

中华人民共和国地质部水文地质工程地质研究所

水文地质工程地质 论文集

3

地质出版社

1959·北京

目 录

中国甘肃东部（隴东）黄土的地質特征及工程地質性質之綜合研究.....	3
中国西北黄土地区之新構造运动及其对黄土形成的意义.....	98
甘肃酒泉盆地自流水的研究.....	107
河北东部的矿水.....	133

中华人民共和国地质部水文地质工程地质研究所

水文地质工程地质 论文集

3

地质出版社

1959·北京

水文地质工程地质论文集

3

編 者 地质部水文地质工程地质研究所

出版者 地质出版社

北京宣武门外永光寺西街3号

北京市书刊出版业营业许可出字第060号

发 行 者 新华书店

印刷者 地质出版社印刷厂

北京安定门外六铺炕40号

印数(京) 1—3,900册 1959年8月北京第1版

开本 787×1092 1/16 1959年8月第1次印刷

字数 250000 印张 10 插页 16

定价(10) 1.95 元

中国甘肃东部(隴东)黃土的地質特征 及工程地質性質之綜合研究

張宗祜 胡惠民 翟榮庭 王芸生 姚足金

一 前 言

在甘肃东部,陕西西部,即六盤山以东的地区(隴东)分布着面积廣、厚度大的黃土沉积物。这个地区的工业和农业建設发展前途非常廣闊。在工业建設方面,在隴东地区將进行鉄道及水坝、水庫的工程;在农业方面,隴东黃土高原是廣大的良好耕地,所以在解决水土流失問題,兴建水利工程引水上山,改旱地为水地以后,这个地区的經濟面貌將煥然一新,大为改观。

因此本区与工农业生产有直接密切关系的黃土,是目前迫切研究和利用的主要对象。

自1956年5月至1957年底,地質部水文地質工程地質研究所的黃土研究組进行了隴东地区——西安以北,定边以南,平凉以东,宁县以西的地区內——的黃土的綜合研究,其目的是研究和闡明本区黃土沉积之工程地質性質和区域性規律,是为了配合解决本区工业、农业建設,首先是鉄道、水利工程(引水灌溉渠道,水庫水坝)及水土保持等方面的需要,并进一步考虑本区黃土的綜合利用問題。

兩年來曾兩次在这个地区內进行了野外地質勘察工作,并在室內进行了不少的分析研究和實驗室工作,采用了比較先进的工作方法和實驗方法。但是由于我們的理論水平和工作經驗还是很差,所完成的成果水平是很有限的,但是我們願意把一滴一点的看法拿出来,以便取得同志們的批評和指导,對我們的工作改进和提高是有莫大的好处的;同时我們也很希望就自己有限的力量,把得到的一点成果,尽量提供生产上来批判地使用。

在隴东黃土研究工作中,参加的有下列人員:

張宗祜、張可迁、胡惠民、高星輝、王芸生、翟榮庭、沈宗武、姚足金八人。

本文的前言、緒論、隴东地区黃土沉积之地层划分及其区域性特征,隴东黃土分布地区之地貌特征及現代侵蝕地形之发育及結論等章系由張宗祜執筆,隴东黃土分布区地下水化学成分概述一章由胡惠民執筆,隴东黃土的矿物成分及其岩石的特征一章由王芸生執筆,隴东黃土沉积的地球化学特征一章由姚足金執筆,隴东黃土工程地質性質的区域性特征一章由翟榮庭執筆。

在工作过程中并取得了鉄道科学研究所土工組、北京大学物理系、地質部矿物原料研究所化驗室光譜組,以及本所土質實驗室及水化学實驗室的积极支持和协助,我們表示衷心的謝意。

本組有关隴东黃土綜合研究的專題是12年科学规划第九項任务第15項中心問題中的研究項目之一部分,是由張宗祜負責执行的。

二 緒 論

1. 中国黄土研究之观点及方法之評述

在数千年以前具有高度文明的中国古代，对于分布非常广泛而具有与其他土类不同特征的黄土即已开发利用，并且已經辨認到它的主要特征——基本上以黄色为主的分布面积广大的土，而名之为“黄土”，以区别于其他土类。因此中国广大人民群众对黄土的利用和了解早已有丰富的經驗和知識。

但把黄土作为一个地質問題来研究，却要晚得多了。自十九世紀末以来，对于中国的黄土（尤其是西北及华北两地区）的研究工作曾有许多中外学者进行过。較早的有B.A.奥布魯切夫、李希霍芬、楊鍾健、洛采、德日进、裴文中、馬溶之等人，以后又有張伯声、刘东生等地質学家以及其他地理学家們也进行了中国黄土的研究工作。这些先行的研究者們，把“黄土”作为一个特殊的地質問題加以研究。在这一点上，是黄土研究中的很大的一个貢獻，因为这样是将“黄土”看成一个“地質名詞”，这才正确地奠定了“黄土”是“特殊的第四紀沉积物”的概念的基础，因而才显出了黄土研究中的“地質学”的方向和方法的重要性。

在上述的这些学者們的工作及著作中，可以找到他們对黄土研究之观点上的共同性，这种共同性就是以單一的地理景观和普通地質观点为出发点来看待黄土。这首先反映在对中国黄土的成因的論点上。奥布魯切夫及李希霍芬等曾以中国黄土作为亞洲中部沙漠景观的一部分——边缘部分——而提出以风的吹揚作用为中国黄土的唯一形成因素，即所謂之黄土的“风成假說”，这样的观点曾被許多其他黄土研究工作者所接受，并在此理論基础上又作了不少的論証和支持。这种論点不論在地理学家中或地質学家中都有深刻的影响，并有了非常广泛的支持者。因此在中国黄土的研究中一直到現在，許多风成說的支持者，都是在不同程度上对此假說加以补充或論証。許多年来，风成說的基本观点和內容是一直保留下来。如果說风成說自从产生到現在完全没有什么改变的話，也是不正确的，这种改变是許多学者，包括国内和国外的学者，把它更广泛地应用了，用它来解釋世界上各个角落分布着的黄土的成因。因为在某些地区，在某些程度上，黄土的地理分布位置都有与沙漠相接近的現象。

