

中国地质学会
第四纪冰川及第四纪地质专业委员会

会 讯

2

一九八四年
天 津

目 录

全国黄土及黄土区应用地质学术讨论会在西安召开

开幕词.....	(1)
关于黄土的基础地质学问题的综合发言.....	(2)
关于黄土工程地质和黄土区环境工程地质的综合发言.....	(7)
黄土区的几个水文地质问题.....	(16)
黄土基础地质问题讨论小结.....	(19)
黄土区的环境地质问题讨论小结.....	(22)
黄土工程地质问题讨论小结.....	(24)
黄土区水文地质问题讨论小结.....	(27)
“黄土微结构研究”专题讨论会简况.....	(29)
闭幕词.....	(29)
短 评 一次很好的学术讨论会.....	(31)

* * *

孙殿卿教授到桂林作学术讲演.....	(33)
甘肃地矿局第二水文地质大队正确估计祁连山摆浪河水库坝基地质.....	(34)

* * *

评 论 评施雅风先生著“庐山山麓第四纪泥石流确证”一文.....	(35)
外 事 应地质矿产部的邀请联合国教科文组织 地学处处长来我国访问.....	(36)
报 导 联合国教科文组织地学处处长V·西勃拉瓦到 天津地质研究所访问.....	(37)

“全国黄土及黄土区应用地质学术讨论会”

开 幕 词

王 永 炎

各位领导、各位来宾、全体与会代表同志们：

盼望已久的“全国黄土及黄土区应用地质学术讨论会”在上级领导的重视与关怀下，在全体与会同志的热情支持下，经过筹备组全体同志较充分的准备和辛勤劳动，今天，在古都西安隆重召开了。此时此刻，我们大家的心情都是十分激动的，特别是在全国各行各业奋力实现“四化”的热潮中，召开这样一次学术讨论会，意义将是深远的。

我国北方是世界上黄土分布最广、厚度最大、地层最完整的地区，中国黄土的研究，受到了国内外地质、地理及土壤界的高度重视。新中国成立以后，随着黄土区工农业建设的迅速发展，黄土的研究工作得到了广泛深入的开展，科学研究、生产建设、高等院校等有关单位，对黄土地貌、地层划分、物质成分及结构特征及工程地质性质等方面都进行了深入的研究。特别是三中全会以来，由于黄土研究中新的地质发现及新方法、新技术的应用和引进，在黄土基础理论与黄土应用地质学方面有了新的进展与突破，积累了不少宝贵资料。通过对近年来所取得的这些科研成果的总结与讨论，进而为开创我国黄土基础理论与黄土应用地质学研究的新局面，为黄土区工农业建设的发展奠定良好的基础和提供科学信息，为开发大西北的宏伟目标作出贡献是我们这次会议的主要目的和任务。

这次学术讨论会是由中国地质学会第四纪冰川及第四纪地质专业委员会与陕西省地质学会联合主办的。参加这次会议筹备工作的单位主要有：地质力学所、西北大学、西安地质学院、陕西省综合勘察院、电子工业部勘察公司、陕西省地矿局及国家有色金属总局西安勘察公司。在这里我代表专业委员会及陕西省地质学会及全体与会代表向上述单位及参加筹备的同志表示衷心地感谢。

代表同志们，这次学术讨论会会议地址选在西安不是没有道理的。众所周知，西安地区地处黄土高原南缘，黄河中游地段，这里是我国黄土主要分布区，黄土区的古生物，古人类及古文化遗迹丰富，除此之外，分布在黄土区的历史名胜引人注目。正是由于这一点，西安地区具备了得这个得天独厚的有利条件，并吸引着国内外许多黄土研究者。除了研究单位较多，人员集中外，黄土地层研究程度相对较高，这是开好这次会议一个不可多得的条件。

截至目前，大会共收到论文摘要120余篇，其中主要包括黄土地层学与年代学，黄土的古气候与黄土区的古生物，黄土地貌与黄土成因、区域黄土与黄土成分与结构、黄土

工程地质, 水文地质与环境地质等, 内容丰富, 基本反映了我国黄土研究的现状, 具有较高水平。

为了把这次学术讨论会开得生动活泼, 使代表同志们能够通过学术交流, 在全面阅读资料的基础上, 结合自己专业特点与研究方向, 就某几个问题展开深入讨论, 以便提出问题, 深入讨论, 希能获得深入一步的认识。我们在会议日程和内容上也作了一些改进, 大会将在重要学术报告和综合发言后, 在分组会上不一一宣讲论文, 而是按照论文摘要内容和性质分为: 黄土基础地质, 黄土区环境地质, 黄土区工程地质, 黄土区水文地质等四个专题组就某些重点问题展开讨论, 重点发言, 集思广议, 求大同存小异, 为今后黄土区各学科的研究提出新方向、新课题, 这对促进黄土基础地质学及黄土应用地质学的发展将是有益的。希望与会代表共同努力, 以期达到预期效果。

参加这次会议的代表共160余人, 其中有来自全国各地从事黄土科研、教学和生产单位的著名学者、教授、专家及优秀代表。这里面包括受到大会特别邀请的地学界老前辈和论文作者, 同时还有有关单位的领导同志及兄弟单位的代表。这将对我们是极大的支持和鼓舞, 我代表中国地质学会第四纪冰川及第四纪地质专业委员会, 陕西省地质学会向全体与会代表表示最热烈的欢迎! 并预祝大会胜利召开, 经过同志们的努力取得更加优异的成绩!

