

中国地质科学院

水文地质工程地质研究所 所 刊

第 1 号

地 质 出 版 社

3

171: 1

中国地质科学院

水文地质工程地质研究所
所 刊

第 1 号

地质出版社

前 言

水文地质工程地质研究所所刊是我所的学术刊物，它综合反映我所最新的科研成果和在这一学科领域的研究程度，用以及时同国内广大水文地质工程地质工作者以及国外同行进行学术交流，达到相互学习、共同提高的目的。

本期所刊汇集了八篇论文，涉及以下五方面内容：一、区域水文地质；二、地下水地球化学；三、岩溶水文地质；四、岩溶矿床涌水量预测；五、岩石变形预测。这些论文，对解决有关生产问题时具有一定的理论和实际意义。

在编辑过程中，由于我们水平所限，错误或不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

水文地质工程地质研究所所刊编辑室

1985年1月

中国地质科学院 水文地质工程地质研究所所刊

第1号

*

责任编辑：夏君严、张新兴

地质出版社 出版

(北京西四)

地质出版社 印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本：787×1092¹/₁₆ 印张：16⁷/₈ 字数：339,000

1985年8月北京第一版·1985年8月北京第一次印刷

印数：1—2,240册 定价：3.40元

统一书号：13038·新137

目 录

洛川黄土塬包气带水份赋存与运移的研究

.....施德鸿 贾永瑞 左秀法 李孟海 (1)

四川盆地盐卤水及其中溴碘硼锂钾的形成和富集规律.....王东升 田荣和 (51)

岩溶水资源类型及有关问题的讨论.....殷正宙 (129)

娘子关泉域岩溶发育规律的研究.....韩行瑞 张凤歧 尹子良 李博涛 (147)

昔阳岩溶地下水域的研究.....韩行瑞 等 (173)

某几种岩石实验室内变形过程的测定.....杨俊英 杜丽芳 王立民 段保谦 (187)

司家营铁矿南区露天采矿场矿坑涌水量预测方法.....刘启仁 伍兆聪 贾秀梅 (215)



研究简讯

新本《中国岩溶》(图集) 内容简介.....卢耀如 (259)

BULLETIN OF THE INSTITUTE OF HYDRO- GEOLOGY AND ENGINEERING GEOLOGY OF THE CHINESE ACADEMY OF GEOLOGICAL SCIENCES

No.1

CONTENTS

- A Study on Moisture Storage and Migration in Aeration Zone in the
Loess Yuan of Luochuan.....*Shi Dehong et al.* (49)
- The Bittern of Sichuan Basin-Formation and Enrichment of Bromine,
Iodine, Boron, Lithium and Potassium
..... *Wang Dongsheng Tian Ronghe*(121)
- A Discussion on Karst Water Resources Type and Some Related Issues
.....*Yin Zhengzhou*(145)
- The Study of Karst Development Regularities in Niangziguan Spring
Area.....*Han Xingrui Zhang Fengqi Yin Ziliang and Li Botao*(168)
- The Study of Karst Groundwater Drainage Basins in Xiyang Region
.....*Han Xingrui et al.*(185)
- Some Measurements of Rock Deformation Process in Laboratory
.....*Yang Junying et al.*(213)
- Forecast Method for Groundwater Discharge into SiJiaying Opencast
Mine.....*Liu Qiren Wuzhaocong and Jia Xiumei*(258)
- Research Notes**
- A Brief Introduction to New Atlas (CHINA KARST) *Lu Yaoru*(266)

Geological Publishing House
(Xisi, Beijing)

Institute of Hydrogeology
and Engineering Geology
(Zhengding County, Hebei Province)

洛川黄土塬包气带水份赋存与运移的研究

A STUDY ON MOISTURE STORAGE AND MIGRATION IN AERATION ZONE IN THE LOESS YUAN OF LUOCHUAN

施德鸿 贾永瑞 左秀法 李孟海^①

前 言

中国黄土地层发育之广、厚, 可谓世界之冠, 广泛分布于北纬 34° — 38.5° 东经 102° — 112° 之间, 其中山西、陕西、甘肃、宁夏等地区发育尤为典型。对于黄土进行系统的地质学研究, 开展科学的整治工程也已有百年历史。近十余年来, 对黄土地层中的地下水开发利用也有了较大的进展, 但由于自然条件的限制, 还远不能满足工农业日益增长的需要。当地人民的生活用水大部分仍在利用坑水、窖水或下深沟去汲取泉水、河水。广大农田犹处于听其自然、“靠天吃饭”的状况。这里水资源不足固然是重要原因, 但水位埋深过大, 开发条件不利也是关键所在。所以我们在进行地下水资源评价与合理开发利用研究的同时加强了对包气带水及土壤水的研究。因为包气带与饱和带是同一连续系统中不可分割的两个部份, 包气带中水分的下渗数量及速率决定了地下水资源的数量及动态, 反之地下水的存在状态也影响着包气带中水分运动及渗流条件。黄土高原上的潜水, 降水入渗是其唯一的补给途径。入渗过程中水份的赋存状态如何, 运移的方式怎样, 补给的量与速率多少, 都是迫切需要回答的问题。为此选择洛川县为重点, 进行塬区包气带水分运移规律的研究。在秦家寨以西黑木沟东侧的塬壁上, 于不同高度、不同地层中开挖三个平硐, 进行硐内空气温度、湿度、压力的观测, 并定时、定点取土样测定天然含水量。同时开展了专门水文地质试验和实验室的研究。陕西第二水文地质队二分队在该区作了抽水试验和地下水长期观测, 并配合包气带的研究进行了渗水试验等。

