# 前　言

本书是为从事1：5万至1：20万区域地质调查的野外地质技术人员编写的，内容比较广泛，重点是阐述野外调查中观察研究各种地质现象的方法以及成果图件和调查报告的编制。此外，也比较具体地介绍了各项工作的一般程序、内容和要求。

虽然以阐述工作方法为主，但为了便于野外地质技术人员能够理解方法的实质，能够在实践中根据具体情况灵活运用技术方法，创造性地予以改进和提高，因此对指导某些技术方法有关的基础理论，也作了适当的介绍。

本书各章在资料总结的高度与问题阐述的深度方面是不均衡的。所阐述的技术方法以及所涉及的学术观点可能有所侧重，但这并不是说在区域地质调查中不可以运用本书未加阐述的其他观点和方法进行工作。

在编写过程中参考和引用了许多文献资料，有些章列举得比较详细，有些章用脚注的方式列举了一些，有些章则未能列出，这是不足之处。

由于本书篇幅较大，考虑到野外携带和使用的方便，故分作五册出版。第一分册包括区域地质调查工作的准备、野外工作的一般程序和方法以及地层的划分与对比；第二分册包括四大岩类的野外工作方法；第三分册包括地质构造的观察与研究、地貌、第四纪地质调查、区域矿产调查的地质前提及找矿标志、矿点检查及矿物的野外简易分析鉴定；第四分册区域化探；第五分册航空地质调查、地球物理探矿方法、重砂测量、探矿工程的应用和室内综合整理及报告编写。

本书组织了内蒙、辽宁、甘肃、陕西、四川、湖南、福建、云南、广东诸省(自治区)地质局，武汉、长春、成都地质学院，航空物探大队和物探所等单位从事野外地质工作、教学和科研的一些同志按章分工编写。在编写过程中，许杰同志多次指导编写工作。并邀请了马杏垣同志担任本书编委会主编，周树强、毕庶礼、李志超、郝子文、单文琅、赵恒生同志担任编委。此外，陈荫祥、莫恭政同志在全书编写过程中也作了不少工作。在本书编写过程中还邀请了一些单位和个人协助审阅了书稿，提出了不少宝贵意见和建议，对此，我们均逐一进行了审慎的研究，并尽量予以修改，因而使本书的质量有所提高。在此谨致谢忱。但是由于种种原因，也有一些十分有益的建议，仍然未能在本书中得到应有的反映，希审阅者鉴谅。

由于我们水平所限，又缺乏经验，致使本书未能充分反映我国区域地质调查工作的经验和水平，同时文字结构也较粗糙、错漏谬误当不在少，希读者不吝批评指正。

# 目　　录

## 第一章　区域地质调查的准备工作


一、调查区的选择和先期准备 …… 1
（一）调查区的选择 …… 1
（二）调查区的先期准备 …… 2
二、资料的搜集、整理和研究 …… 3
（一）制图资料的准备 …… 3
（二）航空资料的初步解译 …… 5
（三）已有地质矿产资料的搜集与综合研究 …… 6
三、野外踏勘 …… 8
（一）野外踏勘的具体任务和工作内容 …… 8
（二）野外踏勘的方法 …… 8
四、设计书的编写 …… 9


## 第二章　地质调查的一般野外工作方法


一、地质剖面的测制 …… 10
（一）实测剖面的目的任务和部署原则 …… 10
（二）实测剖面的技术要求 …… 11
（三）实测剖面的一般程序和方法 …… 11
（四）实测剖面图的编绘 …… 12
（五）实测剖面资料的分析 …… 14
二、路线地质调查与地质填图的方法 …… 16
（一）观察线与观察点的布置原则和方法 …… 16
（二）路线地质观察的程序和编录要求 …… 19
（三）地质界线的确定及标绘 …… 22
三、产状要素的测定 …… 25
（一）测定产状要素时的一般注意事项 …… 25
（二）产状要素的测定方法 …… 27
（三）罗盘仪的磁偏角校正 …… 34
四、标本和样品的采集 …… 34
（一）岩矿鉴定标本、薄片、光片 …… 35
（二）硅酸盐分析（岩石全分析）样品 …… 36
（三）古生物化石标本 …… 36
（四）孢粉鉴定样品 …… 36
（五）叠层石的工作方法及标本采集 …… 37
（六）同位素地质年龄测定样品 …… 38
（七）人工重砂样品 …… 40

（八）碳酸盐岩分析样品 ……40
（九）岩组分析定向标本 ……41
（十）古地磁研究样品 ……42
（十一）化学分析样品（矿样） ……42
（十二）矿石体重测定样 ……42
（十三）建筑石材样品 ……43
（十四）压电石英及光学矿物样品 ……43
（十五）电子探针分析样品 ……43
（十六）煤岩鉴定样品 ……43
（十七）盐渍土分析样品 ……44
（十八）粒度分析样品 ……44
（十九）粘土性能分析样品 ……44
五、坑探工程和填图钻探 ……44
（一）坑探工程 ……44
（二）填图钻探 ……45
六、电子计算机在区域地质调查中的应用 ……46

## 第三章　地层划分与对比

一、地层划分 ……48
（一）两类地层单位的性质和划分依据 ……48
（二）岩石地层单位 ……50
（三）不同比例尺的地质调查中地层划分的精度要求 ……51
（四）地层接触关系的研究 ……52
二、地层对比 ……54
（一）生物地层学方法 ……54
（二）岩石地层学方法 ……58
三、地层划分对比实例 ……62
（一）古生代海相地层划分的实例 ……62
（二）中生代陆相地层划分举例 ……66

# 第一章　区域地质调查的准备工作●

区域地质调查是地质工作的先行步骤，是一项具有战略意义的、综合性的基础地质工作。其主要任务是在选定的地区范围内，运用地质理论和各种工作手段，全面系统地进行综合性的地质矿产调查研究工作。也就是通过区域地质填图、矿产调查和综合研究，阐明区域内地层、岩石、构造、矿产、水文地质和地貌等的基本特征及其相互关系；探索或查明各种矿产的成矿地质条件和分布规律，检查或重点评价矿产的赋存情况、圈出远景区或予测区、指出进一步找矿方向；为国民经济建设、国防建设和科学研究等提供基础地质资料。

根据对地质调查工作的精度要求，即对工作区内地质矿产的研究要求达到的详细和准确程度，区域地质调查通常分为小比例尺（1∶100万、1∶50万）、中比例尺（1∶20万、1∶10万）和大比例尺（1∶5万、1∶2.5万）三种类型。

区域地质调查的一般工作程序是：（1）准备工作和设计；（2）野外地质矿产调查；（3）年度或中间性室内综合整理；（4）最终室内综合整理，编写区域地质调查报告；（5）区域地质调查报告的审查、验收和出版。

为了多快好省地完成区域地质调查任务，提高工作效率，保证工作质量，必须认真做好各项准备工作，精心设计，这是保证胜利完成任务的关键步骤。

区域地质调查的业务准备工作和设计过程，大致包括下列内容：（1）调查地区的选择和先期准备；（2）充分搜集有关调查区的地质矿产和自然经济地理资料，了解关于该区的调查研究历史和现状，明确其研究程度，掌握在该区开展区域地质调查已经具备的客观条件；（3）选择和配备地形图、航空象片及卫星象片，进行卫星象片和航空象片初步地质解译；（4）进行地面或航空目测野外踏勘；（5）制定工作设计。

在上述整个过程中，同时进行组织工作和设备、装备以及运输工具的配备工作。

## 一、调查区的选择和先期准备

### （一）调查区的选择

我国幅员辽阔，地质构造背景复杂。区域地质调查工作必须有计划、有步骤、有重点地规划和部署，正确合理地选定调查区。选区时应当考虑的原则是：

**1.国民经济建设和国防建设的战略布局**　应优先在战略意义重要的地区进行选择。

**2.地质矿产条件**　应选择地质条件较好、具有矿产远景的地区。对1∶5万比例尺区域地质调查来说，更应按成矿条件进行选择。优先选在中比例尺区域地质调查圈定的成矿带或成矿远景区、已知矿区或勘探区的外围地区和虽未见工业矿体但矿（化）点多、且地质

● 本书第一、二章写过三稿，第一稿由吴柴康同志编写，第二稿由谢同伦同志编写，在此基础上又由单文琅同志作了增补与节删并改写成此稿。

构造有利成矿的地区。对那些同等成矿有利地区，要密切结合国家或地方的急需，如急缺矿种、资源配套等情况，区别轻重缓急，合理地加以安排。正确处理当前与长远需要、重点与一般的关系。

