

土地资源利用讲义

序 言

中国开发计划署签定的“西北黄土高原土地资源利用”项目文
于十三至四月十二日，联合国粮农组织在西安举办了“黄土高原土地
班”。来华讲学的专家有阿伦博士Dr. P. L. ARENS，荷兰人，土壤和
作物专家；耐尔先生，Mr. M. F. PURNELL，英国人，土地利用与管理专家；
兹切克博士Dr. H. TSCHINKEL H，美国人，林业与流域管理专家；范·费尔图依
森先生Mr. H. T. VAN VELTHUSEN水土保持和农业气象专家。培训班学员来自陕、
甘、宁、晋、豫等省自治区的科研、教学和技术管理部门的助理研究员，讲师和工程师
等四十名中级技术人员参加。主要内容包括：世界黄土与分类；土壤侵蚀与水土保持；土地
评价与规划；流域治理与管理；土壤资源评价与改良；灌溉农业与合理用水；农业气候
资源与利用等，比较系统地介绍了世界各国在干旱半干旱地区的水利、水保、农、林、
牧综合治理和防止水土流失的先进技术手段与科学管理方法。为了掌握世界各国在土
地资源利用和水土保持方面的理论、技术和方法，根据有关部门建议和学员要求，
将讲授内容重新组织编写成册。在编写过程中我们翻译了有关原文与参考
资料，补充丰富了讲义内容。这本讲义可供农业、水利、水保、农
林院校、科研教学等单

本讲义所涉及的专业学，相当广泛，由于我们水平有限，时间仓促，在编译工作上
存在错误与缺点，敬希专家和读者指正。

《黄土高原土地资源利用》培训班编译组

《黄土高原土地资源利用》培训班教材讲义编译组人名单

主任编辑 朱象三*

编委 (依姓氏笔划排列) 于雪萍* 王修齐☆ 亢树森* 李鸿恩*
郑振源⊕ 姚振镛* 张峰才* 黄自立* 梅福生* 魏学义*

注 • 陕西省农林科学院 * 中国科学院西北水土保持研究所 * 西北水利科学
研究所 * 西北农学院 ⊕ 农业部土地利用局 ☆ 陕西省林业科学研究所

目 录

第一篇 黄土	
第一节: 黄土名称和一般概念	
第二节: 世界黄土的分布情况	
第三节: 黄土的起源和形成	(3)
第四节: 黄土的物质组成	(7)
第五节: 世界主要黄土的土壤分类	(11)
第六节: 美国黄土地区土壤管理的特点和问题	(16)
第七节: 中国黄土地区农业生产上存在的主要问题及解决途径	(18)
第二篇 土地评价与土地规划	(20)
第一章 土地评价	(20)
第一节: 土地合理利用的主要内容	(20)
第二节: 美国土地分类体系	(21)
第三节: 评价的目标和原则	(22)
第四节: 土地适宜性分类	(24)
第五节: 土地评价的程序	(25)
第六节: 土地评价的成果和应用	(33)
第二章 土地利用规划	(34)
第一节: 基础资料	(34)
第二节: 规划的目的和方法	(35)
第三节: 规划的步骤	(35)
第四节: 规划的条件	(38)
第五节: 规划的协调	(38)
第六节: 规划地区的边界	(39)
第七节: 农业灾害的应急规划	(39)
第八节: 规划的机动性	(39)

第九节：结 论.....	(40)
✓ 第三章 土地利用规划的实习.....	(40)
第一节：制定生产大队土地利用规划的步骤.....	(40)
第二节：经济分析.....	(41)
第三节：编制发展规划简表.....	(43)
第四节：总体规划的制定.....	(34)
第三篇 土壤资源的利用.....	(47)
第一章 土壤资源调查.....	(47)
第一节：野外调查的目的与需要取得的资料.....	(47)
第二节：土壤调查的种类及比例尺的选择.....	(47)
第三节：县级调查与生产队级调查的区别.....	(48)
第四节：土壤调查所需的工具、设备.....	(49)
第五节：土壤调查的方法、步骤.....	(49)
第六节：土壤颜色的鉴定.....	(51)
第七节：土壤命名.....	(54)
第八节：土样的选取.....	(55)
第九节：土壤图绘制.....	(55)
第十节：编写报告.....	(56)
第二章 航片的应用.....	(61)
第一节：卫片与航片的特点.....	(61)
第二节：土壤调查的航片判读方法.....	(61)
第三节：航片的利用.....	(69)
第三章 土壤评价.....	(70)
第一节：原则和依据.....	(70)
第二节：旱作物的土壤条件.....	(72)
第三节：特种作物生产的土壤评价.....	(82)
第四节：灌溉的土壤条件.....	(86)
第四章 土地资源退化与土壤改良.....	(92)

