



西北黄土区

第四纪土壤与环境

赵景波 著

陕西科学技术出版社

西北黄土区第四纪土壤与环境

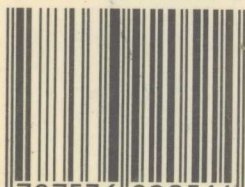
QUATERNARY SOILS AND ENVIRONMENT IN LOESS AREA OF NORTHWESTERN CHINA

Zhao Jingbo

This book mainly deals with the Quaternary soil types, weathering crusts, environmental change, illuvial theory of CaCO_3 , erosion of loess in the loess area of China on the basis of chemical analysis, x-ray diffraction, sporo-pollen analysis and soil microtexture. The materials obtained shows that 3rd, 4th and 5th paleosol are Yellow-brown Earths developed in subtropical climate, 1st and 2nd paleosol are Burozems and drab soils respectively in Xi'an and Baoji area. Loess is determined being also the paleosols that are Chestnut Soils, Sierozems, Chernozems and Brown Soils developed under cold and arid climate. Paleosols from 1st to 5th layer had become into weathering crusts consisting of red paleosol, weathered broken loess layer and leached loess layer. The illuvial depth of CaCO_3 which is not affected by the time and is reliable to reconstructing climate, indicating soil types as well as weathering crusts. According to the theory on weathering and the distribution of weathering crusts, a new kind of siliceous weathering crust distributing in many countries has been determined. The secondary CaCO_3 in paleosols has been classified into illuvial CaCO_3 , contemporaneous remanent CaCO_3 , deutero-genic remanent CaCO_3 and evaporated CaCO_3 , and the relation between each kind of CaCO_3 and climate has been ascertained. The causes of water and soil erosion, eroding periods, climatic cycles, periods, and uncontinuing climatic change since 2.5 Ma have been suggested.

SHAANXI SCIENCE AND TECHNOLOGICAL
PRESS, XI'AN, CHINA, 1994

ISBN 7-5369-2051-2



9 787536 920514 >

ISBN 7-5369-2051-2/S. 223

定价: 15.00 元

国家自然科学基金和中国科学院黄土与第四纪国家重点实验室资助

西北黄土区第四纪土壤与环境

赵景波 著

陕西科学技术出版社

(陕)新登字第 002 号

西北黄土区第四纪土壤与环境

赵景波 著

陕西科学技术出版社出版发行

(西安北大街 131 号)

陕西省地矿局测绘印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本 11 印张 6 插页 25.5 万字

1994 年 6 月第 1 版 1994 年 6 月第 1 次印刷

印数:1—1,000

ISBN 7—5369—2051—2/S. 223

定 价:15.00 元

序

近年来的研究表明,我国黄土高原的黄土——古土壤系列详细记录了250万年以来生物、气候环境的演变和红褐色古土壤发育的历史,这一认识已为地学界所接受。土壤是地质大循环中某一时段内地圈、气圈和生物圈等生态因素相互作用下相对稳定的产物,也是这些环境因素演变的轨迹。因此,我们完全可以在黄土高原这个得天独厚的保存下来的齐全完整的土壤——古土壤地质剖面来探求第四纪以来气候变迁的全过程及其波动规律,同时也是研究这一时段以来全球气候变化不可缺少的一个环节。

尽管有人认为我国的黄土——古土壤地层所反映的气候变迁历史比深海连续沉积所反映的环境变化还要来得完满,但由于长期以来与黄土高原实际不相一致的一些地质学和土壤学方面的传统观念和学说的无形阻拦,致使目前的研究工作未能有效和顺利地展开,已有研究成果也就未能获得应有的重视和发挥应有的作用,同时其成果本身也未能独立自主地和直截了当地说明问题。

赵景波所著《西北黄土区第四纪土壤与环境》一书,非但对肯定“黄土”也是土壤进行了大量研究和系统性的对比工作,同时也论述了风化过程和成壤过程各自的实质。这些将对于以往有人认为只有温湿时期(间冰期或雨期)形成的“红层”才是土壤,而在冷干时期只有黄土沉积等观念是一个莫大的冲击和重要更正;同时对于新近提出的“黄土地区的土壤是黄尘沉积、成壤过程和成岩作用同时同地进行”的假说来说又是一个有力的佐证。只有这样的新观念、新认识才能引导今后有关黄土高原的形成,尤其黄土地区土壤和古土壤与当时以气候为主导的环境变迁更趋协调和符合实际。也只有这样才能使我们从研究土壤性征的变迁中获得可靠的生物气候变迁规律。现将其比较重要的方面,归纳于后。

作者通过土壤剖面的实地观察和室内的样品分析,创造性地提出了用于土壤和古土壤研究的 CaCO_3 淀积深度理论及淀积类型,并以此为依据来探求黄土地层中土壤类型、风化壳和土壤发育时期的气候条件,取得了多项重要突破,丰富和发展了第四纪地质学和土壤学的理论。同时首次确定了黄土地区亚热带型黄棕壤的存在和粘土型风化壳的存在,首次提出了硅质风化壳的存在。