在方法上他們采取了地貌分析及一般的野外地質的方法，如野外一般岩性特征观察，地层的相对划分，古动物化石的研究等，这些方法成了数十年来中国黄土研究的主要方法，在很長時間內，在黄土研究的方法上是少有显著变化的。

解放以后，由于国民經济建設的蓬勃发展，在生产實踐中，对黄土的研究提出了新的要求，它不仅影响了研究黄土的观点和方法的发展，而且肯定了黄土研究仅作为一个單純的地質問題为目的是远远不够的，而应作为一个以生产建設为目的的工作。換言之，即單純地探討中国黄土的成因問題不能完全滿足生产的需要，必須进一步探討中国黄土的工程地質性質及其規律性。因此許多生产及研究單位进行了不少有关中国黄土物理-力学性的实验研究工作。这些工作的具体目的是直接了解黄土的物理性質及力学性質以及对工程建筑物的影响。因此將黄土研究工作大大地推进了一步，已經較以前深入于它的本質的了解及其性質的人工改造方面了。

許多学者及实际經驗都証明，黄土是非常复杂的一种土类，比起其他第四紀沉积物，

在工程地質性質方面更要复杂些。因此，不論国内、国外，数十年来（在苏联已有二十余年，在中国仅有数年）对黄土的工程地質性質的一些重要問題尙未能最終解决，其原因，一方面固然是由于它的自然性質的复杂性；而另一方面，也就是主要的，是由于到目前为止，对中国黄土研究的观点和方法存在着一些重要的缺陷，也是以前研究黄土工作中不能达到理想成果的主要原因。这些缺陷可以綜合为下列几点：

（1）在探討中国黄土成因及形成問題时，許多学者都把①構成黄土的材料来源；②黄土的形成过程；③黄土形成后的演化三个部分，分割地，单独地来研究，而即認為是黄土成因的研究；而且經常以第①部分来代替了全部的成因問題。實質上这三部分是不可分割的黄土形成不同阶段的統一过程。黄土正是在这三部分連續过程中形成的；

（2）用一种成因类型概括所有的黄土成因，这是很大的一个缺陷。正如风成說的支持者，他們把风成作用概括全国各地黄土的成因，不再仔細深入具体分析各地黄土在成因上的差異性了；

（3）对于黄土分布地区具体的地理-地質环境缺乏分析；对不同的具体的（小范围的）地理-地質环境对黄土形成的关系和影响認識不足；

（4）沒有对最新構造运动对黄土形成的关系及影响作应有的探討和分析。許多地質或地理学家們，在运用地質、地貌方法时却常常忽視了区域内的最新構造运动的作用及其对黄土形成的重要意义。这是黄土研究中的重要缺欠之一；

（5）对黄土的岩石学的研究，即其組織、結構的研究沒有給以一定的注意，絕少有人在这方面加以探討。例如，黄土的組織、結構的显微鏡的研究对于了解其物理-力学性有重要意义；

（6）对于黄土的矿物成分、重矿物、輕矿物、尤其是膠体顆粒中的粘土矿物成分及特征、性質、成因等方面的研究工作非常少，以致不能深入于黄土本質内部来了解它。而这些矿物成分，尤其是粘土矿物的成分、种类和含量，直接决定着黄土的物理性、水理性及其力学性，尤其是重要工程地質性質之一——湿陷性，也是考虑对黄土性質进行人工改良的重要因素；

（7）对于黄土的机械組成成分（顆粒組成）未能給予应有的重視，而对它的了解常限于非常概念性的認識程度上（即單純的粗、細的感觉）；而对于構成黄土的細砂、粉土及粘土顆粒的相互关系，尤其对于决定黄土岩石性質的粗粉土顆粒（0.05—0.01mm）的意义認識不足；

（8）未能从地球化学的观点和方法来探討黄土中鹽类成分、化学种类等分布規律，尤其对 CaCO_3 的含量、分布及形成未予以足够的注意；

（9）对黄土之定义及概念未曾明确起来；

（10）在黄土的工程地質性質研究中，未能以結合黄土的形成条件来探討工程地質性質的形成，而仅孤立地来闡明物理-力学性質，因而常未能对它正确了解。

上述这些意見，我們認為是今后黄土研究工作中需要积极考虑的。这样才能使中国的黄土研究工作更向前进发展一步，使它在生产建設中起更积极的作用。

2. 隴东地区黄土沉积物綜合研究之基本观点及方法

以前的地質地理工作者們在討論中国黄土問題时，也曾涉及到隴东地区黄土問題，但

大部分都限于其成因上的一些看法；而关于本区黄土的一些具体資料和系統研究分析，在1956年以前是很少的。不論在地层上、地貌上、厚度上、岩性上、物質成分上……等方面都很少有具体研究和分析。

1956年—1957年黄土研究組在隴东地区进行黄土沉积物的工程地質性質区域性規律的研究时，曾系統地利用了綜合研究方法，这种綜合研究方法是这样的基本观点为基础的。

黄土的工程地質性質的特征和其形成是直接决定于在其沉积过程中所經過的地質环境，因此研究黄土的工程地質性質必須以历史观点分析其形成之地質历史过程。具体地說，就是“通过黄土的成因及形成过程的分析，研究黄土沉积之地理—地質分布規律特征（古地理的、沉积相的、地球化学的、地层的規律性），以求闡明其工程地質性質的形成及区域性变化規律。”

在具备这样的观点同时，在方法上采用了“黄土的綜合研究法”，內容包括了野外地質工作及室内研究工作，詳細列于附表一之内。

在这里有必要对这个綜合研究法的主要部分作些补充說明：

1. 对隴东地区新構造运动的分析是結合了黄土沉积地层、地貌及地形形态演化特征来考虑的。在隴东黄土沉积中分布很廣的古土壤层是分析本区新構造运动性質和变化的重要根据之一，因为地壳运动的稳定程度和時間可以反映在古土壤的性質和厚度变化上，因此在本区的野外工作中，曾对有区域性分布的古土壤层分布的高程、地层位置、相对关系作了較仔細的觀察和分析，并肯定了本区黄土沉积地层上的不連續性；

