

第四纪地质文集

(地层、年代学和其他)

中国科学院地质研究所

1979年5月

前 言

为迎接中国第四纪研究委员会第三届全国第四纪学术会议的召开，我们组织了第四纪和与第四纪研究相关的各研究组，撰写了关于第四纪地质，新地质年代学和其他第四纪研究方面的部分研究成果，共17篇。其目的有二：一是为大会提供论文；二是借以广泛征求意见，便于今后进一步修改和补充。具体内容有以下三个方面：

一、关于第四纪地层方面，主要对泥河湾地区沉积的研究。其中包括泥河湾组地层、沉积、环境和气候等六篇文章。这是我们近年来在泥河湾地区工作的阶段性总结。考虑到会议期间将组织对泥河湾地区进行地质旅行，为此我们总结成文，提供大会，一为初到泥河湾去的代表参考，二为征求意见。但因属阶段性总结，文中某些认识和提法未必合适，特别是在地层划分上，有待今后工作验证和提高。

二、关于新地质年代学方面：这是以钾-亚稀释法、铀系法、 C^{14} 法并与古地磁、热发光、氨基酸、裂变径迹、树木年轮等手段相配合的，组成第四纪新地质年代学研究的测试系统。目前对这些方法，有的正处在进一步筹建阶段；有的正在试验和成熟阶段。一些理论模式还不够完善。因此，文中所涉及的六篇文章多偏重于对各种方法的原理、研究对象，应用范围、相互关系、各自优缺点以及国内外研究现状等的介绍。这些内容对我们今后进一步开展新地质年代学研究将有所裨益。

目前我们虽尚未取得较多的研究成果，但就已取得的某些试验数据来看，这些新地质年代测试方法及其在第四纪地质研究方面的应用将具有良好的发展前景。

三、关于其他第四纪研究方面，其中涉及到的有海平面变化模式与冰期气候关系、第四纪气候格局以及黄土与健康等四篇文章。关于海平面模式与冰期气候关系或第四纪气候环境格局方面，主要对我国沿海地区海平面变化模式及大陆第四纪气候变化的时空规律等一些基本理论问题，提出一些粗浅的看法，以期引起注意和讨论。

关于黄土与健康，实际上是一个环境地质或环境地球化学问题，这是今后第四纪研究应予重视的课题之一。

总之，本文集虽然编汇了我们近期的部分研究成果，但其中某些认识，提法或结论都是很初步的，难免谬误；加上由于时间仓促，编辑亦难免不周，欢迎批评指正。

一九七九、四、

目 录

前 言

对泥河湾地层的认识与划分.....	吴子荣 孙建中 袁宝印 (1)
从泥河湾层花粉分析谈南沟冷期及其他问题	周昆叔 梁秀龙 严富华 叶永英 (9)
阳原盆地形成和发育历史的几个问题.....	袁宝印 (18)
泥河湾组沉积物天然热发光研究.....	孙建中 裴静娴 (23)
关于泥河湾层顶部冻融变形的机制分析和时代探讨.....	吴子荣 (29)
桑干河流域的“泥河湾地层”	陈方吉 (32)
新地质年代学中的若干问题.....	夏 明 (40)
铀系法与第四纪地质研究.....	赵树森 (47)
关于K—Ar法在新年代学中的运用简介.....	朱 铭 (54)
浅谈第四纪古地磁地层学.....	刘 椿 赵西西 (59)
热发光技术及其在地质学中的应用.....	裴静娴 (63)
氨基酸外消旋反应及其在地质学中的应用.....	林大兴 袁宝印 (67)
树木年轮学在第四纪研究中的应用.....	何娟华 (72)
试论中国海平面变化模式及其与亚洲大陆冰期气候波动的关系.....	郭旭东 (77)
海南岛沿岸全新世地层与海面变化的初步研究.....	赵希涛 彭 贵 张景文 (84)
论中国第四纪气候环境的基本格局.....	郭旭东 (91)
黄土与健康.....	高福清 (104)

对泥河湾地层的认识与划分

吴子荣 孙建中* 袁宝印*

泥河湾这一地层单位是由巴尔博 (Barbour, C.B.)、桑志华 (Licent, E.) 和德日进 (Teilhard de Chardin, p.) 等人于1924—1926年在我国河北省阳原县泥河湾村一带进行新生代地质调查时而定名,其时代当时认为属保德期之后黄土期之前。当1948年第十八届国际地质学会建议把欧洲的维拉弗朗期 (Villafranchina) 改为更新世的下限—即第四纪初期 (Q_1) 的地层时,考虑到我国泥河湾地层中的许多哺乳动物化石同维拉弗朗期的动物群极其相似,故认为泥河湾层与维拉弗朗期的地层相当〔4〕可作为我国更新世的下限—即第四纪初期的地层 (Q_1)。但是在我国正式被引用是在1954年纪念中国猿人25周年的会上才被地质界所肯定〔8〕,至此以后泥河湾期的沉积就成为我国北方 (特别是华北地区) 第四纪初期的标准地层之一,20多年来对这一地层的时代、成因似无异意。但近年国内不少科研、教学、生产单位在泥河湾或有泥河湾沉积分布的地区进行不同课题的调查研究中,发现泥河湾地层有进一步划分的必要,如北大认为“泥河湾地层可分上、下部;上部属中更新世,下部属下更新世”。古脊椎所的同志不仅将泥河湾层分为上、下部 (分属 Q_{1-1} — Q_{1-2}),而且还认为“泥河湾层乃包括有上更新世在内的一套更更新世沉积物”〔10〕。

近年我们在京、津、唐、渤、张地区进行地震地质工作中经常遇到泥河湾地层方面的有关问题,从对其泥河湾的层位、岩相、成因、构造等的观测,也感到泥河湾地层有进一步划分的可能,由于我们在泥河湾地层中获得的化石很少 (特别是哺乳动物化石),加之对化石研究甚少,因此谈不上划分,只能是一种认识。