作者从对土壤结构的观察和动植物化石等研究中,首次明确和阐述了黄土是冷干气候条件下发育的古土壤,提出了黄土性征也具有一定的地带性,就是大致相当于目前黑垆土、灰钙土、棕钙土等不同生物气候地带下所形成的土壤。这是对黄土本质认识的深化和飞跃,将对今后黄土时空变化的研究产生深远的影响。作者还根据黄土经受的成壤强弱不同,提出了新的黄土形成和演变模式。

根据 CaCO_3 的存在形式和分布差异及环境意义,并将其含量与成因联系在一起,认识到五种不同的 CaCO_3 与气候的关系,把它们之间的关系又大大向前推进了一大步。

该书对于古土壤各自形成发育时的气候性质,气候变化旋回与周期的论述也较深入。认

识到 80 万年以来关中地区曾出现过至少二次亚热带气候和不同时期气候阶段发育的不同土壤。

尽管作者对风化过程和生物成壤过程方面有所重视，但在讨论硅质风化壳和粘土型风化壳时没有提出生物对风化壳上层的富聚和反馈作用。如能注意到这一点，将能加深对风化壳形成的认识。

此外，作者从不同类型古土壤形成条件入手，又论述了第四纪与现代侵蚀强弱差异和土壤侵蚀的根本原因，提出了黄土高原的侵蚀期和治理的可能性，这对黄土高原的治理有重要实际意义。

总之，该书是具有特色、创新性很强的科技专著。其中一些新观念和新认识非但给老传统的高墙洞穿了一大缺口，同时对今后黄土和黄土高原的古土壤、风化壳和环境变迁等研究必将产生深远的影响。

中国科学院院士 朱显谟

1994 年 5 月 6 日

前 言

黄土高原是孕育中华民族古老文化的重要地区之一，也是我国现代工、农业建设的重要基地。该区现代生态环境严重恶化，给农、林、牧业的发展和人们生活带来了极为不利的影响，因此，该区现代生态环境和密切相关的第四纪环境的研究日益受到重视。黄土高原区的古土壤地层发育之好是全球罕见的，它完整、详细记录了第四纪土壤和环境的演变，吸引了国内外众多的知名学者在这一地区从事古环境的研究工作。

关于该区第四纪环境演变，前人已作了大量研究，取得了很多重要成果，出版了许多有价值的科学专著。象刘东生、王永焱和张宗祜等科学家在该区第四纪环境研究中都作出了突出的贡献，他们的成果为该区第四纪环境的深入研究打下了很好的基础。关于这一地区古土壤的类型及其所代表的生物、气候环境，朱显谟教授等在本世纪 60 年代就开始了研究，近年来也有部分学者开展了这方面的工作，从中提取了恢复古环境的重要信息，但这方面的研究仍显不足。

第四纪陆相沉积物发育，风积物分布广泛，这样的沉积物粒细、松散，又处在土壤化的环境中，非常有利于古土壤的形成，所以第四纪古土壤特别发育。如与其它地质时期相比，可以说第四纪是古土壤发育的时代。因此，第四纪古土壤的研究占有重要地位，也是今后第四纪研究的热点之一。古土壤的研究不仅对恢复古环境和古地理有重要意义，而且对丰富和发展土壤学理论以及风代壳形成理论等也有重要意义。随着第四纪研究的不断深入，古土壤的研究将会受到越来越普遍的重视，将会有更多的人认识到过去研究的沉积物实际上是古土壤，并将根据土壤学的理论和方法对它们进行更深层次的研究。

在 15 年来第四纪土壤与环境的研究中，作者深刻体会到，要想取得这方面研究的突破，就要建立新的土壤研究理论，要采用或创造新的研究方法，用新的观点和从不同角度进行研究。古土壤与现代土壤有许多不同的特性，应用传统的方法有时难以取得令人满意的结果。因此，本专著的首要任务是确立用于古土壤研究的新理论和新方法。本著第二章提出的古土壤 CaCO_3 淀积深度理论和土壤淀积层的类型就是我们应用的基本理论和重要方法。

在黄土高原地区，现今已确定的红褐色及棕红色古土壤有 40 层左右，它们发育在相对温暖湿润的条件下。第四纪气候的特点是温湿与冷干频繁交替，温湿时期有古土壤发育，冷干时期也必然会有相应的古土壤发育。目前人们尚未注意到冷干气候条件下发育的古土壤，而实际上它们的分布是广泛的。现代我国西北区冷干条件下发育的土壤为灰钙土、栗钙土和棕钙土等，在这些土壤的有机质分解后，呈现的都是灰黄色为主的土壤。事实上，不论是从黄土的形成作用分析还是从黄土的土壤特征分析，都可以确定黄土是冷干气候条件下发育的古土壤。为了全面研究第四纪古土壤和恢复第四纪环境变化，就要研究不同黄土层所属的土壤类型。因为土壤是环境因素之一，土壤与气候、生物的关系远比沉积物要密切的多，所以从土壤学的角度研究黄土要比从沉积物的角度研究黄土具有更重要的意义。认识到黄土是古土壤不仅增添了古土壤研究的内容，而且能大大加深我们对黄土形成过程或黄土化过程的了解。这一认识将为揭开黄土研究新的一页做出贡献。