关于黄土基础地质学问题的综合发言

孙建中

(西安地质学院)

我受大会领导小组的委托, 根据会前所收到的论文摘要, 将黄土的基础地质研究方面所反映的情况向代表们作一个汇报。

所谓黄土的基础研究包括黄土的地层学、年代学、古气候、古环境、黄土地貌、古生物和黄土的成分和结构等方面69篇。下面首先从年代学方面的问题说起。

将古地磁学方法引进黄土研究在我国已有10年历史, 1974年到1982年所出现的成果可以称为第一代黄土古地磁研究成果, 1982年出现了第二代新成果。根据第一代成果, 黄土最早开始于约120万年前。而第二代成果一下子翻了一番达200—240万年, 午城黄土原只包括哈拉米洛事件, 后来有了奥都维事件甚至吉尔萨事件, 离石黄土下界原在布容正向期与松山反向期界线(B/m线)附近, 而现在下移到了哈拉米洛事件之下, 约为100—120万年。B/m线原在第14层古土壤附近, 现在上升到第7—8层古土壤之间附近。

其所以造成这样的差别主要是热退磁的效果优于交变退磁, 因此今后要大力推广热退磁。另外, 目前国外使用的超导磁力仪灵敏度和精确度都较高, 有待引进。

至于标准古地磁年表, 前几年大多采用考克斯(A. Cox) 1969年的年表, 少数人使

用了麦克道加尔 (McDougall) 1977年的年表, 而近年更多的人是采用了曼京宁和达连泊尔 (E.A. Mankinen and G.B. Dalrymple) 1979年修订的古地磁年表。这些年表是有一些差别的。但关键问题是在布容正向期内有没有文献中所报导的那么多“事件”? 如: 布莱克、哥德堡、拉尚、业哥、牙买加、琵琶湖1-5等事件。

1978年瑞典地质学家对哥德堡公园内的冰川纹泥再次进行了古地磁学研究, 否定了他们自己原先的结论, 即哥德堡事件并不存在, 他们服从真理, 勇于否定自己过去错误的精神令人钦佩。1979年瑞士苏黎士高等工程学院的海勒 (Heller) 博士对法国拉尚山的火山熔岩重新进行了研究, 认为该熔岩的反向磁化是自反现象而非地磁倒转。即拉尚事件也不存在。日本琵琶湖研究中在布容正向期中的5次事件也因岩心保存不好而受到普遍的怀疑, 日本学者也打算重新进行研究。由此看来, 在布容正向期内的“事件”是需要进一步研究的, 我们在引用和对比时应持审慎态度。

如果不过于追求布容正向期中的事件的话, 也就不必在黄土剖面上部过多的加密采样了。

第一批系统的热释光年龄数据发表以来也有7年了。1977年—1982年发表的数据可以叫作我国的第一代热释光年龄数据。

热释光测年法最初是使用在考古陶瓷方面, 因为它们具有明显的最后一次热事件——在窑中焙烧。这种方法用于地质样品有没有根据呢? 人们不得不怀疑。虽然也有人作了推断, 认为黄土物质在沙漠中强烈的阳光曝晒就可以退火。但没有证明。后来李虎侯同志作了阳光模拟晒退试验, 证明在高色温碘钨灯的照射下, 经一小时后大部分能量已释放出来, 24小时后已全部释放完毕, 从而解决了这个疑问。从国外发表的资料看, 冲积物、湖积物、甚至冰积物都可以测出年龄来。关于这些沉积物热释光的机理还需要深入研究。但在问题未查清之前不妨先广泛使用。

1982年发表了第二代热释光年龄数据, 数值普遍增大, 例如原测定洛川马兰黄土下界为36,000年, 新数据为106,000年, 王永炎教授送到日本去的样品, 测得洛川剖面第一层古土壤为8.5—10万年, 第二层古土壤为13—15万年, 看来马兰黄土的下界大约在10—12万年。

第一代热释光年龄数据其所以偏小, 可能与黄土露头表面受阳光晒退所致。所以今后采样要有一定深度, 采出来的样品要加以保护以免阳光的影响、另一方面仪器的精度也有待改进。

热释光测年所用的石英颗粒在黄土中到处都有, 所以这种方法的改进和大力推广对黄土地层的划分, 黄土地貌的形成过程及古环境的恢复都有极大的作用。

C^{14} 测年法在黄土研究中曾因缺乏木质和碳质样品而受到限制, 但黄土中广泛存在的钙质结核却是一种最易获得的原料。已经出现了一批可喜的成果, 例如, 成都黄土的 C^{14} 年龄为 16960 ± 210 B.P.、 18110 ± 220 B.P.; 下蜀黄土的 C^{14} 年龄为 16470 ± 200 、 16620 ± 200 、 24190 ± 550 、 30900 ± 1080 B.P.等数据, 从而进一步证明了成都黄土、下蜀黄土都与北方的马兰黄土相当。而北京斋堂第一层古土壤 C^{14} 年龄为 23670 ± 1200 B.P., 兰田二级阶地第一层灰棕色古土壤之上有一 C^{14} 年龄数据为 18710 ± 210 B.P.从而说明在黄土高原的东部和南部边缘地带气候较湿润区, 比干旱的黄土高原区发育更多层

次的古土壤。

但是黄土中的钙质结核有不同的成因，有土壤淋滤而成的，有地下水形成的，又有后期长期迭加发育的，在采集样品时必须把这些情况分清，才能使所测年龄数据更加可靠。贵阳地化所已经分别对黄土中的有机质，胡敏酸和 CaCO_3 进行了 C^{14} 测年，这种工作对这一方法的应用有重要意义。

黄土中的钙质结核也可以作为铀系法的测年原料，急待开展这项工作。

年代学方法的引进，给黄土研究注入了新鲜血液，实可誉为“年代学革命”。它使黄土地层的研究进入了数学化、定量化的新境界，而且随之而产生了一些新理论与新概念。例如关于第四纪及黄土地层的下界年龄问题，关于第四纪及黄土地层内部进一步划分的一些界线的年龄问题，关于岩石地层单元的穿时性问题等。

关于第四纪的下界目前我国有两种意见：

第一种意见240万年，根据：

①黄土生成于第四纪，黄土地层等于第四纪，其下界约240万年，即松山反向期与高斯正向期的界线上，

②北京顺义钻孔中在240万年附近发现喜冷的波罗的透明虫 (*Hyalinea baltica*)，后者在意大利卡拉布里作为国际第四纪的层型剖面上也在类似的年代上出现。

③绿泥河湾”与“黄泥河湾”的界线，“绿三门与黄三门”的界线，“狭义的元谋组与沙沟组”的界线，都大致在240万年。

第二种意见，300—340万年，高斯正向期与吉尔伯特反向期界线附近，理由：

①泥河湾组的下界在300余万年，其上发现了冰缘构造（冰卷泥），云杉、冷杉孢粉带所标志的“南沟冷期”，三趾马与第四纪的披毛犀 (*Coelodonta antiquitatis*) 中国羚羊 (*Gazella sinensis*) 等化石共生的东窑子头动物群。