第一节: 土壤资源退化.....	(92)
第二节: 土壤改良.....	(100)
第三节: 合理施用化肥.....	(113)
第五章 土壤分析与测试.....	(118)
第一节: 土壤肥力及其影响因子.....	(118)
第二节: 施肥方案及其影响因子.....	(119)
第三节: 土壤分析.....	(119)
第四节: 土壤测试.....	(122)
第五节: 植物分析.....	(122)
第六节: 土壤与植物分析与展望.....	(124)
第七节: 结 语.....	(127)
第八节: 生产队的土壤分析与测试项目.....	(127)
第四篇 农业气候资源利用.....	(130)
第一章 气象资料的调查收集.....	(130)
第一节: 对农业生产需要调查的气象参数.....	(130)
第二节: 气象参数对农业生产的作用.....	(131)
第二章 农业气候资源的实际应用.....	(132)
第一节: 作物的最高产量 (Y_m)	(132)
第二节: 最大蒸发蒸腾量 (ET_m)	(145)
第五篇 水资源利用.....	(171)
第一章 作物产量与水的关系.....	(171)
第一节: 水资源的调查.....	(172)
第二节: 实际蒸发蒸腾量 (ET_a)	(181)
第三节: 实际产量 (Y_a) 的计算.....	(192)
第四节: 产量反应系数 (K_y)	(195)
第二章 灌溉布设.....	(200)
第一节: 进行灌溉布设的要求.....	(200)
第二节: 充裕供水情况下的灌溉规设.....	(201)

第三节: 供水受限时的灌溉布局与计算方法.....	(208)
第四节: 灌溉实施中的一些其他措施.....	(216)
第三章 灌溉设施的选择 (二级因素)	(220)
第一节: 重要性.....	(220)
第二节: 进行灌溉设计应考虑的因素.....	(220)
第三节: 灌溉方式的选择.....	(224)
第四章 合理灌溉.....	(231)
第一节: 田间灌溉效率.....	(231)
第二节: 灌溉效率和灌水量的估计.....	(231)
第三节: 高效率灌水的指导原则.....	(234)
第五章 灌溉效率计算.....	(235)
第一节: 灌溉中常用的术语.....	(235)
第二节: 灌溉效率的计算公式.....	(237)
第三节: 灌溉效率的计算方法.....	(240)
第六篇 土壤侵蚀.....	(248)
第一章 土壤的水蚀与估算.....	(248)
第一节: 土壤水蚀的成因与严重性.....	(248)
第二节: 通用土壤流失方程式.....	(448)
第三节: R值(降雨因子)的计算.....	(250)
第四节: K值(土壤侵蚀性因子)的计算.....	(253)
第五节: L S(坡长和坡度因子)值计算.....	(254)
第六节: C因子(植被和土壤管理)计算.....	(255)
第七节: P(保持措施因子)值计算.....	(260)
第八节: 土壤的允许流失量.....	(263)
第九节: 通用方程式的应用.....	(264)
第二章 土壤风蚀与估算.....	(268)
第一节: 风蚀的形成.....	(268)
第二节: 风蚀的估算.....	(268)