因此，本专著既研究代表间冰期气候的红褐色古土壤，又研究代表冰期气候的灰黄色古土壤。

黄土的成因是一个有趣的问题，目前对这一问题已有基本一致的认识。一般认为，黄土是干旱气候条件下的风尘堆积物。本著中关于黄土土壤结构、黄土化过程中生物、钙化、淋滤和粘化等作用遗迹的研究不仅为黄土物质的风积来源提供了可靠依据，也充分证实了黄土不是直接堆积形成的，而是风尘堆积后经过成壤作用形成的。以往所说的黄土化过程实际就是一定气候条件下的成壤过程。根据不同地区黄土成壤特点的研究，本著提出了三种不同的黄土化过程。

古土壤与风化壳有密切的关系，土壤发育到一定阶段就会向风化壳转变。国内外对黄土中的红褐色古土壤都作了许多研究，但尚未见有黄土中发育风化壳的报道。第四纪除冷干和温湿气候外，还有冷湿气候出现，这就形成了与其它地质时期不同的风化作用和风化壳类型。本书对黄土中的风化壳和青藏高原等国内外冷湿地区的风化壳进行了探索和研究，确定了黄土中的风化壳和过去尚未被人们认识到的硅质风化壳新类型，丰富了风化壳形成理论，使我们对自然界风化壳类型和分布规律的认识向前迈进了一步。

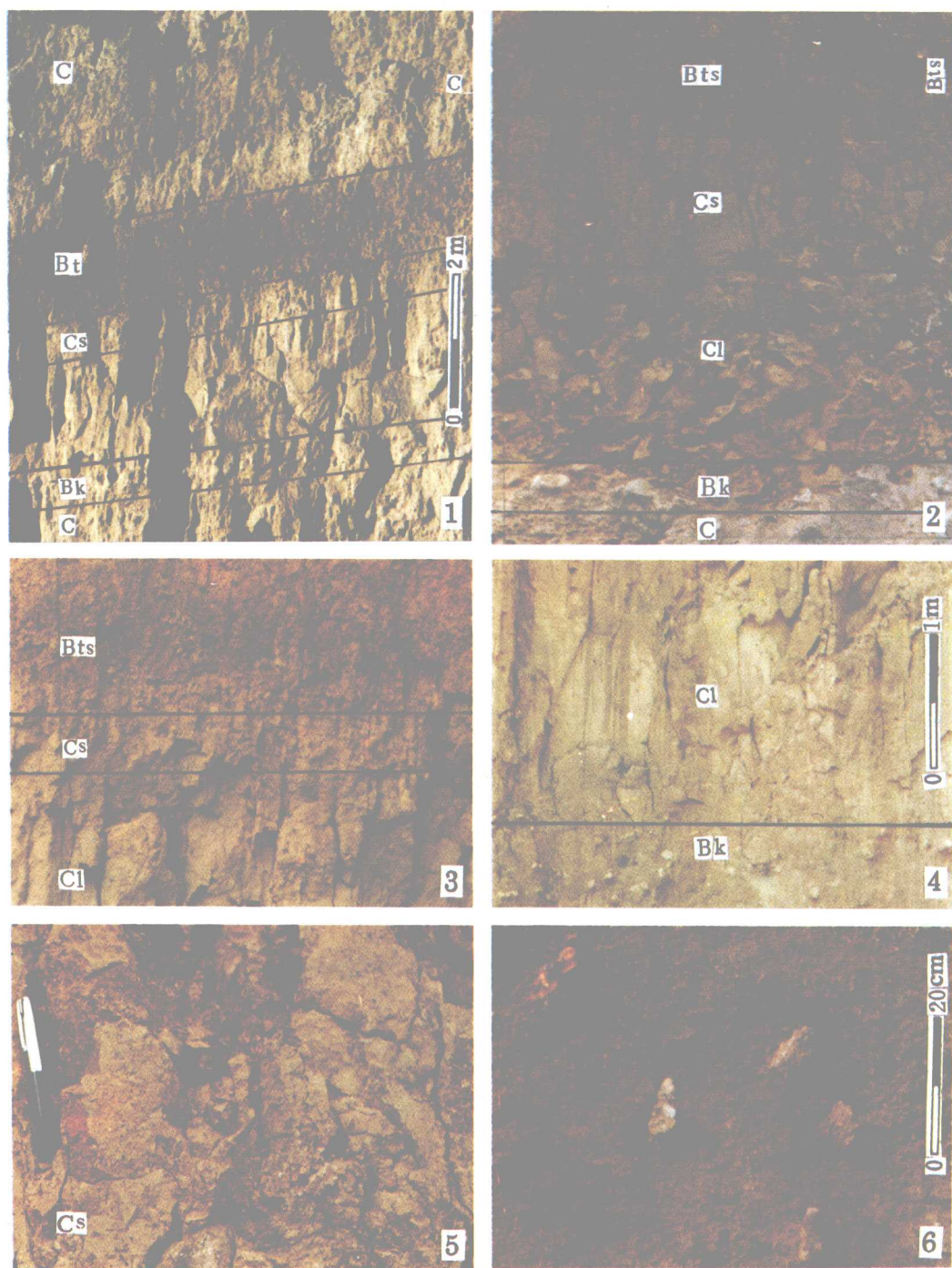
要预测黄土高原未来的环境变化，要弄清黄土高原现代侵蚀加剧的原因，就要研究第四纪环境的变化规律、黄土高原的侵蚀期以及第四纪各种不同气候环境下古土壤侵蚀强弱的变化。因此，第四纪气候变化的旋回、周期和古土壤的侵蚀也是本著研究的内容之一。

