

兴趣和重视。遗憾的是我没有机会对黄土中构造节理进行系统地、全面地、深入地研究,国内外对黄土构造节理也无人进行专门地、系统地、全面地研究,黄土构造节理研究近似空白。

令人十分高兴的是,王景明教授对黄土中构造节理投入了二十余年的时间,进行了系统地、全面地、专门地专题研究。1975年他在汾渭盆地工作中发现新老黄土中普遍存在构造节理,按其地质力学性质可以分成六组,并且仔细地鉴别和区分出黄土中节理可以分为构造节理、原生节理、风化节理、卸荷节理、滑塌节理和湿陷节理等六种类型。1991年他得到国家自然科学基金资助后,在陕、甘、晋、冀、豫等省观测研究数以万计的黄土构造节理,进一步发现黄土中构造节理具有区域性和系统性特点,可以用作反演黄土区域新近构造运动应力场;并发现黄土构造节理控制着黄土地貌、崩滑溜地质灾害和地下水运移;而且黄土窑洞、隧道、水工建筑、路基等地质工程失稳也密切地受它控制,并提出应力侵蚀理论。他的研究工作开拓了黄土科学研究新领域,对黄土研究做出了重要贡献。

本书的出版将对以地质体为建筑材料,以地质体为工程结构,以地质环境为建筑环境的黄土地质工程建设,在理论和实践上发挥重要指导作用,这是中国黄土研究又一重要成果,我祝贺本书的出版。

中国科学院地质研究所研究员



1996.3.12

前 言

黄土沉积是第四纪地层的主体,世界黄土的覆盖面积达 1 300 万 km^2 ,占陆地总面积的 9.3 %。我国黄土覆盖面积为 63 万 km^2 ,是世界黄土分布最广、沉积厚度最大的地区。我国黄土的分布区主要在西北地区和黄河中游一带。这里既是孕育中华民族古老文化的重要地区,也是我国社会主义经济建设的重要地区。这里有丰富的矿产资源、土地资源和旅游资源。广泛分布的厚层黄土、星罗棋布的黄土窑洞、特殊的地貌景观、千沟万壑与崩滑流现象、强烈的水土流失、干旱缺水的黄土塬梁峁更是驰名中外。如何科学地认识黄土地貌,治理黄土地质灾害,寻找旱塬地下水,改善窑洞居住环境,改变贫困面貌,为开发治理黄土区服务,成为建筑、地质、地理、水利、交通、农业等部门、高校和科研单位的科技工作者的重要课题。

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。自 1866 年以来,美、德、俄、瑞典、日、前苏联等国的庞培利、李希霍芬、奥勃鲁契夫、德日进、富田达、格拉西莫夫等;我国老一辈科学家杨钟健、马溶之、杨杰、张伯声、朱显谟、陈梦熊等,在黄土成因、古地理环境、地层对比、古生物、地貌等方面提出了许多极有价值的问题。解放以后,由于四化建设蓬勃发展,随着经济建设和科学发展规划的进行,与黄土地区有关的水土保持、农田水利建设、治理黄河、交通运输、工程建设和跨流域调水等实践工作的进展,促使黄土研究工作呈现新局面,出现了以刘东生、张宗祜、王永焱等代表的黄土学派,在黄土这一领域中发表了一系列专著和论文,使中国黄土研究跃于世界领先地位。1991 年在北京举行的国际第四纪研究联合会第 13 届国际大会,对于中国黄土研究而言是一里程碑。由于国际学术界引起高度重视,争相对中国黄土进行研究和对比。可以说:“经典的第四纪研究的许多理论和概念(如标准地层、古生物群、古人类、古文化、古地文期等)多源于中国黄土高原,而现代第四纪研究的许多新思想也同样在这里诞生。换言之,中国黄土已经被国际学术界公认为是一种全球变化的最佳陆相信息载体了。