**3.自然、经济地理条件** 应优先选择交通较便利、矿山建设的自然条件较好，或经济上有利的矿产远景区开展工作。

此外，在选区时还应适当地考虑下列因素，但不作为决定性的条件。

**4.地质矿产研究程度** 一般来说，区域地质调查应按小、中、大比例尺程序进行。如1：5万区域地质调查应在1：20万区域地质调查、或与其相当研究程度基础上开展工作。但在国家急需的情况下，则不应受此程序限制。

**5.地形图和航空象片情况** 地形图或航空象片是进行区域地质调查必不可少的基础资料。在没有符合国家标准的相应比例尺的地形图时，一般不宜开展工作。但如其它条件较好、或因特殊需要必须在该区开展工作时，则应先期进行航空摄影测量或地形测绘；或将较小比例尺地形图放大并加以调绘，以弥补地形图不合要求的缺点。

关于调查区范围的确定，我国1：20万区域地质调查基本上是按国际分幅系统地进行的；但1：5万比例尺区域地质调查，在近期内不可能系统地按国际分幅进行，其调查区范围的确定，主要考虑成矿地质条件。但在选定的成矿远景地区（带）基础上，可尽量结合国际分幅，照顾图幅的完整性，以利于日后的汇总编图工作；如该区包括数个国际分幅，条件具备者可进行联测，图件可分幅出版。

## （二）调查区的先期准备

根据区域地质调查的长远规划，对予定开展工作的地区进行先期准备，是提高区域地质调查效果的一项十分重要的措施。先期准备工作包括：

**1.地球资源卫星象片和航空象片的搜集及其地质解译**

在进行区域地质调查的选区规划和调查区的先期准备过程中，卫星象片及其它遥感资料提供的信息是非常有价值的。卫星象片拍摄的面积大、视域广阔，因而可以从宏观上反映地质现象的空间分布特征和相互联系，使人一目了然地看出调查区所处的地质构造环境、构造格架的轮廓和特点，特别对构造单元或构造体系的划分、区域性构造如线性构造和圆形构造等反映得异常清楚。而这些构造特征在一般航空地质摄影和地面调查中，因受视域的限制反而不易观察到。卫星象片的另一特点是透视信息较好，对深部构造和隐伏构造有较强的透视效应。在卫星象片揭示的区域地质构造、包括深部构造或隐伏构造的背景上，结合已知矿点和成矿带的分布情况综合分析，就可以较好地阐明区域成矿条件和远景区。因此，在区域地质调查工作开展之前，搜集和研究有关卫星象片等资料，不仅可对选区规划及调查区内重点找矿区的设计提供宝贵依据，并且这项工作本身就是区域地质调查及普查找矿的一个重要技术手段。

有关地球资源卫星象片，应搜集比调查区范围大一些的多波段象片（正片），最好是胶片（正片）负片，有条件时还应搜集记录磁带。除目视分析解译外，还可用电子光学分析解译方法（假彩色合成技术、假彩色密度分割技术等）或采用电子计算机自动标志识别和分类处理技术等。通过对卫星象片的详细解译（必要时可进行少量野外验证）后，编出卫星象片解译图件及报告，提供区域地质调查工作参考。

卫星象片比例尺小，不能反映更多的地质细节，因而不能代替常规的航空地质摄影资料。因此在调查区先期准备阶段还应当搜集具有较高质量和精度的航空象片等资料。如果调查地区已有现成的、比例尺合适，并且摄影质量合乎要求的航空象片（如军用、森林调查、地形测绘用等），可及早向有关部门索取或预订。如果现有航空象片存在比例尺过小、解象率过低、摄影质量低劣或摄影季节不合适等问题，不能满足地质解译要求时，则需要提出计划，由主管部门先期安排地质专业摄影工作。

**2.航空物探工作**

对预定开展区域地质调查的地区，应尽可能由主管部门先期安排相当比例尺的航空物探工作，主要是航空磁测或航空电磁测量。此外还可进行航空放射性测量、航空重力测量等。航空物探资料除用于直接发现含矿异常外，在区域地质调查中可以帮助解决一些有关地质构造问题，特别是可以缩小寻找成矿有利地区的范围，使区域地质调查重点地段的目标集中。在近代区域地质调查中，航空物探已成为不可缺的技术手段，与其它航空地质方法配合，发挥的作用日益加强。

**3.重砂和区域地面物、化探工作**

物探、化探、重砂“三先行”，是我国区域地质调查工作的先进经验，特别对1∶5万区域地质调查更为重要。重砂（包括水系沉积物取样）、区域物化探工作先行，能使区域地质调查在工作全面铺开以后，立即对各种异常有选择、有重点地进行验证，确定其地质矿产背景，及时利用其成果指导找矿。因此，这些工作最好在调查区选定之后，做为先期准备工作由施测单位安排在设计之前（至少应在填图工作之前）完成，以便为设计提供依据。“三先行”可以单独编制工作计划。

**4.基础地质的专题研究**

在进行1∶5万等大比例尺区域地质调查时，由于调查区（或图幅）面积局限，对有些基础地质矿产问题不易解决，往往影响调查工作的质量和效率，如果等到若干图幅或较大面积的区域地质调查任务完成后再进行研究总结，则将失去对当前工作的指导意义。因此，如果能在1∶20万区域地质调查研究程度的基础上，根据1∶5万区域地质调查的总体规划，组织有关生产、科研及教学单位进行有关基础地质（包括矿产予测）的专题研究，将会对今后的找矿及地质工作打下良好的基础。

**5.其它先期准备工作**

如钻探力量的调配；予定在大面积掩盖区开展区域地质调查时先期进行的构造剖面钻探；新技术新设备的研制和新方法的试验；建立电子计算机地质数据处理系统，等等。

## 二、资料的搜集、整理和研究

### （一）制图资料的准备

**1.地形底图的选择和准备**

（1）区域地质调查野外工作所用地形底图的比例尺至少应比最终成果图的比例尺大一倍。例如，1∶20万区域地质调查使用1∶10万或1∶5万的地形图；1∶5万区域地质调查使用比例尺为1∶2.5万或1∶1万地形图。

（2）国家测绘机关批准出版的相应比例尺的地形图，基本上能满足区域地质调查对地形图的精度要求。在一般情况下，不允许使用将较小比例尺图机械放大制成的地形底图。但在急需开展1：5万区域地质调查的地区，没有1：2.5万或1：1万等大比例尺地形图时，也可以将国家标准的1：5万航测地形图放大使用，作为暂时的解决办法。如果上述放大原图尚不能保证调查精度的要求，则可进一步利用较大比例尺的航空象片在室内进行立体量测，对该图加以修编：调绘地形碎部、插入等高线、修正细微地形单元的轮廓、补充地形地物要素等。

（3）地形图准备的数量应根据野外工作组织情况及编制各种成果图的实际需要量来定。

应当准备调查区四周邻幅的地形图2—3份；其次，有关调查区的较小比例尺地形图也应准备1—2份。

**2.航空摄影资料的准备**

（1）有关调查区的所有航空摄影资料，包括各种比例尺的接触晒印象片、镶辑复照图、象片略图、象片平面图等，只要对地质矿产调查有用，均应搜集。其中比例尺大于地质制图比例尺的航空象片为主要使用对象，加印2—3份，其余供参考使用的航空摄影资料加印1份。象片加印工作应在先期准备阶段安排，最迟不能晚于任务下达时交付作业分队。

（2）每份航空象片均应附有镶辑复照图一份；航摄技术鉴定书一份，内容包括：航摄日期、航摄单位、使用胶片型号、内方位元素（主焦距、主点坐标）、摄影航高、象片平均比例尺及航摄质量评价等。

（3）野外用航空象片的比例尺，至少要大于地质调查比例尺一倍以上。如果调查区现有航空象片比例尺过小，与地质制图比例尺要求相差较大，但航摄底片的摄影质量和解象率尚好（综合解象率不低于30—50线/毫米）时，则可要求测绘资料部门给予放大。最好用纠正投影晒印，使其比例尺接近于调查比例尺的要求。

（4）收到航空象片后，应对照航摄技术鉴定书对象片质量进行检查。接触晒印象片应该反差适中（象纸型号选择合适，曝光时间掌握适度）、象片各部位影象清晰度均匀（接触晒印时正负片压平）、色调良好以及没有擦痕、斑点等技术缺陷。象片重叠数量应合乎要求，没有脱节现象。航向重叠一般要求为60%，不小于50%；旁向重叠为30%，不小于15%。

（5）象片经过检查验收后，即按图幅进行编录。编录内容包括：

甲、根据象片的框标针刺象片主点，用墨在象片背面小孔处圈出。然后将象片主点标绘在一份地形图上。

乙、按航带在象片背面右上角进行编号。编号型式可采用如$\frac{J-50-114}{3-12}$。分子为图幅号，分母之“3”为航带号，“12”为本航带内象片的顺序号。编好的象片按航带装袋、分图幅集中存放。

