

238033

国外第四纪地质资料

(专 輯)

地质部地质科学技术情报研究所編譯

1966年3月

第四紀沉积物的研究是第四紀地质工作的基础，它不但可以使我們了解第四紀的地质发展史，而且还有助于解决找矿、水文、工程地质和农业等方面的問題。为此我們編譯了“国外第四紀地质資料專輯”，以供生产、科研和教学人員参考。

本專輯共收集了国内外文献 24 篇，約 30 万字。其內容可以分作两个部分：

第一部分主要介紹第四紀沉积物成因类型的确定、地层划分对比、以及沉积物結構构造（层理、粒度、結核等）的研究方法。

第二部分介紹了第四紀沉积物中几种主要成因类型（冲积、洪积、坡积、残积）的地质特征。并且探討了构造、地形、气候等因素对各类沉积物形成的影响。

此外，为了使同志們对第四紀地质工作有一个較全面的了解，北京地质学院陈华慧、关康年等同志特地为本專輯写了一篇“第四紀地质研究中的几个問題”。該文概括地闡述了成因类型的确定原則和地层划分对比問題，还比較系統地介紹了第四紀地质工作中收集資料、編制图件等工作方法。

本專輯譯文中的图件与地名均按照原文制版和譯出，希望讀者注意。

我們在选题及編譯过程中得到了北京地质学院和北京大学地貌教研組等单位的支持与帮助，特別是袁复礼、陈华慧、关康年和韓慕康等同志为專輯的选题，編譯提供了不少宝贵的意見，在此一并致謝。

由于工作人員水平有限，專輯中难免有不妥之处，敬請讀者批評指正。

地质部地质科学技术情报研究所

目 录

1. 第四紀地质研究中的几个問題.....陈华慧、关康年 (1—21)
2. 論第四紀陆相沉积的岩性-成因研究与相分析的原則.....E. B. 桑采尔 (22—31)
3. 論陆相沉积物成因类型和砂矿成因类型.....E. B. 桑采尔 (32—41)
4. 第四紀沉积物成因研究的某些問題.....K. И. 魯卡謝夫 (42—49)
5. 乌克兰第四紀沉积物的成因类型及其形成与分布的某些特点.....B. Г. 邦达尔丘克等 (50—55)
6. 第四紀沉积物的研究方法.....A. 凱奥 (56—60)
7. 苏联欧洲部分的南部划分第四紀沉积层的矿物准則...H. A. 沙姆拉依等 (61—64)
8. 俄罗斯平原西部第四紀沉积层矿物成分对比研究的結果.....A. C. 里亚勃欽科夫 (65—70)
9. 利用矿物分析資料研究第四紀冲积层形成时古气候条件的經驗.....A. Г. 佐洛塔列夫 (71—74)
10. 有关冲积物斜层理研究的某些問題.....C. П. 阿伯拉莫夫 (75—85)
11. 某些第四紀沉积物中的砾石定向及层理特征.....E. B. 魯欣娜 (86—91)
12. 匈牙利粒度研究的新方法E. 梅切尔斯卡 (92—94)
13. 第四紀亚粘土中碳酸盐結核的研究.....B. B. 多布罗沃尔斯基 (95—98)
14. 冲积物的类型.....E. B. 桑采尔 (99—105)
15. 构造与气候因素在平原河流冲积物形成中的作用.....A. A. 阿謝耶夫 (106—113)
16. 冲积物的相、动力相位及組.....И. П. 卡尔塔紹夫 (114—124)
17. 半干旱区冲积扇的地质.....E. 布里森巴赫 (125—138)
18. 加利福尼亚州弗雷茲諾郡西部的冲积扇沉积.....W. B. 布耳 (139—148)
19. 干旱地带的山前洪积物.....B. И. 叶利謝耶夫 (149—162)
20. 韻律式成层的坡地堆积物堆积机理的若干特点.....Ю. A. 拉甫魯申 (163—171)
21. 斜坡洗刷作用——形成大陆地形和岩石的因素.....E. B. 桑采尔 (172—180)
22. 上摩拉維亞谷地的更新世韻律式成层坡积物.....T. 克楚德克等 (181—190)
23. 关于风化壳的形成速度和形成条件的問題.....B. O. 索洛維耶夫 (191—192)
24. 气候与地形对风化壳形成的影响.....K. И. 魯卡謝夫 (193—206)

第四紀地质研究中的幾個問題

陈华慧 关康年

第四紀地质研究是水文工程地质調查和砂矿普查勘探的基础，它的主要任务是闡明第四紀沉积物的岩性特征、成因类型及地层生成順序（时代），并要求将这些基本內容清晰地表現在一定比例尺的第四紀地质图上，以說明水文工程地质的基础条件和砂矿形成分布的規律性。为此，本文将就下列几个問題談談我們的認識。

- 一、第四紀沉积物成因类型的确定；
- 二、第四紀地层单位划分与对比的原則和方法；
- 三、第四紀地质研究中資料的收集；
- 四、第四紀地质剖面图和第四紀地质图的編制；

第四紀沉积物成因类型的确定

第四紀沉积物成因的研究，不仅有助于恢复第四紀的地壳发展历史，而且对研究古陆相沉积层的岩性結構、恢复沉积环境也有一定的意义。但更为重要的是，由于不同成因的第四紀沉积物，其含矿性和水文工程地质特征有所不同，所以在生产工作中除了岩性特征、地质年代的研究外，成因研究也是十分重要的。

目前第四紀沉积物的研究以陆相为主，研究表明，影响第四紀沉积物形成的因素很复杂，除内外力地质作用外，地形起伏、基岩組成，以及气候等也都有一定的影响。但是，其中起主要作用的是外力，不同外动力作用形成了不同的沉积物，它們各具独特的岩性、結構构造，也具有一定的地形反映，这就是我們通常所理解的第四紀陆相沉积物的成因类型^①。由此可見，确定第四紀陆相沉积物的成因类型，必須从沉积物的岩性、結構构造出发，借助其地形表现，并考虑其他一些因素，来恢复外动力过程，或者通过恢复沉积时的自然地理环境，間接地分析出动力地质条件，进而确定沉积物的成因。也就是說，要从沉积物外表特征入手，認識沉积物的成因标志，然后分析其成因。第四紀沉积物的成因标志有以下四类：

(1) 沉积岩石学方面的标志 沉积物的岩性和結構构造特征，是恢复其形成动力状况、确定其成因的重要依据。

第四紀沉积物主要是碎屑沉积物，如砾石（成角砾）、砂与土状堆积物（粉砂-粘土）的混合堆积物。此外，还有少量化学沉积（泥灰岩与石膏）和生物沉积（泥炭）。其中除泥炭及一些盐类沉积能直接反映它的成因（湖沼沉积）外，大多数碎屑沉积物是要通过机械組份和岩矿成分的分析才能确定它的成因。

要研究第四紀沉积物的机械組份，首先就要研究沉积物中砾石、砂及土状堆积物的含

① 參閱本專輯中的“論第四紀陆相沉积的岩性-成因研究与相分析的原則”一文。

量比例。粗粒級含量不同，反映搬运介质的动能大小不一。一般情况下，片流所形成的沉积物以細粒为主，而河流冲积物則以粗粒为主。此外，我們还要研究机械組份本身的特征，因为在不同的动力地质条件下，由于搬运和沉积的方式不同，所以形成的沉积物的机械組份的特征也就不同。下面我們对机械組份的特征，如砾石的粒径、磨园度、扁平系数、等軸系数、扁平面（ a 、 b 面）产状，以及砾石的形态和表面特征等加以詳細的討論。