同时也应该指出,还有一些黄土问题没有引起学术界足够的重视,黄土节理就是这些问题之一。虽然人们很早注意了黄土节理,但都是将其看作黄土土体收缩产生的原生节理。从而忽视了它们对黄土总体性质、特征、分类和对工程建设危害的研究。1958 年孙广忠教授在老黄土中发现有构造节理,1983 年钟世航论述了老黄土中存在的构造斜节理,他们在黄土节理的研究中向前迈进了一步。1975 年王景明教授在调查渭河盆地黄土区活断层时,发现中上更新统新老黄土中普遍存在着构造节理,它们的力学性质清楚,方向性强,具有共轭性、系统性和区域性特征。在深入研究的基础上,于 1983 年详细地区分出黄土中的原生节理、风化节理、卸荷节理,湿陷和滑塌节理,纠正了人们在近两个世纪以来一直认为黄土中只有原生节理的误解。早期学者描述的黄土原生节理实际上是原生、风化、卸荷、滑塌等非构造节理和构造节理的综合体。真正的黄土原生节理是一系列密集、细窄短小的条柱状黄土裂隙,其走向变化无常,多局限在黄土分层中。

1984 年王景明在全国黄土及黄土区应用地质学术讨论会上宣读了“黄土构造节理及其对应切沟系的发现”和“论黄土节理”两篇论文,其后又陆续发表了相关的论文,受到孙广忠、

艾南山、孙建中、胡广韬、丁国瑜、陈梦熊教授和专家的称赞。艾南山教授据此引伸提出应力侵蚀新理论,补充修正了将侵蚀只视为外营力作用的传统观点。从而得到科学界技术界的高度重视,此后许多科学家予以引用。王景明教授又立题专门进行了“黄土构造节理及其应用的研究”,1991年得到国家自然科学基金的资助,取得一系列的开创性成果。如识别黄土构造节理的区域性、系统性特征;认定其两组扭裂面代表新构造应力场最大剪切应力方向;利用黄土构造节理系及其控制的土层沟槽网络,恢复相应地区 Q_{2-4} 构造应力场,为黄土区工程稳定性判断提供了依据;提出黄土构造节理是黄土区地下水运移的主要通道和赋存的场所;发现构造节理是黄土区地裂缝、滑坡、崩塌和水土流失等地质灾害的构造基础之一;证实构造节理是黄土地层的软弱面,风化和继之而来的应力侵蚀就由此开始,进而塑造出黄土碟、穴、井、桥、柱、墙、沟等潜蚀地貌和部分侵蚀地貌。研究黄土构造节理对恢复新构造应力场、帮助预测地裂缝乃至地震活动、控制水土流失和滑塌灾害,进行工程乃至区域稳定性评价,重新认识黄土潜蚀地貌发育规律,指导干旱、半干旱黄土区找水,既有理论意义又有实际应用价值。专家们认为上述成果在许多方面具有国际先进水平,本书是在该成果多篇论文的基础上,经补充、加工、编纂而成的,旨在从应用理论、工程实践、灾害防治、水源赋存多个角度较系统地论述黄土中另一个重要领域即构造节理,介绍其应用,供工程技术人员、科研工作者和广大黄土分布区群众进一步研究利用,并促进黄土科学的进一步发展。

本书为国家自然科学基金资助项目“黄土构造节理及其应用”的成果。项目组成员王景明、倪玉兰、孙建中分别参加了全部或部分的野外调查和本书的撰写工作。项目主持人王景明先后指导有关专业本科生和研究生李署鹏、陈文新、卜臣、孙焕峰、陈志强、芦英强、马广达、王新宇、王君、孙建国、王秀玲、李建明、安艳秋、田毓龙、蔡定国、郭满红、邵德友、何占东等做了大量的野外观测研究工作。此外,一些同志热情支持本书的出版并提供部分资料或给予资助,为此特聘请为本书副主编和编委。本书第二、三、四、六、七章和第一章三、四节由王景明撰写;第一章一、二节和第十章三节由孙建中撰写;第五章二节和第八章由倪玉兰撰写;第五章一、三、四节由韩兴、刘 淇、倪玉兰、王连云共同撰写;第九章一、二节由王景明、王宝岭撰写,第三节由刘建新、毕仲仓、王连云、韩兴、王景明撰写,第四节由杨荣博、周健民、张彦军、王景明共同撰写,第五节由韩廷元、王宝江、刘忠树、张彦军、王景明共同撰写;第十章一、二、四节由王连云、王景明、韩兴共同撰写,全书最终由王景明统稿并定稿。在本书出版社之际,衷心地感谢中国科学院院士丁国瑜先生、马宗晋先生、陈梦熊先生等对我们工作给予的鼓励和支持,感谢刘国昌、艾南山、袁宝印、胡广韬、强祖基、王兰生等教授、专家对我们的支持和帮助。特别感谢第十三届国际第四纪联合会主席、中国科学院院士刘东生教授和中国地质学会工程地质专业委员会原主任委员孙广忠教授为本书作序。袁宝印研究员审阅了部分书稿并提出许多宝贵意见,孙进忠教授翻译了英文简介。张骏同志于1983年5月、赵文强同志于1995年4月分别参加了野外调查工作。本书引用了一些黄土地貌和新构造运动专家的论文资料,封洛毓同志排版并协助版面设计,在此一并致谢。