丙、在提供野外使用前，应根据地形图对象片上的重要地形地物进行标注。如居民点名称，河湖名称，山峰（或地形控制点）的位置、名称和高程，每张象片的正北方位，其它地物标志如水井、渡口、桥梁等的位置。为避免污损象片影象细节，可标注在附加于象

片上的透明纸上。并根据象片重叠情况有选择地标注。

## （二）航空资料的初步解译

### 1.航空象片的初步解译

航空象片解译（或称判读）标志的建立和掌握，要经过多次反复工作，逐步深入。在准备工作阶段，应参照已有中、小比例尺地质图件，对象片进行一次概略性分析研究，初步拟定本区解译标志，并综合分析和研究各种解译标志组合及其相互关系，以求通过航空象片的解译对区域地质构造和矿产特征得到一定的认识。航空象片初步解译的工作内容如下：

（1）根据已搜集的资料，在立体镜下对象片进行一次系统的观测，了解调查区地质构造和地貌的总体轮廓。

（2）在单张象片上解译所有能看出的调查对象：

甲、勾绘第四系松散堆积物与基岩的界线；并对第四纪地质及地貌进行解译。

乙、划分明显的岩石类型界线。根据明显不整合、岩性组合、产状特征等标志，划分地层单元。

丙、标绘明显的褶皱和断裂构造。

丁、解译有关矿产、水文地质和工程地质等方面的内容。

戊、探索研究某些能反映深部地质构造的标志。

（3）对比较重要的研究对象，在立体测量仪器上进行量测解译。如量测岩层、断层和其它接触界面的产状，岩层厚度，断层的错距，地质体的平面几何形态（如裂隙的方向和长度、阶地宽度、地质体的展布方向和面积等），以及地形的高度和坡度等。

（4）从单张象片上将解译成果转绘到象片略图（象片平面图）或地形图上，综合连接，并参考已有的地质图，编出航空象片初步解译地质图。

### 2.航空物探资料的初步解译

航空物探与航空摄影方法的综合使用，是提高区域地质调查效率的重要途径。根据调查区先期准备阶段所获得的航空物探（主要是航空磁测）资料，结合航空象片的初步解译成果进行分析，不仅可以指明某些找矿方向，并且可以帮助解决调查区内某些地质构造问题。

（1）航空物探异常找矿远景的预测分析：主要进行有关物理场异常资料的定性解释，即判定形成异常的地质原因。根据已有地质资料和其它物、化探资料的对比分析，可以把异常分为：地质上成矿条件好、有找矿远景的异常；地质上情况不明、但本身很明显的异常；以及初步认为意义不大的异常等。应当指出，对一个地区来讲，可能存在许多异常，在评价其找矿远景时不仅应注意强度大的异常，对强度较小的弱异常、特别是出现在已知矿区（带）附近的弱异常，也不容忽视。

（2）根据航空物探资料进行地质构造分析：航空物探资料主要反映的是深部地质体所产生的物理场异常，受地表浅而小的地质体异常的影响较小，因而可以反映许多地表地质工作或航空摄影地质测量无法解译的深部地质构造特点。例如，根据航磁异常平面图（正负趋势图），对区域磁场特征进行定性（相关）分析，可以提供下列有关资料：划分不同时代、不同岩性的岩浆岩，圈定岩体的范围，了解某些磁性岩体的产状；确定岩层接

触带，进行地层划分，特别是划分火山岩系或变质岩系；圈定构造破碎带，追索区域性大断裂或隐伏断裂；探测结晶基底的起伏及内部构造；划分次级构造单位，等等。在上述分析的基础上可编制航磁异常地质解译图。

## （三）已有地质矿产资料的搜集与综合研究

在野外工作准备时期，搜集、整理和综合研究调查区内以及邻近地区的前人工作成果资料，初步了解调查区内地质矿产情况、野外工作条件以及地区研究程度，学习和总结前人工作的经验教训，是一项十分重要的工作。因此，在区域地质调查的整个过程中，对已有资料的了解和综合分析应当不间断地进行，要结合野外实践，对调查区的客观现象和规律性不断加深认识。那种事先不重视搜集研究前人资料，或者将现有地质资料的研究和审理工作拖到室内整理时期才做的倾向，都是错误的。

**1.搜集资料的内容项目**

搜集资料要有计划地进行，原则上应当力求全面，对有关本区的地质矿产资料均应搜集和研究。但是对那些研究程度较高、资料比较丰富的地区，最好从搜集近期工作成果入手，以免陷入资料堆中浪费时间和人力。对 1：5 万区域地质调查来说，应特别强调充分搜集、研究和利用 1：20 万区域地质调查的成果（包括各种原始资料）。搜集资料的主要项目有：

（1）有关调查区现有的全部地质矿产工作成果。如各种地质调查、矿产普查勘探、空中及地面物、化探、水文地质及其它专题科学研究等的报告，已发表或未发表的论文、图件以及有关实际资料档案。对有关工作人员的调查访问，常可获得有价值的口头情报资料。

（2）有关调查区内自然、经济地理资料。如山川形势、森林植被、气象、交通运输条件；居民点分布情况，有关民族风俗习惯；物资供应情况等。

（3）群众找矿、报矿资料。

（4）前人在调查区内采集的矿物、岩石、古生物等标本和切片；已有钻孔的岩心；以及邻近地区的有关标本等实物资料。

（5）调查区内工农业建设、工程建筑等有关情况，以及它们对地质工作提出的要求和问题。

对所搜集的全部资料应当分门别类加以整理，编制资料文献目录，建立资料档案。

**2.对已有资料进行审理评价和综合研究的要求**

对搜集来的前人资料应当及时进行审理评价和综合研究，确定资料的实用价值。首先要有“一分为二”的观点，对前人资料既不盲目信从、照搬照用，又不轻易地否定；另外，要从历史发展的观点去审理评价，着眼于当时的客观条件和研究程度的分析，结合实际进行去粗取精、去伪存真、由此及彼、由表及里的综合分析研究，从而发现规律性的东西，做为指导设计和今后工作的依据。对已有资料进行综合研究的具体内容要求主要有：

（1）研究历史和现状的分析及地质矿产研究程度图的编制

详细了解前人在调查区内已经进行过哪些工作项目，其工作精度及其成果的可供利用程度；认真评价前人所使用的各种方法手段的效果等。通过对调查区研究历史和现状的分析，明确其地质矿产研究程度，这是部署今后工作、选择方法手段、确定投入的工作量的

重要依据。

地质矿产研究程度图的编制，主要是以线条、符号和数字等在图上表示前人工作的性质、范围、时间、比例尺精度和资料编号。重要的实际材料，如对地质矿产有控制意义的山地工程、钻孔，化石采集地，重要取样点等，也应用相应的符号表示在图上。研究程度图的比例尺可等于或较小于调查工作比例尺。

（2）基础地质资料的整理、综合分析和地质草图的编制

基础地质资料的整理和综合研究，应着重于弄清前人对本区地层、岩石、构造及其与矿产关系的研究程度。明确已经解决了的重要地质问题和矿产评价；揭示出前人尚未解决的重大遗留问题，以及需进一步研究的内容，初步明确解决该问题的方向、途径和方法。在“阅读”前人资料时，用新的理论观点作指导，常可从中发现重要的找矿线索或证据。在整理和综合分析已有地质资料的过程中，可根据工作需要对有关地层、岩浆岩、构造、接触关系等资料利用卡片或表格等形式编制素材摘要，或编制专门性图件，如综合地层柱状图、构造纲要图等。

在详细研究上述资料的基础上，结合航空资料的初步解译及已有各种比例尺地质图件的对比分析，编制出能代表到当前为止的研究程度的地质草图。基础地质资料和地质草图是进行区域成矿地质条件分析、预测找矿远景区的基本依据，也是今后进行区域地质调查和地质填图的出发点。

（3）区域矿产资料的整理、综合研究和矿产分布及找矿预测图的编制

关于矿产资料的整理，首先应对调查区所有已知矿床（包括已开发矿区）、矿点、矿化点以及群众报矿点等编制登记卡片，详细登记矿产地位置、矿种、矿床地质构造特征、研究程度及前人的评价等内容。卡片的格式可参照区域地质调查规范附件的规定。对所有物、化探异常也应进行登记。然后编制矿床、矿点分布图；以地质草图做底图，标绘区内所有矿床、矿点、矿化及有关找矿标志（含矿岩系、含矿构造、蚀变岩石、物化探异常及其它标志等）。