经过1978—1982年五年的室内外研究工作, 获得了有关黄土包气带地质、水文地质结构特点和水份动态的第一手资料, 基本掌握了整个剖面上水份的分布状况与变化规律。本文着重于对实际获得的资料进行分析论证, 掌握它的实质, 做出必要的理论分析。但是包气带水分运动具有的非饱和性与非稳定性, 增加了研究的难度。研究土层中水份的赋存状态及其转移, 实质上是研究土层中土-水能量的状态与转换。我们就是基于能量转换的观点来研究土壤水分运动的。

① 参加工作的还有刘淑芬、白新俐、梁磊、范彦龙等

一、黄土塬地层剖面的地质结构及堆积特点

黄土塬包气带水分的赋存条件与运移方式等问题和介质(地层)的物质组成、结构构造、物理性质、地球化学特性等密切相关。洛川的黄土堆积比较典型,具有代表性。同时地处半干旱地区,地下水埋藏很深,包气带地层厚度大,地形切割强烈,具有研究包气带的有利条件。

(一) 地层组合及时代划分

1. 区域地质概况

洛川黄土塬位于黄河中游,面积约15,000平方公里,呈现出中部低四周高的盆地地形。周边基岩山地海拔1400—1700米,中部黄土塬面标高900—1250米,洛河自北而南流经本区,河谷标高650—840米。地势西北高,东南低。区内深切沟谷中有中生界三叠系蚀露,呈东西向条带状单斜构造,地层自南而北由老至新分布。上第三系上新统分布于北部地区,不整合于三叠系之上。由于厚层黄土的覆盖仅在洛河一、二级支沟出露或沿河两侧偶见零星露头。岩性以棕红色粘土为主,厚度5—26米,其厚度自西北向东南变薄。

第四系以黄土为主。地层完整,厚度大。最大厚度148.6米,一般为100—140米,西北厚东南薄(图1)。此处第四纪堆积物尚有冲积、湖积成因的松散沉积,主要分布于洛河河谷地段,其范围和厚度均有限。

2. 地层组合及其时代划分

通过系统测量和采样分析,将本区黄土地层划分为下更新统(Q_1),中更新统(Q_2),和上更新统(Q_3)^①。而每个统又可分为上、中、下三个岩性韵律段。每个韵律段(以下简称段),包括层次不等的黄土层和古土壤层,组成整个地层剖面颜色由浅到深,有规律的重复变化。剖面顶部耕植层及黑垆土为全新统(Q_4)。

该剖面由秦家寨和来往村两处剖面组合而成。总厚度150米,包括全部第四系黄土地层和第三系上新统三趾马红土的一部份(图2)。剖面中以L代表黄土层,S代表古土壤层,自上而下顺序编号至 Q_2 底部。 Q_1 地层由于层次多而薄,且古土壤层的土壤结构已退化,故按段划分。岩性描述此处从略。

秦家寨剖面完好地揭露了中更新统以上全部地层。这是一套完整连续的堆积,黄土成层性好,层序稳定,古土壤发育完善,保存良好。二者既有连续过渡的特征又具清晰的界限。其中未见有构造间断。黄土与古土壤层多次重复的序列反映了从中更新世到晚更新世沉积条件及古气候变迁螺旋式重复再现的多旋迴性。

据来往剖面揭露的下更新统全部地层。由于早更新世时期气候波动不如中、晚更新世那样明显,反映在黄土-古土壤地层序列上也就不如晚期那样清晰。但它也有上、中、下三个韵律段组成。而每段又均可分成深色带和浅色带两部份。深色带以古土壤层的密集组合为特征,浅色带则以厚层黄土作为主要组成部份。它们之间有规律的组合,同样反映了

① 本区黄土地层划分及年代划分,暂沿用习惯划法,作为分统的依据

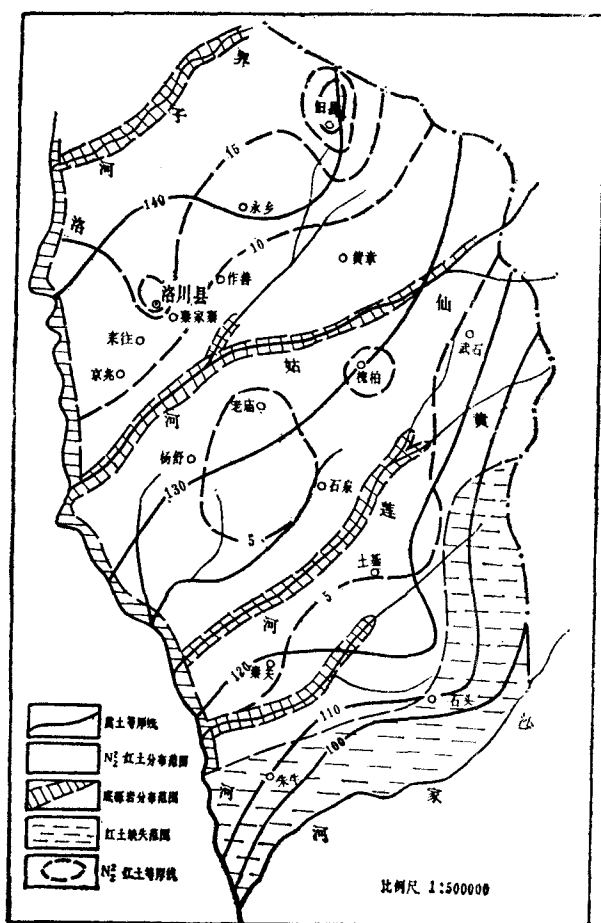


图1 洛川塬(洛河以东)第四纪黄土等厚线及第三纪上新统红土、底砾岩分布图

Fig.1 Isographs of loess deposit thickness of the Quaternary and lithological map of the Tertiary in Luochuan Yuan area