编 者

1995.12.23

目 录

序一

序二

前 言

第一章 黄土构造节理的发现与研究意义	1
第一节 黄土概况	1
第二节 中国黄土研究史略	9
第三节 黄土构造节理的发现	12
第四节 黄土构造节理的研究意义	13
第二章 黄土构造节理的识别	15
第一节 黄土中存在着各种类型的节理	15
第二节 黄土构造节理特征	18
第三章 黄土构造节理控制黄土喀斯特发育	24
第一节 黄土的潜蚀和黄土喀斯特类型	24
第二节 构造节理是黄土喀斯特的构造基础	26
第三节 黄土洞穴和洞穴侵蚀	34
第四节 影响黄土喀斯特的形成因素	40
第五节 黄土喀斯特地貌演化过程	44
第六节 黄土喀斯特地貌危害与防治	45
第四章 黄土构造节理是应力侵蚀和沟谷侵蚀的构造基础	49
第一节 侵蚀分类与水土流失影响因素	49
第二节 黄土构造节理与应力侵蚀	56
第三节 沟谷侵蚀与应力侵蚀	62
第五章 黄土构造节理是影响水土流失和风蚀的重要因素	76
第一节 黄土水土流失现状	76
第二节 应力侵蚀与黄土水土流失	79
第三节 构造节理控制水土流失和风蚀的实例	80
第四节 影响水土流失的因素	86
第五节 黄土水土流失的危害	88
第六章 黄土构造节理是地壳应力释放的渠道	91
第一节 黄土构造节理是区域地裂缝的构造基础	91
第二节 地壳应力释放使土层构造节理开启	96
第三节 土层节理转化为地裂缝的诱发因素	100
第四节 构造节理扩展型地裂缝成灾分析	102

第七章 黄土构造节理系反演新构造应力场	105
第一节 黄土构造节理系与对应沟槽系反演新构造应力场	105
第二节 土层构造节理系与对应沟槽系反演新构造应力场	113
第三节 土层地裂缝反演近代构造应力场	125
第八章 黄土构造节理促进黄土重力侵蚀	130
第一节 重力侵蚀的类型和特征	130
第二节 重力侵蚀的成因与影响因素	134
第三节 构造节理对土体稳定性的影响	138
第四节 黄土构造节理与区域性重力侵蚀	141
第五节 重力侵蚀的危害与防治	147
第九章 黄土构造节理与黄土区工程建筑稳定性	148
第一节 构造节理影响黄土窑洞稳定性	148
第二节 构造节理影响黄土隧道稳定性	161
第三节 构造节理对黄土区水工建筑稳定性的影响	166
第四节 构造节理影响黄土公路路基稳定性	172
第五节 黄土区工程建筑的病害防治与处理	176
第十章 黄土构造节理是黄土地下水运移的通道	184
第一节 黄土地下水的补给与构造节理导水	184
第二节 黄土地下水的运移和排泄	189
第三节 黄土含水层特征	196
第四节 黄土地下水的赋存规律和旱源找水	199
参考文献	203
英文序言	207
英文简介	209
图版 I—X	225