矿产资料的综合分析工作，除要求对所有矿点、报矿点及各类异常资料，根据任务要求及国家对矿种的急需程度进行分类排队，分清轻重缓急，以作为部署今后找矿工作的依据外，应着重进行区域成矿地质条件的分析和对比。在对调查区基础地质资料综合研究的基础上，把对个别矿点的典型剖析和整个区域成矿地质条件的分析对比结合起来，总结已揭露出来的找矿标志、控矿因素及已知矿床的赋存规律，揭示成矿有利地段，明确找矿方向，在有科学依据的可靠预测基础上，正确选定找矿远景区。在综合分析矿产资料时，不仅应研究调查区内已知矿产类型的成矿地质条件及远景预测，还应注意运用近代的理论观点来分析已有资料，以便能从中发现新的成矿地质条件或矿产类型的线索，以扩大找矿方向。此外，应根据地质、物化探资料的分析，对一定的矿产制定出明确的找矿准则，以选择正确的、有效的找矿方法和手段。

通过区域成矿条件的分析对比，结合调查区内已知矿点、物化探异常等的分布特征分析，就可以进一步在矿点分布图上概略圈定成矿远景区及预测找矿区，编出矿产分布及找矿预测图。

# 三、野外踏勘

在详细研究前人工作成果和对航空资料进行初步解译的基础上，对调查区进行野外现场踏勘，是准备阶段的一个重要环节。通过现场踏勘取得的感性认识资料是设计的直接依据。

## （一）野外踏勘的具体任务和工作内容

**1.了解区域地质概况** 基岩的分布和裸露程度、覆盖物的类型和覆盖面积；主要地层单位的特征和填图单位的划分标志；各类地质体的主要特征、分布范围和接触关系；构造变动的程度和主要型式。确定调查区地质构造的复杂程度及类型划分。选择实测剖面的位置，有条件时可完成部分实测剖面任务。

**2.了解区域矿产概况** 通过参观研究调查区内代表性矿产地、宣传和发动群众报矿，了解调查区内矿产的种类、已知矿产的找矿标志、区域成矿条件以及可能含矿的地质体的大致范围，初步确定进一步找矿方向。

**3.了解区域自然、经济地理概况** 山川形势及逾越程度、交通运输条件、气候变化特点、居民点分布、物产等。确定适于野外工作的季节和期限；选择基站和营地的位置；并对交通工具和其它有关装备和设备的选择提供设计依据。

**4.检查有关资料** 如前人工作成果的质量及其资料可供利用的程度；检核地形图的精度；检查航空象片的解译效果，落实并补充解译标志。

**5.调查访问** 了解地方上对区域地质调查提出的任务要求。

## （二）野外踏勘的方法

野外踏勘的方法通常采用地面踏勘，有条件时可配合航空目测踏勘。

**1.地面踏勘**

根据调查区的地质研究程度，地面踏勘的部署应有所区别：

（1）对研究程度较高的地区，可进行重点踏勘或专题踏勘：观察标准地层剖面、代表性岩体和代表性矿床或矿点；对前人工作中发现的关键性疑难问题，或具有典型意义的地质构造和矿产现象进行观察研究，初步解决或找出解决问题的途径。

（2）对研究程度较差的地区，可进行概略性的路线踏勘。根据航空象片的初步解译结果，选择不同类型的地质体和自然景观区，以穿越法为主进行路线观察。在此基础上再对调查区内具有典型意义的地质现象和矿产进行重点观察研究。踏勘路线的数量视该区地质构造的复杂程度而定。

**2.航空目测踏勘**

航空目测可以在很短的时间内鸟瞰调查区内的山川形势、基岩裸露情况、岩石分布情况及区域构造轮廓等，迅速掌握调查区的自然地理和地质矿产的概貌。因此，用航空目测替代部分地面路线踏勘任务，可以大大加快设计的步伐。特别是在通行逾越条件困难的地区，如冰雪高山区、戈壁沙漠区、森林覆盖区、沼泽区及荒无人烟的边远地区等，地面工作不易施展，进行航空目测收效更加显著。

# 四、设计书的编写

设计是根据上级下达的任务和规范要求，结合调查区的具体情况制订的工作方案。批准后的设计书是进行野外地质调查、检查任务完成情况，和验收评价成果质量的主要依据。

设计书的基本内容可参考下列提纲：

**1.绪言** 主要陈述工作依据和工作条件。内容包括在本区开展区域地质调查的目的任务；前人对本区的研究历史和研究程度；自然经济地质条件等。可附一简单的交通位置图。

**2.地质矿产概况及存在的主要问题** 在对已有各种资料综合分析的基础上，概述调查区的基本地质矿产特征，阐明需进一步研究解决的主要问题及解决的方法和途径；特别是要在科学的预测基础上，选准远景区，正确确定找矿方向。

**3.工作方案** 本节是设计书的重点，内容包括确定具体调查任务和精度要求；选择综合工作方法、技术手段并确定工作量和工作定额；进行工作部署、确定人员组织、时间安排等。

关于具体调查项目及工作精度的确定，应当根据调查区的具体条件来落实，要抓住重点深入研究，防止被一些次要问题牵扯过多的力量。当前区域地质调查工作的广度和深度都达到了一个新的阶段，因此应当特别重视选好综合方法手段，使其密切配合提高工作效率，特别是对1：5万区域地质调查来说，如果没有足够的物探、钻探工作配合，掌握深部地质情况，就难以达到工作的要求。但是在选择综合方法时，必须明确绝不是投入的方法手段越多越好，而是应当根据调查区的地质矿产及自然条件，特别是要根据方法本身的有效前提，因地制宜地、合理地予以选择，只有这样才能事半功倍、多快好省。不应当机械地部署对本区无效或收效很少的方法和进行重复的或相类似的编录；特别要注意避免重复前人已完成了的工作量。要重视新方法新技术的试验推广。

关于工作部署问题，这是直接影响工作质量和效率的带有战略性的大事，必须慎重对待。既要学习和考虑前人从实践经验中总结出来的程序；又要不墨守成规，敢于创新。做到统筹全局，突出重点，抓住关键。要充分预计野外工作中可能出现的情况，使工作方案建立在坚实可靠的基础上，并留有充分的余地。

**4.预期工作成果** 根据任务及规范要求，详细列出预期完成的项目及成果。

**5.附图** 相应比例尺的地质草图或航空及卫星象片解译地质图，矿产分布及初步予测图，研究程度图，工作部署图及其它有关图件。

**6.附表** 矿点、异常点登记表（卡），实物工作量一览表，仪器设备、装备一览表，财务计划一览表等。

# 第二章　地质调查的一般野外工作方法●

## 一、地质剖面的测制

### （一）实测剖面的目的任务和部署原则

地质剖面是研究地层、岩体和构造的基础资料。根据剖面资料划分填图单位，是地质填图工作的前提。因此，主要地质剖面的测制，一般情况下应力争在正式填图之前完成。但在某些特殊情况下，例如：覆盖强烈、基岩露头分布零星；地质构造复杂、地质体的变化较大、层序不清；特别是对变质作用强烈的地层；等等，通过研究前人资料和野外踏勘后尚不能选出可供实测的剖面位置，那就不得不把实测任务推后，待对该区地质构造的研究有了一定的眉目之后进行。在上述情况下，应在填图之前适当增加路线剖面踏勘的工作量，根据信手剖面并参考已有资料进行分析对比，确定一些临时填图单位及标志层，以便开展填图工作。但应尽可能地多划分一些，以备将来实测剖面后可能对地质界线进行归并或修改。此外，如果调查区的邻幅有可供实测剖面的条件，并同属一个地层分区，则可以利用或实测邻区的剖面，作为划分本区填图单位或确定填图标志的参考。

实测剖面的具体部署，应当根据对施测对象研究的目的要求而定，一般的条件应当是岩层出露完整、有代表性，能基本上反映有关地质体或地质要素的基本特征。因此在部署实测剖面前必须了解施测对象的分布范围、一般特征和变化情况，以便于对比和选择。

1.测制地层剖面主要是为了查明地层的岩石组分、层序、厚度、沉积特点（或喷出岩、变质岩等的有关特点）、含矿层位、接触关系及时代。在此基础上划分地层和确定填图单位。

应选择层序完整、构造简单、接触关系清楚、化石丰富，岩性组合和厚度具有代表性的地段进行布置。尽量避开侵入体和受其破坏影响的地段。

2.测制岩浆岩侵入体剖面主要是为了查明岩体的岩石类型、结构构造、岩相分带、产状及形态，与围岩的接触关系和接触带的特征；查明不同时代、不同类型岩体的相互关系、侵入顺序等。

应选择露头良好、相带清楚、岩性具有代表性、接触关系明显，以及原生构造比较发育的主要岩体和含矿岩体进行测制。

3.测制构造剖面主要是为研究和反映区域构造的基本特征，包括各种构造形迹的性质、形态特征、规模、空间分布及相互关系，成生序次以及发展历史等。

应选择在构造发育，具有代表性或典型意义的地段布置。

4.其它，如矿体剖面、地貌剖面、等等，视研究需要而定。

---

● 见本书第一章第1页注。

## （二）实测剖面的技术要求

1.实测剖面线的方位应基本上垂直于地层或主要构造线走向，一般情况下两者之间的夹角不宜小于60°。

2.剖面线通过的具体位置，除应满足前述目的任务所要求的条件外，还要注意基岩露头的连续性是否良好。因此应充分利用沟谷的自然切面和人工采掘的坑穴、壕堑或铁路、公路旁侧的崖壁等，作为剖面线通过的位置。