一、泥河湾沉积分布特征

分布于河北省阳原县、蔚县境内之泥河湾层主要沿桑干河、壶流河的断陷谷地而分布,其特点无论在阳原县境内之桑干河流域或蔚县之壶流河流域,都是以南部和西南部分布面积广,向北部和东北部逐渐收缩。如在石匣里以东及其更北地区鲜有泥河湾层分布,此表明在阳原、蔚县一带,当时湖盆的水域开阔,而在石匣里一带,当时湖盆的水域较窄。

* 国家地震局地质研究所

从出露情况看，南部和西南部地表露头很少，绝大部分深埋于平原之下，北部和东北部地表露头较多，并构成海拔900—1000米左右的一级极其醒目的高阶地，如桑干河两岸的虎头梁、壶流河两岸的钱家沙洼、红崖村一带，这一带似近湖滨地区，可以观测到泥河湾沉积的全部特征。（图1）

从沉积厚度来看，湖盆中心似在蔚县以南及其西合营一带，在这里泥河湾沉积厚达600米左右。另在阳原县东城公社一带沉积厚度已达500米左右，而在化稍营一带不足300米，至石匣里一带不到100米，如在大田洼地下13米就见到片麻岩。当然由于泥河湾沉积前的古地形有起伏，所以在沉积中心区也可能出现较薄的厚度，相反在非沉积中心区也可能出现较厚的厚度，（如在化稍营北边的高墙在338米深处才见到片麻岩）。通过对泥河湾层的分布和厚度变化的认识，使我们对泥河湾湖盆的轮廓及其与河流的关系有了一个基本了解—湖泊孕育着河流，河流为湖泊的发展起着积极作用，沉积厚度及其不同段落的湖盆格局则受构造所控制。

二、泥河湾沉积剖面简述

以往对泥河湾这一套岩系各家划分并非一致，早在桑志华、巴尔博、德日进等人对其划分为四层〔5〕〔6〕；a层为三趾马红土，b层为下砾石层，c层为砂土层，d层为上砾石层，e层为泥灰岩层。其中b，c，d，e等四层为泥河湾岩系，后因泥灰岩层甚薄，将其合并在上砾石层内，故将泥河湾岩系由原来的四层变为三层〔8〕，这三层的岩性特征是：下部为灰褐—棕褐色的砂砾层，夹层中有粉砂及粘土，产丽蚌化石（*Lamprotula*）。中部为浅红色—浅绿色砂及粘土层，在砂层及粘土夹层中甚产椎脊动物化石。上部为灰白色泥灰岩层。上述各层均有薄层理，为湖相沉积特征。现在大家对这套地层的划分及其所属时代都有不同的看法（前已提及如北大、古脊椎所等）。今就我们在泥河湾一带，在不同地貌部位对泥河湾沉积剖面的观测提出以下认识：

位于泥河湾西南壶流河西岸红崖村养水站的剖面是泥河湾沉积比较完整的剖面，在地貌部位上它构成壶流河的高台地、台地顶面海拔为1011米，底面海拔889米，相对高差为122米，剖面总厚达85米，自下而上可分为三个层段（图2）：

①—②侏罗纪砾岩及凝灰岩（图2说明）

③上新世三趾马红土层，具钙质结核

④泥河湾第一层段：棕红色亚粘土及砂，砾层夹钙质结核

泥河湾第二层段 { ⑤底部：棕褐色砂砾石夹薄层亚粘土，甚产丽蚌化石
⑥中部：浅黄绿色粉砂层，夹薄层粉红色亚粘土，具水平层理
⑦上部：具斜层理灰白色砾石层，间夹黄绿色薄层粉砂层

泥河湾第三层段 { ⑧底部：铅灰色砾石层夹透镜状亚砂土
⑨中部：灰白色砾石、粉红色亚粘土、黄绿色粉砂，及钙板互层
⑩上部：具斜层理的灰白色砾石层，经受过融冻变形作用

⑪上更新统新黄土

⑫冲积砂砾层

⑬化石层

第一层段：为棕红—棕褐色砂砾石夹薄层—中厚层亚粘土层，有四层钙质结核成水

平条带状分布，并有小砾透镜体，砾石成分以火山岩及石灰岩为主，稍有磨圆，分选性较差，厚达15米左右，不整合于三趾马红土之上。三趾马红土遭受强烈侵蚀，并有构造变位。

第二层段：下部为棕褐色砂砾层间夹3—4层薄层亚粘土层，在该层出现 *Lamprotula* 向上逐渐过渡为浅黄色粉砂夹簿层粉红色亚粘土互层，顶部为具斜层理的的小砾层间夹黄绿色及粉红色粉砂多层，整个层段部具水平簿层理。总厚达25米，它与第一层段似为一假整合接触。

第三层段：底部为灰褐色砂砾层夹透镜状粘土，向上为一层钙板层，接着是细砾层、粉红色簿层粘土和黄绿色粉砂层及石膏层。从钙板层—黄绿色粉砂层成为一个沉积韵律，这种韵律重复出现多次，直到顶部出现一层厚约2—3米具有斜层理的灰白色砾石层时，其韵律沉积方告停止，接着在灰白色砾石之上是一层很簿的灰绿色泥灰岩层，再往上是马兰期的黄土或黄土状堆积。本层厚达40米左右，它与第二层段的分界主要表现在岩性组合上的不同（即以具斜层理的灰白色砾石层为标志）和孢粉组合上的不同以及上下层段古气候条件的不同。值得提出的是，在具斜层理的灰白色砾石层中具有明显的融冻变形构造，位于其上的簿层灰绿色泥灰岩也因融冻挤压产生小型揉褶。在虎头梁地区，这类现象极为典型，将马兰期的黄土也被揉褶于砾石层中。关于它们形成的机制和时代问题将于另文讨论。