2. 对本区黄土的不同的成因类型加以分別注意。在不同的地貌單元上分布着不同的成因类型的黄土沉积，在工程地質性質上有其差異性；

3. 本区黄土沉积之岩石組織構造、矿物成分是探討黄土的坚固性的重要依据；

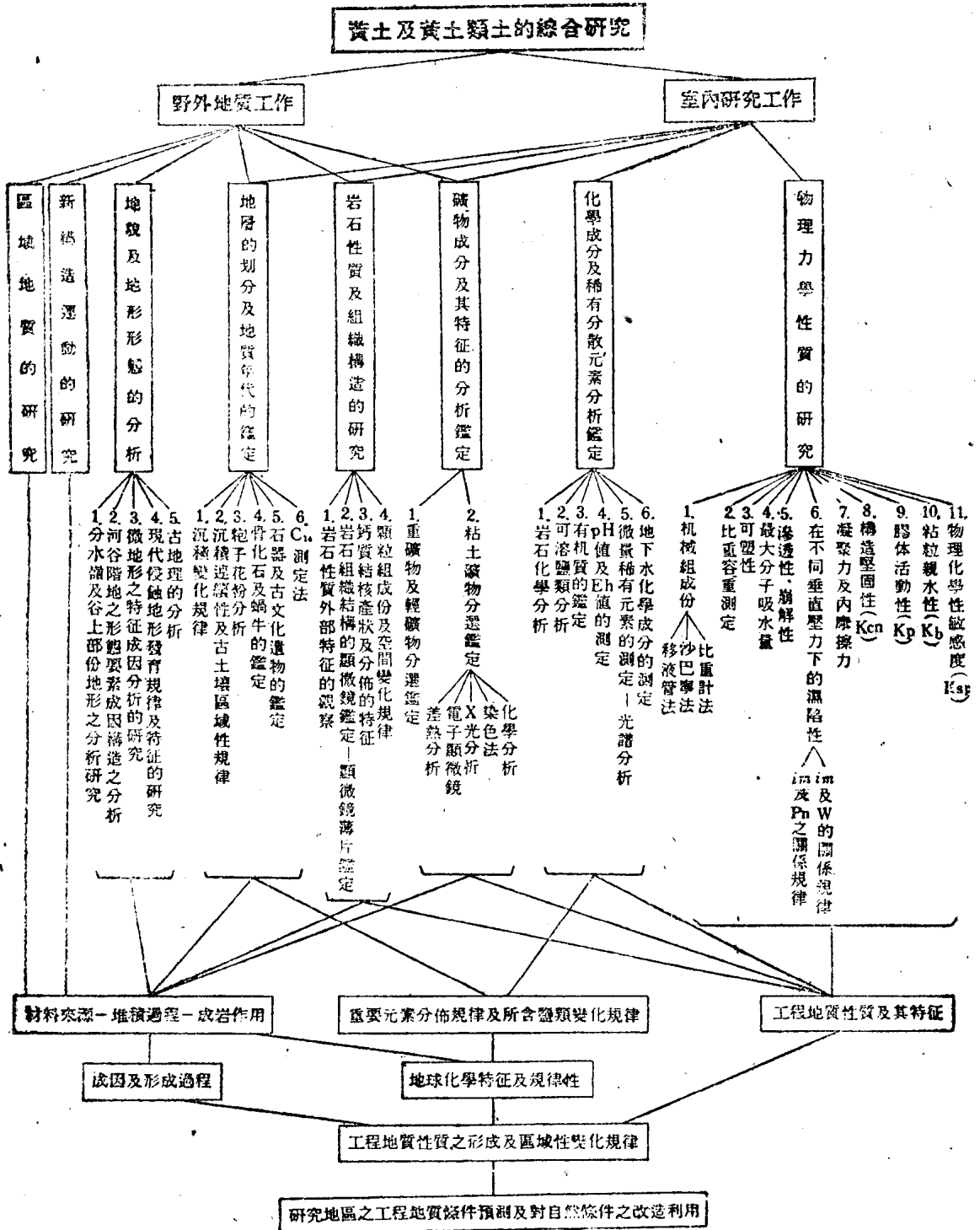
4. 黄土沉积的工程地質特征的分析研究是在分析黄土的岩石性質、矿物成分、化学成分及物理—力学性的基础上进行的。單純的物理—力学性的实验資料，仅能給以局部的概念，而不能給予关于其工程地質性質的全面了解；

5. 对于黄土沉积的成因和形成是在分析其材料来源、堆积过程及堆积以后的成岩作用及演化过程的基础上来探討的，而以黄土沉积的成因和形成及其地球化学特征，以及黄土沉积的工程地質性質的分析資料，綜合地来探討并闡明本区工程地質性質之形成及区域性变化規律；

6. 研究本地区黄土的工程地質性質的区域性規律的最終的——实践的目的就是为了闡明本区区域性工程地質条件，以及針对在本区进行的水利工程、鉄道、水土保持等工程中將遇到的地質問題及应采用的工程措施提出初步意見，并为今后在本地区內进行的其他工程建設中的工程地質勘察工作奠定基础，以求減少今后工作中的投資及時間。

显然本区的黄土沉积物的工程地質性質的研究尚需繼續深入，許多問題尚有待进一步地探討，在今后的工作中我們認為对本区黄土工程地質性質中的最主要的特性——湿陷性尚需要更深入一步来研究，在观点和方法上应积极在其岩石性質及膠体化学性質的分析基础上来研究黄土的湿陷性与其構造結合性的关系。而这一点也正是現在我們工作中尚未能涉及的，也是工作中的缺点。