当露头不连续时，也可以布置一些短剖面加以拼接。但需要注意层位拼接的准确性，防止遗漏或重复层位。最好同时绘制构造剖面素描图，标明各段短剖面中不同层位的对应关系；或者确定明显的标志层作为拼接剖面的依据。

如剖面线上有浮土掩盖，且在两侧一定的范围内无明显标志层对比，难以用短剖面拼接（或平移剖面导线）时，特别是当岩性变化情况、产状或接触关系等重要内容因掩覆而不清时，应考虑使用槽、井探工程或剥土予以揭露。

产状平缓的地层剖面，宜在陡崖处布置。有时可直接测制柱状图。应尽可能地利用钻探资料，以求了解地表以下的隐伏层位。

3.实测剖面比例尺应根据规范要求及施测对象的具体情况而定。以能充分反映其最小地层单位或岩石单位为原则。例如，在剖面图上能标定为1毫米的单层，均可在实地按相应比例尺所代表的厚度划分出来。常用的比例尺为1:500—1:5000。在剖面图上小于1毫米，但具有特殊意义的单层（例如标志层、化石层、含矿层、岩脉等），可适当放大表示，但应在记录中注明其实际厚度。

4.实测剖面的数量，应根据调查区内的岩相建造复杂程度、厚度及其变化情况、围岩与矿化的相关程度以及前人研究程度等因素来考虑确定。一般各地层单位及不同相带，至少应有1—2条代表性的实测剖面控制。

5.实测剖面时，必须逐层进行岩性描述，系统采集代表性的标本、薄片、岩石光谱样品等。对沉积地层或副变质岩系应认真地逐层寻找和采集化石（或微体古生物鉴定标本）。此外，根据调查任务的需要，尚可进行钼酸铵点滴含磷试验、采取化学分析样、人工重砂样、单矿物样等。必要时还可采集同位素年龄测定样、古地磁研究标本、岩组分析样，氧、碳、硫同位素组成研究样，及其它特种样品如体重测定样等。在有物探工作配合的情况下，可系统测定各种岩石的有关物性参数，如放射性强度、磁化率、电阻率、密度等。

## （三）实测剖面的一般程序和方法

1.选定实测剖面位置后，应沿剖面线进行详细踏勘。了解岩层的一般分层厚度、岩性组合规律、构造形态及不同构造部位的岩层对比关系、确定标志层、研究接触关系；确定地层单位及填图单位的划分位置，并立标设记；根据露头情况布置坑探工程。

根据踏勘资料制定工作计划：包括比例尺、工作量、测制方法、施测顺序、组织分工、工作定额及工作进度计划等。按计划组织施测。

2.地形剖面线的测量方法，通常采用半仪器法导线测量，即用罗盘仪测量导线的方位和地形坡度角，用皮尺或测绳丈量地面斜距。另外也可用全仪器法，即用经纬仪进行导线测量。后者的丈量精度高、工作效率快。

地形导线测量的数据要用专门的登记薄详细记录，通用的格式如表2-1。

表2-1 实测地层剖面登记簿格式

□□省地质局区域地质调查大队第　　分队

剖面编号：

剖面位置：　　实测地层剖面登记表

年　月　日

| 导线号 | 方位角 | 导线距 | | 坡度角(±) | 高差(米) | 累积高差(米) | 产状要素 | | | | 地质记录 | | | 分层号 | 导线方向与岩层倾向夹角 | 分层厚度 | 样品编号 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 斜距 | 平距 | | | | 位置 | | 倾向 | 倾角 | 位置 | | 描述 | | | | | |
| | | | | | | | 斜距 | 平距 | | | 斜距 | 平距 | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

参加人员：　　第　页

3.实测剖面的观察内容，应按导线距及分层号在野外记录本中详细记录。并画出沿线的信手剖面图，以便于层位对比和构造分析，同时，可供绘制实测剖面图时勾绘地形、地质细节的参考。

剖面线起、迄点的位置、剖面观察点、岩层产状要素及地层分界线等，都应准确地标定在地形图或航空象片上。

4.实测剖面的野外作业完毕后，应及时进行资料整理和样品的处理：对各项实测数据进行整理计算；对各种样品进行分析鉴定；进一步整理、研究剖面地质资料，根据室内分析鉴定成果对野外观察资料进行修正补充；编绘有关图件（路线平面图、实测剖面图及柱状图等）；做剖面小结，划分地层单位及填图单位。

## （四）实测剖面图的编绘

实测剖面图的成图方法，通用者有展开法和投影法两种。当剖面导线方位比较稳定、转折较少时，多用展开法作图；当导线方位多变、转折较多时，则宜用投影法作图。此外，如果剖面上地质构造比较复杂、岩层产状变化较大时，为了更真实地反映构造特点，可以采用投影、展开两者相结合，称为分段投影法（或真厚度法）。

**1.用展开法绘制实测剖面图**

（1）绘制地形剖面线，一般只要根据导线测量的地面斜距和坡角（±°），把各段导线的地形线连续画出来即可。但因按照测量数据绘出来的地形轮廓呈折线型，应再根据野外信手剖面所反映的地形细节，将其勾画成近真迹曲线。

（2）绘制地质要素，多数情况下，地层走向不会完全同实测剖面线的方位垂直，因

此，在绘制地质界面的投影线时，需要进行真倾角和视倾角的换算。除夹角大于80°可忽略不计外，凡剖面方位与地层走向夹角小于80°时，都应按视倾角数值绘制在该段导线上的层面投影线。

用展开法绘制实测剖面图，作业流程简单，便于在野外边测边绘。其缺点是：将转折的导线展开，在地质剖面图上夸大了地质体的实际宽度，地层厚度只能用公式计算求得；由于导线方位的改变影响到视倾角的数值不同，特别是当测量导线方向与走向间夹角较小的情况下，按视倾角在剖面上画出的地层投影线经常出现相交、突变等不协调现象，歪曲了实际的地质构造形象。

**2.用投影法绘制实测剖面图**

（1）首先根据导线方位及各段导线的水平距（由导线斜距及地形坡角计算），绘出导线平面图，并把各地质要素标绘到相应的位置上，构成路线地质图。

（2）选择剖面投影的基线方位：因为在部署实测剖面线位置时，就已经充分考虑了使剖面线导线方位基本上垂直地层或区域构造线的走向，所以，虽然在施测过程中由于各种原因而使实测导线几经转折，但其总趋势仍然应是垂直区域地层走向的，因此在一般情况下即可将垂直地层基本走向的方位作为剖面投影基准线的方位。