通过上述剖面的分析可以看出：第一层段的岩性特征代表湖水刚刚充水时的急流相沉积，湖积作用不大。第二层段的岩性特征代表湖水加大，并保持相对稳定的湖积作用为主河流作用为付的时期。第三层段的岩性特征代表湖水逐渐萎缩，流河周期性消长，湖积作用和河流作用交替进行。

上述三个层段的划分在壶流河东岸城墙村的剖面上也反映出来；城墙村剖面位于壶流河东岸第四级阶地上，阶地顶面海拔1000米，底部海拔880米，相对高差120米，剖面总原达70米。剖面自下而上也可分为三个层段（图3）

第一层段：由淡棕色亚砂土组成，杂有矿圆较差的小砾石和钙质结核，厚约2—3米，不整合于三趾马红土之上。本层厚度与红崖养水站剖面相比相差四倍，显然沉积之后受过冲刷。

第二层段：底部为一簿层楔状黑灰色亚粘土及砾石层，向上为灰黄色细砂交错层（其中有较多的丽蚌碎片），再向上为三一四层黑灰色亚粘土间夹砂砾层，其中找到长鼻三趾马牙齿一枚（**Probosciohipparion*），至此以上则为灰绿、灰黄、淡粉红色亚粘土、亚砂土及斜层理的砾石层间互成层，并在靠顶部的锈黄色砂砾层中找到三门马（*Equus Sanmensis*）的牙齿一枚（出在海拔950米的高度），以及乌骨和其脊椎动物的残缺骨片。本层厚度达35米，与第一层段接触处以一侵蚀面而分开。

第三层段：本层以灰黄色、粉红色及灰褐色为主，其岩性组合是下部为砾石向上过

* 钙板层一系指被钙质胶结的泥砂岩，成板状。

渡为细砂—粉砂—亚粘土—钙板层及石膏层，这套岩系也以韵律形式重复出现3—4次，直至顶部出现灰褐色斜层理砾石层而结束，它与前述剖面的第三层段基本相似，所不同者未见砾石层顶面融冻现象。本层厚达25米。它与第二层段主要根据岩性而区分。

N₂上新世三趾马红土层(图3说明)

①泥河湾第一层段：淡棕红色亚土及砂砾层，具钙质结核

②泥河湾第二层段：灰绿、灰黄、淡红色砂砾层和亚砂土、细砂交互层，并有大型交错层，底部时含灰黑色薄粘土层

③泥河湾第三层段：以淡黄绿色为主的亚砂土互层，夹含多层钙板层

④马兰期黄土及黄土状沉积

⊗含化石层→(标高)

上述二个剖面主要说明壶流河流域泥河湾的沉积特征，其位置多靠近湖盆边侧，为了全面了介泥河湾的沉积特征，再举桑干河流域近湖盆中心的两个剖面，以资湖盆中心和边侧相互对比。

阳原县化稍营虎头梁剖面位于桑干河北岸，构成第四阶地，剖面顶部海拔910米。底面海拔831米，剖面可见厚度为70米，由于剖面未见底，自下而上则可分为二个层段：(见图4)

第一层段：深埋地下未出露。

第二层段：下部为深灰色及灰绿色泥灰岩，节理发育，向上逐渐为灰黄及灰褐色粉砂夹薄亚砂土及亚粘土互层，在亚粘土或粉砂层中具有粘土细纹层，接近顶部出现晶簇状的石膏层和具有盐渍化的砂土层，最顶面则是一层被钙质胶结的灰褐色斜层理的砾石层。本层可见厚度40米。

第三层段：底部为夹有细砾的淡棕色细层，向上为褐黄色具斜层理的粉砂，逐渐过渡为夹有粘土条带的亚砂土、细砂互层，在顶部又出现一层斜层理的砾石层，其上复盖1.5米厚的黄土状亚砂土，该层之上为灰褐色钙质胶结的砾石所复盖，黄土状亚砂土出现齿状裂隙，并为砾石所充填(图4—A)。这种齿状裂隙与季节性融冻有关。紧邻该剖面西侧一公里处，发现在同一高度上出现了典型的融冻变形(involution)，其中砾石层因融冻产生扭动和旋转，间于其中亚粘土层产生揉褶变形，并将盖在剖面顶部的黄土及其钙质结核也被裹挟其内(图4—B)。所有这些现象和红崖村养水站所见剖面相同，表明无论在桑干河流域或壶流河流域，当泥河湾第三层段沉积之后，曾经发生过周期性的寒冻、暖融气候，如能根据动植物化石分析确定其形成这种气候条件的时代，不仅对划分泥河湾上部地层十分重要，对了解当时的古气候环境也是很有意义的。

①灰白色及灰棕色泥灰岩及亚粘土层(产生化石)。(图4说明)

泥河湾第二层段 { ②灰黄色亚粘土夹细砂层，具薄层理，
③灰黄色亚砂土，具细纹层，
④晶簇状石膏层，
⑤灰黄色亚砂土，具薄层理，
⑥灰褐色砾石层，

- 泥河湾第三层段 {
- ⑦棕淡色中、细砂层, 含小砾,
 - ⑧具斜层理的黄褐色粉砂层,
 - ⑨夹透镜状粘土的褐色亚砂土,
 - ⑩灰黄色细砂层,
 - ⑪灰黄色亚砂土, 底部具细砾,
 - ⑫具斜层理的灰褐色砾石层,

⑬具有齿状裂隙的黄土状土及砾石层,

近湖盆中心的另一剖面为桑干河南岸的郝家台, 该剖面的岩性特征基本上同于虎头梁所见(图5), 所不同者有二: 其一, 郝家台剖面顶部未见融冻变形现象。其二, 郝家台剖面上的第三层段和第二层段的分界除岩性组合的不同外, 显示出一个微弱的侵蚀面, 这可以说是近湖盆中心很少见到的分层标志。(图5说明)