②三门组的下界也在300年以上，其中有云杉、冷杉孢粉组合及冰川表皮构造发现。

③渭南沈河地区的“绿三门”或沈河组，有第三纪的贺风三趾马与第四纪的沈河象、漠鼠、鼠兔共生，下部有云杉冷杉孢粉组合。

④华北平原300万年左右有云杉、冷杉孢粉组合所反映的第一冰期。

⑤元谋组的下部在300万年前有龙川冰期的发现。

⑥上海第四纪地层的下界在320万年。

关于早更新世与中更新世的界线 (Q_2/Q_1)。

第一种意见，73万年，布容正向期与松山反向期的界线，这是一个重要的古地磁变化点，认为古地磁的变化是全球一致的，没有穿时性，是比任何其他地质事件都优越的标志，也是含有北京猿人化石的周口店组合下界。

第二种意见，100—120万年左右，理由：

①兰田人及其动物群界于泥河湾动物群与周口店动物群之间，42种动物中17种与周口店动物群相同，5种为泥河湾动物群相同，故该动物群近于周口店而远于泥河湾，所以划归中更新世早期，兰田人比北京人原始，同属于晚期直立人型。

②离石黄土下界在100—120万年左右。

③100—150万年之间发生了元谋运动或三门运动。

这种意见将73万年作为中更新世早期与晚期的分界。

关于晚更新世的下界，刘东生教授 Q_2/Q_3 以马兰黄土的下界，洛川剖面第一层古土壤的上界作为晚更新世的下界，距今约10—12万年。其观点与国际上的一种意见相似，即以末次间冰期海进最高潮时，约距今12.7万年（新的年龄数据为14.5万年）为晚更新世的下界。或者说大致以海洋同位素曲线上的末次主气候旋回（距今12.7—1万年）作为晚更新世。王永炎教授最近鉴于第一层古土壤之上的黄土年代太短，不够晚更新世应有的年限，因而将晚更新世的下界下移到第二层的褐色古土壤之上界面处。张宗祜先生则主张第五层古土壤之顶界为晚更新世下界。

另一种意见认为，大荔人属于早期智人，与北京直立人为不同的两个人类发展的阶段。大荔人动物群既含有周口店动物群的子遗成分：肿骨鹿和葛氏斑鹿，又含有晚更新世的新生种，野马、野驴。从新生种属的意义大于子遗种属的角度看，可以将中晚更新世的界线划在北京人与大荔人之间，其年龄在周口店组之上界，即20万年。离石黄土上部和下部的界线以及东北的东风组与哈尔滨组的界线上也有20万年的数据。而末次冰期的下界，大约7万年可作为晚更新世晚期和早期的分界。而这条界线也大约是和我国传统的晚更新世地层萨拉乌苏组的下界。东北的顾乡屯组的下界也大约是7万年。

据孔昭宸研究，北京坟庄剖在1.2万年前为云杉冷杉暗针叶林，1.2万年后榆属等阔叶树开始繁盛。扎赉诺尔遗址也在1.2万年后在草原植物中加入了木本植物，所以认为全新世的下界应为1.2万年。

黄土地层和河湖相沉积物的关系也是长期争论着的一个问题，年代学资料大大帮助了这一问题的解决，它集中表现为岩石地层单元的穿时性（diachronism）。

辽南的大孤山泥炭层原以为是中全新世的产物，但 C^{14} 年龄为 700 ± 90 — 99500 ± 300 B.P.，黄土高原的黑垆土原也以为是中全新世的产物，但 C^{14} 年龄为 1935 ± 135 — 9900 ± 500 B.P.，证明它们在整个全新世都有。各地的泥炭和黑垆土时代稍有不同，即它们都是穿时的。而且是由东向西，由南向北而从老向新递变表现了气候带迁移的影响。

马兰黄土的年龄为1—10万年而萨拉乌苏组为 2300 ± 90 — 49500 ± 2200 B.P.，两者大部分上是同时异相的，且 2.6 ± 0.1 、 3.6 ± 0.3 、 4.7 ± 0.5 以至 10.0 ± 0.0 万年，即二者的分界线是穿时的。

同样，古地磁测定结果和许多人的野外观察都证明，离石黄土也与一定的河湖沉积是同时异相关系，午城黄土与寨子河组或泥河湾组也有同时异相关系。且被人们认作广义的泥河湾组的上界在大同一带可达34万年；在许家窑遗址竟达7万年，即广义的泥河湾组具有强烈的穿时性。

岩石地层单元的穿时性是由于气候带的迁移、河道的变迁、湖泊的涨缩、海水的进退等自然过程造成的。

尽管目前各种年代学方法都存在着这样或那样的问题，但它已在我们面前展示了一幅崭新的地层关系面貌，这不能不说是传统观念的一个冲击，使地层学的研究进入一个新的阶段。

年代学数据又为古气候、古环境的研究建立了精确的时间座标。

因此,今后有必要深入而广泛地进行年代学的研究。此外,代表们有的提出了黄土地层分区的方案,有的对黄土地层的命名提出了新的建议,有的对黄土地貌的形成过程进行了分析。

关于黄土形成时期古气候的研究也是目前黄土研究及第四纪研究中最活跃的一个方面。最新的思潮就是将黄土与古土壤的交互系列与海洋氧同位素曲线进行对比。但问题不能停留在一般概念上,而在于用实际资料加以证明。过去虽然进行了许多土壤学、化学、矿物学等方面的工作,甚至黄土的磁化率也可作为气候指标。然而最有效的指标要算孢粉分析和同位素分析了。

西安刘家坡黄土剖面的孢粉图式可以说是黄土地层中第一个最系统的成果。虽然在数量上,草本植物占了优势,但在古土壤的孢粉组合中有一些只生长在森林中和温湿气候条件下的树木如枫树、栗、黄杞等的出现,却指示了黄土沉积历史上在发育古土壤时曾有过森林植被的出现,这个结论与土壤学研究的结果完全符合。这便为进一步精确地,甚至是定量地恢复黄土形成时期的古气候、古环境打下了基础。