研究砾石的粒径必須注意不同粒級砾石的組合情况（砾石的分选性）和砾石的平均粒径。分选較好的沉积物，一般說來都是在較稳定的水流介质中，經過長時間的搬运而沉积成的，如在冲积物中粒径相近的砾石較为集中，而冰磧物則相反。有人认为在以細粒沉积物为主的平原地区，如果发现大漂砾，就可以认为是冰磧物。也是从分选程度这一概念來論証的。砾石的平均粒径是測量一定数量的 a 軸（最长軸）的平均值。根据砾石平均粒径的变化，可以分析搬运介质的能量在搬运途径中的变化。如河流，由于在較长地段上能量变化不大，所以砾石的平均粒径变化也就不大。当洪流在出山口时，水层厚度与水流速度均較大，而后来由于地形突然開闊，坡度变小，形成散流，速度大大降低，因此在洪积扇的纵剖面上，从扇頂到邊緣砾石平均粒径逐漸变小，且变化甚大^①。

砾石的磨园度，既能說明砾石被搬运的距离，又能說明搬运介质的性质。例如，冲积物中的砾石磨园度較好，这是由于在长距离的搬运中砾石相互碰撞而造成的；而坡积物中由于砾石搬运不远，冰磧物中由于砾石处于固体冰介质中不能自由碰撞磨擦，所以它們的磨园度都很差。不过这种差别只是相对的，在特殊情况下，冲积物砾石磨园度可以很差，这和砾石的岩性及搬运过程的特点有关。如在河流上流，或由于水流具洪流特点；或由于河流側蚀，基岩碎屑剛进入河床，因此砾石磨园度較差。但这只是局部現象，随着砾石搬运距离的增长，其磨园度就会增高。

一般情况下，滨海砾石的扁平系数高，球度低；而冲积层中的砾石却是扁平系数低，球度高。

砾石扁平面产状的研究很重要，它不仅可以判断搬运方向，而且对判断动力特征也有較大的意义。冰磧物中砾石扁平面的产状不規則，但在冰磧邊緣的冰川沉积物中却可能具有定向性。流水沉积层的砾石定向較明显，但是在不同流水作用下的砾石，其扁平面的定向又各有不同；河流作用下的砾石定向最明显，其常常是扁平面傾向上游，傾角 $30-40^\circ$ ，呈迭瓦状排列；在波浪作用下的海或湖相砾石、扁平面傾向海或湖的方向，傾角一般为 10° 左右；洪积物是由扇形散流形成的，故扁平面有規律地傾向扇頂。我們在野外对砾石扁平面除定性的观察描述外，还必须进行測定工作。一般，某一个砾石层取若干个測点，每一測点，根据需要不加选择地測定 100-300 个砾石。最后将測定的結果繪在平面图上。需要指出，在分析測定資料时必须注意地形对砾石产状的影响^②。

砾石形状及表面特征的研究对解决沉积物的成因有一定的参考价值。如三棱石是风成砾石所特有的，而擦痕石、猴子脸石（或香蕉石）則可能为冰川作用的产物。然而，不能单就砾石形状作出判断，否則会产生片面性，因为砾石形状不只取决于动力条件，而且还取决于母岩特征。在野外常有这样的情况：古老的风成或冰磧砾石經破坏改造再搬运而进

① 參閱本專輯中的“半干旱区冲积扇的地质”一文。

② 參閱本專輯中的“某些第四紀沉积物中的砾石定向及层理特征”一文。

入新的洪积或冲积层中。因此，利用砾石形状判断沉积物的成因只是一种辅助标志，过份强调它的作用是不正确的。由于在沉积物的机械组份中含有或多或少的砂，因此对砂的表面特征还必须进行大量的室内研究。一般认为风成砂表面有麻点，海成砂磨圆度极高。对砂粒表面的凹坑和擦痕有二种不同的看法，一种认为是冰碛物的特征，另一种认为是强烈风化的结果^①。

第四纪沉积物的岩矿成分的繁简程度、稳定与不稳定矿物的含量在不同沉积层中也是不同的。例如，一般情况下，坡积层的砾石由于来源于附近斜坡，故其岩矿成分比较简单，而源远流长的河流沉积物的岩矿组份则比较复杂，其中稳定成分相对也比较高。

第四纪沉积物的结构构造主要是指沉积物中机械组分的相互关系、组合特征和层理产状。

机械组分的相互关系常能明显反映沉积物的成因，例如：砾石成迭瓦状排列，中间为砂所充填，是冲积物的典型特征。而粘土包裹砾石（砾石杂乱无定向，分选极差）的泥砾结构是冰碛物的典型特征。但冲积物中有时也有粘土充填，当冲积物底部有粘土风化壳时，粘土含量可以很高，有时甚至成为砾石。

沉积物机械组份的组合特征是千变万化的，然而从成因角度分析，要特别注意粗碎屑在整个沉积层中所占据的位置，因为它能反映一定的动力地质条件。例如：冲积层下部为河床相沉积，它是在横向环流作用下形成的一套粗砂砂砾层，自下而上粒径变细，而且还发育有斜交层理。上部为河漫滩相沉积，它是在洪水期间由河水漫出河槽而造成的一套薄而交互成层的细粒亚砂土-亚粘土，往往具微薄的水平层理。粗粒河床相与细粒河漫滩相有规律的组合，构成了冲积层特有的二元结构（图1）。洪积物的典型结构是多元的，以砂砾为主的粗粒相呈透镜体状产出，且在垂直剖面上多次出现，该结构是由暂时而不稳定的水流形成的（图2）。冰碛物没有固定的结构，只是有时候具有类似流水结构的冰水成的砂砾堆积与冰川融化时形成的完全杂乱堆积的组合。需要注意的是，不仅要在垂直剖面上研究沉积物的结构构造，而且要在水平方向上研究它们的变化，因为后者的研究也可以帮助分析水动力的条件。

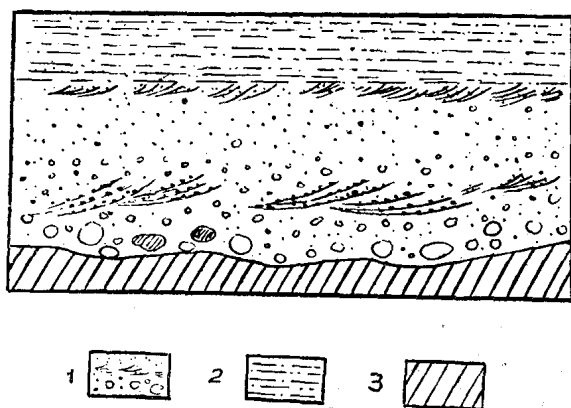


图1 河流冲积层的二元结构
1-河床相沉积；2-河漫滩相沉积；3-基岩

第四纪沉积物中有水平层理、倾斜和交错的斜层理，以及波状层理。它们虽然随岩性成分和所处的地形不同而不同，但是仍能够反映一定的水动力条件^②。各种斜层理和沉积物的产状，对恢复沉积物成因来说极为重要。例如，坡积层为两头薄，中间厚，顶面平，底面凹的倾斜透镜体；湖相沉积物也为透镜体，但产状是水平的；如果在平原地区发现了特殊的砂质透镜体，则说明它是古河床的产物（参看图15）。