（3）将导线平面图上的导线点位置垂直投影到基准线上。以基准线作为计算高程的“零点”，根据各段导线的累计高差勾绘出地形轮廓线。

（4）绘制地质要素：由于投影剖面线的方位基本上垂直于地层走向，所以除局部地层产状有变化的地段外，大多数都可直接根据真倾角数据来绘出层面投影线，不需要进行

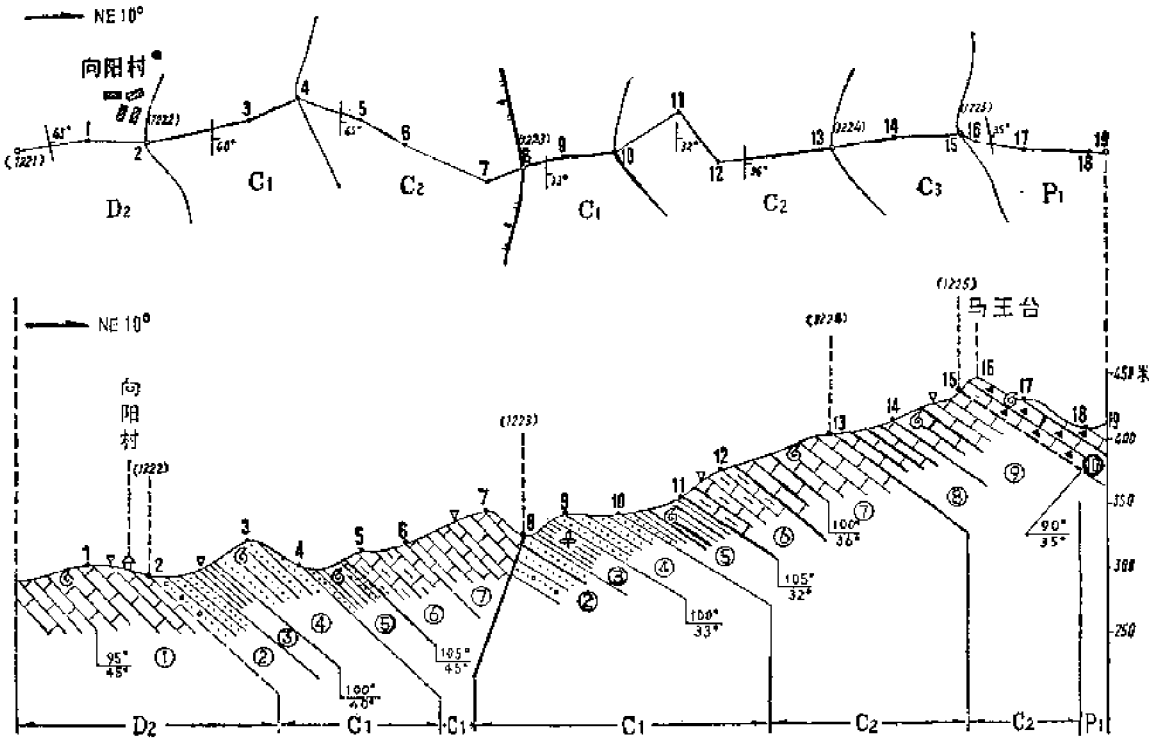



图 2-1　实测剖面图的格式（按投影法）

视倾角的换算。

用投影法绘制实测剖面图，在绘图精度达到要求时，可以直接在图上丈量地层厚度；剖面图上反映的构造要素基本上能符合实际情况，没有或很少歪曲；剖面图控制的总长度及其中主要地层单位的出露宽度与地质平面图相一致。该方法的主要缺点是地形轮廓线的坡度角因侧方投影而受到歪曲。特别是当地质构造比较复杂、岩层产状多变的情况下，用单一方位的投影基准线，不可能与各段的地层走向都垂直，因此仍然需进行较多的真倾角与视倾角的换算，其缺点同用展开法作图相似。在此情况下，则宜用分段投影法。

**3.用分段投影法（真厚度法）绘制实测剖面图**

（1）根据剖面上岩层产状要素的变化情况，分段选择投影基准线，使其分别垂直各段导线所控制的地层基本走向，按投影法绘出各段的剖面图。

（2）将各段剖面按展开法连接起来，构成完整的实测剖面图。

**4.实测剖面图的内容和图饰**

实测剖面图中除各种地质要素外，还应表示取样点位置、化石产地等实际材料。具体内容和图饰可见图2-1，2-2。

XX省XX县向阳公社——马王台石炭系实测剖面柱状图

J-50-17-A(XX幅)

比例尺：1:5000

| 界 | 系 | 统 | 阶 | 地层名称 | 代号 | 柱状图 | 厚度(米) | 岩性描述及化石 | 矿产 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 上古生界 | 三迭系 | 下统 | | | $P_1$ | | >50 | 灰—灰黑色含罐石结核灰岩，含Hayasalaia,Dictyoclostus,xahkingensis等 | |
| | | | | | | | | 平行不整合 | |
| | 石炭系 | 上统 | | | $C_3$ | | 85 | 灰—灰白色块状石灰岩，富含Orthotechia,sp,Dictyoclostus taiyuafuensis,Margininifera Pusilla,Sehell Sehell wienlia crenistria Lee等 | |
| | | 中统 | | | $C_2$ | | 134 | 上部为浅灰—灰色厚层灰岩，顶部含Dibunophyllum tushanese,Syringopora sp,Pseudostaffella sp<br>中部为灰色泥质灰岩<br>底部为一层厚约30米的灰黑色页岩，富含Striatifera sp,Choristites sp等 | |
| | | 下统 | | | $C_1$ | | 84 | 灰白色厚层石英砂岩灰黑色页岩，底部为含砾砂岩，页岩中见植物碎片，上部石英砂岩中见含Giganto productus giganteus等 | |
| | | | | | | | | 平行不整合 | |
| | 泥盆系 | 中统 | | | $D_2$ | | >100 | 深灰色—灰黑色厚层—块状石灰岩，含Acrospirifersp,Dicoelostrophia sp,Hadrophyllum sp等 | |

图例

⑥ 动物化石采集地点

✝ 植物化石采集点

| 单位 | XX省第X区调大队X分队 | | |
|---|---|---|---|
| 图名 | XX省XX县向阳村实测剖面图 | | |
| 制图 | | 图号 | |
| 清绘 | | 比例尺 | |
| 审核 | | 日期 | |
| 技术负责人 | | 资料来源 | |

图 2-2 实测剖面柱状图

## （五）实测剖面资料的分析

**1.计算地层厚度** 地层厚度应分层计算。具体计算方法可参考有关参考书及文献。岩层厚度的确定是区域地质调查中的一项重要基础工作。通过实测剖面丈量地层厚度，

不能单纯满足于取得计算参数，必须结合地质构造的分析，对厚度数值的可靠性及代表性作出判断。首先要判定该段地层的连续性和完整性，排除干扰地层厚度变化的外部因素的影响。例如要注意因走向断层引起的地层重复或缺失；由于构造变动导致的地层厚度局部膨胀或压缩；在褶皱比较强烈的地区必须注意判断区域性劈理或片理与层理的关系，注意区分同斜或等斜褶皱与单斜层，注意由于多级小型褶皱发育而使地层加厚的现象；在陆相地层发育区，例如湖泊三角洲、大陆风成沉积、山麓堆积扇、冰碛、河口三角洲沉积等，以及海相地层中的大陆斜坡沉积、生物礁体周围沉积等发育区，应当详细研究区分岩层的原始倾斜、巨大斜层理与岩层的构造变动产状。因为在具有斜坡地形的山前或盆地边缘等沉积条件下形成的地层，由于原始倾斜的变化会使地层产生假厚度。此时，如果按照通常垂直所谓层理面分别丈量每一分层厚度的方法来测算其地层厚度，则剖面总厚度值将比实际地层厚度大得多（如图2-3）。在这些地区测定地层厚度，还应当参考地球物理探测或钻探资料进行综合分析。最后应当注意，产状要素数据的代表性及准确性，是影响厚度计算精度的重要因素，对此应慎重选择。

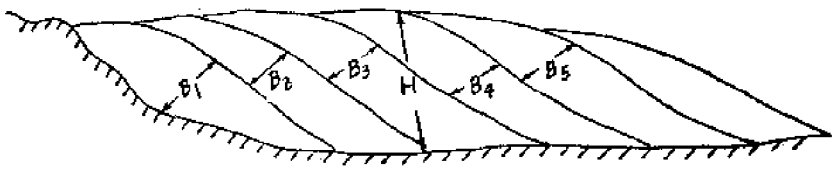



图 2-3　沉积物假厚度与真厚度的关系
H—真厚度；$B_1$，$B_2$，$B_3$，$B_4$…—假厚度

**2.地层划分和确定填图单位**　测制地层剖面的目的之一，是通过剖面的详细研究对地层进行划分，并在此基础上确定填图单位。

关于地层划分的原则和方法以及精度要求，可参见本书以下各章节及相应比例尺的区域地质调查规范。

填图单位是在地层划分的基础上，根据填图比例尺的精度要求来确定的。确定的合理与否，直接影响到今后填图工作的质量。如果划分过粗，图面上不易反映区域地质构造的细节；划分过细又会使图面结构复杂化，增加图面负担。因此，填图单位的确定是影响全局的问题，必须全面、慎重地考虑。一般情况下，填图单位不能大于地质调查精度所要求的最大地层单位的范围。

每一个填图单位应当有特定的岩性组合（如巨厚的单层、复杂的互层、完整的沉积旋回等）；具有明显的识别标志（如岩石的颜色、成分、结构、沉积构造、区域变质特征、古生物或古生物组合，或者具有特定的地貌标志或航空象片解译标志等）；还应当有一定的厚度和出露宽度。一个单位的特征最好与其它单位有直观上的区别；如果区别不大，相邻填图单位之间应有能赖以划分两者界限的标志层。每一个填图单位的厚度和出露宽度不能过大或过小，最小的单位在图上的表示宽度应不小于 1 毫米。

一个填图单位内部不应包含明显的沉积间断面（假整合或角度不整合）。被不整合面限制的填图单位，如果其出露宽度在地形图上不足 1 毫米时，只能夸大表示，不能与相邻单位合并。

在地质填图时，对某些标志层也要夸大到1毫米的宽度予以表示。在研究剖面时即应当找出某些具备明显识别特征的岩层作为填图的标志层，例如分布较稳定的底砾岩、含矿层、在碎屑岩系中较稳定分布的碳酸盐夹层，以及其它特殊岩性等。在某些出露宽度较大的填图单位中，填绘一些标志层界线，可以帮助反映其构造细节。