CONTENTS

Preface one

Preface two

Foreword

Chapter 1 The find of tectonic joints in loess and its study significance ...	1
1.1 General conditions of loess	1
1.2 Brief history of the study on the loess in China	9
1.3 The find of tectonic joints in loess	12
1.4 Study significanc of tectonic joints in loess	13
Chapter 2 Recognition of tectonic joints in loess	15
2.1 Types of joints in loess	15
2.2 Features of tectonic joints in loess	18
Chapter 3 Loess karst controlled by tectonic joints in loess	24
3.1 Loess suffosion and the types of loess karst	24
3.2 Tectonic basis for loess karst—tectonic joints	26
3.3 Holes in loess and hole erosion	34
3.4 Factors affecting the formation of loess karst	40
3.5 Evolution of loess karst landform	44
3.6 Hazard of loess karst and its control	45
Chapter 4 Tectonic basis for stress erosion and gully erosion—tetonic joints in loess	49
4.1 Types of erosion and the factors controllng the loss of soil and water	49
4.2 Tectonic joints in loess and stress erosion	56
4.3 Gully erosion and stress erosion	62
Chapter 5 Important factor affecting loss of soil and wind erosion—tectonic joints in loess	76
5.1 Status quo of soil and water loss in loess	76
5.2 Stress erosion in loess and loss of soil	79
5.3 Examples of controlling loss of soil and wind erosion by tectonic joints in loess	80
5.4 Factors affecting loss of soil	86
5.5 Harm of soil and water loss	88
Chapter 6 Passage for the release of stress in the crust —tectonic joints in loess	91
6.1 Tectonic basis for regional ground fissures—tectonic joints in loess	91

6.2	Opening of joints in soil layers caused by the release of stress in the crust...	96
6.3	Factors inducing the transformation from joints in soil layers to ground fissures	100
6.4	Analysis of hazarding by the ground fissures with the type of tectonic joint expansion	102
Chapter 7 Inversion of neotectonic stress field with tectonic joint system in loess		
7.1	Inversion of tectonic stress field with tectonic joint system and gully system in loess	105
7.2	Inversion of neotectonic stress field with tectonic joint system and gully system in soil layers	113
7.3	Inversion of modern tectonic stress field with ground fissures in soil layers	125
Chapter 8 Gravity erosion in loess promoted by tectonic joints in loess...		
8.1	Types and features of gravity erosion	130
8.2	Causes and affecting factors of gravity erosion	134
8.3	Effect of tectonic joints on the stability of soil mass	138
8.4	Tectonic joints in loess and regional gravity erosion	141
8.5	Harm of gravity erosion and its control	147
Chapter 9 Tectonic joints in loess and the stability of engineering construction in loess area		
9.1	Effect of tectonic joints on the stability of cave dwellings in loess	148
9.2	Effect of tectonic joints on the stability of tunnels in loess	161
9.3	Effect of tectonic joints on the stability of water conservancy projects	166
9.4	Tectonic joints and the stability of road bases of loess	172
9.5	Controlling hazardous accidents of engineering construction in loess area...	176
Chapter 10 The passage for underground water in loess—tectonic joints in loess		
10.1	Recharge of underground water in loess and water-conducting by tectonic joints	184
10.2	Movement and discharge of underground water in loess	189
10.3	Features of aquifers in loess	196
10.4	Storage regularity of underground water in loess and water finding on arid yuan	199
References		203
Preface		207
Abstract in English		209
EXPLANATION OF PLATES I—X		225

第一章 黄土构造节理的发现与研究意义

第一节 黄 土 概 况

黄土是指在地质时代中的第四纪期间,以风力搬运的黄色粉土沉积地层。它是原生的,成厚层连续分布掩覆在低分水岭、山坡、丘陵,常与基岩不整合接触,地层构造上无层理,经常有古土壤层及钙质结核层,节理发育,常形成陡壁。

黄土状土是原生黄土地层再受风力以外的营力搬运,主要是洪积、坡积、冲积,又叫“次生黄土”。它常成带状或片状与星散状不连续分布,堆积在洪积扇前沿、低阶地与冲积平原上,此种地层常有层理,成分复杂含有砾石等,很少夹古土壤,柱状节理不发育,不易形成陡壁。

一、黄土的分布

(一)黄土的平面分布

世界上的黄土主要分布在北半球的中纬度干旱及半干旱地带。南半球除南美洲和新西兰外,其他地区很少有黄土分布(图 1-1)。

亚洲黄土分布最广,最北界达北纬 74°(大里亚赫夫斯基岛),最南抵北纬 32°(南京附近)。欧洲黄土分布最北界为北纬 62°,南界在北纬 40°左右。而且,由前苏联欧洲部分开始,向西逐次变窄。西欧只在法国中部和北部、德国中部和北部有黄土分布,莱茵河流域较为发育。东欧在匈牙利、罗马尼亚和捷克都有零星黄土分布。在北美,黄土主要分布在北纬 40°附近古代冰川前缘地带。在南半球,黄土主要分布在南纬 40°附近阿根廷巴姆巴斯草原地区。