① 参阅本专輯中的“第四纪沉积物的研究方法”一文。

② 参阅本专輯中的“某些第四纪沉积物中的砾石定向及层理特征”和“有关冲积物斜层理研究的某些问题”二文。

綜上所述，第四紀沉积物的岩性、結構构造特征，都在不同程度上反映了沉积物沉积时动力地质作用的性质和方向。因此，沉积岩石学方面的一些特征是分析动力地质条件的重要标志，是确定沉积物成因类型的重要依据。

(2) 地貌学方面的标志

地形与沉积物是同一地质作用的两种产物，因此，地形标志是研究沉积物成因类型的必不可少的組成部分。地形标志的研究有三个方面。

首先，我們要研究沉积物本身所組成的地形特点。任何沉积物都构成一定的地形形态，完全由堆积作用而形成的地形称之为堆积地形（如砂丘、冰磧壟崗、河漫滩、冲出錐等），在沉积物堆积后經受侵蝕切割而成的地形称为侵蝕堆积地形（如阶地等）。其中，砂丘、冰磧壟崗和河漫滩等可直接反映形成的动力性质，而台阶地形及扇状地形虽也可作为冲积和洪积成因的标志，但由于它們有多种成因，故分析时必须結合其他特征。

其次，我們必須研究与沉积物相关的剝蚀地形的特点，研究沉积物所处的地貌部位。研究沉积物的成因，必須对供給沉积物物质来源的剝蚀地貌区进行分析，而要鑑別沉积物物质来源，就必须首先認識沉积物本身的空間分布特点。例如，坡积物是沿坡地分布的，由坡頂到坡脚厚度逐渐增大，粒度变細，說明物质来源于斜坡，因此对斜坡的研究成为坡积层成因研究不可缺少的部分^①。研究扇形地时，应注意研究与扇形地頂端相連的剝蚀地貌，如冲出錐总是分布在河谷或山前地带較大的冲沟口处，而冲沟是洪流作用的产物，因此扇状或錐状地形就成为洪积成因的标志。冰磧物的成因和冰蝕地形密切相关，因此确定这种成因时必须特別注意附近有无冰蝕地形存在。

第三，我們要研究为沉积物所掩埋的地形的特征。虽然它的研究是地貌研究中的一个难点，但却有重要的意义，因为它的研究，尤其是被掩埋的微地形的研究，能清晰地表明沉积物形成时的动力特征，例如，对某砂矿的采矿坑进行研究后发现，含矿层之下微地形具无数长条状槽沟，槽沟两端和两侧均为不对称状，并且沿一定方向有規律地平行分布。根据这些特点，可以认为它們和某一方向来的一定水动力有联系，因而确定該含矿层为冲积成因（图3）。

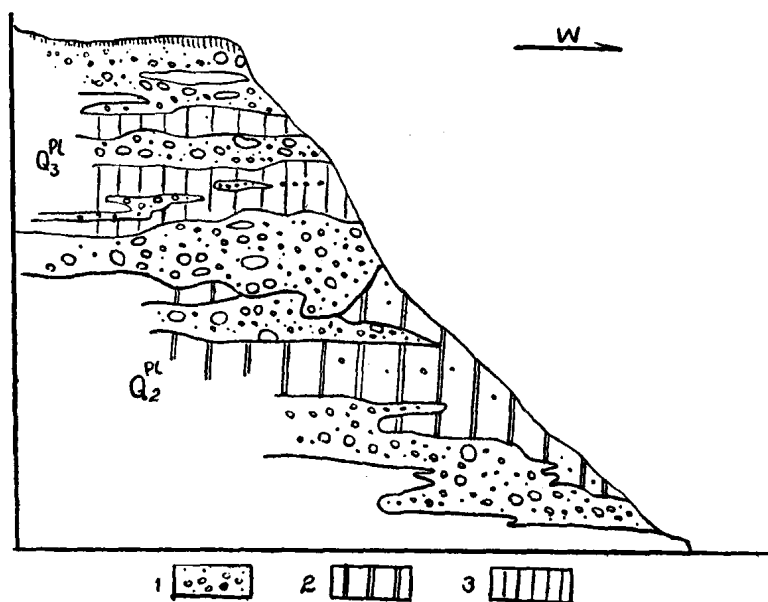


图 2 洪积物的多元結構

1-砂砾层；2-紅色亚粘土层；3-微紅黄色亚粘土层

^① 參閱本專輯中的“韻律式成层的坡地堆积物堆积机理的若干問題”和“斜坡洗刷作用——形成大陆地形和岩石的因素”二文。

在确定沉积物的成因时，如果忽视地貌标志就会产生片面性。有人只是根据分选差，粘土砾石混杂，砾石表面有擦痕，而没有认真分析地形特点，擦痕石的母岩性质，更没有研究与沉积物相联系的大片的流水地貌特点，从而把全新世的洪积物错当为冰碛物。也有人面对冰碛物，但没注意对古冰蚀地形进行分析而简单地认为不是冰碛物。由此可见，确定沉积物的成因必须结合地貌资料，否则将会使问题复杂化。

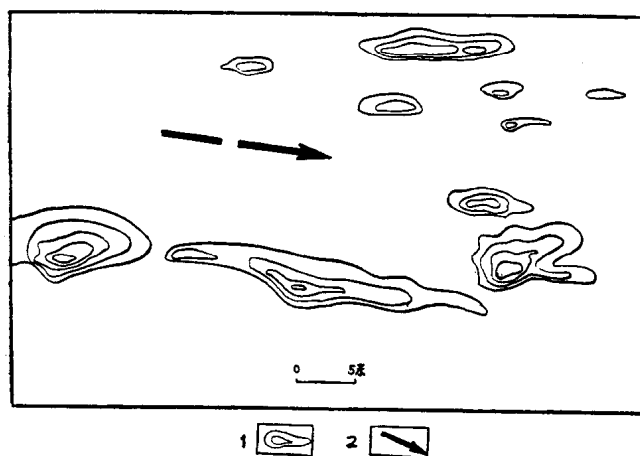


图 3 埋藏微地形图

1-浅坑等深线（线距 0.2 米）；2-流水方向

(3) 气候学方面的标志 在地球发展的最新阶段——短促的第四纪时期内，气候有过多次剧烈的变化。气候的变化表现为：①在世界高纬度和高山区是冰期与间冰期的交替，并即冰川扩大与冰川消融缩小的交替，其实质是寒冷与温暖气候的交替；②在冰川作用的边缘地区，是潮湿与干旱的交替；③在不受冰川影响的地区，气候也是多次有规律的变化。

气候变化对第四纪沉积物有较大的影响，正如 K. И. 鲁卡谢夫在

“第四纪沉积物成因研究的某些问题”一文中所说：“在冰期阶段，冰冻作用和强烈的侵蚀—堆积作用是改造地形、形成各种岩相的不同成因类型沉积物的决定性因素；在间冰期阶段，在地表各种地形的发育、不同沉积物的形成中，残积、成壤和风蚀等起了显著的作用”。