由西北大学在洛川剖面采集蜗牛和钙质结核,日本京都大学进行了同位素分析,已经获得了初步成果。得出结论认为 O^{18} 和 C^{13} 的偏差值同产地与古温度是正相关关系。这项工作今后如能系统采样,深入研究,有可能产生与深海岩心和大陆冰盖冰岩心同位素曲线相媲美的黄土同位素温度曲线,从而将黄土古气候的研究提高到与海洋古气候研究的同等水平上。

海洋同位素曲线的出现被认为是对经典的阿尔卑斯冰期模式的冲击,前者证明了比后者次数更多的冰期和间冰期的气候波动,而且是近于等频性的变化。

陆地冰川沉积由于古气候信息记录不完整(据库拉克研究阿尔卑斯四次冰期所占实际时间只有3万年),研究样品缺少,而使陆地冰川地质研究的成果与海洋同位素曲线难以精确对比。黄土与陆地冰川距离较近,有时相互穿插,所以黄土同位素曲线的建立很可能成为陆地冰川沉积与海洋同位素曲线对比的一个桥梁。从而解决黄土与冰期的关系问题。

在黄土成因问题上,风成说正在进一步深入到黄土风尘沉积与季节变化、地形、植被、新构造运动等方面的关系的细节上。但黄土物质究竟来自何方,尚有不同意见,例如一种意见认为黄河中游黄土物质来源为内蒙、宁夏和新疆的沙漠,充其量有贝加尔湖一带由西伯利亚反气旋高压中心带来的物质。而另一种意见认为是由中亚细亚由西风带吹来的。显然这一问题还有待进一步研究。

水成说也有支持者,例如认为黄土高原区中、下更新统的黄土是水成的。

以往我国黄土研究在地区上很不平衡,多集中在黄河中游地区,其他地区研究程度很低,近年这些地区正在出现新的研究成果,例如东北过去认为只有晚更新世的黄土,现在已证明早、中、晚更新世也都有。而且有一批年代学资料出现。新疆的黄土过去没有分层,现在分为早、中、晚更新世的黄土和全新世黄土。长江下游的下蜀黄土和三川盆地的成都黄土已经证明与北方的马兰黄土相关。而淮河下游的威咀组的黄土状土 C^{14} 年龄为 $17492 \pm 579 \text{ B.P.}$ 是与马兰黄土同时异相的古黄河、淮河汛滥三角洲沉积。在庐山地区也发现了两期黄土,分属于两次冰期。在川西藏东已经证明有黄土分布,高度可达

4000米以上, 厚达100米, 时代可分别与北京的离石黄土和木兰黄土对比, 其成因有认为与西风有关, 有认为与反气旋有关。其物质来源认为主要来自冰碛物。

古脊椎动物的研究在我国第四纪及黄土研究中占有重要地位。近些年来一些新动物的发现大大充实了第四纪及黄土生物地层学的内容, 例如东窑子头、雷家河、沈河诸动物群的发现为论证第四纪下界提供了重要的依据。阳郭一午城、公王岭、许家窑、丁村、大荔等动物群的发现为第四纪其中包括黄土地层的进一步细分打下了基础。以前根据泥河湾、周口店、萨拉乌苏三个动物群所制定的更新世三分方案和第四纪四分方案显然已不能满足科学发展的要求。现在已有可能进行更详细的划分。

黄土物质成分的研究正在向纵深发展, 已经进行了微量元素、稀有元素和氨基酸等方面的工作。它对于黄土的成因、古气候的研究都有重要的意义。

随着扫描电镜的应用, 对黄土微结构的研究正在不断深化。对于揭示黄土的成因以及湿陷性机理的研究帮助很大。但传统的方法也未完全失掉其意义。例如在偏光显微镜下对土壤结构的研究对于黄土和古土壤的成因研究有极大帮助。

有些传统的方法在深入细致地发展以后, 还能显示最大的生命力。例如根据野外观察和偏光镜下研究相配合, 可能将黄土中的古土壤按土壤发育的程度分为六级。黄土, 按土壤化的程度可分为四级, 共十级。用这种划分方法所建立的古气温曲线已经有相当的精度。因此, 我们在重视引进现代化方法的同时, 还要重视发展传统的、肉眼的、宏观的方法。野外工作始终是一切工作的基础。

关于黄土工程地质和黄土区环境 工程地质的综合发言

林 在 贇

(城乡建设环境保护部陕西省综合勘察院)

首先, 要说明一下, 我的发言题目把提交这次大会的有关论文分为黄土工程地质和黄土区环境工程地质问题是出于这次综合性发言的方便, 也是为了会议组织讨论等的方便。它不是一种经过深思熟虑的严密划分, 大体上说, 关于黄土的变形(含湿陷性)与应力关系的研究, 黄土的强度与承载能力, 黄土中洞室的围岩压力, 黄土的室内外测试方法等, 我们暂将其划属黄土工程地质问题, 而关于黄土区的地裂缝, 黄土中的节理与其区域性分布规律, 区域性地面沉降, 黄土滑坡以及黄土区水库的主要工程地质问题, 黄土区的地震灾害, 黄土区的泥石流, 黄土高原水土流失等问题则暂划属黄土区环境工程地质问题。

按这种暂时性的划分, 属于前一类文章有27篇, 属于后一类的有15篇, 合计42篇, 不过, 这个数字是按照论文摘要和部分迄今(5月10日前)已送来的论文所作的统

计, 实际的论文数目将会大于这个数字。

下面我就按这种大体分类进行综合发言

一、黄土工程地质问题

1. 黄土的湿陷性与应力关系

这方面的文章以及随后几个方面的文章中有不少反映了近年来的科学研究成果, 揭示了一些新的规律, 令人鼓舞, 并且有的文章湿陷性与应力关系纳入黄土的变形与应力关系的统一的范畴内去研究, 值得重视。

陕西机械学院水利系黄土科研组用应力式三轴仪在不同的应力比 $K(K = \sigma_3/\sigma_1)$ 的条件下试验确定了黄土试样在天然结构与湿度的情况下的应力—应变曲线和试样在浸水情况下的全应力应变曲线。在这两条曲线上的任一偏应力 $q(q = \sigma_1 - \sigma_3)$ 下的横坐标差即为相应的湿陷应变 δ , 以幂函数逼近黄土的应力—湿陷应变曲线, 可得

$$\begin{aligned}\delta &= \beta(q)m \\ &= \beta\sigma_1 m(1-K)m\end{aligned}\quad (1)$$