黄土分布的特点是:

1)黄土是不连续的带状、东西延伸,连绵于南北两半球的中纬度地带。

2)欧洲、北美和西伯利亚的黄土都分布于第四纪大陆冰盖的外围。而中亚、中国和南美的黄土分布在沙漠的外围,说明他们的形成与大陆冰盖和沙漠上的高压中心所产生的反气旋风有关。

3)黄土主要分布在中纬度气候温暖地带,该区以干旱、半干旱和温暖少雨有强烈季节变化为特点,而高纬、低纬地区少见黄土。这是因为高纬地区是黄土物质的吹扬区;中纬地带气温温暖,草原发育,雨量不大,冲刷不强,便于黄土之沉积与保存;低纬地区距风源已远,黄土风尘来源不多,加之雨量充沛,冲刷强烈,红土化作用盛行,不利于黄土之保存。

据 V. 台劳估计,欧洲黄土覆盖面积占 7 %、北美 5 %、南美 10 %、亚洲 3 %,全球 4 %。K. 凯哈克估计,大陆面积 9.3 %为黄土所覆盖。

我国黄土覆盖面积,不同的研究者所估计的数字出入很大,如李希霍芬估计为 630 000 km²。协水铁五郎估计为 1 324 000 km²。安特生估计为 1 295 000 km²。葛德石(G. B. Cressey)估计为 308 443 km²。翁文灏估计为 209 800 km²。郑洪汉最新比较精确的估计我国