表 1



3. 黃土名詞定义的討論

到現在为止，关于黃土的名詞定义，还是一个爭論的問題，虽然很早以前就有許多學者研究黃土，但是对黃土的定义並沒有能相应的解决，而在長时期內認為黃土仅是黃色为主的粉土狀岩石，具有虫孔和植物根，含得石灰質成分。但是由于黃土的研究愈来愈深入，而且黃土的实用意义也愈来愈廣，使得这种非常一般性的概念和定义，不能适应黃土的研究工作的发展，因此不少的學者們都有了自己的見解。由于各人的見解不同，而产生了新的問題，也就是說对于相同的物質可能被不同的學者給以不同的名詞，而对不同的物質也可能被一些學者称之为同一名詞，所以黃土的名詞和定义就比較复杂了。就現在我們常听到和在文献中見到的有关黃土的名詞有下列一些：例如，黃土，紅色黃土，石質黃土，新黃土，老黃土，黃土狀土，黃土类土，类黃土，砂黃土等。

至于黃土的定义，仍然是一个意見很多的問題，苏联的學者們，Ю. М. 阿別列夫曾經以这样的內容給黃土下了定义：

1. 以粉土顆粒为主要組成分，主要顏色为黃色；
2. 有肉眼可見到的大孔構造及垂直的小管，孔隙率較高；
3. 有腐植根的遺跡，并含有碳酸鈣成分，遇鹽酸則起泡，含有鈣質結核；
4. 在天然剖面上，常形成垂直节理。

凡是具备上述的全部特征时，則称之为黃土，如缺少上述特征之一者，則称之为黃土类土。

阿別列夫对黃土所下的定义，在研究黃土的性質中，起了很大的积极作用。因为他給黃土以比較明确的概念。但是日愈发展的科学，对这样的黃土定义感到不足，因为在許多情況下，仍然不能滿足人們的需要。这个定义內容上还有許多缺欠之处，不能十分准确地来确定黃土的特征，因此另外的一些學者又提出了許多不同的見解。例如，有人認為湿陷性应当也是黃土与黃土类土相区别的重要指标，認為黃土有湿陷性，无湿陷性的但具有黃土的一般特征的，应属于黃土类土；另外也有些人認為黃土的定义应根据其顆粒成分中“粗粉土顆粒”的百分率来定，凡是粗粉土顆粒（0.05~0.01 mm）的含量百分率在 50% 以上者，称之为黃土，在 50% 以下者称之为黃土类土。根据黃土的顆粒成分中，細砂粒（0.25~0.05 mm）及粘土粒（<0.005 mm）的含量的变化，黃土类土可以分为：黃土类亞砂土（細砂粒較多），黃土类亞粘土（粉土粒 0.05~0.005 mm 較多）等。

在研究隴东黃土的工程地質性質时，我們認為首先应明确并統一在本区廣泛应用的黃土沉积物的名詞和定义，这样才能使我們对客觀事物有統一的認識和共同的語言。我們認為黃土的名詞与定义內容，只有当它能全部反映黃土这个客觀事物的外部特征和內部性質，并且能比較明确区别于其他土类时，才是正确的定义。我們認為單純的外部特征，如顏色、構造和产狀，尚不足以明确其定义，而另一方面單純的以顆粒成分为主要标志，不考虑其他方面，也是不很全面的。我們对于所研究地区（隴东）的黃土沉积物是以这样的定义內容来定其名詞的：

1. 外觀顏色均以黃色为主，如灰黃、褐黃等顏色；
2. 成岩作用程度較低，可用眼睛見到大的孔隙，而且孔隙率較高，約在 45% 以上，岩性較松軟，天然固結压密程度不高，大孔隙有兩種：其一为沉积时及成岩作用过程中所形成

的原始構造；其二為生物（動、植物）的破壞作用所成，這一種多為管狀或其中充填以鈣質泥質或方解石類物質；

3. 顆粒組成分以粉土粒（0.05—0.002mm）為最多，常在60%以上或達80%左右，而粉土中以粗粉土粒（0.05—0.01mm）為主，即其含量在50%以上，並且不含>0.25mm的顆粒；

4. 富含碳酸鈣成分，遇鹽酸起泡。碳酸鈣有三種存在方式：其一，以膠結物狀態存在，成為顆粒之間的膠結物；其二，以礦物顆粒狀存在，如方解石、白云石之結晶顆粒；其三，以結核狀存在，成圓形、長條形，或厚層狀鈣質結核；

5. 具有程度不同的遇水濕陷之特徵，換言之即具有濕陷性；

6. 體積重（容重）比較小，一般在1.5—1.6左右。

我們的意見，認為凡是具備上述特徵的黃土沉積物，均可稱之為“黃土”，而不完全具備上述特徵，尤其是顆粒成分中粗粉土之量小於50%，容重大於1.7以上，或沒有濕陷性，或不含碳酸鈣成分的，外部特徵近似“黃土”的，稱之為“黃土類土”，而根據其顆粒成分，黃土類土可分為：黃土類亞砂土，黃土類亞粘土，黃土類重亞類土。在隴東地區主要的黃土沉積是：“黃土”“黃土類亞粘土”及“黃土類重亞粘土”。

這樣的定義和定名有下列的優點：

1. 比較明確地將性質不同的黃土類沉積物正確的劃分開，便於區別；
2. 明確地反映出黃土及黃土類土的基本性質及其差異性；
3. 這樣的定義和定名，亦符合於地層劃分，及反映岩石性質和成分；
4. 這樣的定義符合於沉積物的成岩作用的基本規律和方向；
5. 更重要的是其實用意義，即明確地反映出了其工程地質性質和建築條件；
6. 這樣的定義和定名可以使用於較廣泛的區域內。

當然這種定義的內容還是會有不少缺點的，也是在今後黃土研究工作中需要進一步深入考慮和修正的，為了統一概念，便於使本研究地區的工作便利，故首先提出自己的意見來。

但是黃土的定義還需要更進一步地廣泛討論。

在本文中所引用的“黃土”將是具備上述定義中的全部特徵；而引用的“黃土類亞粘土”，將是具備上述定義內容中一大部分特徵，而不是全部特徵，在地層上是屬於中第四紀（ Q_{II} ）時代的；引用的“黃土類重亞粘土”，將是下第四紀（ Q_I ）時代的，在岩石特徵上與 Q_{II} 黃土類亞粘土亦有所不同。