第七篇 水土保持	(270)
第一章 沟壑的综合治理	(270)
第一节: 沟壑形成的原因.....	(270)
第二节: 沟壑形成的过程.....	(270)
第三节: 沟壑的综合治理措施.....	(271)
第二章 农田水土保持的生物措施	(273)
第一节: 植被在水土保持中的作用.....	(273)
第二节: 保土耕作方法.....	(275)
第三节: 森林与牧草对流域内水分的影响.....	(276)
第四节: 森地与牧草对一些特殊地段的固定作用.....	(280)
第五节: 种草植树是治理中、上游沟壑的重要性措施.....	(282)
第三章 黄土地区陡坡上的造林技术	(284)
第一节: 其他国家利用乔灌木种的经验.....	(284)
第二节: 营造用材林.....	(285)
第三节: 薪炭林生产.....	(285)
第四节: 饲料林生产.....	(287)
第五节: 木本粮油树种.....	(287)
第六节: 其他经济林木.....	(288)
第七节: 农林牧相结合的理论和实践.....	(288)
第四章 农田水土保持的工程措施	(290)
第一节: 工程措施的作用和依据.....	(290)
第二节: 工程措施的种类.....	(292)
第三节: 坡地上的农田水土保持工程措施.....	(298)
第五章 改替耕作 保持水土	(302)
第一节: 从土壤管理的角度看一些保水措施.....	(302)
第二节: 从土壤耕作的角度看一些保水措施.....	(303)
第三节: 保持土壤水分的植物管理措施.....	(305)

第八篇 流域管理与规划	(309)
第一章 流域的管理	(309)
第一节: 流域的含意和管理原则.....	(309)
第二节: 流域管理的主要任务.....	(309)
第三节: 美国田纳西河的流域管理.....	(310)
第二章 流域级土地评价	(312)
第一节: 土地评价的依据.....	(312)
第二节: 土地利用方式.....	(313)
第三节: 土地特性与土地质量.....	(314)
第四节: 将土地特性转换为土地质量.....	(315)
第五节: 将土地单元和土地用途的要求相配比作出土地适宜性分类.....	(319)
第六节: 经济评价.....	(321)
第七节: 环境影响核算.....	(322)
第三章 流域规划	(323)
第一节: 流域规划要解决的问题.....	(323)
第二节: 流域规划的资料调查.....	(324)
第三节: 实施规划的措施.....	(325)
第四节: 流域规划的改进.....	(326)
第四章 流域级土地综合利用规划	(327)
第一节: 规划的主要内容.....	(327)
第二节: 规划的原则.....	(328)
第三节: 规划的方法和步骤.....	(330)
第四节: 气象资料的调查.....	(333)
第五节: 植物资源的调查.....	(336)
第六节: 规划的制定.....	(338)
第七节: 规划的实施.....	(338)
第八节: 规划的鉴评.....	(338)
第五章 流域规划的效益	(339)

第一节: 经济效益分析.....	(339)
第二节: 生态效益分析.....	(342)
第三节: 农田水土保持经济效益.....	(342)
第六章 中国黄土高原土地利用规划的问题.....	(344)
第一节: 当前普遍存在的问题.....	(344)
第二节: 搞好黄土高原土地利用规划中应注意的几个问题.....	(345)
第三节: 土地规划的方法和步骤.....	(346)
第四节: 规划的经济效益分析.....	(347)
第五节: 对自然灾害的急应规划.....	(348)
第六节: 土地利用规划的实施.....	(348)
第九篇 农业生态区划.....	(352)
第一章 区划研究的方法与内容.....	(352)
第一节: 土地利用区划的基本原则.....	(352)
第二节: 作物的适应性和作物物候的气候要求.....	(353)
第三节: 作物的土壤要求.....	(361)
第四节: 光合作用和物候期.....	(365)
第五节: 作物适宜性评价原则.....	(365)
第二章 作物的配比.....	(366)
第一节: 作物配比与气候条件.....	(366)
第二节: 作物配比的土壤适宜性.....	(367)
第三节: 农业气候的制约因素.....	(367)
第四节: 评价结果.....	(368)
附: 美国水土保持局简介.....	(369)
一、美国水土保持局的性质和任务.....	(369)
二、美国地方水土保持机构与水土保持区的主要任务.....	(369)
三、各级水土保持机构的主要工作内容.....	(370)

第一篇 黄土

第一节 黄土的名称和一般概念

“黄土”一词，德语叫Loess，英语、法语、西班牙语、意大利语叫Loess，俄语叫Лесс等，一般就是指棕黄色或黄灰色或黄红色的具有特殊性质的土质或岩石而言。标准的黄土具有以下几种特征：

- 一、土的颜色是黄色或淡黄色；
- 二、具有多孔性和多洞性，有肉眼所能看到的孔隙，孔隙率一般为40—50%；
- 三、含有大量的石灰质（ CaCO_3 ）结核；
- 四、成分以粉粒为主，约占60—70%；
- 五、具有垂直节理，在天然情况下能经常保持垂直边坡。