沉积环境及古气候条件的周期性变化。

(二) 地层固相的物质组成

对全剖面进行系统的标本采集后,重点作了粒度分析、碎屑矿物和粘土矿物鉴定,镜下观察以及各种化学分析、古地磁年龄测定等。

1. 矿物成分及其显微结构

根据重砂分析及薄片鉴定,分析出的矿物约有40余种。其中金属矿物有磁铁矿、钛铁矿、赤铁矿、褐铁矿等。非金属矿物有角闪石、绿帘石、石榴石、榍石、磷灰石、锆石、电气石、金红石、透闪石、蓝闪石、锐铁矿、白云母、黑云母,偶然出现矽线石、透辉石、板钛矿、蓝晶石、红柱石、普通辉石、十字石等。轻矿物有石英、斜长石、微斜长石、方解石、玉髓等。岩屑有石英岩、砂岩、泥岩及变质岩等。整个剖面,自下而上矿物组合极为相近,而且复杂。有岩浆岩、变质岩的矿物组合,还可见到喷出岩中常见的浅蓝色的磷灰石等。其粒度成分均以粉砂细粒为主,少数粉砂粗粒。粗粒间关系是个别分散式、不均匀分布。

镜下观察的孔隙一般均为近圆形或不规则形,直径在0.1—0.4毫米之间。其中下更新统

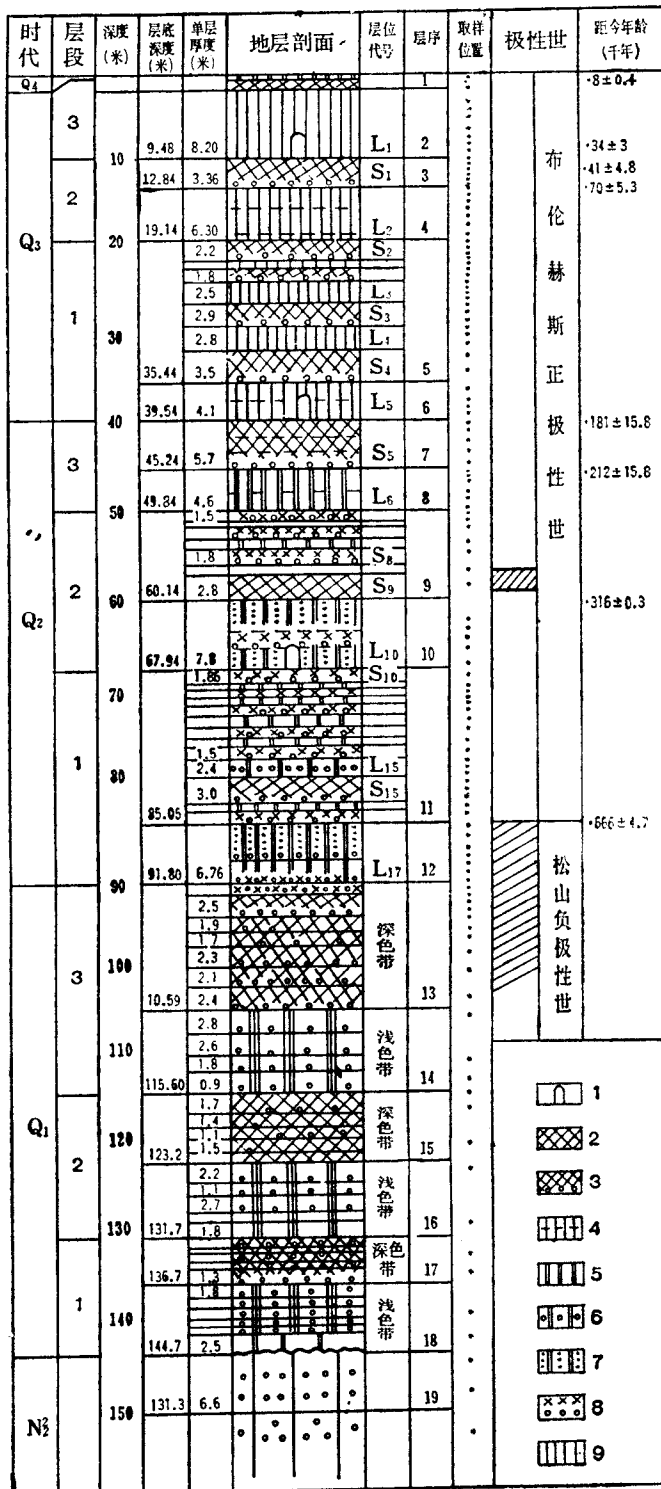


图 2 洛川黑木沟黄土层柱状图

Fig.2 The columnar section of loess deposits at Luochuan Heimugou

1—平碛位置；2—黑垆土及耕植层；3—褐土型古土壤及钙核；4—黄土及其微分层；5—黄土状亚粘土；6—黄土状亚粘土及钙核；7—黄土状粉砂层；8—弱壤化层及钙核；9—棕红色粘土