三 隴東地區黃土沉積之地層劃分及其區域性特徵

關於中國黃土沉積的地層劃分問題，長時期以來，在許多地質、地理以及土壤工作者之間還存在着很大的分歧。不同的學者和工作人員在根據他們自己工作的地點和收集到的資料，對於黃土沉積物地層的劃分對比有不同的見解；而這些不同的見解對黃土區域性地層的概念尚不一致，因此直接或間接都給解決黃土問題帶來不少的困難。這主要是由於在研究中國黃土問題中非常缺乏比較明確統一的地層劃分及對比所致。

但是必須要指出，近幾十年來國內外的學者，尤其是國內的新生代研究的學者們，在

研究中国黄土問題时，对黄土的地层的划分曾有过非常重要的贡献，也为今后解决这方面問題奠定了科学基础。

十九世紀末，二十世紀初期，李希霍芬在提出中国黄土沉积厚度达 300 余公尺以上的論点时，并未提出黄土地层划分的概念，而仅把第三紀末及第四紀全部的沉积，統称为黄土而不再加以区分。二十世紀初期，奥布魯切夫院士发表的关于中国西北地区黄土的著作中，已注意到黄土沉积的地层上的划分問題，并引用了中国地質学家們的地层划分意見，而归納为下列四层：

1. 紅色粘土：含三趾馬化石，属上新世，为不成层的紅色粘土及亞粘土；
2. 三門系或紅色黄土：属上上新世，由紅色或淺紅色黄土組成，含有砂礫石层，有急流相，湖-河相及风成沉积；
3. 黄土层或黄色黄土：属中或上更新世，不成层的黄色黄土夾有結核层；局部有急流相，湖-河相沉积（为礫石层）及成层的黄土，为风成沉积相；
4. 現代黄土堆积：主要为风成黄土，亦有成层的湖-河相及急流相沉积。

1927年德日进及桑志华根据山西汾河地区的資料，將位于第三紀紅土层之上的黄土沉积划分为：下部紅色黄土及上部黄土。認為紅色黄土或称为紅色土相当于三門系沉积，是为第三紀紅色土之次生堆积及风成堆积。

1930年楊鍾健及德日进，根据山西西部、陝西北部的黄土期前地层的观察又进一步將紅色土层划分为A,B,C三层：即

下部：A层，較紅色，属上上新世；

中部：B层，相当三門系；

上部：C层，近似黄土，相当周口店期。

在紅色土之上沉积着黄土，是为馬蘭期，为风成沉积；馬蘭期以后的黄土堆积則为次生之再沉积之黄土。

1955年苏联科学院地理研究所格拉西莫夫院士在中国作地質旅行訪問期間，曾在西安一西峯鎮間对黄土沉积进行观察，根据格拉西莫夫的意見，西北地区的黄土沉积可分为下列之层次：

1. 最下部为淡色成层的砂层等組成的复杂岩层及紅褐色重粘土，相当于三門系时期的沉积；
2. 中部为淡紅色黄土，为“岩狀黄土”，相当于周口店期沉积；
3. 上部为黃褐色黄土，相当于馬蘭期沉积。

在馬蘭期黄土沉积之后，則有河谷再沉积黄土，是为現代的沉积。1956年中国科学院地質研究所刘东生，在他所作的一次报告中涉及到陝北、山西东部黄土沉积地层問題时，曾把黄土沉积划分为二层：其一为“新黄土”，相当于馬蘭期沉积，其二为“老黄土”，相当于馬蘭期以前的沉积。“老黄土”之名詞早在二十世紀初期曾被奥布魯切夫院士使用过，但后来未曾广泛被应用。

如上所述，显然关于黄土沉积之地层的划分不論在方法上与观点上还都存在着不少分歧，以致至今尚未能有一系統而全面的划分方法与区域性地层对比的原則。在我們研究關东地区的黄土沉积物时，不得不对地层的划分及其区域性特征进行較仔細和多方面的探討。1956及1957年期間，在进行大面积的区域性野外观察及重点地区地层剖面的实地測量的基

基础上确定了本区黄土地层的划分。

地层划分的原则如下：

1. 根据岩性特征的差异：主要为颜色、机械组织成分、容重、显微镜下的组织结构、坚固程度（或成岩作用程度）、风化状态等；
2. 根据埋藏的古侵蚀面（剥蚀面）；
3. 根据所夹古土壤层的特征；
4. 根据所含陆生蜗牛化石之形态变化及石化程度；
5. 根据地貌分析。

黄土沉积区域性地层对比的最重要的依据是古土壤层及古侵蚀面。

依据上述原则，我们将隴东地区的第四纪沉积物——黄土沉积地层划分为下列四组（表2）：

隴东黄土沉积地层划分

表2

組別	地質符号	主 要 特 征	厚 度
第四組	Q _Ⅳ	成分較杂，下有砂礫石层之冲积黄土类亚粘土、亚砂土及坡积、重力堆积之黄土类亚粘土	40公尺左右 (最小为数公尺)
第三組	Q _Ⅲ	灰黄或浅褐黄粉土質富含CaCO ₃ 盐类及鈣質結核的黄土，夹有7~13层古土壤层（为栗鈣土型）	一般在100公尺左右
第二組	Q _Ⅱ	浅棕黄，无大孔結構，較坚实，无层理，富含鈣質之黄土类亚粘土	一般为60~70公尺，最厚可达100余公尺
第一組	Q _Ⅰ	浅紅色，有黑斑，富含鈣質，坚硬，无层理之黄土类亚粘土及河流相砂礫石层	一般为40~50公尺
基岩	白堊紀或侏羅紀、第三紀	地层多水平产状分布	