①灰白色泥灰岩、板状, 节理发育, 具植物印痕, 地层 $N83^{\circ}E$ 倾, $<2^{\circ}$

- 泥河湾第二层段 {
- ②淡粉红色亚砂土与灰色细砂互层
 - ③灰白色泥灰岩, 薄层理

泥河湾第三层段 {

- ④具有交错层理的淡棕色细砂、中细砂互层, 层间具钙板层, 在交错砂层中夹砂砾及粘土透镜体

⑤淡粉红色亚砂土与灰白色薄层泥灰岩互层, 具钙板层

⑥上更新统新黄土及黄土状土

分析近湖盆中心的这两个剖面得知: 按第二层段的岩性特征表明是在湖水比较宁静时期形成的, 而河流的作用非常微弱, 第三层段的岩性特征尽管也代表湖泊萎缩钙质加浓期, 但是由于处在湖泊近中心, 因而湖积作用仍然大于河流作用, 这于处在湖泊边侧的红崖村和城墙剖面上的第三层段的情况稍有不同, 但它们只是环境的不同, 而非沉积时代的不同。

上述几个剖面只能说明泥河湾沉积在时间和空间上的变化, 至于在平面上的变化如何, 泥河湾村北部的大黑沟剖面是说明这种变化的典型自然剖面(见图6)剖面自北而南直达桑干河谷。(图6说明)

①新黄土及黄土状土, ②老黄土及黄土状土, ③泥河湾第三层段沉积。

从图6可以看出, 剖面顶部出现的是一套具斜层理的灰褐色砂砾层, 向南(即向湖中心)砂砾层逐渐过渡为不带斜层理的粗砂、细砂层, 再往南接近桑干河谷地一带则变成桔黄色、灰绿色、巧克力色的细粉砂、亚粘土、亚砂土互层, 出现明显的水平薄层理, 这是一条明显的由湖滨到湖心的自然剖面。这套岩系相当于前述剖面的第三层段顶面具有融冻变形的那一层砾石层在平面上的变化。在这一套岩系的下面则是灰色或灰黄色的砂及亚粘土和亚砂土, 并有石膏层, 它们仍属第三层段的成分。在这套岩系的上面有厚达20米左右的洪冲积型的红色土(相当于离石黄土上部)。这套红色土同下边的斜层理的砾石层具有过渡和相变的关系, 似为同时异相。在红色土之上具有显著的侵蚀面, 相当于马兰期的黄土超复其上。

马兰期的黄土属上更新世, 其下伏之红色土相当中更新世, 若按离石黄土上部对比, 当属中更新世上部(Q_{2-2})。红色土(或离石黄土上部)既然与下伏斜层理的砾

石层为相变过渡关系,那么在我们所划分为第三层段的这套斜层理砾石层,其时代也应归属中更新世,或中更新世下部(Q_{2-1})较为适宜。

通过对上述剖面的分析和认识使我们有可能对泥河湾沉积的地层,成因以及气候因素作进一步划分和推论。

三、泥河湾地层划分问题

划分地层有多种原则,但是根据动物群划分地层则是最基本的原则。由于我们在泥河湾地层发现化石很少(前人发现的化石虽多,但层位不清),加之对化石研究不够,因此只能采取综合的办法予以划分。我们考虑以下四个因素作为对泥河湾层划分的标志:

- (1) 地层之间的接触关系;
- (2) 岩性组合上的特殊变化;
- (3) 气候上的差异;
- (4) 根据获得的另星化石;

显然这种划分带有一定的示意性。为了便于说明问题,现以红岩村南沟剖面为例,作以下划分:(图7)

从图上可以看出,泥河湾的第一层段同下伏的三趾马红土层为明显的不整合接触,但同上伏的第二层段一般则为假整合关系(如红崖剖面)。但在局部地区也有不整合关系(如城墙剖面)。

根据孢粉分析,发现从第一层段到第二层段的下部,其中冷杉成分最大达53%,阔叶只有5.0%,并有一些草木。当到第二层段的中上部时,阔叶增至17%,而冷杉不足10%。到了第二层段的上部时,冷杉又增至12%,阔叶相对减少。从孢粉成分的变化来看,第一层段和第二层段尽管中间有偏暖的气候,但总的气候特点是以冷湿为主,所有获得的脊椎动物化石和爷足类化石,如长鼻三趾马(*Proboscidea perion*),三门马(*Equus sanmenensis*),丽蚌(*Lamprotula*),塘螺(*Limnea*)等它们都是来自第二层段的中下部,因此从孢粉成分、动物成分的特点均不同于下部三趾马红土。故将第一层段和第二层段都划归下更新世— Q_1 。鉴于第一层段和第二层段有时为假整合,有时出现局部不整合,故又可把第一层段放在下更新世下部— 1_{-1} ,第二层段放在下更新世上部— Q_{1-2} 。

第三层段和第二层段除在郝家台的剖面中有微弱不整合的关系外,其他地段均以岩性不同而划分。本层段在岩性组合上较第二层段为粗,多成韵律出现。常有石膏及钙板层,颜色以灰黄为主,杂以褐色及淡粉红色。孢粉成分冷杉、云杉减少。榆树、蒿属、松科出现,代表干燥一半干燥气候,不同于第二层段的冷湿气候。故与第二层段分开。如果把这一层段的钙板层和石膏层视为干燥气候的标志,而对其中的砂砾层视为湿润气候的标志,那么这一层段的岩性组合则呈现干燥和湿润气候重复交替,这种气候条件同我国北方形成老黄土的气候条件即为相似,老黄土(主要指离石黄土)是中更新世的产物。这就是说第三层段很可能同老黄土相当,属于同时异相的产物、故将第三层段划归