与本专著有关的研究成果得到孙建中和朱志诚两位教授的支持，书中插图由王永真同志清绘。作者在此表示真诚的谢意！

由于本著涉及到一些新的研究内容和观点，加之客观条件和作者水平所限，书中难免有不足之处，敬请读者批评指正。

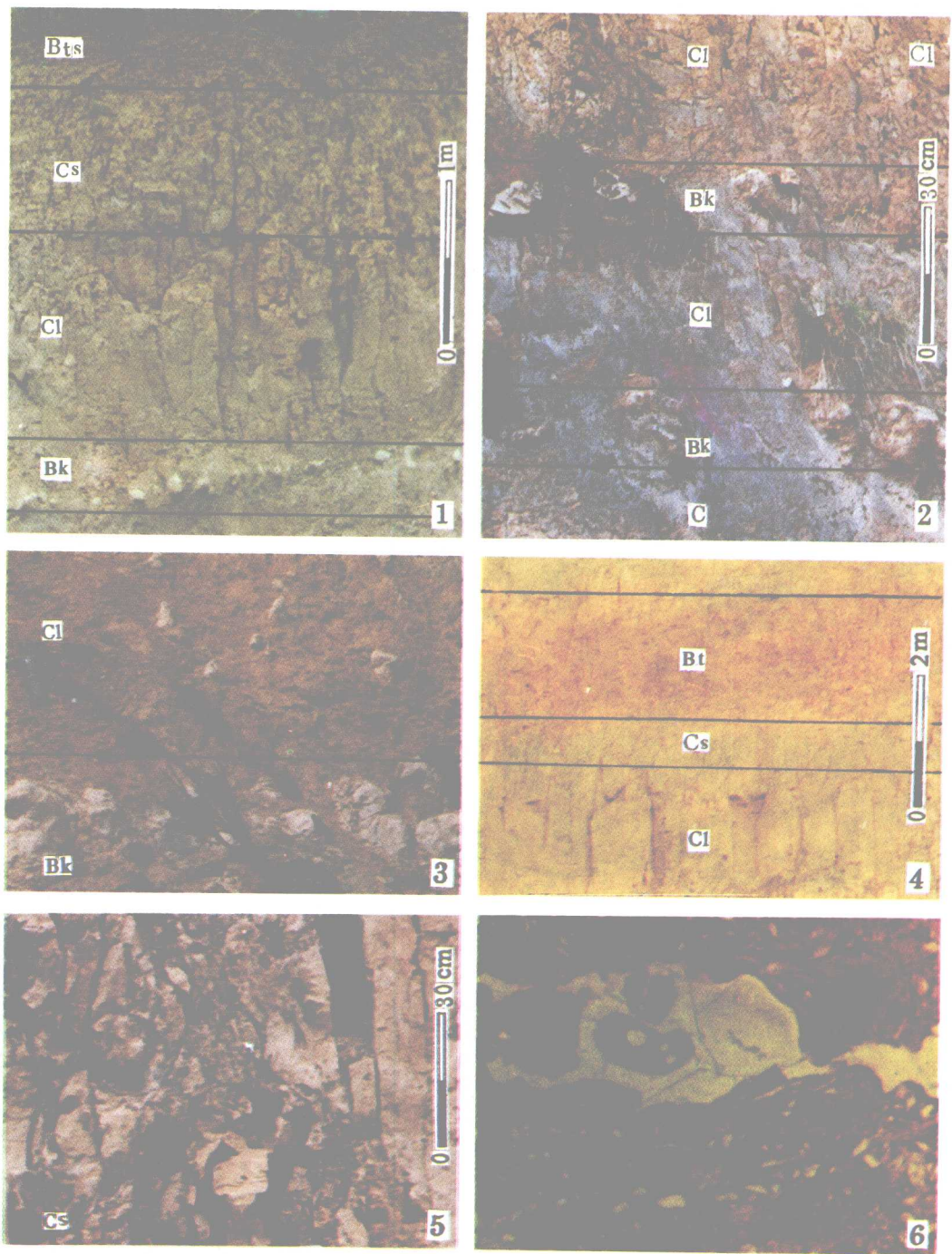
赵景波

1993年10月1日



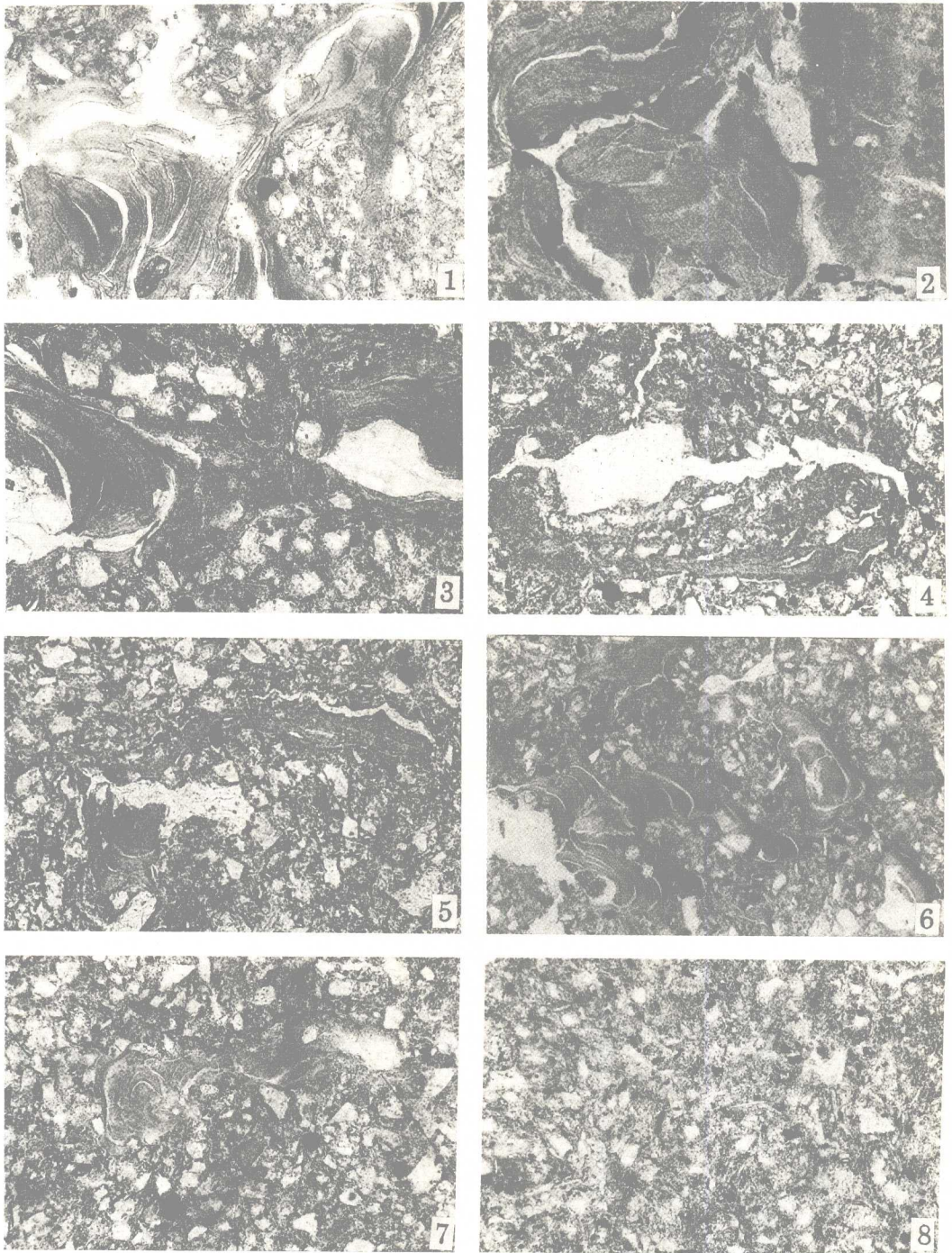
图版 I 关 中 平 原 黄 土 中 的 风 化 壳

1. 蓝田杨家湾第一层古土壤与风化破碎黄土构成的风化壳 2. 西安刘家坡第五层古土壤与风化破碎黄土构成的风化壳 3. 宝鸡陵塬第三层古土壤与风化壳 4. 蓝田薛家村第一层古土壤之下不连续淀积的结核层 5. 西安刘家坡第五层古土壤下部含铁质胶膜的风化破碎黄土 6. 西安刘家坡第三层古土壤粘化层中的后生直立 CaCO_3 结核: Bts. 黄棕壤 Bt. 粘化层 Cs. 含铁质胶膜的风化破碎黄土 Cl. 不含铁质胶膜的风化破碎黄土 Bk. CaCO_3 结核层, 均呈不连续淀积 C. 黄土母质