(I) 第Ⅳ組Q_Ⅳ：为冲积、坡积、重力堆积等形成的黄土类土为灰黄，浅褐黄，多大孔，机械成分略較多細砂顆粒，主要分布于河谷内，構成河谷阶地；下部有冲积砂礫石层。在近六盤山及永寿梁等山地一带，分布有坡积、冲积扇之黄土沉积，厚度由数公尺至40~50公尺。

(II) 第Ⅲ組Q_Ⅲ：为以灰黄色为主，多大孔隙、粉土質、富含碳酸鈣鹽类及鈣質結核的黄土。中間夾有6~13层古土壤层，古土壤层厚1~2公尺（亦有达5~7公尺厚者），棕紅色，为由黄土母質形成之栗鈣土型之土壤层；层下有大小不同、形狀不一之鈣質結核。古土壤层的存在將第Ⅲ組黄土分隔成数层不等，每层之厚度所見各地不一，一般为8~5公尺，亦有小于5公尺（2公尺）或大于8公尺（15公尺左右）的，本組全部厚度由50公尺（在四級阶地区域内）到110公尺（分水嶺地区）。

(III) 第Ⅱ組Q_Ⅱ：为微棕紅色、无大孔、較坚固、无层理、富含碳酸鈣鹽类及鈣質

結核（大型）、不含古土壤层、以及成分較細的黃土类亞粘土。在冲沟內其风化常呈片狀剝蝕面，与第Ⅲ組为不連續沉积。厚度由20~100公尺，一般为60公尺。

（Ⅲ）第Ⅰ組 Q_1 ：为淺紅色、无大孔、有黑斑、坚硬、容重大、非常富含碳酸鹽类、有时夾厚层鈣質結核层之黃土类重亞粘土或黃土类粘土。其机械組成分仍以粉土为主，但显然粘土顆粒之含量較前数组黃土沉积物为多。本組內富含泥化（或粘土化）之陆生蝸牛化石，其外壳已不保存，全部被粘土物質所置換，蝸牛体积亦比第Ⅱ、第Ⅲ組者为大，本組之下部常富含鈣質，而成为鈣質层，厚可达1~3公尺余。在涇河及其主要支流兩岸，在第Ⅰ組黃土类重亞粘土层之下，常有厚度不等（数公尺至40~50公尺）的河流相冲积砂礫石层；砂礫石层为鈣質膠結，膠結良好，若礫岩狀，其产狀及特征、成分，在各地所見均不甚同。本組厚度由20公尺达100余公尺。本組与第Ⅱ組之間有古剝蝕面存在，二者为不連續沉积。

在所研究的地区內，上述划分的地层有显著的区域性特征及变化規律，这些特征及規律是：

1. 第三組地层 Q_3 內所含的古土壤的数目有一定变化規律，
 - a. 在近山地及山麓地帶（如六盤山南段及永寿梁之东西延長部分）数目較多，在远离山地，或向盆地中心部分，則数目較少，但在六盤山中段以东古城至白楊城一帶，未見古土壤层之存在；
 - b. 在靠近与古剝蝕（ Q_2 以后的）的低地相重合的現代冲沟附近所見到的古土壤数目較少，而在分水嶺地区則数目較多；
 - c. 在河谷第四級阶地范圍內所見之古土壤的层数較少且間隔（层間間距）較小；而在分水嶺地区，古土壤間隔較大，間距变化也很大。
2. 第Ⅲ組 Q_3 內所夾古土壤层之厚度有一定变化規律，一般均为1.5~2公尺。在永寿梁以北地区內，第五层古土壤（自上面計起）为最厚，达5~7公尺（偶有达9公尺者），由三层古土壤組成，中間不夾或夾很薄（1公尺左右）之黃土层；
3. 第Ⅰ組 Q_1 沉积的厚度有一定的变化規律，近山地（六盤山、永寿梁等）厚度增加，向盆地內部厚度变小，河谷区內最薄，其成分亦依其所位之地貌区之不同而有变化；
4. 全部第四紀沉积物——黃土类沉积物之区域性变化与本区地貌特征有密切关系，总括起来講，可分以下几区：
 - a. 永寿梁以南地区：第Ⅰ組沉积极不发育，第Ⅱ組沉积厚度亦不大，第Ⅲ組沉积厚度約在80公尺左右，夾有7~8层古土壤，而其中以第三层（自地表算起）厚度最大，为4公尺，系由二层古土壤組成；
 - b. 永寿梁以北，六盤山以东（古城、平凉以东），枸邑以西，三組沉积物之总厚达250公尺左右，自三岔以北总厚度可能增加达300公尺，第Ⅲ組沉积內含8~13层古土壤，其中以第五层最厚（5~7公尺）；
 - c. 六盤山山区內（古城、平凉以西），黃土沉积物为冲积、洪积层及坡积物，不含古土壤。为零散分布，面积不廣；
 - d. 枸邑以东，在子午嶺一帶，可能在基本特征上与第二区相同，但古土壤之数目增多，第Ⅰ組沉积增厚，但本区由于缺乏实际資料尚难断言。

显然隴东地区黃土类沉积物之地层的区域性变化与本区之地貌有关，首先与本区内分

布着的山地有密切关系。

为了进一步阐明各层黄土类沉积物之区域性特征，在下面我們將分別闡述各組沉积在本区各地分布情况及其特点。

第 I 組 Q_I ——淺紅色黃土类重亞粘土及砂礫石层

1. 永寿梁以南地区：黃土类重亞粘土为淺紅色，湿时呈深紅，而干燥时为淺紅，且非常坚硬，显然其机械組成分含有多量粘土顆粒。此沉积物在永寿梁以南的地区內分布并不廣，厚度亦不大，一般仅在河谷兩側下部出露，所見厚度均不大，在永寿县旧城附近，黃土类重亞粘土层出露于分水嶺上較高的高程，厚度亦有增加。总的看来，第 I 組地层在永寿梁以南乾县以北的地区之內，其厚度为数公尺（永寿新址附近陕西省水利厅的鑽孔資料为 3~5 公尺），向北逐渐加厚：在木林关附近，河谷內（木林关沟）所見之 Q_I 淺紅色黃土类重亞粘土厚度为 15 公尺，而其上复以晚期（ Q_{II} 或 Q_{III} ）的冲积礫石层，在永寿旧城附近 Q_I 重亞粘土层厚度可增至 30 余公尺，內夾有巨型鈣質結核，成层分布。但在永寿梁上部尚未观察到这层沉积物的分布情况。