以此经推导求得了黄土地基的自重压力下的湿陷量计算公式和自重与建筑物荷载下的计算公式。

除了垂直方向的地基湿陷外, 还可算求地基土中各点的湿陷位移, 方法是利用上述的应力—应变曲线求出不同应力比 K 和偏应力条件下的割线模量 E_{s1} (天然) 和 E_{s2} (饱和), 按基底压强和 t 的自重用有限方法计算出土体中的初应力场和各点的湿陷应变, 进而通过解由湿陷应变引起的等效结点力建立起来的迭代平衡方程组即可求得黄土地基中各结点的湿陷位移。

这一研究途径在理论上较为严密, 且甚少经验性或简化性的假定, 值得重视。

西安冶金建筑学院朱博鸿提出了考虑土的流变特性的湿陷变形计算模型与方法, 采用的是虎克体与开尔文 (Kelvin) 体串联的三元素流变模型, 可以用下述微分方程关系式表示

$$\dot{\epsilon} + \frac{E}{mE_0} \epsilon = \frac{\Delta\sigma}{mE_0} \quad (2)$$

式中 $E = \frac{E_0 E_1}{E_0 + E_1}$, 称长期压缩模量, $m = \frac{\eta}{E_0 + E_1}$, 为松弛时间 (秒)。

解式 (2) 可得任一时间的湿陷应变, 进而可算得黄土的湿陷变形量。文中还提出了考虑侧向挤出情况的湿陷变形修正值 β 。

焦午一在其“根据物理指标计算黄土地基变形的理论和实践”、“根据实际湿陷另计算地基处理厚度的效果”及“田弦线模量计算黄土自重湿陷量的探讨”等五篇文章中认为, 根据物理指标确定弦线模量, 用于计算黄土地基变形和湿陷变形, 可以简化试验工作, 加快勘察进度, 提高勘察设计质量, 他还认为用弦线模量法计算的自重湿陷量能较好地反映实际情况。

西安机械学院范正铨提出了用模量比评价黄土湿陷敏感性的方法。他在分析了黄土的应力—湿陷系数关系曲线和应力湿陷变率 ($\frac{\Delta\sigma_s}{\Delta\sigma}$) 关系曲线的基础上认为按湿陷变率的最大值 ($\frac{\Delta\sigma_s}{\Delta\sigma}$)_{max} 可将黄土的结构破损过程划分为前期结构破损和后期结构破损。

在前期,特点是湿陷条件形成,湿陷剧烈,湿陷变率 δ 达到最大值;在后期,特点是结构联结的继续破损和土的拉压强度增长(增密)同时进行,直至黄土的结构强度完全消失,湿陷性全部表现出来,按其定义,前期中的最小湿陷模量 E_{s1} (割线)与同一应力下的压缩模量 E_s (割线)的比值称模量比

$$R = E_{s1}/E_s \quad (3)$$

$$\text{由于 } E_{s1} = \frac{\sigma}{\lambda}, \quad E_s = \frac{\sigma}{\delta_s}$$

故

$$R = \delta_s/\lambda \quad (3)'$$

作为湿陷敏感性指标的模量比 R 愈大,黄土的湿陷敏感性愈强烈,作者还计算了部分地区的模量比值。

西安冶金建筑学院涂光祉对湿陷性黄土的起始含水量的重要意义作了讨论,介绍了确定起始含水量的室内外试验方法,根据试验所得的起始含水量与压力的关系即可找出黄土的饱和自重压力所对应的起始含水量,和地基土的含水量增高后有可能超过起始含水量,则将产生自重湿陷。电子工业部勘测公司申效儒亦指出了湿陷性黄土的压缩性和湿陷性之间的随含水量的变化而变化的相互间的转变关系。

2. 深层黄土的湿陷性

陕西省综勘院和西北大学地质系通过对陕北—陇东的洛川坡头、长武丁家沟、西峰火巷沟、榆林双山和靖边破山等黄土地层剖面的较系统的分层采样分析,发现深层黄土的湿陷性有下列值得注意的特点:

①除一条剖面外,其余4条剖面的深层黄土均显示有一定程度的自重湿陷性,范围涉及 Q_3^1 (按刘东生分层,则属 Q_3^2 的上部)和 Q_3^2 ,个别 Q_3^1 土样亦属之,湿陷系数值虽不高,但若涉及的土层总厚大,亦可出现数十厘米的自重湿陷量,这一点还被同时测得的黄土试样在饱和状态下的“前期固结压力”与饱和土的自重压力间的大小对比关系所佐证。

②正如可按理论预期,用 $p \sim \delta_s$ 曲线测得的湿陷起始压力和用 $\log p \sim e$ 曲线所测得的饱和黄土试样的“前期固结压力”是同一的,因而今后如用后一种曲线形式整理黄土的压缩试验成果,亦可得出土的湿陷起始压力,而不需要做其他试验。

③黄土的 $p \sim \delta_s$ 曲线大致可分三种类型:

a. 在规范的规定压力下即显示湿陷性,但其 δ_s 峰值却要在更大的压力下方能出解,而且此压力要高于西安和兰州地区的 $2 \sim 3 \text{ kg/cm}^2$,通常 Q_3^2 黄土(即马兰黄土)属之。

b. 在规范的规定压力下并不显示湿陷性,但一旦压力超过此值,湿陷性随即出现,增率 $\left(\frac{\Delta \delta_s}{\Delta p}\right)$ 很大,且其量往往可观。通常 Q_3^1 黄土(按刘东生,属 Q_3^2 上部)和部分 Q_3^2 黄土属之。

c. 在不高的压力下不显示湿陷性,但当压力到达 $4 \sim 5 \text{ kg/cm}^2$ 时,湿陷性很快显现,增率 $\left(\frac{\Delta \delta_s}{\Delta p}\right)$ 亦大,并且湿陷性可直到很高的压力 $10 \sim 12 \text{ kg/cm}^2$ 仍不见明显减退。通常 Q_3^1 黄土和个别 Q_3^2 黄土试样属之。