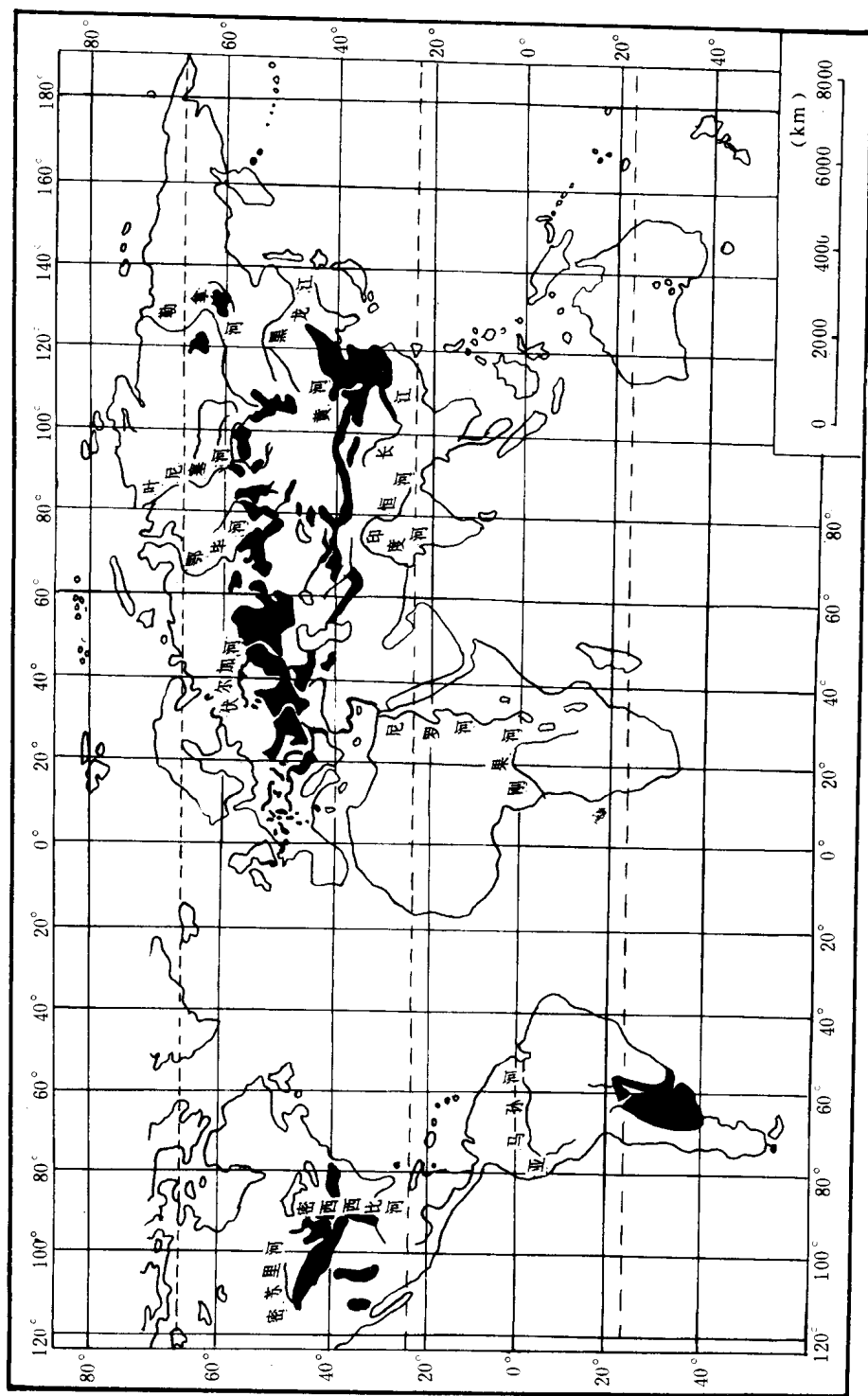


图 1-1 地球上黄土和黄土状土分布 (据 Г. А. 马弗梁诺夫略加修改)

黄土覆盖面积为 $440\,680\text{ km}^2$ ，黄土状岩石面积为 $191\,840\text{ km}^2$ ，二者总和为 $632\,520\text{ km}^2$ 。黄土占我国陆地面积的 4.4% ，黄土状岩石占 1.9% 。在黄河中游地区，黄土总面积达 $275\,600\text{ km}^2$ ，占该区总面积的 40% 以上。

各家估计数字相差悬殊的原因。一是所依据的实际材料不同，可靠程度各异。另一方面是对黄土和黄土状岩石认识不同所致。

我国黄土分布的特点是：

1) 中国的黄土和黄土状土主要分布在昆仑山、秦岭、泰山、鲁山联线以北的干旱和半旱地区。原生黄土以黄河中游发育最好，主要是山西、陕西、甘肃东南部和河南西部(图 1-2)。此外，在河北西部、青海东部、松辽平原、新疆地区、四川平原、川贵高原、三峡和南京等地也有另星分布。