2. 永寿梁以北，六盤山以东之地区：

（1）太峪鎮附近：太峪鎮位于永寿梁北坡之下，太峪河（涇河支流）左岸。此处所見第 I 組（ Q_1 ）的沉积物由厚层之砂、卵石层及淺紅色黃土类亞粘土层所組成。

砂卵石层構成本組下部，直接不整合于白堊紀礫岩层之上，最下为鈣質膠結。膠結程度較好之卵石层夾有薄层扁豆狀含小礫石之亞砂土，礫石及卵石之大小一般在 3~5 公分，大者达 10~20 公分。圓磨度較好，无稜角，大小成分混杂，分选程度較差。此层厚度达 14 公尺。

砂卵石层之上相繼以砂礫石层及亞砂土层之互层。砂礫石层之厚度均在 3~5 公尺，亞砂土层厚度均在 1~2 公尺左右。总的看来，自砂层而上，礫石、卵石直徑逐漸变小、变細，亞砂土层为鈣質膠結，自下而上，逐渐变为亞粘土层，亦富含鈣質。此砂卵石夾亞砂土、亞粘土之薄层之沉积总厚度在此处为 60 公尺余。礫石、卵石均为花崗岩、石英岩、石灰岩、变質岩，取材于白堊紀礫岩层，在砂卵石沉积之上为由淺紅色亞砂土逐渐变化成为淺紅色亞粘土层，質地均匀較細。再上則为第 I 組（ Q_2 ）之沉积。

（2）邢县大佛寺附近：在涇河左岸（大佛寺对岸）所观察到的出露的第 I 組（ Q_1 ）地层是由兩部分組成：

上部：淺紅色重亞粘土，夾有 4~6 层鈣質膠結成的結核层，或呈鈣化之粘土层（即原来之重亞粘土，被富集之鈣質所置換）。重亞粘土有鉄錳黑斑，坚硬，无层理，厚度为 30 公尺。

下部：为砂礫石层夾薄层淺紅色重亞粘土薄层 1~2 公尺。砂礫石层最下部为有交錯层構造之細砂层及礫石层；其上为顆度均匀、主要为石英粒、有鉄質顏色之砂层，再上为亞粘土层及有交錯层之砂层。全厚为 20 公尺。

在此处第 I 組（ Q_1 ）之厚度为 50 公尺，其上以不連續沉积之关系复以第 II 組沉积物。

（3）栒邑附近（涇河与三水河之間的分水嶺）：在涇河与三水河之間的分水嶺上，南头村附近所見到的第 I 組沉积物厚达 85 公尺，亦由兩部分組成。下部为厚 40 公尺之礫石

层夾薄层扁头狀淺紅色亞粘土，内含泥化陆生蝸牛化石。砂层为鈣質膠結較好的中粗砂粒組成，在与砂层成互层的淺紅色重亞粘土层中常含有淺紅色砂层透鏡体及礫石层薄透鏡体。最下部为礫石卵石层，卵石直徑大者为15~20公分，以石灰岩为主要成分，其次为紫色砂岩、石英岩。此礫石层直接不整合于水平产狀之侏罗紀黃綠色砂岩层之上。

第I組(Q₁)沉积之上部为紅色重亞粘土，有鉄錳黑斑，坚硬，含泥化陆生蝸牛，无层理，厚度为45公尺；其上以不連續沉积关系复以第II組(Q₂)地层。在此处所見之第I組沉积，在下部，在水平方向內，砂礫石层与紅色重亞粘土显示有交叉沉积現象。总的看来是向下砂礫石增多，向上亞粘土增多。

在靠近三水河河谷地区(野鷄紅)，第I組(Q₁)沉积总厚仅有25公尺，全部为淺紅色重亞粘土层，而砂礫石层并不存在。

(4)長武附近地区：在涇河与黑河之間的分水嶺的东南端，飲馬沟一帶所見的第I組(Q₁)沉积为淺紅褐色重亞粘土，有黑色鉄斑，質地均匀而細，无层理，較坚硬，遇鹽酸則强烈起泡，向下顏色漸变較深，并含有小形(黄豆大小)鈣質結核。在本层之下部，鈣質成分分布不均匀，鈣質多則亞粘土呈黃白色，含有泥化陆生蝸牛，其上部有剝蝕面而复以第II組(Q₂)之沉积，其下直接不整合于水平产狀之侏罗紀黃綠色砂質頁岩之上，此外Q₁重亞粘土之厚度为52公尺。

在涇河与黑河間分水嶺之中部地区所見之第I組(Q₁)沉积，在長武小东庄附近之厚度为50公尺，全部为淺紅色重亞粘土，非常坚硬，无大孔結構，无层理，内含分散之中型直徑(3~5公分)鈣質結核，最下部与基岩接触处有一层厚达1.0公尺之由鈣質結核相互膠結而成之結核层，下复基岩为侏罗紀黃綠色砂質頁岩。在重亞粘土上有剝蝕面，上复以第II組(Q₂)沉积。

在長武地掌村附近及長武—西峯鎮公路上后岩里村附近(靠近涇河支沟)，第I組地层中在淺紅色重亞粘土之下出現有砂礫石层。在地掌为15公尺厚，在后岩里一帶在淺紅色重亞粘土层內(下部)有六层鈣質粘土层，为重亞粘土富集鈣質成层狀，但并非次生再沉积之下即出現亞粘土与鈣質膠結之砂层透鏡体之交錯层，而在与基岩接触处为一层具交錯层構造之鈣質膠結砂层，在此处亞粘土层厚55公尺而砂层厚25公尺，出露于窑店附近的Q₁重亞粘土层，厚度为40公尺。