地层中以0.1毫米左右的为主,孔隙周围多数有碳酸钙富集,孔隙率1—2%。中更新统地层中孔隙直径0.11—0.22毫米,孔隙率2—3%,且往上孔隙直径增大,孔隙率亦随之增大。一般孔隙周围有碳酸钙富集。上更新统地层中孔隙直径以0.22—0.44毫米者居多,孔隙率3—5%,或大于5%。部分孔隙周围有碳酸钙富集或铁质胶膜。从垂直与水平两个方向的切片比较,一般均以水平方向上切片的孔隙率为大,而孔隙周围的褐色铁质薄膜或钙质充填却以垂直方向的切片为多。可见这一类孔隙具有方向性,也就是通常所称的黄土中的大孔。它们有连通性孔隙和洞穴状孔隙之分,前者孔隙周围一般有碳酸盐、有机质、铁质等沉淀,而后者多不存在这类物质。大孔的特征与黄土的成因有密切关系,在水文地质中也有实际意义。

黄土的胶结物多为泥、钙质,胶结物含量自下更新统的50%向上至上更新统逐渐减少到35%左右,以孔隙胶结为主。古土壤的胶结物主要为泥质并含少量钙质,含量自下而上由53%减至40%左右,以孔隙胶结为主,部分为薄膜孔隙胶结。钙核的胶结物主要为钙质,含少量泥质,含量达60%以上。均为基底式胶结。

2. 易溶盐与碳酸钙

黄土中易溶盐总含量一般为0.03%左右,以 $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ 或 $\text{HCO}_3\text{-Ca, Mg}$ 型为主。大致以第十层黄土(L_{10})为界,上部地层含钠、钙离子较高,下部镁离子含量显著增加。阴离子中重碳酸根的毫克当量百分数一般在80%以上,硫酸根离子的含量以中、上更新统地层为高,约占10%。pH值多介于7.5—8之间,有自下而上略增的趋势(图3)。因此,本区黄土属于中性、弱碱性低盐渍化碳酸盐型土类。

黄土中碳酸钙多呈微晶分散分布,磨圆度较好,为原生的陆源碎屑,大小在0.02—0.06毫米之间,含量约占主要矿物的10%左右。

古土壤中一般没有碳酸钙,有少量则呈针状、纤维状集合体或团块,富集于孔隙中或孔隙周围。古土壤底部的淋溶淀积层,即钙核层,钙核以基底式钙质胶结为主,排列成层。

研究碳酸钙在不同时代地层中的形成状态和分布规律,说明在整个地层剖面中经历了多次干湿气候以及不同强弱的成土、成壤作用期的交替。反映了黄土的堆积环境、气候条件及某些后生变化。

3. 粒度分布及其韵律

不同时代的黄土,其粒度组成在总体上存在着一致性。均以0.05—0.01毫米的粉土粒级为第一众数。其频率(含量百分数)平均为55%左右,第二众数分布于小于0.002毫米粒级的粘土,其频率约为20%。古土壤层0.05—0.01毫米的第一众数,频率平均为45%,第二众数小于0.002毫米粒级的粘土含量频率约占25%。 Q_2 以上地层的颗粒分析资料,采用矩值法计算了粒度分布特征数(图4)。其粒度以 Φ 值表示($\Phi = -\lg_2 d$, d 为毫米直径)。从粒度分布特征看出,每一个单层黄土往往由多个粒度层^①组成,反映了黄土沉积中韵律活动的客观存在。此外全剖面还存在着粒度的周期性变化。通过计算黄土及古土壤层的平均粒径,发现平均粒径较大(Φ 值较小),粒度较粗的层次,往往也是厚度较大的