第四纪地层中有些沉积物的岩性就是很好的气候标志，如冰碛物（代表寒冷）、泥炭（代表潮湿）、洞穴中的石灰华和钟乳石及红土（代表湿热）、黄土（代表干燥）等等。此外第四纪地层中的风化壳、古土壤也可作为气候标志。由于气候是沉积环境的重要标志，因此对气候的研究为分析沉积物的成因提供了间接依据。

(4) 生物化石方面的标志 生物化石之所以能作为分析沉积物成因的标志，是由于生物本身的结构构造及在沉积物中的产状，能反映沉积物形成的环境。例如，冰期时喜暖生物大量消失，而耐寒生物却大量发展。又如通过对某地区三门系的植物孢粉分析，发现其组合分布呈环带状，环带中心为经常生长在水池中心的眼子菜、水鼈等浮生植物，其外围是一些生长在水池边的半水生禾木科、莎草科和香蒲，更外围则是常在湖泊周围生长的杨属、柳属和李属的孢粉，这些组合和分布特点不仅表明该区在早更新世时是温暖的气候，而且也表明当时的沉积环境是个湖盆。再如，我国北方第四纪早期的沉积物中常有厚壳蚌，它们在地层中喙部向上，往往呈直立状，且常与砂砾在一起，这说明淡水生物当时是在急流环境中生活的。

我们通过上述四类标志的分析可以看出，沉积岩石学与地貌学标志能较直接地反映沉积物的动力条件，而气候与生物学方面的标志通过恢复沉积物所处自然地理环境，间接地反映了动力条件。对于老沉积物来说，由于地貌标志易被破坏和改造，所以沉积岩石学特点较为重要；而对于较新沉积物来说，地形表现明显，形态比较完整，因此研究沉积物成

因时多从地貌特点入手，然后再詳細研究沉积物的岩性特点。但是不管怎样，我們必須強調全面观察，仔細收集第一性資料，深入細致地从四类標誌所包含的全部特征中，进行“去粗取精，去伪存真，由此及彼，由表及里”的分析，从而得出有关沉积物成因的正确結論。

第四紀沉积物成因类型的确定是第四紀地质工作中的一个重要課題，但是，对于普查勘探，对于水文地质及工程地质的設計施工，以及对于恢复第四紀的地质历史來說，在确定了成因类型的基础上，还必须对該区中的第四紀地层进行詳細的划分和对比。因此，我們下面再談談地层划分对比的原則和方法。

第四紀地层单位划分与对比的原則和方法

一、第四紀地层单位划分的原則和方法

地层单位的划分和一般的岩性分层不同，它是按地质历史的阶段性，根据生物化石組合、古气候条件、地貌发展的阶段，以及比較岩石学等資料的綜合分析来进行的。因此，将代表冲积层二元結構的两个相和洪积层的不同岩相帶都单独地当做一个地层单位而划分开来是不正确的，实际上这是岩层划分，而不是地层单位划分。

1. 生物地层学法 利用生物发展的阶段性来划分地层单位，是地质学的基本方法之一，也是最可靠的方法。对于第四紀地层來說，由于缺少可供比較正确鑑定地层时代的标准化石，因此必須利用生物組合（生物群）来划分与对比地层。

哺乳类动物化石对确定第四紀地质年代有着重要的作用。在我国的主要地区都建立了第四紀哺乳动物群，如华北区的长鼻三趾馬-真馬动物群（早更新世）、中国猿人-肿骨鹿动物群（中更新世）和赤鹿-最后鬣狗动物群（晚更新世）；华南-西南区的大熊猫-剑齿象动物群（早更新世-晚更新世）；淮河区的大河狸-四不象鹿动物群（中更新世-晚更新世），以及东北区的猛犸象-披毛犀动物群（晚更新世）。这些生物群在地层划分与对比上起着重要的作用，同时对研究地层形成环境及生物演化來說也有一定的意义。

淡水軟体动物的演化虽不如哺乳动物那么明显，但近年来由于軟体化石的大量采集，詳細的統計鑑定，所以利用生物种属組合特征、絕灭种属和現今尚生活着的种属的百分比来划分对比地层也取得了一定的效果。

第四紀历史中植物演化远不如动物，但是孢子花粉分析却是一种重要的方法，其原因是由于第四紀气候变化剧烈，植物群落发生迁移，因此同一地区不同时代就出現不同組合的孢子花粉。再加之孢子花粉数量大、重量輕、易受吹揚，分布广泛，而且在地层中能长期保存，所以孢粉的組合特点可以用来划分对比地层，并闡明古气候的特征。

2. 古气候法 正如前述，气候变化对第四紀沉积物的形成分布和生物发展都有重要的影响，而且这种影响又帶有一定的区域性。因此我們可根据气候在時間上的变化来划分第四紀地层，这就是第四紀地层划分的古气候学原則。

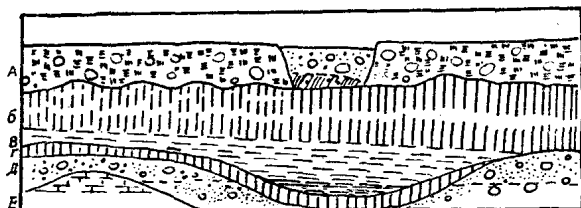


图4 利黑文域附近奥卡河岸的第四紀沉积物的露头
(据波格魯波夫)

A—上冰磧层；B—黃土；C—泥灰岩；D—粘土；E—砂及砾石(下冰磧层破坏成的)；E—泥盆紀灰岩

(1) 利用冰期与間冰期沉积物来划分地层：这种方法在欧洲及北美等高緯度地区被广泛地采用着。它的实质是利用冰碛物及与之相关的沉积物来划分地层。現以莫斯科南面卡魯加地区奥卡河岸第四紀沉积物的露头为例加以分析（图 4）。

图中 A 为下冰碛层（砂砾层），属老冰期沉积物。位于老冰期沉积物冲刷面上的 B 和 C 是湖相粘土泥灰岩沉积，含淡水軟体及魚化石，还有树木遗体、枝叶和果实。植物遗体在上下部有所不同，下部为松柏，大多是槲树，上部为闊叶树，是現今生长在較南部的种属。再向上逐渐变为含猛犸和犀牛化石的黃土层（ D ），其中仅有草本植物，代表干燥的草原气候。在黃土层冲刷面之上为冰川粘土砾石层，属較晚期的冰期沉积。根据該剖面的分析得出如下結論：該处在較老的冰期之后出現了間冰期，間冰期时沉积了湖相地层，該地层上下部的植物变化說明間冰期是由湿冷开始，然后逐渐变为温暖，而后黃土的出现說明間冰期的晚期气候已变为干燥。最后又出現了較新的冰期寒冷气候。