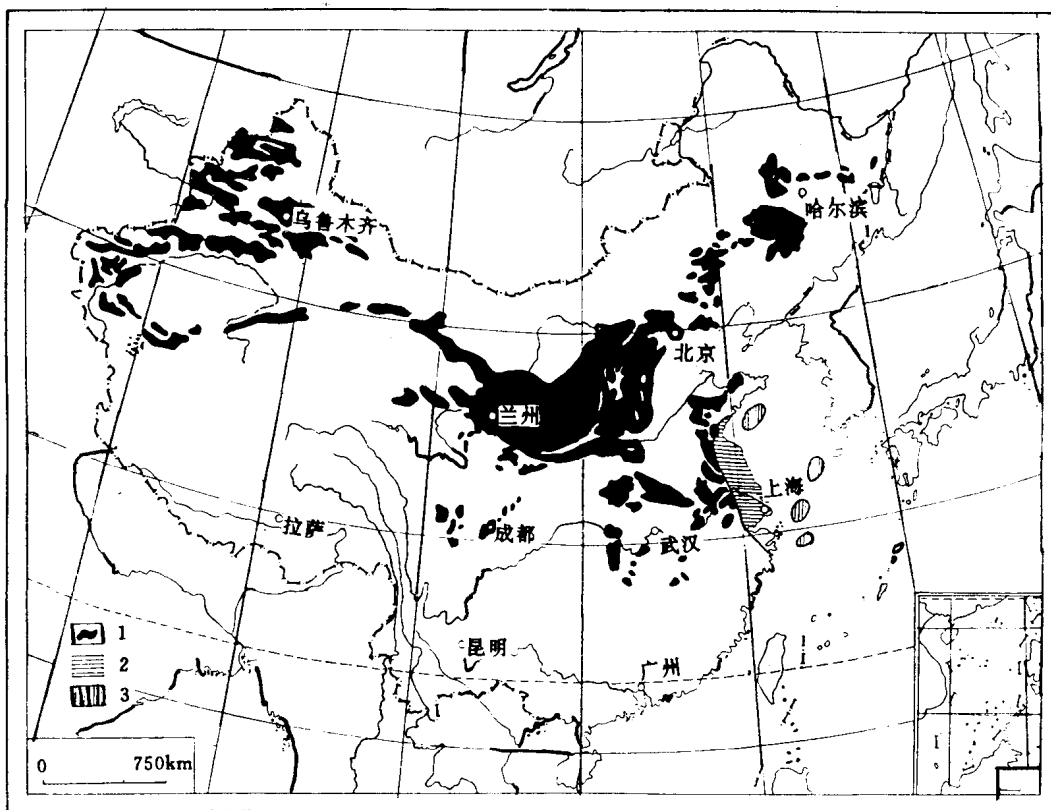


图 1-2 中国黄土分布图(据刘东生 1985 和郑祥民等 1993 年资料绘编)

图例: 1—陆上黄土; 2—陆上埋藏黄土; 3—海下埋藏黄土

2) 我国黄土的弧形分布除受山脉地形控制外，与我国气候的带状分布有关。黄土分布范围大致在最低月温度 0°C 线以北及年平均降雨量 $300\sim 700\text{ mm}$ 线之间，降雨量均小于蒸发量，即主要分布在温带地区。

3) 戈壁、沙漠和黄土从北向南顺次成带排列。

(二) 黄土的高度分布

黄土分布的高度变化很大。在前苏联近高加索地区黄土最低达海平面以下 5 m 处,在咸海附近海平面以下的低地中也有黄土分布。我国吐鲁番盆地中,在海平面 100 m 以下也有黄土分布。黄土分布的高限随地形和气候不同相差很大,最高可达 4 500 m (帕米尔)。国内外各地黄土分布的高限见表 1-1。据柴宗新 (1979) 报道,川西高原黄土的分布可达 4 200 ~ 4 300 m 的山脊上、冰斗或冰蚀洼地中。如哑口山海拔 4 200 m 的冰蚀洼地内有厚达 10 m 的黄土。王嘉荫认为华山 2 000 m 高度处的冰斗中有黄土分布^[1]。

表 1-1 黄土分布高限表

地 区	海拔(m)	资料来源	时间(年)
吕梁山北坡	2 000	刘东生等 ^[2]	1961
六盘山西坡	2 400	王永焱 ^[3]	1981
六盘山东坡	1 800	王永焱 ^[3]	1981
华家岭	2500±	王永焱	1960
天山北坡	2 000±	王永焱	1958
华山	2 000±	王嘉荫	1960
川西 哑口山	4 200	柴宗新	1979
喀尔巴阡山北坡	400~500	И. П 索科洛夫斯基	1955
北高加索	1 300~1 500	И. 莫什维尼拉也捷	1950
帕米尔(塔吉克斯坦)	4 500	И. И 特罗费莫夫	1953
后伊犁山	2 000	М. Н. 罗蒙诺维奇	1953
东南哈萨克斯坦	2 000~2 400	В. Г 捷列宾斯基	1953
西北天山	2 000~2 300	И. И 克利盖尔等	1953
吉尔吉斯山	2 000	И. И 克利盖尔等	1951
塔里木盆地	4 020	刘东生等	1965

据王永焱,1964《黄土学》讲义,略作增补。

仅仅指出黄土分布的绝对高度还不足以说明黄土分布的特征,而在一个小区内黄土分布高度的相对高差则更能说明问题。例如华山上的黄土与华山下的渭河平原相差 1 500 m 以上。又如塔里木盆地的阿克塞克塔耳,黄土分布达海拔 4 020 m,但在相距约 60 km 的克里杨,却较其低 1 920 m,即在海拔 2 100~2 400 m 的高度上,而黄土状土的分布高差则变化很小。