为中更新世— Q_2 。

值得提出的是在第三层段之上，马兰黄土之下一第三层段之顶部，常有融冻变形现象，这表明在泥河湾地区，在中更新世之后或上更新世之末的某一段时间，有过相当严寒的气候条件，使之泥河湾顶层产生融冻变形。

根据上述分析，我们对泥河湾地层的划分归纳如下：

泥河湾沉积的第一层段和第二层段划归下更新世。其中可根据接触关系或气候的波动进一步划分第一层段为下更新世下部，第二层段为下更新世上部。

泥河湾沉积的第三层段可划归中更新世。当然也有可能分出上更新世，如古椎脊所在阳原县许家窑泥河湾地层中发现的古人类文化遗迹，以及在官厅水库西南岸林场附近的泥河湾灰绿色泥岩中发现的旧石器，均可作为中更新世末上更新世初的地层单位。

对上述泥河湾沉积的划分只是一个感性的认识，有待今后生物地层进一步改正。

四、关于泥河湾地层的成因问题：

以往对泥河湾地层都认为是湖相或河湖相，笼统的说这是毫无问题的。但根据岩性组合结合层间构造，可作进一步认识：

(1) 属于泥河湾沉积的第一层段主要是砂砾石及含有砂砾透镜体的亚砂土组成，砾石磨圆较差，分选不良，属于湖泊开始充水期的急流相沉积。

(2) 属于泥河湾沉积的第二层段，主要以细粒相为主，如泥灰岩，淤泥层，亚粘土粉砂层，层间构造多为水平薄层理的纹理，相当湖水加大，环境稳定的湖积期，以湖相沉积为主，河流作用为辅，但在湖的边侧常有河流作用。

(3) 属于泥河湾沉积的第三层段主要是砂、亚砂土，砂砾层及钙板层，石膏层重复交替出现，并常有细砂交错层和斜层理砾石夹层，代表湖水萎缩、钙质加浓期。表明湖相与河流相交替进行。

从第一层段—第三层段的成因类型明显的反映出泥河湾沉积从开始到结束的完整的沉积韵律、同时也反映了泥河湾湖盆的消长过程。

五、结语

(1) 泥河地层虽难划分但可划分，它不仅代表下更新世的地层，而且包括了中更新世乃至上更新世的地层。

(2) 泥河湾沉积的气候条件最初为冷湿，中稍有偏暖，到后期主要为干冷—干燥间夹脉动性的湿润气候。

(3) 泥河湾沉积中心在蔚县西合营和阳原县东城公社一带。石匣里、红崖村接近湖滨区。

(4) 泥河湾湖盆的消亡自西北向东南逐渐迁移。桑干河自西北向东南而摆动。

由于我们对泥河湾沉积研究不多，特别对地层中的化石更无研究，因此有关对地层的划分和成因的认识很不成熟、仅供讨论参考。

参 考 文 献

(1) 裴文中、黄万波：对三门系的一些意见，三门峡第四纪地质会议文集，科学

出版社, 1959年。

(2) 袁复礼: 三门峡第四纪地质和相关的一些地质问题, 三门峡第四纪地质会议文集, 科学出版社, 1959年。

(8) 刘东生、朱海之: 对三门系地层划分的一些意见, 三门峡第四纪地质会议文集、科学出版社, 1959年。

(4) 杨钟健: 上新统更新统的分界, 科学31卷11期, 1949年。

(5) Barbour, G.B. 1952, deposits of the Sang Kan Ho Valley. 地质学会志 4卷1期

(6) Barbour, G. B., Lioent, E. and Teilhard de Chardin, P. geological Study Of deposits Of the Sangkangho basin. 地质会志 5卷3/4期

(7) 丁锡祉裘善文等: 冰缘地貌发展现状。

中国第四纪研究委员会第二届学术会议论文摘要汇编, 中国第四纪研究委员会编, 1964年。

(8) 北京地院普地教研室: 第四纪地质学讲议1959年

(9) 许辑五等: 河北蔚县盆地及其边缘地区的新构造。

中国第四纪研究委员会第二届学术会议论文摘要汇编, 中国第四纪研究委员会编, 1964年。

(10) 泥河湾新生代地层小组: 泥河湾盆地晚新生代几个地层剖面的观察, 古脊椎动物与古人类第十二卷2期, 1974年。

从泥河湾层花粉分析谈南沟 冷期及其他问题

周昆叔 梁秀龙 严富华* 叶永英*

第四纪下限问题,它关系到揭示地球历史进入到最后一章的第四纪时代质的飞跃研究。它既是一个地学的重要理论课题,也关系到工程建设、找水、找矿等许多实际问题的正确解决。因此,对第四纪下限问题的研究历来为人们所重视。近年,我们在有关生产和科研任务的推动下,对著名的河北阳原盆地和山西大同盆地分布的早更新世泥河湾层进行了花粉分析,现就其古植被、古气候和地层等方面的问题作一初步讨论。

一、地质地理概况

在河北省北部的阳原盆地和山西省北部的大同盆地,同属山西隆起轴部一系列盆地中的两个中型断陷盆地(图1)。盆地于第三纪开始形成。盆地中堆积了数百米的新生代沉积物,其中包括厚达400—500米的第四纪泥河湾层。

阳原盆地海拔800—900米,大同盆地海拔1000米。该二盆地均呈长条形,被丘陵低山包围。在大同盆地的东北部,由于第四纪有活跃的火山活动,形成大同火山群,该火山群所形成的玄武岩丘陵把两盆地分隔开来。桑干河发源于大同盆地的西南侧,紧靠该盆地南边由西向东流,至盆地东侧鹅毛口村一带切过泥河湾层和厚层的玄武岩,形成峡谷,泄入阳原盆地的南边,过石匣,穿崇山入延怀盆地,与洋河相汇后,再穿过西山,改称永定河,从北京西南蜿蜒汇入海河,流入渤海。