在其他地区更常見的是两次冰期間夹有河流砾石层，或风化壳（或古土壤），有时冲积物和风化壳同时出現（图 5），这更能說明在两次冰期間存在着温暖的間冰期气候。

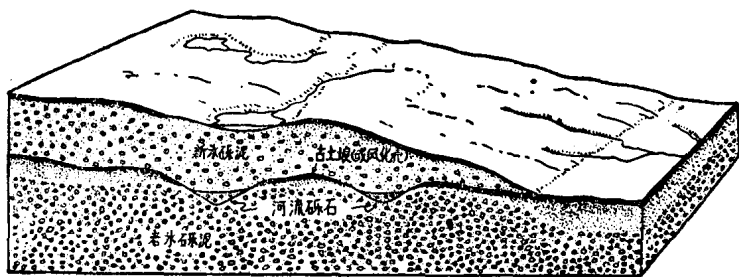


图 5 多次冰期沉积示意图

我国西部第四紀晚期冰川曾多次活动，直到現在冰川还依然存在。近年来有关东部地区古冰川遺迹也有很多报导，尤其是李四光部长对庐山冰碛物的研究为我们利用这一原則划分地层提供了范例。

(2) 利用风化壳和古土壤层划分地层：利用风化壳（或古土壤）划分地层的关键是研究和确定风化壳和古土壤的类型，不同类型代表了不同的气候（砖紅土风化壳和紅壤代表潮湿、褐色土代表半干旱、黑土代表半干旱草原、灰鈣土則說明这里有过森林）。例如，我国汉中盆地高阶地（早更新世）上分布着紅土，而盆地的低处分布着棕壤，显然这是两个不同时代、在不同的气候条件下形成的两套地层。再如，我国中更新世黃土中古土壤多属褐色土型，晚更新世黃土中古土壤多属黑色土型，这反映了两种不同的气候条件。

在我国大面积黃土层的划分中，古土壤层起着特殊的作用。除了利用古土壤类型外，还要对古土壤的顏色、結構、厚度、产状及成层組合特点加以綜合分析。黃土区的大量研究資料表明：早更新世黃土（“午城黃土”）中古土壤层数最少，只有淀积层結核，且成层性差；中更新世黃土（“离石黃土”）中古土壤层数多，密集，且厚度大，除淀积层鈣质成分成厚板状外，紅色粘土及亚粘土也很发育，古土壤結構完整；晚更新世黃土（“馬兰黃土”）中的古土壤层为灰色型，結核成层性差，或为薄板状，层数少。古土壤层的产状有的平緩，有的較陡，有的成波状起伏，有的甚至切割交替，它們的产状反映了堆积时期的古地形特点。总之，研究古土壤层的組合特点可以帮助了解不同时期的气候条件、气候波动的頻率和强度等等。有时也可以利用这些組合特点对黃土层进行划分（图 6）。

(3) 利用沉积物的顏色来划分地层：第四紀中气候的剧烈变化，对沉积物的顏色有很

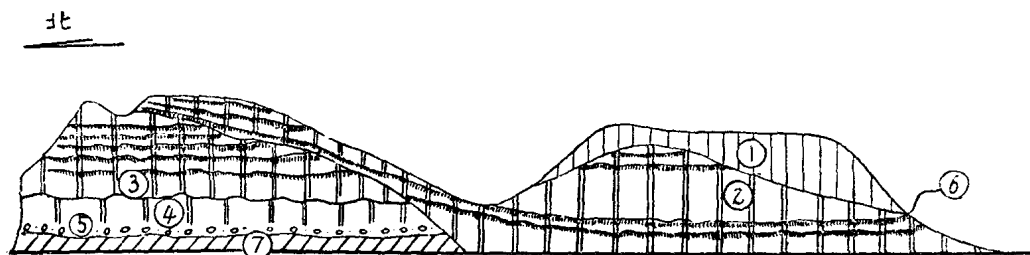


图 6 陕西铜川灰堆坡黄土地层不整合关系剖面图

(据张国兴等, 略加修改)

- ① 马兰黄土(Q_3); ② 离石黄土上部(Q_2^2); ③ 离石黄土下部(Q_2^1); ④ 午城黄土(τ);
⑤ 砂砾层; ⑥ 埋藏土; ⑦ 基岩

大的影响, 而且这种影响在大范围内基本上是一致的。科学院地质研究所丁国瑜等的“华北平原第四纪沉积物颜色特征及其地质意义”一文, 为利用沉积物颜色特征划分地层提供了很好的说明。该文在对华北平原部分钻孔岩心的颜色进行分析后提出, 沉积物颜色在垂直方向上, 也即随时间而成有规律的变化, 根据变化特点将沉积物从上到下划为四个沉积物颜色变化组合段落(图 7)。第 I 组的颜色从黑灰色变为黄色; 第 II 组为棕黄色; 第 III 组颜色比较稳定, 以橙黄色、棕红色为主; 第 IV 组的颜色与前三组相比有显著的差异, 除橙黄色、棕黄色、棕红色之外, 还有灰白、蓝灰、灰绿及棕紫等色调, 且各种颜色交替出现。这四组颜色的规律性变化是受沉积环境和古气候条件控制的。沉积物颜色段落的划分, 反映了第四纪时期古气候的多次波动。各段落颜色的不同, 分别代表了几个较大的自然地理条件变化的地史阶段。由此可见, 沉积物颜色变化组合段落特征可以作为划分对比地层的标志。

在利用沉积物颜色划分地层时须注意沉积物颜色在剖面上总的特征, 并要分析影响沉积物颜色的各种因素。如母岩的颜色(继承性颜色)、沉积物堆积后所产生的后生颜色等等。对沉积物颜色影响最大的是氧化铁(尤其是高价铁的氧化物)和有机质, 由于它们的含量受沉积环境和气候条件所控制, 因此对它们的研究有很重要的意义。在应用沉积物颜色划分地层时, 我们必须排除那些与气候无关的因素, 并且区分出沉积时的原生颜色和受改造的后生颜色。

3. 地貌学法 地貌的分析和研究不仅可以帮助确定沉积物的成因类型, 而且由于地貌发展的阶段性, 所以还可用来确定沉积物的相对顺序。分布在不同高度的夷平面上的堆积物和阶地堆积物, 时代是不同的。如图 8 所示, 阶地愈高, 冲积物的年代愈老(该剖面中各地层的时代已为化石所证实)。

利用地貌分析法有时还能帮助解决新地层中含有较老时代化石的矛盾, 这往往是由于老地层中化石因重新被搬运而堆积在新地层中的结果。

利用地貌学方法划分地层时首先要注意沉积物在各地貌单元上的分布情况。例如, 在河谷地段, 当冲积层与坡积层是过渡时(地形上无明显转折), 说明它们是同期的; 如果坡积层覆盖冲积层(地形上显示不明显), 或冲积层覆盖坡积层(地形上无显示), 说明二者有先后关系; 而冲积物切割坡积物形成侵蚀陡坎(地形上有显示), 则说明冲积层晚于坡积层。因此根据这种关系, 我们可以利用地形上有明显阶段性的阶地来划分地形上阶段性不