● 刘东生教授把粒度层定义为粒度组成更一致的小段

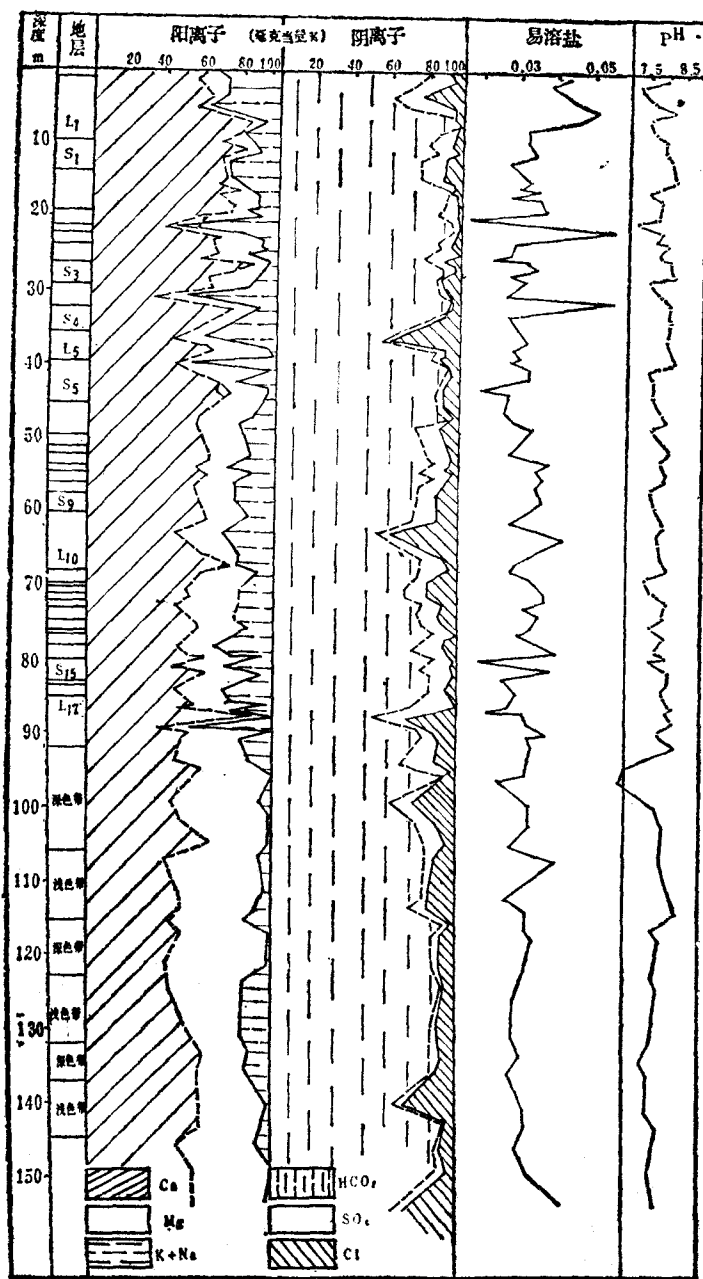


图3 洛川剖面易溶盐含量图

黄土层。应该说，粒度的平均直径代表了该层粒度分布的集中趋势，它的大小直接反映了沉积介质动能的大小。古土壤层的粒径往往要小些，土壤粘化程度越高，粒度越细，说明古气候条件对母质改造的程度越烈。值得注意的是，黄土层颗粒的由粗而细的变化过程与其间隔的古土壤层的平均粒径之由细而粗的变化相对应，据此可大致划分出几个气候波

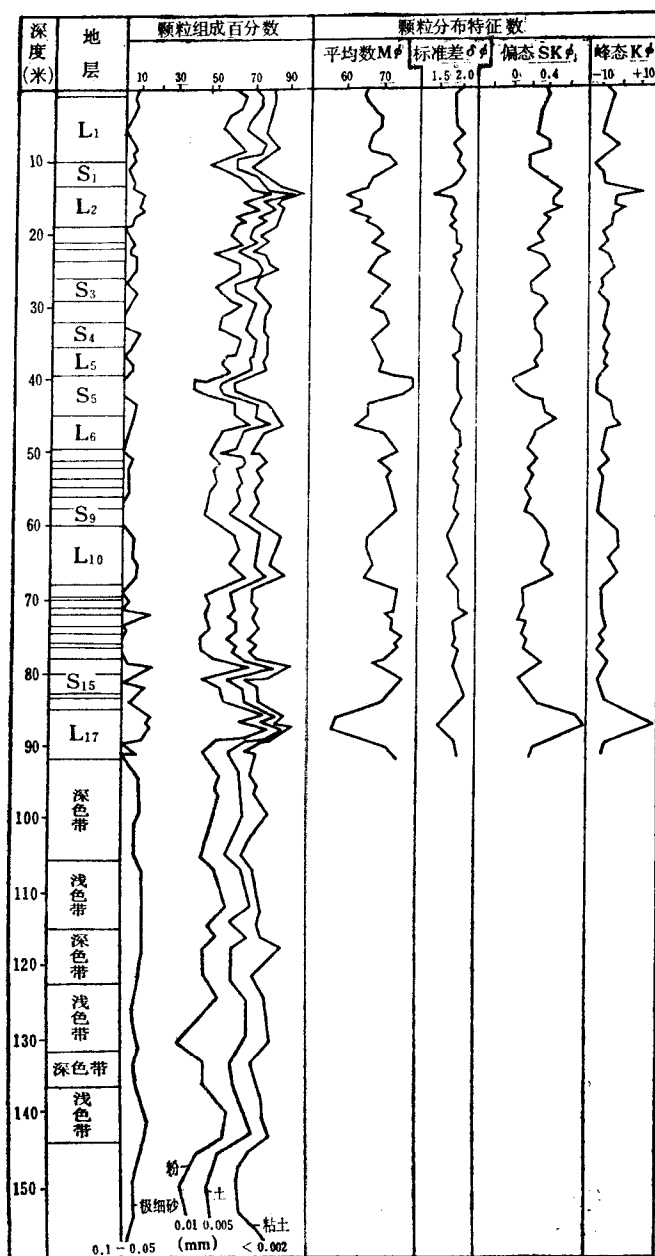


图 4 洛川剖面粒度分布曲线

动周期。即在一次较长时期的成土期内，堆积了颗粒粗、层次厚的黄土，接踵而来的往往是一次发育较好的成壤期，即形成淋滤作用强，土壤结构明显、厚度较大的古土壤层，然后就是逐次减弱的2—3次成土期与成壤期的交替。如此周而复始，按着一定的节奏有规律地进行着。

为了探讨不同成因的松散沉积物在平均粒径及其它粒度特征数上的差异，把黄土的资

料与河北平原不同沉积相的粒度相比较,其中存在着较大差别。在偏态与平均粒径的散点图上,两者的相关直线在黄土沉积物中其斜率较小,而在河北平原的资料上,在海相沉积物中其斜率要大得多,约为黄土的三倍。河道相沉积物中却由两个不同斜率的直线段组成,大致以粒径 $\Phi=5$ (0.031毫米)为界,细粒部分斜率与海相接近,粗粒部分斜率较小,但离散程度较大,反映了河道带不同的沉积环境。湖相沉积物的相关直线,斜率稍小于黄土。冲洪积扇沉积物的点,则离散程度很大,难以直线方程表达其间关系。从这一点出发,可见黄土的成因有别于上述诸类型。