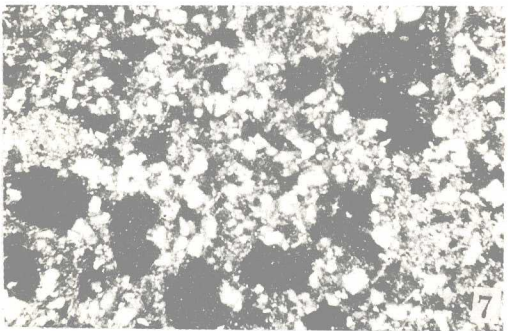
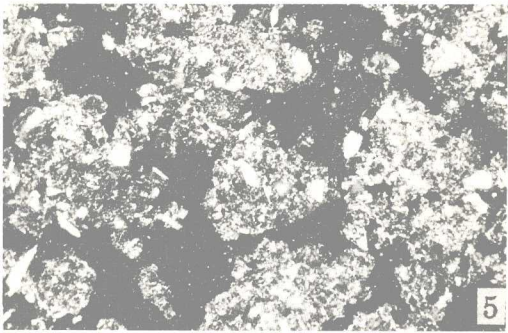
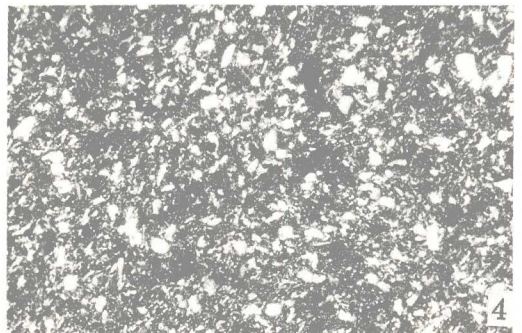
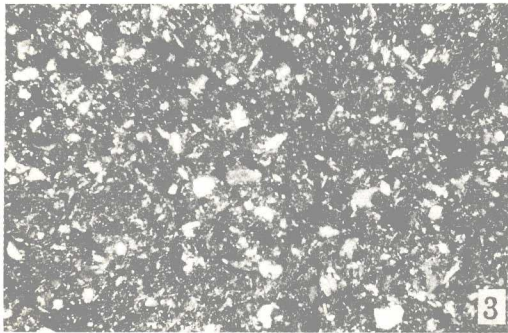
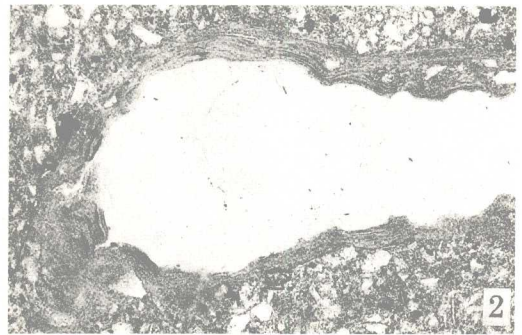
图版 I 黄土中的风化壳和 CaCO_3 淀积层

1. 蓝田田家坡第四层古土壤与风化破碎黄土构成的风化壳 2. 西安刘家坡第五层古土壤之下双层 CaCO_3 结核层 3. 西安刘家坡第四层古土壤之下的同生结核层(下部)和后生直立结核(上部)
 4. 宝鸡陵塬第一层古土壤与风化黄土构成的风化壳 5. 太白城北第一层古土壤之下的风化破碎黄土 6. 西安刘家坡第五层古土壤中的光性粘土 Bts. 黄棕壤 Bt. 粘化层 Cs. 含铁质胶膜的风化破碎黄土 Cl. 不含铁质胶膜的风化破碎黄土 Bk. CaCO_3 结核层, 均呈不连续淀积 C. 黄土母质