由于黄土的成岩过程不同，因此有些黄土并不完全具备以上几种特征，而是分别具备其中某几项，对于这种黄土，我们一般称之为黄土状土或类黄土；有些学者曾把黄土称为是一种土壤，这样的理解是不完全正确的，应该指出黄土仅系成土物质，它在不同的自然条件下，可生成各种土壤，但其本身并非是土壤。

第二节 世界黄土的分布情况

黄土在世界大陆范围内的分布极为广泛，其分布面积的精确数字，至今还没有弄清楚。根据台劳（V·Tillo）的初步估计：在整个欧洲有7%的面积复盖着黄土，在北美有5%的面积复盖着黄土，在南美有10%的面积复盖着黄土，在亚洲至少有3%的面积复盖着黄土，也就是说黄土占据全球陆地面积的4%。凯哈克（K·keilhack）的估计数字还要大些，他认为在整个陆地地上有8.8%的面积为黄土所复盖。

在欧洲大陆内部，黄土分布于北纬45度以北（最北达北纬50°），也就是在欧洲的中部，如法国的中部和北部、德国中部和南部，特别广泛地分布于莱茵河流域，还有在欧

洲东部也零星地分布在波兰、匈牙利和罗马尼亚东部等地。

在苏联境内黄土分布于北纬40度以北（最北达北纬50度），如乌克兰、高加索、乌兹别克斯坦等中亚诸共和国、南西伯利亚及勒拿河中游等地区。

在北美大陆内部，黄土广泛分布于北纬40度附近的密西西比河流域的上游地区及其以南的墨西哥北部地区，在其北部曾是强大的北美古冰川作用过的地区，在其西部与广大的北美荒漠及半荒漠相邻。

在南美大陆内部，黄土主要分布于南纬40度以北阿根廷巴姆巴斯草原地区，为一无树草原，与他相邻的南缘为一片砂砾累累的半荒漠，同时在其西部和南部地区也曾经遭受过不大的古冰川的作用。

在中国，黄土主要分布在广大的西北黄土高原，其次分布在华北平原以及东北的南部地区，分布面积约53万平方公里比起世界上任何其它国家来说，都要大得多。

在世界上其它地区，如澳洲、新西兰也还另有黄土分布。但这些地区的黄土毕竟是微不足道的。

世界各地黄土的厚度变化很大，根据凯哈克(K. Keilhack)的粗略估计，其总平均厚度约在10公尺左右，它的全部体积计有13万立方公里。欧洲中部的黄土一般在5公尺以下，达到10公尺的较少；在莱茵河谷黄土的最大厚度不过20—30公尺。在欧洲东部黄土厚度多在10公尺以下。匈牙利和罗马尼亚的黄土比波兰的黄土还薄些。在苏联黄土的一般厚度大部在10—20公尺以下，局部地区或者稍厚一些。在北美密西西比河流域的黄土厚度，一般是由数公尺到十数公尺不等。在南美巴姆巴斯地区的黄土厚度最多也只有十数公尺左右。在中国黄土的厚度最大，一般约50公尺左右，陕西北部洛川一带厚度达170公尺。

总的说来，世界黄土的分布有以下几个特点：

一、黄土的分布几成不太连续的两个长条带状，被复于南北半球一定纬度范围内的地面上，主要是中纬度附近的地球表面。

二、黄土主要分布于中纬度气候温暖的地带，特别以干燥和半干燥的温暖少雨、蒸发强烈和寒暖季节变化鲜明的气候地带最多，而在低纬度和高纬度或是热带和寒带则很少见到。

三、黄土分布在大陆的内陆，主要分布在现代温带荒漠和半荒漠地区的外缘，或是

古代冰川区域的前缘。

四、黄土的分布，就现状来看，它主要分布在现代的温带的草原、森林草原以及部分分布在半荒漠地区，是某种特定的自然地带的产物，因为黄土的许多主要特性的获得，都与这种特殊的气候和具有特殊植物群落的自然地带的的影响有着密切而不可分割的关系。

五、黄土的厚度，各地变化不一，取决于风化区供给黄土物质的多少，也取决于搬运黄土物质介质的强弱，还取决于黄土物质沉积时的是否有利的沉积环境，此外时间因素也是不能忽略的。