(三) 洛川塬黄土剖面的堆积特点

通过以上各节的讨论,结合孢粉及蜗牛化石等的研究,归纳起来,塬区黄土的堆积有如下特点。

黄土就其粒度成分和矿物成分的基本构成上,在一个相当大的范围内和一个相当长的时期中,具有高度的同一性。说明大面积、大厚度黄土形成的基本作用因子,如物质来源、搬运介质及沉积环境是大致相同的。它们对黄土形成的影响在时间上和空间上是连续的。但第四纪古气候的变迁,一方面导致搬运介质的动能有大小强弱之变化,造成黄土粒度组成的韵律活动。另一方面古气候温湿与干冷的交替又直接控制了黄土的成土作用与成壤作用的互为消长。致使剖面堆积物呈现出层次的厚薄、粒度的粗细、色泽的深浅与结构的疏密等有规则的成层序列。据此,这一套黄土序列,除去全新世堆积以外,可以划分成三统九个旋迴,在时间上分出九大周期。自下而上各周期内(特别是中更新统以来),有大致相同的气候演变史和沉积环境发展史。每旋迴内不仅所夹的黄土、古土壤层次、厚度大致相等,频率相似,且古气候的温度、湿度也似乎是按着同一模式进行周期性的变换。正是第四纪古气候的变迁,才使整个黄土剖面具有鲜明的节奏特色。

二、黄土塬地层的水文地质结构

洛川塬面积约5,000平方公里,属于前第四纪古侵蚀盆地上黄土堆积的高原地形。由于受晚近构造运动的影响,强烈的侵蚀作用,塑造了当今沟壑纵横,塬高谷深的地貌形态。塬面被分割成众多的塬块,面积一般不足十平方公里,而沟深则多在百米以上。沟壑面积占总面积的75%左右,说明现代侵蚀作用异常活跃。据洛川县气象站资料,多年平均降水量623.7毫米,其中7—9月份,占年降水量的55%以上。多年平均蒸发量1655.5毫米,陆面蒸发一般在500毫米左右。年平均气温9.3℃,极端最高气温36℃,最低气温-22℃。本区属半干旱的大陆性气候。

(一) 黄土的含水特征与水理性质

1. 储水空间

据研究,洛川黄土存在着三种类型的空隙:

(1) 粒间孔隙,根据持水特性的不同,又可分为:

A. 薄膜孔隙:孔隙直径小于0.005毫米,

B. 毛管孔隙: 孔隙直径0.005—0.05毫米,

C. 非毛管孔隙: 孔隙直径0.05—0.5毫米。

(2) 孔洞, 包括黄土的结构孔隙及生物形成的孔洞等。根据大小也可分为三种:

A. 大孔隙: 孔隙直径0.1—0.5毫米,

B. 小孔洞: 孔隙直径0.5—2毫米, 等轴状或管状,

C. 孔洞: 孔隙直径大于2毫米, 多为管状。

(3) 裂隙, 根据成因分为:

A. 微裂隙: 一般在成土作用时形成, 宽0.1毫米, 长10—20毫米不等, 并发育有次一级的呈树枝状或网状的微小裂缝。其中往往填充有粘土及有机质等。

B. 裂隙: 由重力或风化作用形成, 一般发育在塬边黄土裸露的部位, 延伸较长。

其中以粒间孔隙为黄土的主要储水空间, 容积可占黄土总体积的40—50%。但由于大小、形状的各异, 在水文地质作用上有显著的不同。小于0.005毫米的孔隙构成相当于土的最大持水量的那部份空间, 大于0.005毫米孔隙中的水分则一部份作为毛管水, 一部份作为重力水转移。孔洞容积约占3%左右, 对地下水的储存、运移也起一定的作用。古土壤层中的孔隙以小于0.005毫米者为主, 但微裂隙及孔洞却发育较好。古土壤的淀积层——钙核层中, 常见2%左右的不规律大孔隙, 直径0.2—0.5毫米, 淀积层本身含水性较差, 但有较好的给水、导水性能。

2. 饱和差与给水度

在现场应用水分快速测定仪逐层进行了天然含水量及饱和含水量的测定。由于样品未经真空抽气处理, 其饱和含水量的数据一般偏小。饱和含水量减去天然含水量即饱和差。给水度是由实验室计算所得饱和含水量减去最大分子持水量求得。由表1可见, 上部包气带地段内, 饱和差大于0.10, 给水度大于0.15, 以下数值小而相对稳定。上部给水度数值大, 有利于水的入渗, 下部则有利于水的保持。黄土塬内潜水面往往介于 S_0 — L_0 地层间, 应与其本身水理性质有关。

表1 饱和差给水度数值表

地层段	饱和差	给水度
$S_0 - L_1$	0.20	0.23
$S_1 - L_2$	0.17	0.21
$S_2 - L_3$	0.11	0.16
$S_3 - L_4$	0.08	0.134
$S_4 - L_{10}$	0.07	0.125
$S_{10} - L_{17}$	0.05	0.127
Q_1	0.03	
N_2	0.0027	