本区气候上属温带半干燥区和暖温带半湿润区的交界地带。植被为森林草原。年平均气温阳原盆地为7℃,大同盆地为6℃。

下面就花粉分析的几个剖面描述如下:

时庄钻孔剖面:

该剖面位于大同盆地的西侧,即口泉河的冲积扇近于正中部位的时庄(图1)。该处海拔1045米,钻孔深701米,沉积物大致可以分为四段(图5),即:

* 国家地震局地质研究所

晚更新统——全新统 (Q_3-Q_4)

0—177米，主为灰色至黄色的冲洪积砂和偶见砂砾层，间以灰黑色砂粘或粘砂的湖沼相沉积。

早更新统——中更新统 (Q_1-Q_2)

177—296米，基本上为灰黄色的砂层，少为砂粘河湖相沉积。在223米处发现有凝灰岩层，厚度不明。

早更新统 (Q_1)

296—432米，基本上为灰色粉细砂的河湖相沉积，与多层灰黑色砂粘或粘砂湖相沉积成互层，层理清楚，可见含软体动物介壳碎片。

~~~~~侵蚀不整合~~~~~

第三系 (R)

432—701米，先为棕红色砂粘，后变成紫红色粘土。未见基底。

**阳原盆地红岩村南沟剖面：**

该剖面位于阳原盆地之南边桑干河的支流壶流河河谷的左岸，在红崖村南约半公里。在壶流河沿断层形成深切河谷，留下两级阶地和泥河湾古湖台地，从而使泥河湾层沉积清晰地展现出来。红岩村南沟一带剖面有代表性（图1、2、3）。现将南沟剖面简述如下：

早更新统——中更新统 ( $Q_1-Q_2$ )

第三段沉积：为一套灰黄和黄绿色为主的砂、砂砾和粘砂夹多层钙板的沉积。下部为扁平细砾和砂构成的交错砂砾层。厚度为70米以上。

早更新统 ( $Q_1$ )

第二段沉积，厚23.2米，本段又可分为三层。

第三层，灰色粘土为主，含有叶印痕和软体动物化石碎片，还有灰黄色粘砂，砂砾和砂层。厚10米。

第二层，主为浅棕色砂夹细砾，中夹浅灰色砂、砂砾，粘土混杂层，砾石分选极差，小者几厘米，大者30—40厘米，磨圆度极差，成分主为流纹岩、灰岩、以基性喷出岩为主。厚6.2米。

第一层，为灰黑色砂粘，粘砂和灰色砂层，含多量小螺和贝壳化石碎片。厚7米。

~~~~~侵蚀不整合~~~~~

晚上新世 (N_2)

第一段沉积，为三趾马红土夹钙质结核层，红土为粘砂或砂粘，结核层厚为1—1.5米。层中含砂砾。厚8.8米，未见底。

许家窑剖面：

位于阳原盆地西北隅，海拔1000米。有梨益沟由北往南流，汇入桑干河。剖面在该沟中部右岸许家窑村东（图1、4）。

晚更新统晚期 (Q_3^3)