第三节 黄土的起源和形成

风积物（包括风成、亚风成）是地球表面的一个重要组成部分。作为土壤母质的来源有以下三个主要类型：一是黄土沉积物，二是复盖沙和其它流沙（沙丘、内陆沙丘），三是火山沉积物（火山灰）。

所有风积物通常都要经过筛选，因为载体和沉积物的比重有很大的不同。风选较水选更加有效，风选是在一定的风速条件下，根据各个颗粒的大小和比重，把粒子分离开，较重的颗粒被风吹到近处，较轻的颗粒被风吹到远处。R·A·Bagnofu在他的书中详尽描述了这个力学过程。风选把比重大的颗粒和粗颗粒，相对地说，集中在这些颗粒的起源处附近，而比重小的颗粒和细微粒子则被带到相当远的地方。1883年，Krakatoa的火山爆发，就是一个很好的例子。这个火山爆发出来的尘埃在降落到地面前，曾绕了地球几个圈。

谈到沉落，水成的沉积物的密度大于风成沉积物。粒子在水中时它的磨损较小，由于这个原因，在同样的颗粒大小情况下，风成沉积物的团聚体露出的表面积，即特殊表面积比水成沉积物要大。

风成沉积物全完是由于空气的流动所造成的，并在较高氧化势的条件下，开始土壤形成过程，且比水成沉积物快。风积物所有的这些特征，再加上它特有的一些特点，作为土壤母质来说，使它在生产力方面成为世界上最突出的土壤。

1、沉积物

黄土是破碎的不成层的沉积物，其颗粒属粉粒粒级，其中0.01—0.05mm的含量最

大为其特点。

从1872年Richthofen研究了中国的黄土的发生并与欧洲黄土进行了比较之后提出了有关黄土风成起源以来，围绕着这个题目经常出现许多有争议的文献。Scheidig 1834综述了关于黄土研究的早期观点，有关黄土的近期综述，是由Samileg完成了的。

今天，关于黄土的风积起源已为人们广泛接受了，虽然在这个问题上还没有取得完全一致的意见。Bery在1922年和1947年曾提出了关于黄土起源的不同观点。

对黄土复盖地球面积的估计是非常不同的。Tillo勋爵1893年估计，黄土面积占整个地球陆地面积的4%，其分布如下：南美洲为10%，欧洲7%，北美5%，亚洲3%，只是非洲和澳洲的面积很小。Keilback 1920年提出了一个相当大的数字，按照他的估计，黄土的总面积为13,000,000平方公里，占陆地总面积的8.8%，他估计黄土沉积物的总体积为130,000立方公里。

在估计上差别这样大的原因，主要是由于对黄土的理解没有一致的意见。

为了对黄土这一定义有一个清楚的理解，采用Crahmau (1932年)的方法把陆地黄土和冰川黄土区别开来是必要的。

陆地黄土由荒漠和半荒漠地区进行的一种分选过程形成，一般地说来尘埃和运载它们的风起源于同一地区。在中国戈壁滩上为冬季的旋风引起的土粒的移动通常就是这样(Richthofen 勋爵1877年，1882年；Kauter 1922年；Wright 1902年)。这一类黄土直到现在，还在继续沉积。荒漠是大陆黄土的主要风蚀地。Obruehty和其他人在描述中认为中亚、土耳其斯坦和中国是黄土沉积的主要地区。

从地理上来说，冰川黄土与冰河期和冰川退后所造成的冰积平原有关。这些物质先在水中经过初步分选，而后再经过风选，所以冰川黄土实际上是经过双重分选，首先是水选，而后是风选，其结果导致颗粒的大小在分布上相当一致。有几种类型的冰川黄土被认为是与冰川退去期相关。至于这个问题，不管归因于间隔冰川期或是间歇冰川期，至今尚未得到解决，而且是争论的焦点。