3. 渗透系数

根据黑木沟天然剖面原状样变水头渗透实验的结果, 自上而下渗透系数由大变小。一般粗颗粒层比细颗粒层大, 垂直方向比水平方向大。渗透系数值变化于0.0001—2.4278m/d之间, 大小相差数万倍, 表现出各层的各向异性及其不均匀性(图5)。此外, 单层黄土与古土壤层各部位渗透性也是不同的, 反映了其间孔隙、裂隙发育程度的不同。

从整个剖面的渗透系数变化曲线图上可明显看出, 以第六层黄土为界, 深度大致在50米范围以内(一般属于包气带地层), 渗透系数多在0.1m/d以上, 垂直方向大于水平方向, 自该层以下, 确切地说, 自第六层下半段开始至第十七层黄土, 渗透系数骤然减小。其中以第十层黄土为界又可分为上下两段, 上段渗透系数平均约为0.01m/d, 下段平均约

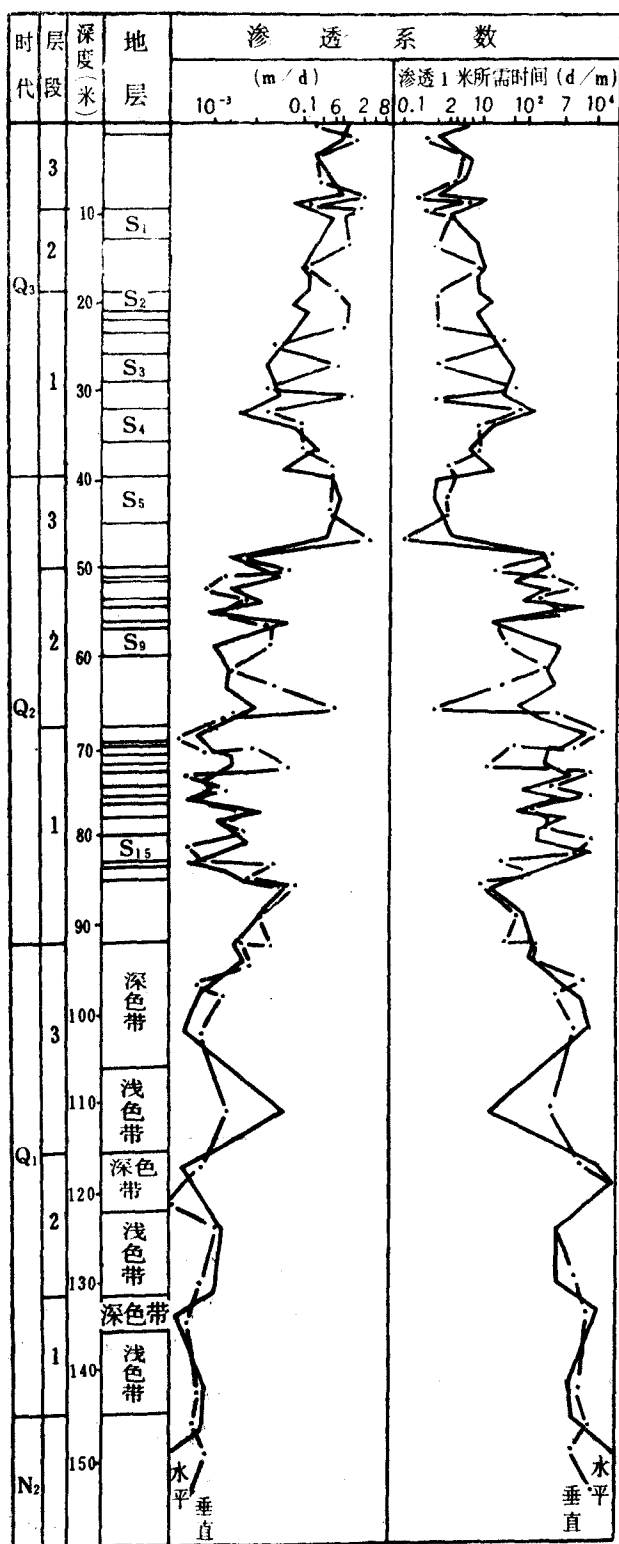


图 5 洛川剖面渗透
系数变化曲线

Fig.5 Map showing
the change of perme-
abilities in Luochuan
loess profile

0.002m/d (其中 L_{16} 和 L_{17} 两个主要含水层除外)。下更新统地层含水性较差, 渗透系数多在0.001m/d以下, 且有向下变小的趋势。综上所述, 这一变化特征和地层的颗粒组成及岩性结构等有着密切关系。由实测渗透系数, 换算成渗透一米距离所需的时间也表示在图上。

(二) 包气带地层自然湿度剖面

为了对黄土包气带剖面进行湿度研究, 先后采用洛阳铲和无液机械冲击钻取样。取样间隔在地表浅部较小, 一般0.1—0.2米取样一次, 深度在5米以下者则每隔0.5米取样, 并于变层处适当加密。根据38个湿度孔的资料和黑木沟剖面上天然含水量的测定, 以及土壤湿度资料的搜集与研究, 获得了一个完整的包气带湿度分布剖面。