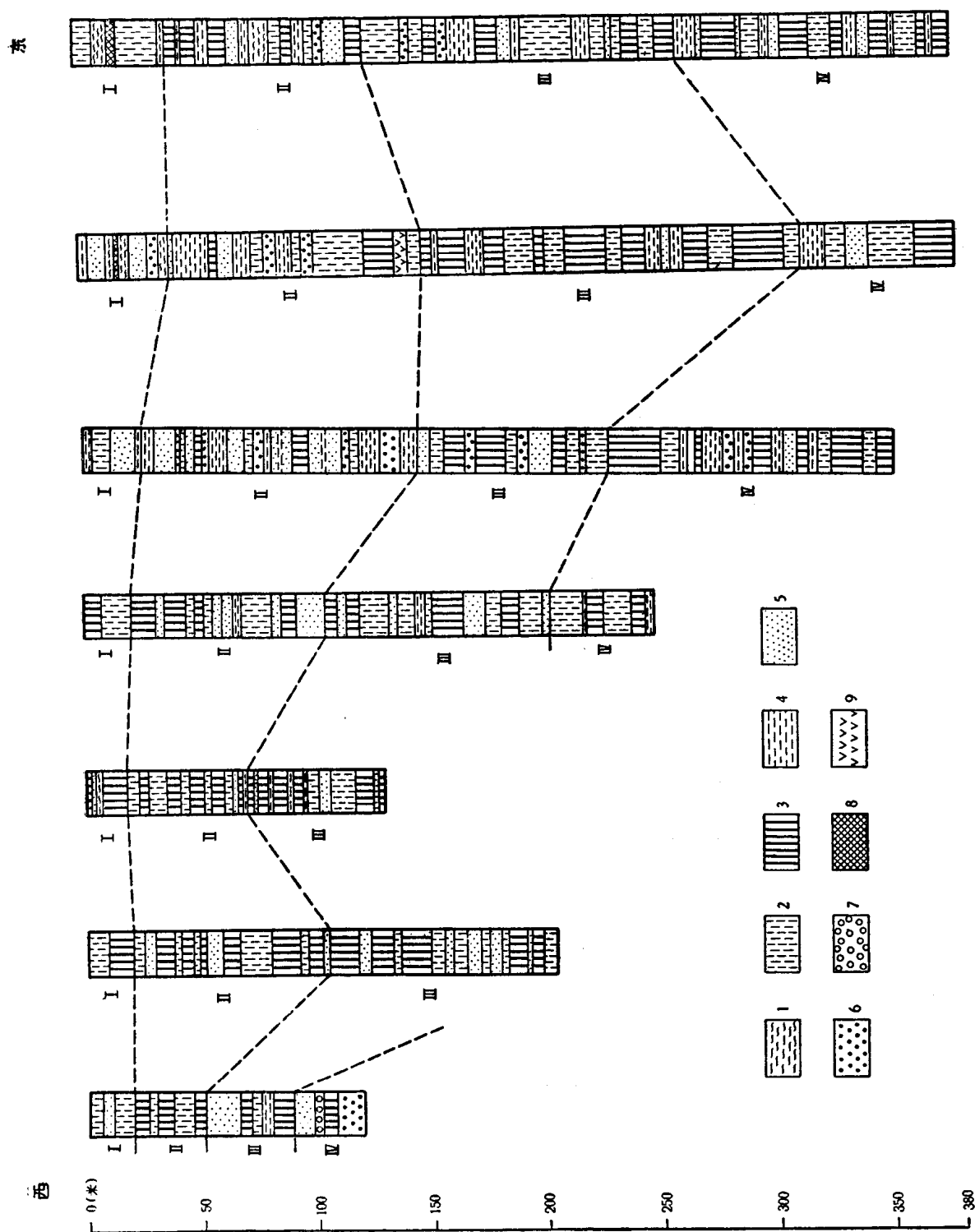


图 7 华北平原中部第四纪沉积物颜色组合的划分对比图
(据丁国瑜等)

(柱状图排列方向自西向东为自太行山东麓至渤海沿岸地区)

1. 富含有机质淤泥; 2. 亚粘土; 3. 粘土及亚粘土; 4. 亚砂土; 5. 粉砂; 6. 砂; 7. 砾石; 8. 泥炭; 9. 玄武岩。
I, II, III, IV, 表示四个沉积物颜色变化组合。

明显的坡积物。

其次要查明各級夷平面和不同阶地上堆积物的組合特点、顏色和风化程度，这样可以避免原来在同一級夷平面上又是同期的，只是后来受断裂或挠曲的影响而处于不同高程上的堆积物划做几个地层的錯誤，也可避免将由后期侵蚀造成的不同高度台地的同期沉积物划做几个地层的錯誤。

必須強調指出，用地貌学方法来划分第四紀地层实际上是利用了地貌发展的阶段性，而地貌发育的阶段性就其实质來說是新构造运动在現今地形上的表現，因此，从这个意思上来讲，第四紀地层划分也可象老地层一样用构造标志。不过这里所指的构造主要是地形上的反映，而不是具体的构造形态。

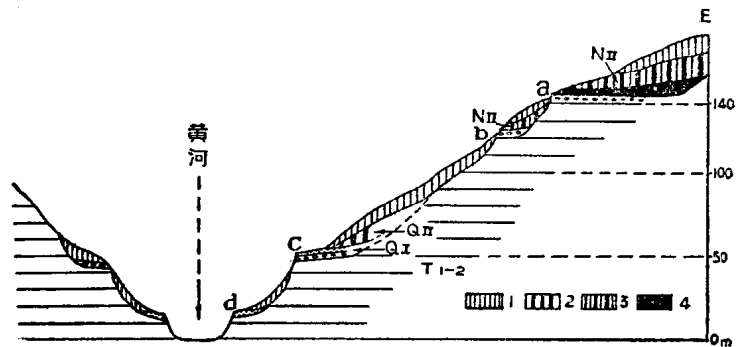


图 8 黄河河谷剖面 (据楊钟健等)

1—黄土(Q_4); 2—紅色土(Q_3); 3—三趾馬紅土(N_2); 4—綠色紅土(N_1)
a—第一周期阶地地形(下上新統), 蓬萊期紅粘土; b—第二周期阶地地形(上上新統); c—第三周期阶地地形(三門統), 第四周期在地形上无明显反映, 为紅色亚粘土沉积(Q_2); d—第五周期阶地地形, 黄土类亚粘土(Q_4); a与b含有上新統化石; c有第四紀早期的介壳; d有旧石器时代的石器; 每一周期的开始均有砾石;
 T_{1-2} —三迭紀砂岩

4. 比較岩石学法 地表上不同时期沉积物的物质成分、組合特点、顏色及风化程度总是有差别的。利用这种沉积岩石学上的差别来划分地层的方法就是比較岩石学法。它主要研究、比較剖面(或不同地段)上沉积物的风化程度。多数情况下, 年代越老, 风化越深。在野外主要是研究砾石級物质的风化程度, 統計风化成分百分比, 观察砾石断面风化皮壳的厚度。在室内可以詳細分析鑑定重矿物部分, 計算稳定与不稳定矿物百分比, 詳尽观察矿物表面的顏色。

野外对比粗粒物质风化程度时, 應該将同类物质相比較。此外还要注意地下水活动特点, 因为它是影响风化程度的主要因素, 有时較新的沉积物会因地下水的强烈活动而比老沉积物的风化程度还要深。

比較岩石学法还要研究比較地层中的物质組成特征。如对周口店“下砾层”的研究发现, 其上下部的特点是不同的(見表一)。根据这些特点, 加之上下之間又有一明显侵蚀冲刷面, 故把上下部划作为两个地层单位, 分別称为“下砾上部”层和“下砾下部”层。