作者认为以上的第一点有助于说明以往一些似属建于非自重湿陷性的且分级显陷量

很低的高级阶地上的工程为什么会出现酷似由深层黄土的自重湿陷作用导致的破坏的原因。

3. 黄土的变形特性—力学—数学模式的试验研究

刘祖典等按研究结果指出黄土试样在偏压 $(\sigma_1 - \sigma_3)$ 作用下的应力~应变关系是研究黄土变形~强度的基础, 根据试验结果, 黄土的应力~应变曲线可分有三种类型五种型式, 即强软化型和弱软化型, Q_1 和 Q_2 黄土多属之; 强硬化型和弱硬化型, Q_3 和 Q_4 黄土常常属之; 理想塑性型, 当 Q_3 和 Q_4 黄土的侧限压力接近临界均匀压力 $(\sigma_3 = \sigma_0)$ 时属之, 文章还分别提出了这些不同曲线的数学模式:

强硬化型

$$\delta_1 - \delta_3 = \beta_1 \varepsilon_1^{\alpha_1} \quad (4)$$

$$E_1 = \frac{d(\delta_1 - \delta_3)}{d\varepsilon_1} = \alpha_1 \beta_1^{\alpha_1 - 1} (\delta_1 - \delta_3)^{1 - \alpha_1 / \alpha_1} \quad (4)'$$

弱硬化型

$$\delta_1 - \delta_3 = \frac{\varepsilon_1}{a + b\varepsilon_1} \quad (5)$$

$$E_1 = [1 - R_1 S]^2 E_i \\ = [1 - R_1 S]^2 K P_i \left(\frac{\delta_3}{P_i} \right) \quad (5)'$$

(5)和(5)'式就是 DUNCAN-CHANG 模式

强软化型

$$\delta_1 - \delta_3 = E_1 \varepsilon_1 \quad (6)$$

$$E_1 = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)_i}{\varepsilon_i} \quad (6)'$$

这个点斜直线型模式适用于峰值前

弱软化型

$$\delta_1 - \delta_3 = \lambda \varepsilon_1^M e^{N \varepsilon_1} \quad (7)$$

$$E_1 = \frac{d(\delta_1 - \delta_3)}{d\varepsilon_1} = (\delta_1 - \delta_3) \left(\frac{M}{\varepsilon_1} + N \right) \quad (7)'$$

作者还认为黄土的 $\varepsilon_1 \sim \varepsilon_3$ 的关系曲线不符合双曲线假定, 建议用 DANIAL 公式较符合实际

$$\mu_i = \mu_1 + (\mu_2 - \mu_1) \frac{(\delta_1 - \delta_3)}{(\sigma_1 - \sigma_3)_i} \quad (8)$$

作者进而也对湿陷变形的力学模式的建立也作了探讨。他们发现, 黄土湿陷的应力~应变曲线, 当 $K = \frac{\sigma_3}{\sigma_1} \leq 0.3$ 时, 多呈下凹型; 当 $K \geq 0.4$ 时, 曲线有一个明显的拐点, 在未达到这个拐点之前曲线也呈下凹型(以后则呈上凹), 对这类曲线和曲线段, 可用众知的双曲线函数逼近

$$\delta_1 - \delta_3 = \frac{\delta_3}{a_3 + b_3 \delta_3} \quad (9)$$

$$E_c = \frac{\delta_1 - \delta_3}{\delta_1} = [1 - b_3 (\delta_1 - \delta_3)] / a_3 \quad (9)'$$

注意在(9)'式 E_c 是不同应力水平的割线模量。

对曲线的拐点以上部分, 适合用幂函数逼近

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \beta_3 \delta_1^{0.3} \quad (10)$$

不同应力水平的割线模量 E_c 为

$$E_c = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\delta_1} = \beta_3^{1/0.3} (\sigma_1 - \sigma_3)^{1-1/0.3} \quad (10)'$$

对黄土的应力~应变关系及其各种数学模式进行如文中所述的较深入、全面的研究和建立这还是首次, 在这方面继续进展必将大大加深我们对黄土的变形(含湿陷性)的力学机理的认识, 有助于黄土土力学的尽早建立。

4. 黄土的湿陷敏感性和湿陷系数的稳定性

冶金部西安勘察公司关文章指出湿陷等级相同的自重湿陷性黄土, 敏感性强的所造成的危害远远大于敏感性弱的黄土, 进而指出:

- ①敏感性与黄土的粉土含量和塑性指数有关;
- ②敏感性与易溶盐, 特别是 $MACl$ 的含量有关;
- ③敏感性与黄土的天然含量有关

作者推荐下式为敏感度(K')指标

$$K' = \frac{h_{irwi}}{P_i} \quad (11)$$

式中— h_{irwi} 为土的饱和自重压力; p_i 湿陷起始压力, 在室内求得, 他认为

$K' > 1.50$	敏感性极强
$1.00 < K' \leq 1.50$	敏感性较强
$0.40 < K' < 0.90$	敏感性较弱
$0.30 < K' < 0.70$	无敏感性

上述作者在另一篇文章中讨论了黄土结构的差异性与湿陷系数的不稳定性, 他们为黄土湿陷的非均等性可归因为: 地区差异性, 同一块土的湿陷非均等性, 同一块土用不同化学浸入液时的 δ_i 差异性, 显微结构的差异性及黄土显微结构的非均等性等, 因而在同一地质体内不同孔中的 δ_i 或计算的湿陷等级不一致是完全可能的, 完全相等才是不大可能的。这里有个权衡问题。