在整个包气带地层中, 表层(深度1—3米)由于土壤水分与大气密切相通, 因此其含量有激烈变化, 下部土层的湿度通常保持与岩性结构相对应的基本稳定状态。其规律是, 一般黄土层内天然含水量较古土壤为小, 每一个黄土-古土壤层组合, 含水量的最大值往往出现在黄土层的底部和古土壤层的顶部, 最小值在淀积层中。含水量的差值约8—10%左右。其原因首先是由于土壤水分吸力的大小与其粒级组成和孔隙特点有关, 同时水分又在重力场作用下, 显示出向下运移的特点, 故在黄土层的底部具有较大的含水量。如此多层次的黄土-古土壤序列构成了一次又一次的湿度波动, 以总的向下增大的趋势与地下水毛细水带相接(图6)。由于包气带厚度大, 地层垂向结构复杂, 造成非饱和条件下孔隙水分的运移十分缓慢。因而这一复杂的湿度剖面, 在相当长的时间段内, 表现为相对稳定。

(三) 塬区水文地质基本特征

1. 以塬块为单位的水文地质单元

黄土塬块作为水文地质的独立单元, 主要是地下水无侧向补给或越流补给的条件, 而以大气降水为主要补给来源。地下水以放射状由中心流向塬块周边的沟谷。故常于沟谷两侧见有悬挂泉或地下水浸润形渗出带。各塬块之间除了受同一基准面控制和相同的自然地理背景制约外, 相互之间基本无水力联系。因此塬块本身垂直方向上大气降水、土壤水、包气带水与地下水的转化就显得尤为突出。厚度很大的包气带中的水分是黄土塬区地下水的重要组成部分, 起了存储、调蓄地下水资源的作用。塬块的水位、水量又与塬面宽度、切割深度及其微地貌等有着密切关系。塬宽则水位埋深小, 单井出水量大。以较大的洛川塬块为例, 塬宽2—3公里, 长6公里, 面积13.6平方公里。中心部位地下水位埋深约40米, 周边急剧下降至60—80米。水力坡度由塬中心的0.5%至周边达6%。单井出水量大于 $15\text{m}^3/\text{h}$, 为洛川塬区十个富水地段之一(图7)。

下伏上第三系红色粘土层是黄土含水层的隔水底板。如该层厚度大, 隔水性能好, 则上部潜水的水位较浅, 水量较大。南部缺失第三系红粘土地区, 黄土层中的地下水直接补给下部基岩裂隙水, 则水位很深, 水量亦小。

2. 黄土含水层的结构特征

黄土颗粒细小均匀, 实验室定名多为粉土质亚粘土或粘土。但因它结构的特殊性, 以及大孔隙、孔洞、原生结构裂隙等等的存在, 孔隙度往往达50%上下。特别是耕植土, 黑垆土和木兰黄土等层次, 孔隙度更大, 有利于水的入渗与运移。

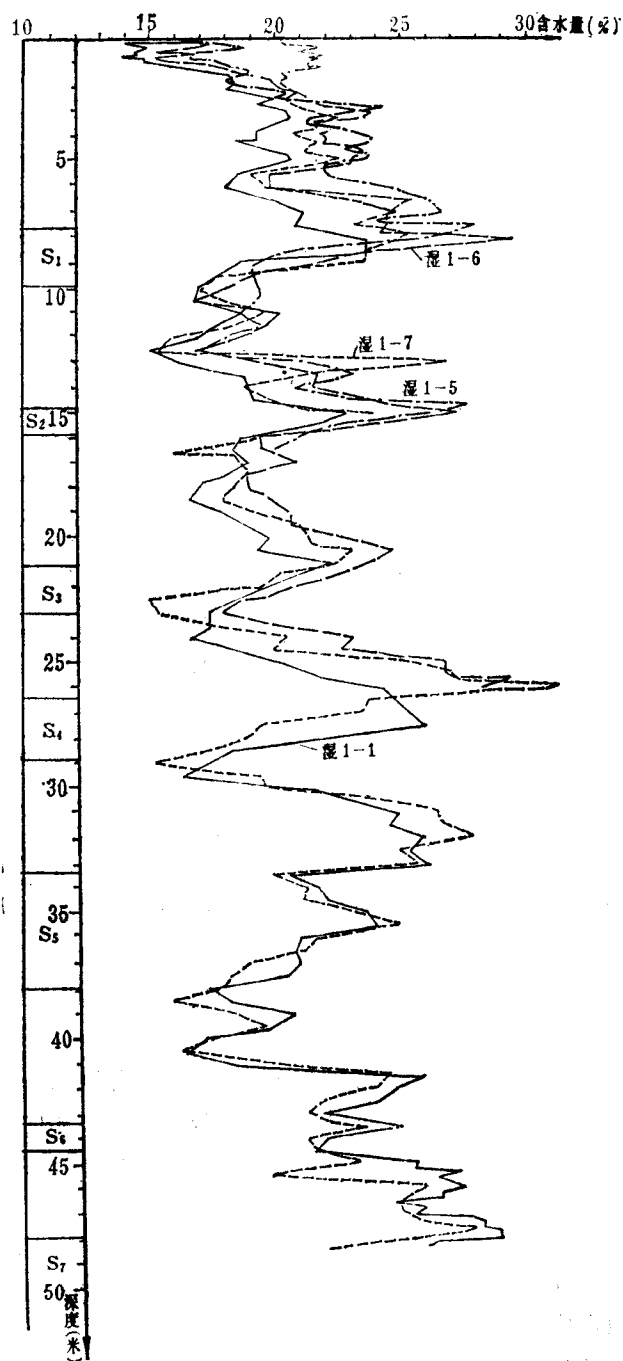


图 6 洛川腰子东包气带湿度剖面

Fig.6 The moisture profile of aeration zone of Luochuan