表 1

沉积物特征	下 砾 下 部	下 砾 上 部
岩石成分	以黃綠色粉砂岩为主	成分复杂, 以凝灰质砂岩——浅变质砂岩組合为特点, 并有較多砂质砂岩、板岩、紅柱石片岩及硬綠泥石角岩
充填物质	黃綠色粘土(风化产物)	砂与紅色亚粘土及粘土
顏色	黃色或黃綠色	褐色或紅褐色
风化程度	极深, 完全风化	微风化, 部分砾石风化程度深
其 他	砾石分选不好, 大小混杂, 磨圆中等	分选好, 磨圆程度高

除了在野外对物质成分进行研究外，室内还要做大量的重矿物分析，利用矿物组合和单矿物本身的特点来划分地层。如对我国巨厚黄土剖面（图9）的研究表明，尽管矿物种类在剖面上并无多大差异，但在剖面的不同段落上重矿物的百分含量和机械组分是不同的。根据这些不同点，并结合黄土层中的古土壤类型、组合特点及剥蚀面的存在即可进行地层的划分。

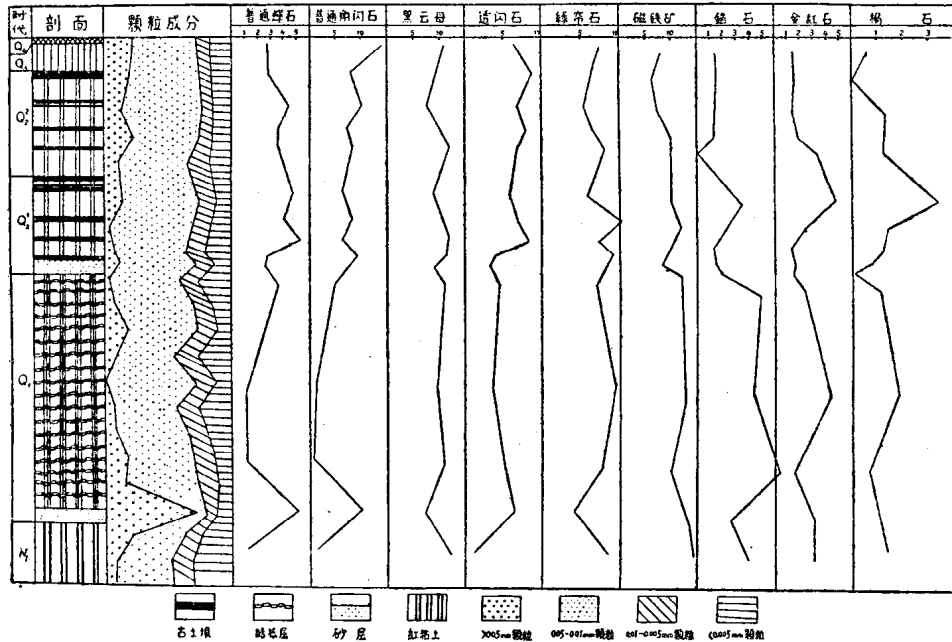


图9 利用重矿物组合特点划分的黄土地层剖面图（据王永焱资料修改）

本专辑中的“苏联欧洲部分的南部划分第四纪沉积层的矿物准则”一文，应用了大量的矿物组合资料来划分第四纪和第三纪地层的界线。该文认为绿帘石——黝帘石——辉石——普通角闪石这样一个矿物组合为第四纪沉积物所特有，而下伏较老地层（上新统）的矿物组合是兰晶石——十字石——硅线石，第四纪沉积物中的绿帘石——辉石——闪石类矿物在这里几乎没见到。

在利用矿物组合特点时，须注意某些单个矿物的特征，尽管它们有时含量极少，但对地层的划分却常常起着很大的作用。

粘土矿物的差热分析结果，不仅可说明气候特点，同时粘土矿物种类的不同也可当作分层的标志。

除上述四种方法以外，人类文化遗迹也可用来划分地层，这就是历史考古法。举世闻名的我国人类化石和大量的石器对第四纪地层的划分有很大的价值。近年来国内建立起来的 C^{14} 分析法，对测定地层的绝对年龄和划分第四纪地层也有很大的帮助。此外，地层间的界面特征对划分地层来说有特殊的意义，尤其是比较岩石学法的使用往往要结合界面的研究。研究地层界面时要注意界面是明显的不整合面、剥蚀面，还是不明显的古风化壳（或古土壤面）；是局部的，还是区域性的。还要注意界面本身的特征，如起伏情况，界面上是否有风化淋滤痕迹和产物（如红粘土、铁质和钙质结核……）等等。

最后需要指出的是，除生物地层法可以确定地质年代外，其他方法只能根据地质历史发展的阶段性，确定地层的相对顺序。在工作中我们既要综合使用各种方法，也要考虑某种方法在解决某些问题上的特殊效果。因此，在工作中要求根据该区沉积物的特点，抓住主要矛盾，做出具体分析，灵活地运用各种方法。

二、第四纪地层的对比原则：

划分第四纪地层的原则和方法也适用于第四纪地层的对比。但由于陆相地层的稳定性很差，因此对比时上述原则的使用就有一定的限制。一般，生物地层学原则是大区域（如我国的南北方）对比的首要标准。而对比地层的气候标志只能用在一定的自然地理区内（山区与相邻的平原），用在大区域对比上还有困难。地貌学和比较岩石学法适用于较小的地区。

运用上述原则对比地层时要特别注意标准层的对比，如特殊的化石层、具明显矿化标志的含矿层、古土壤层、火山沉积层、泥炭层及海相夹层等，利用它们来对比比较可靠，容易统一认识。

对比总是从小区域开始，逐渐扩大范围。例如，对比山区与平原区的地层，应当从山区边缘开始，然后向平原中心推移，否则很难对比。此外，在对比不同地区时，一定要考虑各个地区的新构造特点，不同新构造区地层层序的完整性是有差异的，因此，隆起的平原区由于地层有缺失，就不能和一直处于下沉的拗陷区作机械的层序对比。

在对比时还要注意古地形对沉积物的影响，因为古地形常使沉积物的岩性和厚度发生迅速的变化。

同第四纪地层划分一样，地层对比是一件极为重要而又困难的工作。只有在掌握大量实际资料的基础上，把握地层间的同一性，综合运用各种方法，才有可能正确地进行地层对比。

第四纪地质研究中资料的收集

野外资料的收集是确定沉积物成因类型和进行地层划分对比的依据，它关系到整个第四纪地质工作的成效，因此必须给予足够的重视。

收集资料的基本对象是露头，因此在切割强烈的地区我们要沿河谷和冲沟寻找出露良好的露头，而在切割微弱的地区，为了弥补露头的不足，我们必须充分利用水井、土坑及土质陷穴，有时甚至还要布置一定的浅井和钻孔。

在对所选定的地层露头进行详细描述以前，首先要注意该地层分布的地貌位置、产状及本身的地形特征。在此以后才进行岩性分层，然后由粗到细的逐层进行描述。露头上的描述内容主要有以下几方面：