类黄土，含砂砾，局部有层理结构。厚约5米。

~~~~~侵蚀不整合~~~~~

晚更新世早期 (Q<sub>1</sub>)

主为灰色的砂粘或粘砂和砂砾的河湖相沉积。厚约12米，未见底。

在本剖面的东侧有中心式火山喷出物——凝灰火山砂层。

## 二、孢粉组合

共分析了四个剖面，分别叙述如下：

### 1)、时庄钻孔剖面：

共分析了53块样品，在32块样品中发现有孢粉，在7块样品中含有丰富的孢粉。发现有30个类型的孢粉，共计2660粒。乔木花粉以 *Abies*、*Picea*、*Pinus* 占多数；有不多的 *Tsuga*、*Pinaceae* *Betulaceae*、*Carpinus*、*Quercus*、*Ulmus*、*Tilia*。小灌木及草本植物花粉有 *Ephedra*、*Typha*、*Gramineae*、*Cyperaceae*、*Moraceae*、*Polygonaceae*、*Chenopodiaceae*、*Cruciferae*、*Thalictrum*、*Rosaceae*、*Umbelliferae*、*Haloragaceae*、*Artemisia*、*Compositae*。孢子有 *Selaginella*、*Polypodium*、*Folypodiaceae*等。

将花粉分析结果做成花粉式（图5），可见花粉主要集中分布在三个段落中。

剖面底部307—380米，下部以蒿、藜为主的草本花粉占优势，达77—87%。其上木本花粉占优势，达92.8—94.6%。在木本花粉松中占39.7—70.8%，冷杉占18.8—27.5%，云杉为0—14.2%，桦可占12.5%，栎、椴、榆、鹅耳枥阔叶树只个别出现。孢子少，多不过4.9%。

剖面中部208—223米，木本占绝对优势，达82.5—98.7%，其中松占53.6—75.7%，冷杉可占11.9%，云杉占37.4%，其他均甚少。

剖面上部117—145米，木本花粉占优势，达54.9—96.6%。木本中松占66.8—90.7%，云杉占23.6—28%，其他木本甚少。草本数量不多，其中以藜，蒿占多数。

### 2)、红岩村南沟剖面：

曾两次采样进行孢粉分析，分析标本50余个。共发现有54个类型的孢粉，统计孢粉5827粒。木本花粉以 *Pinus*、*Abies*、*Picea* 最多，还有一些 *Pinaceae* 的花粉，其他 *Cedrus*、*Tsuga*、*Keteleeria*、*Dacrydium*、*Podocarpus*、*Taxodiaceae*、*Cupressaceae*、*Ginkgoaceae* 只有个别花粉粒出现。阔叶树花粉 *Betula*、*Alnus*、*Carpinus*、*Betulaceae*、*Quercus*、*Fagus*、*Castanea*、*Ulmus*、*Zeikova*、*Celtis*、*Ulmaceae*、*Tilia*、*Juglanceae*、*Carya*、*Moraceae*、*Rhus*、*Salix* 只是少数或个别出现。小灌木及草本花粉中以 *Chenopodiaceae*、*Artemisia* 占最多，其次有 *Polygonaceae*、*Compositae*、*Gramineae*，其他还有个别的 *Ephedra*、*Corylus*、*Typha*、*Myriophyllaceae*、*Caryophyllaceae*、*Potamogetonaceae*、*Rubiaceae*、*Thalictrum*、*Plantaginaceae*、*Sanguisorba*、*Ranunculaceae*、*Butomuceae*、*Cyperaceae*、*Liliaceae*，孢子很少，有



*Lycopodium*, *Selaginella*, *Polypodiaceae*, *Pteridiaceae*等。

将花粉分析结果做成花粉式(图6),自下而上可分五段叙述:

96.70米以下的三趾马红土及其砂砾沉积(包括邻近的杨水站沟剖面的同一层),未能发现孢粉。

在89.7—96.7米的灰黑色粘性土和砂沉积物中,发现有大量的花粉。木本占多数,达31.3—100%,草本0—55.5%。乔木中松占34.1—64.9%,冷杉占23.7—53.1%,云杉占4.4—13.5%,雪松占2.2—2.7%,油松可占3%,松科0.7—5.5%,罗汉松占1.5—2.3%,银杏占1.1%,桉木占1.3—5.3%,鹅耳枥、桦、栎、榆、胡桃、山核桃、山毛榉、栗的花粉均不足1%。草本花粉中蒿占21.3—83%,藜占9.6—44.6%,禾草0.5—2.8%,蓼占3.1—21.3%,此外,如麻黄、小二仙草、眼子菜、车前、毛茛等都只有个别花粉粒。

在83.5—89.7米的浅棕色砂砾层中,只有个别样品含不多的花粉,木本有一些松,还有个别漆的花粉,草本有不多的蒿、藜花粉。

在75—83.5米的灰色砂粘中含有丰富的花粉。木本占多数,达37.7—100%,草本占0—58.1%。木本中松占58.8—82.8%,云杉占1.8—19.1%,冷杉从不足1—16.7%,松科不足1—8.5%,罗汉松占1—1.9%,桦不足1—4.9%,榆1.6—5.2%,栎不足1—6%,椴不足1—1.5%,胡桃1.7%,桑、鹅耳枥不足1.5%,雪松、铁杉、泪杉、桉木、栗、桦、朴、榆、胡桃、山核桃和柳均不足1%。草本花粉中蒿占13.9—57.8%,藜占19.1—83%,菊不足1—11.9%,禾草、唇形科、唐松草和麻黄等只个别出现。

在75.5米以上除个别样品发现较多的松花粉,占88.1%,还有一些蒿和藜的花粉外,其他样品中均只发现较少的上述同类花粉。

### 3)、许家窑剖面:

在上部类黄土中只发现个别的松及不多的蒿花粉,在下部河湖相沉积中共发现26个类型的孢粉,共计1691粒。木本中以 *Picea*、*Pinus* 占多数,有不多的 *Abies*,只发现个别的 *Cedrus*、*Tsuga*、*Larix*、*Pinaceae*、*Betula*、*Betulaceae*、*Salix*、*Quercus*、*Ulmus*、*Tilia*、*Juglans*、*Moraceae*。灌木花粉有个别的 *Ephedra*、*Corylus*、*Lonicera*、*Malvaceae*。草本花粉中有较多的 *Artemisia*、*Chenopodiaceae*,此外还有个别的 *Compositae*、*Gramineae*、*Cyperaceae*。

将花粉分析结果做成花粉式(图7)。湖相沉积的下部草本占优势,达87.6%,木本占12.4%。木本中云杉占41.2%,松占48.4%,松科5.1%,桦、柳、栎、榆共占5%。草本中蒿占48.8%,藜占46.2%,尚有少量菊、禾草和莎草,只占0.2—2.6%。