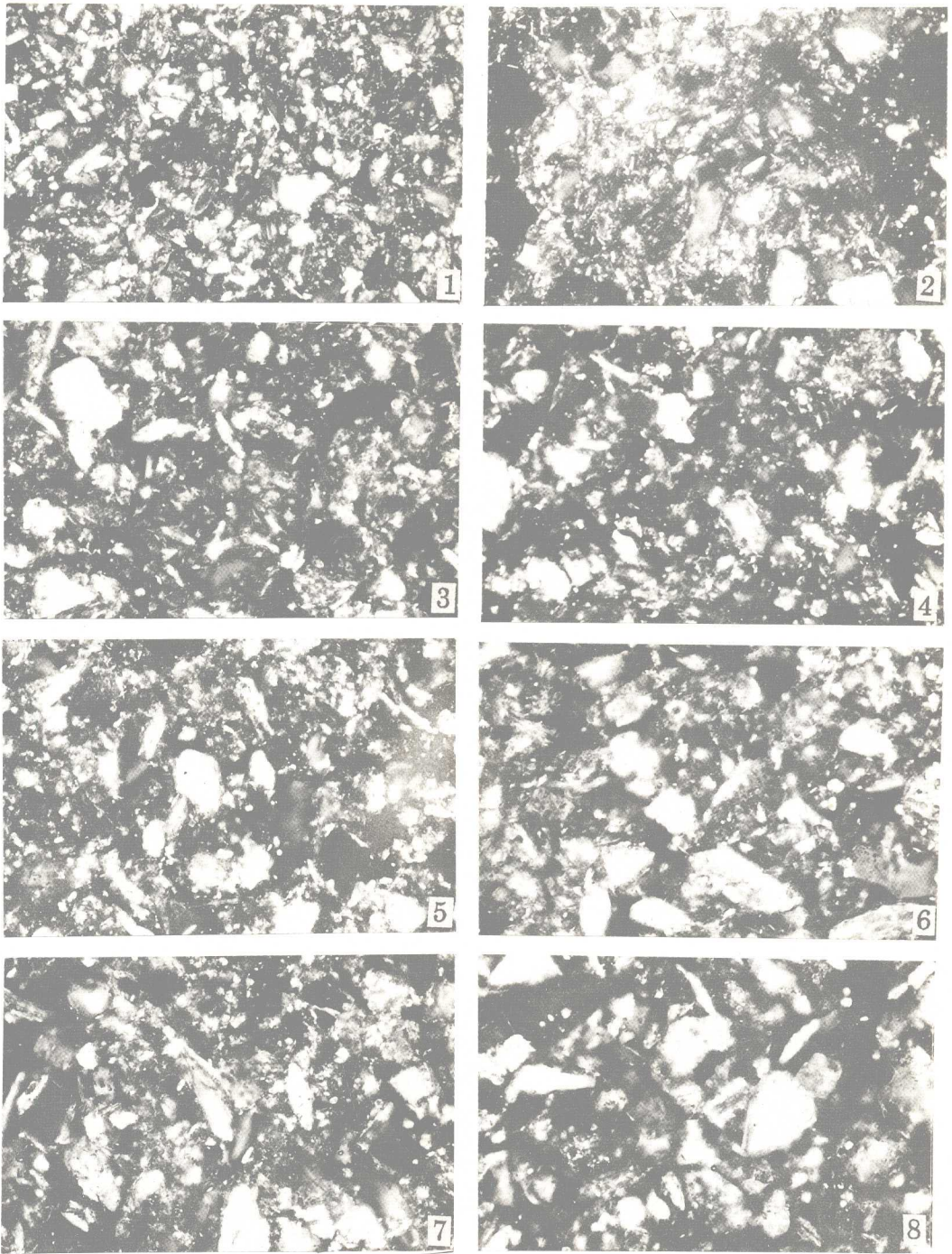
图版 III 森林型古土壤的常见结构

1. 第五层古土壤中的泉华状光性定向粘土 (X150) 2. 第五层古土壤中的块状光性定向粘土 (X120) 3. 第四层古土壤中的泉华状光性定向粘土 (X150) 4-5. 分别为第二和第三层古土壤中的流胶状光性定向粘土 (X150) 6. 强风化成壤的第三层黄土中的流胶状光性定向粘土 (X150) 7. 中等风化成壤的第四层黄土中的流胶状光性定向粘土 (X150) 8. 弱风化成壤的第六层黄土中的后生斑块光性定向粘土 (X150)。所有照片的样品采自西安刘家坡剖面, 均在单偏光镜下拍摄



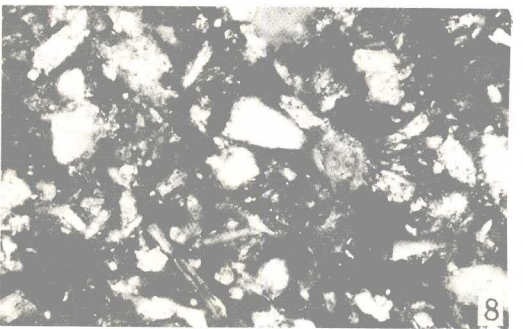
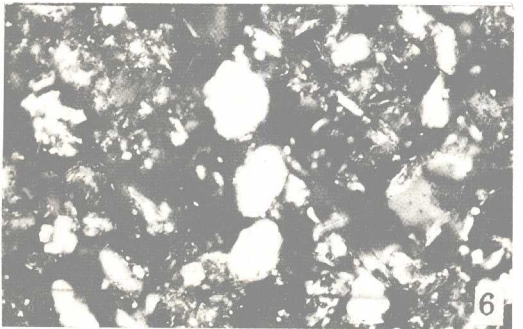
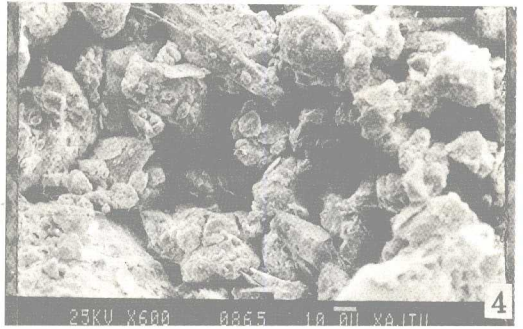
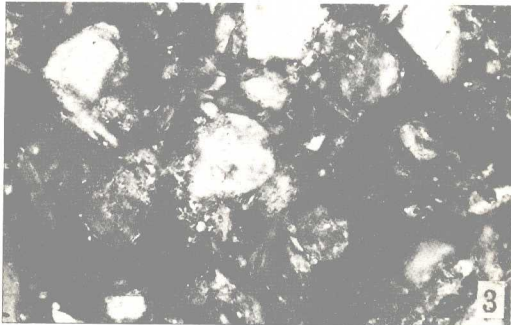
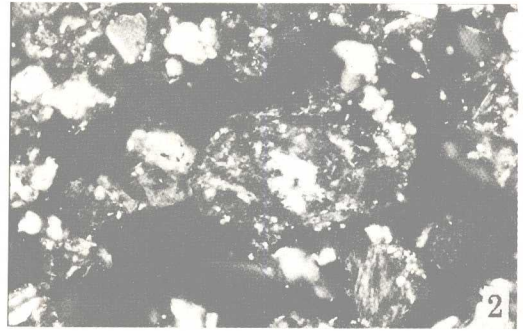
图版Ⅳ 森林草原型古土壤的常见结构

1. 西安刘家坡第五层黄土中的基底式胶结微结构 (X150) 2. 兰州焦家湾棕红色古土壤中的纤维状光性定向粘土, 孔隙胶结 (X150) 3. 天水丰山村全新世黄土中的基底式胶结微结构 (X28) 4. 正宁县城西马兰黄土底部的基底-孔隙胶结微结构 (X28) 5. 镇原县城东北第一层古土壤中的集粒支架孔隙结构 (X84) 6. 正宁县城西马兰黄土顶部的集粒接触胶结微结构 (扫描电镜) 7. 临洮辛甸马兰黄土中的生物孔洞 (X25) 8. 天水丰山村马兰黄土中的集粒、团块孔隙结构 (X28)