1. 地层颜色：包括原生和后生、干燥和潮湿时的颜色；

2. 地层的岩性特征：对砾石层来说，应该描述其成分（机械组分和岩矿成分）、粒径、磨圆度、形状、表面特征、产状及风化程度等等。此外还要进行定量测量，测量时要选择有代表性的露头面，按一定顺序统计100—300个大于2厘米的砾石。测量必须挨个地进行，而不能有所选择，否则就不能真实地反映客观事物的规律。砾石测量的项目和记录格式见表二。

砾石的岩性成分百分比用柱状图表示，扁平面产状整理成倾角极点分布图（图10）和

傾向玫瑰花图(图11)。砾石的扁平系数和等軸系数則必須經過詳細計算才能得出。

砂的描述較簡單，一般只是用放大鏡觀察其矿物成分、形状及磨圓情况、粒級主要是目估。詳細的特征須靠室內分析鑑定。

土状堆积物在野外只能利用其物理性质，根据人的感觉(表三)来确定它是粘土，还是亚粘土和亚砂土。詳細的研究和划分要靠室內的分析鑑定。

表 2 砾石測量記錄表

地点_____					地层产状_____							
時間_____					測 量 人_____							
編 号	砾石成分 (岩矿成分)	各 軸 长 度			扁平面产状 (ab:面)		磨 圓 度					砾石表面特征 (风化 程度、形态及表面擦 痕等)
		长軸 (a)	中軸 (b)	短軸 (c)	傾向	傾角	0	I	II	III	IV	

表 3 土类特征鑑定表

特征 土的类别	用手揉碾干土时的感觉	干 土 性 质	湿 土 搓 捻 时 的 状 态
粘 土	很細的同类土，难以碾成粉末。	硬土不易被錘击成粉末，用小刀切时表面平滑而无砂粒。	具有可塑性，有粘性，具滑膩感，易搓成直径小于0.5毫米的細长条，长条可弯曲，易搓成圓球体。
亚 粘 土	不是同类土，偶見中細粒砂。	錘击时易碎裂，用小刀切时，感觉有砂粒存在。	有塑性，也能搓成短而粗的条，但弯曲时易断裂。也可以搓成圓球，但压扁时有裂紋。
亚 砂 土	明显地感觉到其中有砂粒的存在。	土块用手压之即碎，用小刀切表面粗糙。	不具可塑性，不能搓成細长条，搓成球体时表面形成裂紋并破碎。

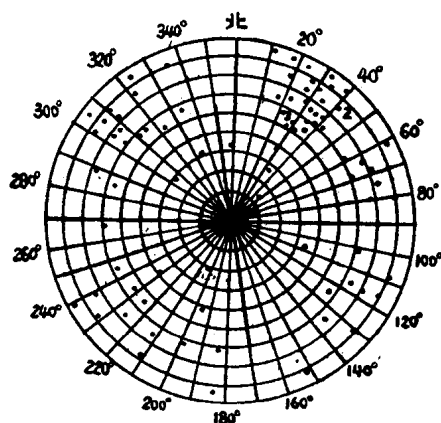


图 10 砾石扁平面极点分布图
(2.代表产状重复的二个点)

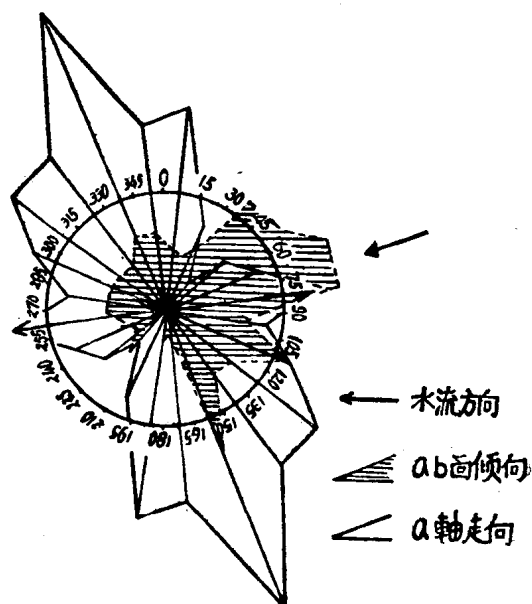


图 11 砾石傾向玫瑰花图

3. 地层的结构构造特征：除用文字描述外，还应有一定数据说明，如透鏡体的长度、厚度等等，此外还应有素描图。

4. 地层中的特殊夹层：如含矿层、泥炭层、风化壳、古土壤及火山沉积层等等也要进行详细的描述。

5. 化石及人类遗迹：对于这些资料要详加描述，特别要注意它们在露头上的埋藏情况。化石层位应在地质剖面图上注明。

6. 地层的厚度：要认真测量露头上的出露厚度，并注意它在空间上的变化。

7. 层间界线：确定界面性质，描述其特征。

8. 沉积物组成的地貌特征：包括露头的地貌位置、沉积物本身所组成的地形形态及地层下被掩埋的古地形特征。

9. 标本：在现场就要记录下标本采集的地点和层位。并表示在剖面图上。

野外在对露头描述时，常要给沉积层以命名，这种命名一般应体现出沉积物的颜色、风化程度、胶结程度及机械组份的含量。但只有当风化程度较深，固结程度很好时，命名时才特别标明风化及固结程度，例如“红色风化砾石层”、“灰白色钙质胶结砂砾层”等等，在一般情况下，沉积层只是根据机械组份的含量和颜色而定名。以砾石和砂的混合堆积为例，砾石含量大于 50% 为砾石层（或角砾层），砾石含量在 25—50% 为砾质砂层（或砂砾层），砾石含量在 5—25% 为含砾砂层，其余类推。

我们必须以实事求是的科学态度对待野外资料的收集，认真观察、详细纪录上述内容，必要时绘制一定的图件和照象，以弥补文字描述的不足。

第四纪地质剖面图和第四纪地质图的编制

第四纪地质剖面图和地质图是第四纪地质调查成果的重要组成部分，它们不仅可以弥补文字叙述的不足，而且起着文字所无法代替的特殊作用。它们的编制是砂矿普查勘探的依据，是水文工程地质设计施工的基础，因此有重要的理论意义和实际意义。

一、第四纪地质剖面图的种类及制作

第四纪地质剖面图的形式是多种多样的，根据制作方法及应用上的特点，可分为如下四类：

1. 实测剖面图：这种剖面图精度最高，能确切地反映客观情况，因而使用价值也最大。在第四纪实测剖面上应该表示基岩地质、地貌和第四纪地质等三方面的内容。其中第四纪地质内容最重要，应包括第四纪沉积物的岩性、成因、年代（绝对或相对年代），及地层间的相互关系，有时在图上还要表示出地层的产状、细微的结构构造。地貌内容中不仅要表示出堆积物所组成的地形，还要表示出第四纪沉积物下面的古地形特征。全面正确地表示第四纪地质剖面上的地貌内容不仅对研究堆积物形成的空间分布规律（剥蚀与堆积关系），而且对确定剖面上第四纪地层的相对年代有着重大的意义。基岩地质内容比较简单，一般只要求表示基岩的岩性和产状，有时也要表示地质年代。

剖面图上除了要有图的方向、比例尺及图的名称位置外，还应该用特定的符号标出取样点、砾石测定点、化石点的位置（图 12）