**3.编制地层柱状图** 格式及内容参见图2-2，具体做法在此从略。

## 二、路线地质调查与地质填图的方法

### （一）观察线与观察点的布置原则和方法

选择一定的路线和控制点进行系统的野外观察，是地面地质调查的基本方法。它的作用，一方面是用不同的点线密度反映不同比例尺的调查精度要求；另一方面是便于对野外观察材料进行系统的编录。

**1.观察线的布置原则和方法**

（1）观察线的布置原则 地质调查所用的观察路线有两种基本形式，即穿越路线和追索路线。

穿越路线 基本上垂直于地层或区域构造线的走向布置，按一定的间距横穿整个调查区。地质人员沿观察路线研究地质剖面、标定地质界线。路线之间的地质界线用内插法或“V”形法则来填绘。这种穿越路线方法的优点是能比较容易地查明地层顺序、上下接触关系、岩相的纵向变化以及地质构造基本特征，且工作量较少。其缺点是两条路线之间的地带未能直接观察，连绘的地质界线可能与实际情况有出入，对地层的岩相、厚度沿走向的变化研究程度较低，并且可能漏掉较重要的小地质体、矿点、横断层等。调查比例尺越小，路线间距越大，上述缺点反映越明显，但是只要在相应比例尺精度要求范围内是容许的。如果能有效地使用航空象片，则上述缺点可以得到弥补。

追索路线 沿地质体、地质界线或构造的走向布置。用于追索一定的地层层位（如化石层、含矿层、标志层等）、接触界线、断层等。追索路线可以详细研究地质体的横向变化，特别是对确定接触关系、断层，研究含矿现象是有效的方法，并且可以准确地填绘地质界线。追索路线有利于研究专门性质的问题，但在整个野外工作中不可能（也不必要）对所有地质体或地质界线都进行追索，否则将影响工作效率。露头（或小地质体界线）圈定法是追索路线的特例。

应当指出，上述两种路线在实际工作中经常结合使用。例如在穿越路线上，为了确定接触关系、横向变化等，需经常向路线两侧做短距离的追索；在追索路线中，也必须经常穿越走向研究短剖面，以了解该地质体的纵向变化及上下接触关系。

（2）观察线的具体布置方法和注意事项 穿越路线和追索路线的布置是依预期解决的地质课题为根据的，两者都是对观察路线同地质构造走向线的关系而言。在这个前提下，野外观察路线的具体布置，还必须考虑自然地理条件（如逾越程度）、露头分布情况、基站的设置、野外工作组织（填图组数目及其协作配合）等因素。每一条具体的路线可以是近似直线型，也可以是“之”字型或S型，甚至有曲折、迂回。从整个观察路线的布局来说，对地质构造复杂、构造线方向多变；地质体多而分布零散；矿点分布密集的地

区；或者地形起伏大、逾越通行程度差、居民点稀少的地区；或者需数个填图组共同作业等情况下，最好围绕工作站布置梅花形路线网，采用分区推进的办法；如果地质构造简单、矿点较少，或者地形条件有利，则可以布置平行路线网。

在某些特殊自然地理条件下路线布置需有较大的灵活性，例如：

在森林掩盖区，由于坡积—残积盖层及植被广泛发育，路线布置除考虑通常因素外，应着重考虑岩石出露情况及通行条件。一般应沿分水岭、或者相反沿沟谷最低部等基岩出露较好的地方布置观察路线。应尽量避免布置多次横穿山脊和沟谷的路线。在露头不好但水系发育的森林区，则可以沿河道布置路线，顺河岸（步行或乘船筏）寻找被水流冲刷出来的露头。山地森林区往往是居民点稀少，交通运输困难、几乎没有道路，通视条件极差的地区，因此必须建立适当数量的基地和工作营站，并以此为出发点布置梅花形或半封闭路线。

在海拔3000—5000米以上的高寒山区，地势切割强烈，峭壁林立、雪峰连绵，现代冰川发育；河谷多呈深切峡谷，上源多与冰川或冰川谷相连。在这种自然条件下布置观察路线，首先需要考虑通行逾越条件。一般情况下，除一些山间小路外，多沿河谷侧坡下部或靠近河床部分布置。但在山间谷地区，特别是冰川谷底部，往往被疏松的冰碛物或洪积物覆盖，因此研究基岩的路线应当布置在谷坡较高处。此外，高山区良好的露头往往出现在不易登临的陡崖处，此时只能对照航空象片，对露头进行远距离目测研究(可用望远镜)，为此可将观察路线布置在徒涉对面的山坡通过。

又例如在平原区或块状结晶岩石分布区，路线可沿较均匀的水系网及道路来布置。在平原区进行1:50,000比例尺的地质调查时，在广泛发育的第四系覆盖物下寻找基岩露头，是布置观察路线的主要出发点，此外也应考虑与制图钻或坑探工程的配合。

在沙漠区或半戈壁丘陵区，由于物理风化和风蚀作用的结果，地形与地质构造的关系非常明显，可以充分利用航空象片解译和航空目测资料，准确地勾绘出地质界线。因此，地面路线调查网度可以大大放稀，观察路线的布置着重于地质剖面、重点地质构造及矿产现象观察研究，以及某些重要地质界线和断层的追索。沙漠区或半戈壁丘陵区，地势比较平坦，通行状况较好，但地形标志往往不显著，并且人烟稀少、多风、气候多变、干旱缺水。在这种自然条件下，对路线地质调查工作的交通工具配备、组织管理和安全保障措施等，必须给予足够的重视，这些因素有时会影响路线布置的方式。

总之，观察线的布置，必须因地制宜，具有灵活性和创造性。基本要求是既能满足调查比例尺的精度要求，取得必要的地质矿产资料和数据；又能发挥最好的工作效率。

观察路线网的密度应按相应调查比例尺规范的要求来考虑，但不应机械地布置成均匀的几何网格。应根据地质构造的复杂程度、矿化远景、以及航空象片的解译程度等因素，进行加密或放稀。

每一条观察路线的布置都应该有既定的目的和任务，例如：追索某一标志层、接触带、断裂带；观察描述某一部分地层剖面；探索某地质体的内部构造，研究其接触关系；填绘某些地质界线等等。一般地说，经过航空象片的初步解译和踏勘之后，每条路线观察的内容是可以预先设计的。

鉴于地质矿产现象的复杂性，地质人员沿路线的观测工作也必须具有灵活性和创造性，例如在穿越路线上发现了重要地质现象（如矿产标志、化石点、重要断层、不整合

等），有时必须改变原定路线方向，对其进行追索研究。宁可将原定计划任务改日去完成，也不应机械地拘泥于预定计划而放过新发现的重要线索。又例如在路线上遇到了新的地层剖面、岩系之间的重要接触关系、重要的构造现象或矿化现象等，可以花较多的时间进行详细观察研究，如果机械地为了赶任务而将问题遗留下来，那么将来补课工作量肯定会更大得多，并且由于问题不能及时得到解决，必然会影响调查的深度和精度。

**2.观察点的布置原则和标测方法**

（1）观察点的布置原则

在野外路线观察的过程中，需及时标定观察点。观察点的作用在于能准确地控制地质界线或地质要素的空间位置；使原始资料的编录条理化、系统化，控制各种地质资料间的联系以及文、图资料与实地位置的符合；便于原始资料的整理、查阅和检验工作质量。

观察点的布置以能有效地控制各种地质界线和地质要素为原则。一般地应布置在填图单位的界线、标志层、化石点、岩相或岩性发生明显变化的地点；岩浆岩的接触带和内部相带的界线；矿化现象、蚀变带、矿体；褶曲枢纽、断层破碎带；节理、片理、劈理的测量或统计地点；代表性产状要素测量点；取样点、山地工程、制图钻孔位；以及其它有意义的地质现象观察部位（如水文点、地貌点、出土文物点）等位置上。不允许机械地等距离布点。

（2）观察点的标测方法

在地形图上标定观察点的位置必须力求准确，不能超过规范精度要求的允许误差范围。一般要求在野外手图比例尺的图面上不超过1毫米。标定的方法：当地形地物标志明显或识图经验比较丰富时，可直接目测标定点位；当地形碎部特征不明显时，则可用罗盘测量观察点与已知地形控制点（如山头、村庄等）的方位关系，用后方交会法确定点位。后方交会法，一般应三点交会，其方位线间的夹角应大于45°（补角应小于135°），以减少绘图误差。如三线相交不在一点，出现视差三角形，则以三角形的重心做点位。在实际工作中往往以后方交会法大致确定点位所在地的范围，再根据地形地物特征判定观察点的具体位置。