图版 V 森林草原和草原型古土壤的常见结构

1. 环县马兰黄土中的粒状孔隙-接触胶结微结构 (X128) 2. 镇原城东北第一层古土壤中的基底-孔隙胶结微结构 (X153) 3. 静宁徐家坡马兰黄土中的粒状孔隙胶结微结构 (X128) 4. 天水马兰黄土中的粒状孔隙-接触胶结微结构 (X128) 5. 天水霍家坪马兰黄土中的粒状接触-孔隙胶结微结构 (X100) 6. 临夏马兰黄土中的粒状接触-孔隙胶结微结构 (X128) 7. 兰州晏家坪马兰黄土中的粒状接触-孔隙胶结微结构 (X128) 8. 环县山城马兰黄土中的粒状接触胶结微结构 (X128)



图版 VI 草原型古土壤的常见结构

1—2. 定西县城马兰黄土中的集粒、单粒支架孔隙、接触胶结微结构 (X100) 3. 永靖盐集乡马兰黄土中的粒状支架孔隙、接触胶结微结构 (X128) 4. 静宁徐家坡马兰黄土中的粒状支架孔隙、接触胶结微结构 (扫描电镜) 5. 临夏马兰黄土中的粒状孔隙-接触胶结微结构 (X100) 6. 陇西文峰镇马兰黄土中的粒状接触-孔隙胶结微结构 (X100) 7. 静宁徐家坡马兰黄土中的粒状孔隙-接触胶结微结构 (X128) 8. 兰州晏家坪马兰黄土中的粒状支架孔隙、接触胶结微结构 (X100)

目 录

第一章 黄土中古土壤发育概况	(1)
第一节 黄土高原东南部的古土壤	(1)
第二节 黄土高原中部和西北部的古土壤	(5)
第三节 古土壤与地层和地貌的划分	(10)
第二章 淀积深度理论和淀积类型	(14)
第一节 淀积深度理论	(14)
第二节 淀积类型	(19)
第三章 黄土中的森林土壤	(28)
第一节 黄土中的黄棕壤	(28)
第二节 黄土中的棕色森林土	(48)
第三节 黄土中的褐色土	(63)
第四章 黄土地层中的草原土壤和森林草原土壤	(70)
第一节 黄土层中的古土壤标志和发育因素	(70)
第二节 黄土化作用	(79)
第三节 黄土的土壤类型	(82)
第五章 古土壤中的 CaCO_3 与环境	(91)
第一节 古土壤中的 CaCO_3 含量	(91)
第二节 古土壤中的 CaCO_3 分类与气候	(97)
第三节 古土壤中的 CaCO_3 存在形式和淀积深度	(101)
第六章 古土壤与风化壳	(109)
第一节 风化产物的剖面分布	(109)
第二节 硅质风化壳	(112)
第三节 风化壳的形成条件和分布	(118)
第四节 黄土中的风化壳	(120)
第七章 黄土中的古土壤与气候变化	(131)
第一节 古土壤与气候变化的旋回和周期	(131)
第二节 气候旋回的对比	(137)
第八章 古土壤物质的堆积与侵蚀	(141)
第一节 古土壤物质的堆积	(141)
第二节 古土壤侵蚀阶段的划分	(151)
第三节 黄土侵蚀原因与治理	(153)
参考文献	(161)

CONTENTS

Chapter 1	General developmental characteristics of paleosols in loess	(1)
1.1	Paleosols in southeast Loess Plateau	(1)
1.2	Paleosols in middle and northwestern Loess Plateau	(5)
1.3	Stratigraphical and geomorphic division from paleosols	(10)
Chapter 2	Theory on illuvial depth and illuvial types	(14)
1.1	Theory on illuvial depth	(14)
1.2	Illuvial types	(19)
Chapter 3	Forest soils in loess	(28)
1.1	Yellow-brown Earths in loess	(28)
1.2	Burozems in loess	(48)
1.3	Drab soils in loess	(63)
Chapter 4	Prairie soils and forest-prairie soils in loess	(70)
1.1	Soil marks and developmental factors of loess as paleosols	(70)
1.2	Process forming loess	(79)
1.3	Soil types of loess	(82)
Chapter 5	CaCO₃ in paleosols and environment	(91)
1.1	Content of CaCO ₃ in paleosols	(91)
1.2	Classification of CaCO ₃ in paleosols and climate	(97)
1.3	Existing form and illuvating depth of CaCO ₃ in paleosols	(101)
Chapter 6	Paleosols and weathering crusts	(109)
1.1	Distribution of weathering products in profile	(109)
1.2	Siliceous weathering crusts	(112)
1.3	Forming conditions and distributive areas of weathering crusts	(118)
1.4	Weathering crusts in loess	(120)
Chapter 7	Paleosols in loess and climate change	(131)
1.1	Paleosols and cycles, periods of climate change	(131)
1.2	Correlation of climatic cycles	(137)
Chapter 8	Accumulation and erosion for substance of paleosols	(141)
1.1	Accumulation for substance of paleosols	(141)
1.2	Division of erosion stages of paleosols	(151)
1.3	Erosion causes and administration of loess	(153)
References		(161)