根据许多调查者的研究，北美和西欧的沉积物是冰川黄土的实例。对于各种不同的观点，读者可参考以下的著作(略)。

黄土的第三种类型是草原黄土，广泛的分布于阿根廷草原和毗邻的乌拉圭、巴拉圭和巴西。这种类型的陆地黄土是火山沉积物和风积物的中间产物，它无疑是起源于上新

世后期，冰河期，全新世和安达斯山脉近期的火山活动。

象荒漠黄土一样，草原黄土迄今还在继续沉积中，1932年Quiza-pu火山爆发后多次再度爆发证明了这一点（Larsson 1937年）。

为了对草原黄土的进一步了解，读者可以参阅Frenquelli（1925年）和 Ternqqi（1957年）写的材料。

从表中所列矿物成分可以判定草原黄土起源于火山爆发。它的矿物成分与世界上其它黄土类型是很不同的。从这一点出发，可以设想西欧黄土也承受有某些少量的火山灰。这可从熄灭了的埃菲尔火山加以推断具有类似的过程。各种黄土类型具有其外貌特征，每种黄土类型的不同外貌都能区分出来。黄土沉积物上的土壤发育情况与这种特征有着密切的联系。Obruchev（1900年）首先提出了这些外貌特征是：（见Obruchev 1954年文章）：

- a、完全由风成的外貌特征
- b、河成或湖成的外貌特征
- c、剧烈河流所造成的外貌特征
- d、崩积的外貌特征

风积发育成的黄土土壤，由于它们的孔隙度和胶结作用，在自然肥力和生产能力上最好。原生黄土的胶结作用对黄土的特殊景观“垂直断裂面”，“Hohlwege”、“Mulden-porm”和“Schluchte”起一定作用。黄土的垂直壁立是黄土的典型特征。

由于侵蚀和黄土的再次沉淀作用，黄土失去了它的胶结物质，就和原生黄土的性质有所不同了。

在所有的黄土地区，壤质黄土的分布是很广的，可能是由于本地区的反复淤积的结果，也可能由于原生黄土的风化（风化黄土）。

原生黄土的典型特征是含有 CaCO_3 。黄土中的石灰含量有两种来源：

- （1）来自方解石，白云石的原生尘粒，或者来自石灰岩地区的风蚀混合物。
- （2）来自干旱气候条件下土壤矿物的衍生物。任何土壤在干旱、半干旱条件下可由风化而产生 CaCO_3 作为它发育形成的一部分。

CaCO_3 分布于黄土物质之中，就象粘合剂一样，能把各个土粒胶结起来，或者是不同形式和大小的结核状。

2、复盖砂和流沙(沙丘)

流沙: 从中细砂到粗砂, 不带粘粒或粉粒, 沿海沙丘和内陆沙丘就是流沙的典型例子。在流沙活动阶段, 沙丘具有陡坡为其明显特征。当为植被所固定时, (如速生白杨、牧草, 针叶林等) 则逐渐变平。

流沙土壤的透水性能通常很高, 储水能力很小, 而且不易保持。如果有主风向时, 流沙就会形成新月形沙丘。Finkert是在波罗的海的沿海地区研究过流沙的形成和移动, 但对新月形沙丘群的形成问题, 迄今还未弄明白。

复盖砂: 较流沙稍细, 但比黄土要粗些。复盖砂景观表现为一正规的起伏地形, 质地的从中沙到中细沙。这样的沙, 在湿润或半湿润到半干旱气候条件下, 是容易固定的。复盖砂, 大都被认为是黄土中较粗的那种, 在世界所有黄土地区都能看到, 它的沉积, 离风蚀区的距离较之细黄土要近些。

3、火山沉积物(火山灰)

火山沉积物来源于火山爆发。包括所有火山喷出物质。它的颗粒大小不同于石砾和石头, 而是很细的粉粒, 主要见于活动火山和死火山的附近, 但也有不少细粒火山灰被搬运于远距离的实例。例如: Krakatoa火山灰, 在最后沉降以前曾绕地球转了几次。

火山沉积物同风成沉积物一样, 经历有两种拣选形式:

(1) 根据颗粒大小拣选

(2) 根据颗粒比重拣选

两种拣选过程, 实际上是同时发生, 粗颗粒或高密度颗粒沉降在距火山较近的地方, 而细颗粒或低密度颗粒则携带至较远处。

从第三纪初以来, 火山灰和火成岩复盖在大陆表面积。根据Schneider

1911年引自von Tillo 1892年的资料是:

	火山灰分布面积	(万km ²)
欧洲	0.12	
亚洲	1.39	
非洲	0.41	
大洋洲	0.30	
北美洲	1.01	

南美洲

0.73

合 计

3.96

schuoiolor (1911) 估计, 从第三纪初以来, 带到地球表面的火成岩的总体积为 792 万立方公里, 这就是说火山沉积物的厚度超过了 1 公里。这个数字似乎是高了一些, 而 von Tillo 的估计, 可能是低了。