于涇川罗汉洞附近(涇河兩岸)出露的Q₁紅色重亞粘土层厚达45公尺，在中間夾有一层厚1公尺余之砂礫石层(粒度由0.5~7公分)，在水平方向內此砂礫石层厚度增加至5公尺，呈透鏡体狀，Q₁重亞粘土直接复盖在水平产狀之白堊紀罗汉洞砂岩层上。

自涇川向西，Q₁沉积之厚度逐漸增加，在涇川二十里舖一帶分水嶺地区，Q₁厚达100公尺，未見有砂礫石层，在白水鎮一帶分水嶺地区，Q₁厚层为75公尺有余，其中夾有厚5公尺之砂礫层(礫石为石灰岩、砂岩、石英岩等)。

在平凉三十里舖附近分水嶺区所見之Q₁重亞粘土夾砂礫石层沉积总厚达80余公尺。

在平凉以西高家山之山坡上亦出露Q₁淺紅色重亞粘土，厚度在100公尺以上，其底部界限未見到。在高家山所观察的Q₁沉积有如下的特征：最下部为紅色重亞粘土，坚硬，質地均匀，揉碎后有砂質感觉，內部有黑斑，湿时較紅。向上仍为淺紅色重亞粘土，但含有粗砂顆粒，成分为石英，再上則于重亞粘土中含小礫石，成分为石灰岩、石英岩等，呈分散狀，再上則亞粘土質地較細，但含少量分散之小石英顆粒(2~3公厘)，且富含鈣質成

分，形成大型之鈣化粘土体块。本层中含有泥化陆生蜗牛化石，在此层之上复以近期坡积及殘积物（黃土类亞粘土）。

在靠近六盤山山边地帶，如平涼， Q_1 沉积上部常被侵蝕而后再堆积晚期之冲积黃土类亞粘土及冲积砂礫石层。

在茹河上游，六盤山东部山前地帶古城附近出露的 Q_1 沉积为一复杂的砂卵石层夾淺紅色重亞粘土层之沉积物。砂卵石层由鈣質膠結，坚固不易击碎，礫石及卵石为半磨圓，多稜角之白堊紀黃綠色頁岩、紫色砂岩，偶有石英岩及角礫岩，直徑一般为 1~4 公分，大者达 10 公分，其中所夾之砂层中亦含有小礫石，为灰綠色頁岩構成。砂卵石层之上出露淺紅色粘土层，質均匀，塑性較大，遇鹽酸起泡微弱，粘土中亦夾有小礫石层，总厚約 14 公尺（出露厚度）。古城以西，在黑家沟湾一帶見有膠結很坚固之砂卵石层与淺紅色粘土层相間的沉积物，出露厚度 10 公尺余，亦为 Q_1 之沉积。在古城以东，沿茹河向下游，在刘家高庄、店子洼一帶，亦出露了 Q_1 紅色重亞粘土层，其中含有泥化陆生蜗牛及鈣質膠結之砂卵石层，此砂卵石层出露之絕對高程在上述諸地点显然不同，总之是自西向东有显著傾斜（黑家沟——1675 公尺，古城——1640 公尺，刘家高庄——1600 公尺，店子洼——1545 公尺，黑家沟至店子洼約 10 公里之距）。

但在古城以北，六盤山山边（干海子）所見之 Q_1 沉积則具有如下之特征：在与第三紀（紅色砂岩、泥岩等）基岩接触处所見之 Q_1 淺紅色重亞粘土，坚硬，无大孔，但夾有角狀粗砂細脉及薄砂层、礫石等，其中大者可达 30 公分，为白堊紀岩石，亦有第三紀礫岩及泥岩所構成之卵石（图 1），向东則亞粘土成分变均匀，富含泥化陆生蜗牛化石。

在白楊城附近（茹河中游）及王家原附近，沉积完全为紅色重亞粘土层，但其中夾杂分布很紊乱、无层次及无一定排列、大小不一、圆磨度不好的块石及卵石，其直徑大者可达 1 公尺余，一般为 10~20 公分（照片 1, 2），成分大部为奥陶紀灰黑色、灰白色石灰岩，此层厚度約为 20 余公尺。

在开边及鎮原附近（焦家渠）， Q_1 重亞粘土的沉积厚度均在 50 公尺左右。在岩性上与以前所述之長武、涇川等地者相同，但在該二地点所見之重亞粘土层之下部有富含鈣質成分之現象，使亞粘土成灰白淺紅色（如开边），或青灰发白色（焦家渠、交口河支沟内），坚硬異常，有如层狀，但显然非次生再堆积之物，在焦家渠沟内此层产有骨化石（尚未鑑定）。

在肖金鎮一帶所見 Q_1 沉积仅 23 公尺，在紅色重亞粘土之下有薄层（2~3 公尺）砂礫石层。在肖金李田村附近， Q_1 重亞粘土层厚 42 公尺，在宁县附近（近馬連河河谷右岸），未見有 Q_1 之沉积，在此处 Q_2 沉积直接复于基岩之上。

西峯鎮附近亦有 Q_1 紅色重亞粘土层之出露，岩性亦同于前者，但所观察之剖面中均未能見到其底部，故其厚度不詳。

在西峯以北之地区内， Q_1 重亞粘土层出露之高程逐渐升高，但均由于其底部未能完全出露，厚度多难測定，仅观察到在鎮原一帶 Q_1 重亞粘土厚約 10 公尺左右，在城子楊家一帶厚約 90 公尺。至于馬連河以东之地区， Q_1 沉积的分布情况，因缺实际資料故难作論述。

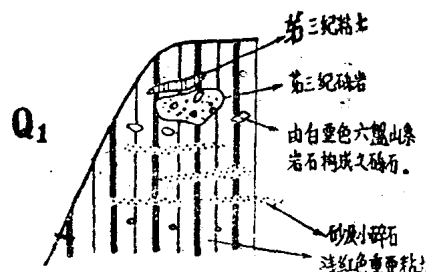


图 1. 干海子附近 Q_1 之剖面