关于不同地区间的湿陷系数的不等价问题, 西北建工学院焦午一在前述有关文章中及另一已发表的著作中也曾详细论述, 很能说明一些问题。

5. 关于新近堆积黄土

西北建工学院朱慕仁等对宁夏地区和西宁地区的冲、洪积新近堆积黄土的分类及定名进行了讨论, 对这两个地区都采用按三级分类, 即一级, 年代分类; 二级, 成因分类; 三级, 工程分类。第三级分类的具体内容, 两地不尽相同。对前者主要按 $\frac{w}{e} - I_p$ 相关图; 对后者则用湿度系数(K_0)与压缩系数(a_{1-2})的相关图。

$$\text{湿度系数 } K_0 = \frac{S_r}{1 - S_r} \quad (12)$$

无论对宁夏地区, 还是西宁地区, 冲、洪积的新近堆积黄土均可分为三个工程类

别, 作者认为这种分类简单易行, 有使用价值和明显的经济效果。

陕西省综合勘察院陈景秋、王书洁等提出: 对新近堆积黄土要着重分析它所处的地貌单位和微地貌位置。一般说来, 在黄土梁、峁的坡脚, 阶地后缘, 正在发育着的洪积扇, 低级阶地, U形黄土冲沟的两侧, 其上部地层可能是年轻的新近堆积黄土, 它们常有不均匀、低承载力、高压缩性、湿陷敏感性高等特点, 确应谨慎对待和处置。然而, 在宽阔的阶地和冲洪积平原上, 虽也有新近堆积黄土, 其工程性质往往并不很差, 故要注意区别对待, 不能拘泥于其新近堆积黄土的定名, 而应仔细分析其土的物理力学试验结果和建筑经验, 作出合理的评价。

6. 深层黄土的强度和承载力

冶金工业部西安勘察公司关文章用 w/w_L 、 w_L/w 、 e 、 w 和 w_L 等因子, 对深层黄土的承载力进行了多种二元回归分析, 均得出了较好的相关性。他从中选择了相关程度最好的作为推荐方案, 其中之一是

$$[R] = 19.901 - 11.780e - 0.165w \quad (13)$$

该回归方程的 $r = 0.735$, $S = 1.4439$, 显著性检验也完全合格。

陕西省综合勘察院和西北大学地质系对陕北一陇东一带 5 条黄土地层剖面土样的无侧限抗压强度试验结果作了整理, 发现深层黄土的无侧限抗压强度与土样的前期固结压力有着密切的关系。除靖边破山剖面的试验结果因对个别土样的采取有怀疑而未用于统计外, 其余 4 条剖面的无侧限抗压强度与土样的前期固结压力有如下的回归关系:

$$q_u = -0.678 + 0.351P_c \quad (14)$$

该式的 $r = 0.916$, $N = 23$

该式还可近似地简化为

$$q_u = 0.3P_c \quad (15)$$

洛川剖面土样的回归关系为

$$q_u = -0.284 + 0.309P_c \quad (16)$$

式的 $r = 0.956$, $N = 8$

以上两项研究结果, 对深成黄土的承载力和计算用强度参数的选择有参考和使用价值。

陕西省水利水电勘测设计院仆声荣对黄土水工隧洞稳定问题及山岩压力估算进行了讨论。他在文中的结论是, 黄土水工隧洞山岩压力有松散压力和形变压力两种形式, 并以松散压力为主, 因而可借用松散介质理论的普氏分式进行经验类比。但是 Q_3 黄土和 Q_4 新近堆积黄土遇水后会有强烈的湿陷变形, 造成洞体的不稳定, 考虑到这两类黄土均较薄, 其山岩压力值可取上覆土体的荷重。他认为在采用普氏公式时, f 值可按下列选取。

$$Q_3 \text{ 黄土} \quad f = 0.8 \sim 1.0$$

$$Q_4 \text{ 黄土} \quad f = 0.9 \sim 1.2$$

$$Q_1 \text{ 黄土} \quad f = 1.0 \sim 1.3$$

7. 黄土工程性质和计算参数的室内外测试

这方面的文章按内容大致可分为二种情况:

①原位测试 以静力触探为主。铁道部科学研究院西北研究所王东明、杨风荣等的

“用静力触探确定黄土地基承载力”一文总结了众多的不同压板直径和不同超埋的载荷试验资料和静力触探数据的对比分析,给出了 Q_c 黄土承载力基本值与静力触探的 p_s 值的回归方程,并对用静力触探确定黄土地基承载力的深、宽修正问题提出了意见。这方面的文章还有文章的“用静力触探测定黄土地基参数”,电子工业部勘测公司王学永、陈侃的“静力触探在黄土地区应用的一些经验”等。

②室内的试验 机械部勘察院第一分院张玉芬的文章探讨了土中气体体积含量与湿陷性的关系,介绍了黄土湿陷性的预测方法,该院的张世荣介绍了简易推算湿陷性黄土的饱和容重值的方法。

8.黄土的区域性工程地质特征

武汉地质学院李智毅在其“晋西北黄土工程地质特性的初步研究”一文中,介绍了晋西北高原上的晚更新世黄土的分布、矿物成分、颗粒组成和微观结构,发现该地黄土的显微结构系以粒状架空结构和粒状镶嵌结构为主,为欠压密状态的“刚性连结”方式,认为该地的晚更新世风成黄土为中等—强烈湿陷性的自重湿陷性黄土,晚更新世的洪冲积黄土和全新世堆积的黄土则为具轻微湿陷性和非湿陷性土。

除此,有的文章还探讨了黄土的工程分类问题。

二、黄土区环境工程地质问题

在这个暂时性的分类标题下的论文可大致归为滑坡,地裂缝(或流海缝),黄土中的构造节理,黄土区的地震灾害,黄土区水库的主要工程地质问题,黄土区的泥石流,水土流失以及陕西省黄土区的道路工程地质问题等8个方面。

1.滑坡

在这方面的文章有4篇,它们各具特点,有发人深思之处。

地质力学研究所钟立勋、李晓军的“甘肃东乡县洒勒山滑坡浅析”介绍了1983年3月7日发生的深层黄土的规模和过程并作了机理初析。这个滑坡的历时仅1~2分钟,覆盖面积约 1.4km^2 ,滑距约800~900米,土石总体积约5000万 m^3 ,规模之大是近年来国内外罕见的。

但该滑坡的发生是早有前兆的,其从开始变形到急剧滑动经历了数年由酝酿到成熟,由质变到量变的过程,最后形成了黄土地区的由地下水作用引起的,滑面受原有软弱结构面控制的,经长期蠕滑—拉裂转化而成的急剧式深层崩塌性岩质(切层)滑坡。它具有前期隐蔽性和后期急剧性的变形特征。

该滑坡可作为黄土地区类似地质环境中产生滑坡的典型,应深入解剖,吸取教训,并推动灾害地质学的发展和成熟。

西安煤矿设计研究院王泰书、田玉靠的“铜川川口黄土滑坡机理的分析”一文向我们介绍了又一个在近期发生在黄土区的大规模的灾害性滑坡,该滑坡的范围基本上继承了古老滑坡的轮廓,南北长约600米,东西宽约300米,面积 0.18km^2 。在11月8日其滑动速度加快时,曾因墙倒屋塌,造成3人死亡,15人受伤,309户人家搬迁的惨重后果。