风积物随着风速、风向、在离风蚀地区不同的距离沉积着不同的沉积物, 形成不同的地貌。如下表 1:

风 蚀 区	沉 积 区 (风向——→)		
戈 壁	大 陆 沙 丘	复 盖 沙	黄 土
砾石和卵石被遗留在风蚀区的地表	在风力作用下, 粗砂在近距离首先沉积。	中沙从风的运积物中沉降下来	细沙到粉粒被沉降下来即所谓“黄土”

风蚀区与风成沉积物区的土壤质地分级关系, 表现为从左到右, 由大变细。

综上所述, 黄土的形成就其起源来说, 大体可分为:

1、大陆黄土。起源于沙漠与半沙漠地区, 沙漠地区无植被保护, 吹风时把细尘带至远处沉积下来形成。如北非的沙漠等, 这一过程直至现在仍在进行。

2、冰川黄土。起源于更新世, 地球上四个冰川期, 当时在北美和欧洲一些地区为冰川所覆盖, 冰川通过水选将粉粒推在冰川的前缘区。另外, 也在冰川溶化以后的间冰期, 地面裸露, 无植被保护, 在风力的吹扬分选下, 形成了黄土沉积。欧洲的冰川黄土的物理性质与中国黄土相似, 只是起源不同而已。

3、草原黄土。主要分布在南美的阿根廷、乌拉圭、巴西等地区, 是因火山活动, 大量火山灰经风力携带沉积而成。其粒轻、颜色, 性质与大陆黄土相近。

第四节 黄土的物质组成

一、黄土的颗粒组成

一般说来, 黄土颗粒在风的吹扬和分选作用下, 距离起源地越近的颗粒径越大, 越远的颗粒径越小。关于黄土粒度组成问题, 虽有不少人进行过讨论, 并认为黄土质地比较均匀, 具有多孔性和多洞性特征, 其中 $0.05 \sim 0.01 \text{ m.m.}$ 粒级为组成黄土的主要部分, 约占 60—80%, 但也有以含小粉粒 ($0.01 \sim 0.001 \text{ m.m.}$) 为主的, 现列出世界及中国各地典型

黄土和黄土状岩石颗粒组成的一些不完全资料（见表二），就可看出它们之间的差别。

表二 欧洲、北美及苏联典型黄土及黄土状岩石的颗粒组成

地 点	>0.25 m. m.	0.25~0.05 m. m.	0.05~0.001 m. m.	<0.001 m. m.	备 注
欧洲莱茵河					
卡塞图典型黄土	0.40	22.10	58.80	17.70	
林格新典型黄土	—	26.60	55.40	18.00	
莱茵河黄土状岩石	7.20	31.10	28.90	32.80	
北美黄土状岩石	0.82	13.03	80.62	5.53	
苏联					
西伯利亚鄂毕河典型黄土	—	3.00	41.00	49.20	
塔什干典型黄土	0.70	10.78	59.30	19.30	
基辅省典型黄土	0.19	12.91	80.75	5.15	
乌克兰黄土状岩石	0.70	8.40	49.56	41.94	
乌兹别克斯坦	0.75	17.48	79.82	0.56	

表三 中国陕西省北部黄土的颗粒组成（平均值）

地 点	0.5~0.05 m. m.	0.05~0.002 m. m.	<0.002 m. m.
榆 林	74	15	11
米 脂	32	57	11
绥 德	28	61	11
清 涧	21	67	12
延 川	8	70	22
洛 川	7	71	22

二、黄土的矿物组成

世界各地黄土的矿物组成，依目前所知，单就矿物种类来看计有三四十种之多，或者更多一些，其中包括多量的石英—长石矿物碳酸盐类矿物，粘土矿物，以及少量的附属矿物。据分析：组成黄土的矿物成分虽很复杂，但在不同时代的黄土层里都以石英，长石，云母为主要成分，几乎占碎屑矿物的总含量的80—90%，因而得出不同时代黄土矿物成分的一致性，世界主要黄土矿物成分见表四。

表四

地 区	中 国	欧 洲	北 美	南 美
矿物成分	石英，长石	石英，正长石	石英，斜长石	火山灰，斜长石