在新疆和黄河中游地区都发现黄土分布的高度与风向有关。在向风坡由于山体的阻拦而黄土上升到较高的位置。例如六盘山北段北坡黄土分布高度为 2 070 m,南坡为 1 500 m。在吕梁山北部西坡为 2 000 m,东坡 1 800 m。

(三)黄土类土的分类

我国黄土类土从早更新世(Q_1)开始堆积,历经了整个第四纪,直至目前还在堆积。按沉积时代及其基本特征,黄土类土可分为三大类^[4]。

第一类为老黄土。包括午城黄土(Q_1)和离石黄土(Q_2)。一般没有湿陷性,土的承载力较高,多在 40 T/m² 以上。午城黄土主要分布在陕甘高原,覆盖在第三纪红土层或基岩上。离

石黄土分布较广,厚度也大,形成了黄土高原的主体,主要分布在甘肃、陕西、山西及河南西部等地。

第二类为新黄土。包括马兰黄土(Q_3)和全新世黄土状土(Q_4),广泛叠覆在老黄土之上。在北方各地分布很广,与工程建设关系密切,一般都具有湿陷性,土的承载力一般为 $15\sim 25\text{ T/m}^2$ 。一般湿陷性黄土大都指这类黄土,厚度很少超过 30 m 。其中以马兰黄土分布最广,构成湿陷性黄土的主体。

第三类为新近堆积黄土。分布在局部山前山脚、洪积扇表层及河流泛滥区,是全新世晚期沉积,厚仅数米,但土质松散,压缩性高,湿陷性不一有时很强,土的承载力较低,一般小于 15 T/m^2 。过去对这类土研究不够,最近才把它划分出来。各类黄土的主要特征,如表 1-2。

表 1-2 黄土主要地质特征(据罗文豹资料^[5]修改)

时代	地层	命名	颜色	结构	钙质结核 (姜石)	古土壤	湿陷性	开挖情况	各地俗名对照 (参考)	
全新世 (Q_4)	现代黄土		灰黄 浅褐 黑灰	多虫孔,最大直径 0.5~2 cm,孔壁有 虫屎,有植物根,结 构松软,蜂窝状,构 造节理不发育	无姜石,偶 有坡积姜石	无	强烈	铁钎挖容易, 属Ⅰ级土	淤泥土、卧 土、面砂 土、白山 土、五花土	
上更新世 (Q_3)	新黄土	马兰黄土	浅黄 灰黄 黄褐	土质软,均匀,大孔 发育,具原生节理, 有构造节理,稍密至 中密,有溶洞土柱等	无	偶有埋藏土	强烈 一般	铁镐开挖 不困难, 属Ⅰ级土	白土、立 土、鸡粪 土,白子土	
中更新世 (Q_2)	中更新世上部 (Q_2^1)	老黄土	离石黄土上部	深黄 褐黄	大孔退化,仅有少量 大孔,较紧密,构造 节理发育	姜石小而 少,零星分 布,在古土 壤下有薄 层分布	在古土壤4 ~5层,间 距3~5m	轻微 无	铁镐开挖费 劲,Ⅰ级土	黄土、立 土、油光土
	中更新世下部 (Q_2^2)		离石黄土下部	深棕 微红	少孔或无孔,土质紧 密,构造节理发育好	姜石大而 多,粒径10 ~20cm,在 古土壤下 成层分布	可有十余 层,顶部有 时连续分 布,呈深红 色	无	镐开挖费劲, 属Ⅱ级土	黄土、红子 土、料姜土
下更新世 (Q_1)	古黄土	午城黄土	微红 深棕 棕红	不具大孔,土质紧密 至坚硬,构造节理发 育,不见层理	多呈钙质 胶结层分 布	古土壤层 密集,但界 限不清晰, 呈棕红色	无	镐开挖很 困难,属Ⅲ 级土	红土、红胶 土、红色黄 土(卧土?)	

二、黄土的一般特征

(一)黄土及黄土状土的定名

具有下列主要特征的土称为黄土。①颜色以黄色为主;②孔隙度大,具有大孔隙,垂直节理发育,无层理;③组成成分均一,含高量的粉土颗粒($0.05\sim 0.005\text{ mm}$),其中粗粉粒($0.05\sim 0.01\text{ mm}$)含量在 50% 以上,粘土颗粒($<0.001\text{ mm}$)含量在 10% 左右,而大于