经作者们分析,川口滑坡产生的原因是向滑体内灌水之故。自1970年起,引水上山,把滑体后缘的大片梯田改为灌溉农田,以致大量的水进入滑体,使古老的滑坡复活,如同前面的洒勒山滑坡一样,该滑坡的早期变形亦有一定的隐蔽性,这次灾害又一次告诉

我们一定要作好城市规划和工程建设前的工程地质工作，重视城市环境保护和整治。

铁道部第一设计院陈南森研究了陕西省千河河谷宝鸡—陇县段黄土滑坡特点及分布规律，提出了下列三点归纳性意见。

①千河河谷内黄土原边大型深层古、老滑坡均分布于缺失河流三级阶地的原边。活动于二级阶地形成前或一级阶地形成期。显然与河流的发育有关。

②黄土原边滑坡，多属上部切层下部顺层滑坡。山区及峡谷区黄土滑坡均呈顺层滑坡。

③大型深层黄土古滑坡，前缘土体均呈碎裂结构，易受表水及地下水作用产生局部滑动，各项工程开挖应引起注意。

西安地质学院胡广韬继50年代、60年代的研究之后，近年来进一步对黄土地区坡基型古老滑坡的超稳定性与复活条件的特殊性进行了研究，提出了新论断、新理论，这对整个黄土地区坡基型古老滑坡的稳定性与活动性的论证，应该具有普遍性意义。

2. 地裂缝（或流海缝）

关于西安地裂缝的现状和对成因之争已众所周知，会议对此已安排有专人介绍和现场观察。这里不再重复。但这里必须提一下中国科学院地质研究所孙广忠同志的“晋南万荣流海缝”的成因研究一文，作者经研究后论证，“流海缝”与滑坡、黄土的自重湿陷、膨胀土等无关，而从“流海缝”的分布与区域构造断裂和黄土节理分布的一致性来看，它们是新构造运动在黄土中形成的裂隙，在渗透水流作用下发生潜蚀和塌陷而形成的地裂缝，是一种黄土“似喀斯特”洞缝。这一观点值得引起大家重视。

3. 黄土中的节理

黄土中的节理，特别是其中的区域性的有一定分布格局的构造成因的节理，在当地的沟系的形成和发展，土体的稳定性和控制斜坡失稳的条件，水土流失的强度，黄土中的地下水赋存以及恢复和研究第四纪构造应力场等问题上有很大影响，不可小看之。

西安地质学院王景明等提供了这方面的两篇文章。一篇是专谈黄土中的构造节理的，另一篇的题目是“试谈黄土节理”，但内容仍侧重了构造节理。在后一篇文章中，他们把黄土中的节理分为构造节理和非构造节理，前者按力学性质又可分为扭裂面、张裂面、张扭面和压扭面。在汾渭盆地内黄土构造节理的系统性明显，存在有6组构造节理，它们可以划分为两个节理系，分别反映近期和当今地壳中的主压应力作用方向（ $N33^{\circ}E \sim N75^{\circ}E$ ）和基底岩石中新华夏系棋盘格式的构造格局，黄土中的非构造节理又可分为原生节理、风化节理、滑坡节理、湿陷节理和卸荷节理。第一篇文章则把黄土中的构造节理与切沟系的形成、发展和分布联系了起来，得出了黄土源区的各组构造节理都可在当地找到与其对应的一组切沟，黄土构造节理与黄土切沟不但延伸方向基本吻合，而且发育程度也相适应等结论性意见。

4. 黄土区的地震灾害

国家地震局地质研究所朱海之在其文章中将黄土区的震害现象归纳有五种类型，即

①地震崩、滑群

②地震堰塞湖

③断层破裂（地震断层）

④砂土液化

⑤震动陷落

其中最突出的是黄土区的地震崩、滑群，具有黄土区的特点，地震堰塞湖的产生则常与地震崩滑群相联系，研究这些震害的现迹对未来崩、滑的预测、预防有重要意义。

5. 黄土区水库主要工程地质问题

陕西省水利水电勘测设计院仆声荣在这方面的一篇文章中讨论了四类问题，即有

①坝基及坝肩的稳定问题

②渗漏问题

③边坡稳定问题

④黄土水工隧洞的稳定问题

文章还列举了一些经验教训，以引起重视，如选择坝址不能单纯从“口小腹大”这一观点出发；要避免在坝基及过水建筑物下留存湿陷性黄土；要充分论证发生渗漏可能性；要尽量避免引水线路通过高边坡地段，以及对水库的坍岸预测可以采用工程地质类比法等。

6. 黄土区道路工程地质问题

孔祥金、何国琪等同志在分析陕西省黄土区的特点的基础上，就工程地质条件与道路的关系提出了如下5点意见：

①要根据黄土区地形破碎、多变的特点，因势利导选好线路。

②要注意避免边坡不稳、滑坡、崩坍、泥石流等的发生，防止桥涵阻塞和桥基冲刷等严重现象。

③要在设计中加强排水和防止水浸等的防护措施。

④要注意利用黄土的特点，并转不利为有利，例如有时路基边坡可以放陡些，隧道衬砌可适当减薄些，利用黄土中的钙结核作为材料以及采用加筋土等稳定和加固路堤或边坡的新技术。

⑤最后，强调了在公路勘察设计中可能线路所经地区黄土性质的重要性。

7. 黄土区水土流失

冯锦章的文章以陇东黄土高原为例讨论了与水土流失有关的工程地质问题，归纳了决定水土流失强度的3种因素，即：

①马兰黄土覆盖面积和厚度。

②地貌形态差异，主要反映在平坡、斜坡、沟界等地形要素的组合情况和地形切割程度。

③植被条件。

最后，文章分出了3个水土流失区，即：

①黄土梁峁丘陵严重水土流失区。

②黄土原区中等水土流失区。

③植被山区较微水土流失区。

8. 泥石流

西安铁路局勘测设计所霍纪孝在其名为“宝天铁路泥石流形成规律与防治措施”的