湖相沉积的中上部,木本花粉占优势,达77.3—81%,小灌木及草本占18.9—22%。木本花粉中云杉占55.7—73.1%,冷杉占2.4—2.8%,松占18.8—35.7%,雪松、铁杉、落叶松均不足1%。桦、榆、椴、胡桃、桑科合计占2—3.2%。

### 4)、小长梁剖面:

该剖面位于阳原大田洼公社官亭村,地层层位相当于泥河湾层的中上部。中国科学

院古脊椎动物所在此发现了早期旧石器。我们在此剖面上采集了20个样品进行分析,只在少数样品中发现个别的松和蒿等花粉。

### 三、 讨 论

巴尔博 (G.B.Barbour) 于1924年首先提出“泥河湾层”这一名称〔1〕,次年他又根据无脊椎动物化石的研究,指明该层属早更新世〔2〕。30年代德日进 (P.Teilhard de Chardin) 等人根据从泥河湾村附近发现的大批脊椎动物化石将该层划在上新统的最上部〔8〕,并认为与法国的维拉弗朗期 (Villafranchian) 地层相当。

1948年,十八届国际地质会议建议把维拉弗朗期划归早更新世。1954年,我国采纳了这一建议,把泥河湾层也放到早更新世〔4〕。50年代末至60年代,有人对此提出异议,认为泥河湾层上部还应包括中更新统的地层〔5、6、7〕。到70年代,有人把它分为上、下两组,分别放在下更新统的上部和下部〔8〕,或把下组(或部份)放在上新统〔8、9、10、11〕;还有人指出有晚更新统(近来贾兰波教授与笔者之一面谈中,说现在看来该层时代应向前提)〔10〕。

从上述,可见对我国华北早更新统标准地层“泥河湾层”的认识仍有分歧。现在看来“泥河湾层”不完全是代表早更新统,应还包括别的统,这是肯定的,但到底包括哪些统,应如何划法,仍有待研究。

过去对泥河湾层注重于动物化石和岩层的研究。对古植物的研究,虽在50年代至60年代已被注意,但无专文报导〔12〕。我们想就近期获得的上述孢粉分析资料,对泥河湾层的古植被、古气候和地层等问题,进行如下的初步讨论。

#### 古植被问题:

在时庄孔下部348—380米一段,以蒿、藜为主的草本花粉可达77—87%,应为蒿、藜草原植被。其上314到324米,木本花粉占92.8—94.6%。木本花粉中冷杉花粉占18.8—27.5%,云杉花粉可达14.2%,松占39.7—70.8%,桦可占12.5%,应是冷杉、云杉、松的针叶林植被,其中伴生有桦、榆、椴、栎和鹅耳枥的少数植株。在208—223米,其特点是冷杉花粉减少,占11.9%,而云杉花粉增加,可占37.4%,松仍可占53.6—75.7%,应为云杉、冷杉、松针叶林。117—145米,冷杉花粉更加减少,只能个别出现,云杉花粉占23.6—28%,松可占66.8—71.9%,其上云杉、冷杉花粉只是个别出现,松却占90.7%,说明植被是由云杉、松向松植被演替。

在红岩村剖面,89.7—96.7米,是乔木花粉占优势,木本中以针叶树花粉占绝对多数,达96.3 (92.4—100)%,其中冷杉花粉平均占36.1%,云杉花粉平均占8.9%,松花粉平均占44.7%,显然应是冷杉、云杉针叶林,其中还混生有少数亚热带中、高山上长的雪松、油杉,还伴生个别亚热带的罗汉松,山核桃、山毛榉和银杏,还参杂有北温带的桤木、鹅耳枥、栎、榆和胡桃。草本花粉也占有一定比例,说明在湖边的无林地帯还生长了以藜、蒿为主、并混生有蓼、菊、禾草、车前及一些香蒲、眼子菜、小二仙草等的水生植物的草地。83.5—89.7米发现的花粉不多,有藜、蒿和松等,这可

能由于在湖边, 沉积物是砂砾为主, 不利保存花粉所引起。在泥河湾古湖的中心虎头梁剖面与本剖面的这一相同层位, 由于沉积物粒级细, 南京古生物所刘金陵同志发现有较多的蒿、藜花粉<sup>①</sup>, 说明该段应为蒿、藜草原植被。75.8—83.5米间, 木本花粉仍占优势, 木本中针叶树92.9 (80.5—100) %, 其特点是较前面针叶树阶段松、云杉花粉增加, 而冷杉却减少, 松花粉平均为73.9%, 冷杉花粉平均为8.8%, 云杉花粉平均为10.5%, 应为云杉、冷杉、松的针叶林, 其中还伴生有极个别的铁杉、泪杉、杉、柏针叶树。阔叶树种花粉占木本花粉的6.1%, 说明较前略有增加, 但仍为数不多, 故在针叶林中, 只是极个别的混生有桦、栎、榆、椴、桤木、鹅耳枥、山毛榉、榉、栗、桑、朴、胡桃、山核桃和柳。75米以上, 只有个别样品中发现较多的花粉, 故植被类型难于论证, 但看来植被已有所变化。

在许家窑剖面的底部应为蒿、藜草原, 混生有莎草、菊和禾草等; 木本虽不多, 但其中云杉却占了41.2%, 松占48.4%, 说明附近的山上有云杉针叶林的存在, 并伴生有桦、柳、榆、栎等阔叶树。剖面的中、上部木本占优势, 木本中云杉花粉占多数, 也有不多的冷杉花粉, 二者合计可达到58.1—75.8%, 松占18.9—22%, 说明除了湖滨地带草地外, 在山上是被云杉为主的暗针叶林所分布, 并伴生有极个别的雪松、铁杉、落叶松针叶树和桦、榆、椴、胡桃和桑树等落叶阔叶树。

#### 古气候问题:

从上述泥河湾层中古植被的分析中, 无论是在大同盆地底部, 还是在红岩村南沟剖面的下部, 不难看出植被有冷杉、云杉针叶林带 (大同盆地未见此带) →蒿、藜草原带 →云杉、冷杉、松针叶林带的变化。这说明当时气温比现在低许多。在研究区南面海拔2870米的小五台山上1600—2200米, 长有云杉、冷杉林带, 2500米以上为亚高山草甸带 [13]。该山云杉、冷杉林带比研究区高出800—1000米, 按通常海拔每升高100米气温降低0.5℃计算, 应比研究区气温低下约4—5℃。若与亚高山草甸带比较, 应比研究区气温低约8.5—10℃。以此与现今研究区年平均气温7℃比较, 可知泥河湾层下部的古年平均气温, 在针叶林带时应约为2—3℃, 在草原带时, 古年平均气温应约为-1.5—-3℃。我们仔细分析一下, 从植被的演替, 可以看出有一个冷期气候的完整变化, 即底部以冷杉占优势的冷杉、云杉针叶林带, 应是冷期最盛期前的湿冷气候阶段、蒿、藜草原带应是冷期最盛期的干冷气候阶段, 云杉、冷杉、松针叶林带是冷期最盛期后的湿冷偏干气候阶段。由于红岩村南沟剖面泥河湾层有上述完整的冷期气候变化过程出现, 又地层出露完整, 层位清楚, 故我们把它称之为南沟冷期, 以利于第四纪古气候期的建立和进行地层划分、对比与古地理环境的恢复。

南沟冷期的出现应是在第四纪冰川出现影响下形成的, 并且应与用微体古生物和琥珀素研究深海沉积等发现的冷暖变化相联系。由于世界各地冰期对比, 尤其是第四纪

<sup>①</sup> 刘金陵: 泥河湾组中松柏类花粉层的时代及其意义, 一九七九年全国孢粉学学术会议文件 (南京古生物研究所)