在利用航空象片标定点位时，可先在象片上刺点，并在象片背面圈定和编号，然后根据地形地物特征转绘到地形图上。

在某些特殊自然条件下，标定观察点的位置比较困难，必须采取一些辅助措施。例如在山地森林区，由于树丛的遮挡，视野变窄，能见度仅数十米、很少为几百米，有时在相当狭窄的谷中甚至也很难看到对面的坡；在切割很深的沟谷中，由于沟深壁陡，通视条件也受极大的限制。在这些情况下，地质人员往往看不到可供定位的地形地物标志，甚至在使用航空象片的条件下，也很难准确地判定观察点在地形图上的位置。为此，必须从已标定的点位开始，向行进方向连续不断地进行路线目测，用罗盘测量路线方位，用步测或测距仪定距离，藉此标定待定点的位置。为了保证精度要求，应尽可能地攀登高地，在通视较好的地段标定一些控制点，据此对已定点位进行校正。

又例如，在切割较深的高山坡上，为了更准确地标定点位，可参考利用空盒气压计测得的高差数据。两点间的高差可用下列公式近似地求出（测量误差大约±5米）：两个观察点空盒气压计读数的差数（厘米），乘上10（高差在300米以下）、11（高差在300—600米之间）或12（高差在600—1000米之间）。例如，两点（其高差未超过300米）的空盒气压

计读数分别为764厘米和756厘米，那么两点之间的高差大致为：

$$(764-756)\times 10=80\text{米}\ (\pm 5\text{米})$$

较精密的空盒气压计上附有高程度盘，可直接读取高差数据。

## （二）路线地质观察的程序和编录要求

### 1.观察线和观察点的一般工作程序及观察的内容要求

路线地质观察的一般工作程序是：标定观察点的位置；研究与描述露头地质和地貌；测量地质体的产状要素及其它构造要素；采集标本和样品；追索与填绘地质界线；沿前进方向进行路线观察与描述，并测绘路线地质剖面图（信手剖面图或素描剖面图）。应当反复强调，地质人员在路线上必须连续进行地质观察。即当详细研究和描述完一个观察点后，无论沿追索或穿越路线，都应该连续观察和记录到下一个观察点，以了解和掌握地质要素（例如地层层序、岩性、产状要素、接触关系、厚度等等）从一个点到另一个点之间的变化情况。如果只孤立地进行点的观察和描述，中间缺乏足够的系统性、综合性的路线观察资料，将很难对区域地质特征得出完整的认识。

在野外进行地质观察研究的过程中，必须坚持严肃认真、实事求是的科学作风；坚持实践第一的观点，重视第一性资料，勤追索、勤敲打、勤观察、勤测量、勤编录。在路线观察过程中要对所观察到的资料和数据，不断地进行综合分析，勤思考，这样做不仅可以对发现的问题随时做出正确的判断或提出解决问题的方向，及时在现场进行检查和验证；并且可以对前进途中可能出现的情况作出预计，提高路线调查的预见性和主动性。

关于地质调查观察研究的基本内容，在各相应比例尺的区域地质调查规范中都有明确的规定，在本书以下的各章中对各种不同地质条件下的研究内容和方法更有专题的介绍，在此不再赘述。由于地质矿产现象非常复杂、丰富多采，因此很难用一个统一的公式化要求来表达每个观察点、每条观察线上的观察研究内容。但总的原则要求是：必须详细观察全部客观地质事物、充分搜集第一性资料，同时又必须因地制宜，善于发现问题，抓住关键，重点研究。

必须明确，在野外观察过程中应当客观地搜集资料，即应充分反映客观实际情况，不能对现象的取舍带有主观随意性。但在工作中又必须有理论作指导，避免盲目性。在路线调查时有时会遇到一些反常现象，它们往往具有特殊意义，对此绝不应忽视，否则往往会因而丢掉重要的资料线索

### 2.路线观察的编录要求

（1）野外记录

对野外观察内容的编录形式，目前通用者仍为传统的野外记录本。

关于野外记录本的使用要求：右页做文字描述用，记录项目有工作日期、观察线的编号及路线的起迄点和经由地点、观察点编号及位置、地质观察内容和各种测量数据、标本样品编号，以及观察者工作小结等。观察点编号及标本样品编号等应当全队统一，顺序编号，并且与实际材料图符合一致。记录本左页方格纸，供做信手剖面或地质素描图用。每本记录本都应在封面上贴编录标签，并编制内容目录。

关于记录内容，对观察点或观察线上所见到的全部客观地质事物，原则上都要求进行仔细的、全面的观察和记录，不要轻易地放过任何一种地质现象，那怕是最普通的地质现

象。经验证明，即使是一块转石，有时它的用处也很大。文字记录要注意准确、充实，切忌概念含混、词不达意、语焉不详等毛病。例如角砾岩这一种常见的岩石，它在不同的地质环境中就具有不同的意义：它可以代表一个不整合面（底部角砾岩）；或代表局部上升作用（同生角砾岩）；也可以代表一种溶蚀作用（溶洞角砾岩）；更普通常见的是代表一种动力作用（断层角砾岩）。如果我们不加以仔细的观察和全面的描述，只笼统地记录下一个“角砾岩”字样，那就无法说明它究竟有什么意义。又例如对各种构造现象，如果不详细观察和描述其细节，只笼统地记录一个形态概念和产状要素，就无法对构造形迹的力学性质做出判断，等等。但是在记录时又必须重点突出、主次分明。对重要的地质现象或首次观察的地质事物要详细描绘，表达出其主要特征；对一般的或多次见到的情况则可以简略一些，着重记录其出现的特殊性或变化情况。此外，在野外记录本中也应当记述观察者对客观事物的分析判断、推理和综合归纳。每条路线结束后都应做路线小结，以便及时总结规律，发现问题，深化认识。但在文字上必须明确区分，使人能一目了然地确定那些是第一性资料，那些是观察者的理性认识。

文字描述应当有系统性，由点到面、由表及里、由此及彼，条理分明，前后连贯。特别对路线上连续观察的内容，必须将描述对象在空间上（如距×点之方位距离）、相互联系上的关系表达清楚。

文字记录中使用的地质术语应当符合通用惯例，对专业名词应严格符合它的定义或涵义。在使用略语或代号时，应当全队统一，前后一致。以免产生混乱或使别人看不懂。

除上述传统的野外记录本编录方式外，为了适应野外资料和数据的电子计算机自动处理，也可采用各种表格卡片（如穿孔卡）的形式。即在观察点上把所观察到的地质现象用预定的符号或代码标在特制的卡片上。这种方法不仅能节省记录时间，而且便于统计分析及用电子计算机处理。卡片的格式、内容及所用的符号或代码，可根据任务及工作内容预先设计。在此仅举一例，以供参考（图2-4）。

在该卡片的倒数第二栏中（17—48号方框），填写矿物及岩石名称的代码，举例如表2-2：

表2-2 卡片用岩石和矿物的部分代码举例

| 岩石代码 | | 矿物代码 | |
|---|---|---|---|
| 花岗岩 | GRNT | 角闪石 | AB |
| 正长岩 | SYNT | 红柱石 | AD |
| 闪长岩 | DORT | 黑云母 | BO |
| 石灰岩 | LMSN | 黄铜矿 | CP |
| 砂岩 | SDST | 赤铁矿 | HM |
| 页岩 | SHLE | 金红石 | RL |

此外，还可采用小型磁带录音机法。在野外路线或观察点上，地质人员只从事观察、标绘观察点、填绘地质界线、地质素描、照相，采集标本等项编录工作，而把观察到的全部地质现象口述录在一种小型携带式录音机上。回到室内再放录音，把口录的地质资料转记到记录本或图件上。这种方法虽然室内工作量增大了，但可大大节省野外工作时间，提高野外工作效率。并且在雨季和寒冷季节仍可顺利地进行野外工作。

（2）地质素描

在野外地质编录中，除文字描述外，必须要求测绘路线信手剖面图（地质人员应当养成随时随地画信手剖面的工作习惯）和各种地质素描图，使记录文图并茂，互相印证。

地质素描的种类，按表现地质内容的方式可分为两大类：一类为用花纹图例表达地质内容的平面图象素描，它用极简单的线条表现地形的轮廓，立体感稍差，但地质内容比较突出鲜明，如平面素描图、剖面素描图（如图2-5）、联合剖面素描图（如图2-6）、露头素描图等。另一类为立体图象素描，它的表现手法完全是以绘画理论为基础的，如远景素描图，用于反映区域地质构造或地貌；近景素描图，用于反映小型构造、各种接触关系（如图2-7）、矿体或围岩蚀变带、地层韵律、岩相变化等；以及岩矿、化石、构造等标本或露头的特写素描（相当于静物写生）等。在通常的路线地质调查过程中，前一类素描方法应用最为广泛。

当我们在野外工作中，面对丰富的地质现象时，不要一看就画，应该首先进行认真的观察研究，找出规律性的东西；在此基础上确定素描的主题，分清主次，突出重点；然后选定适当的比例尺、取景距离和角度，进行绘图。素描线条要简洁，与素描主题无关的景物应当尽量简化，但切忌凭自己的主观意图取舍地质内容。为了表示立体感应使用简练的

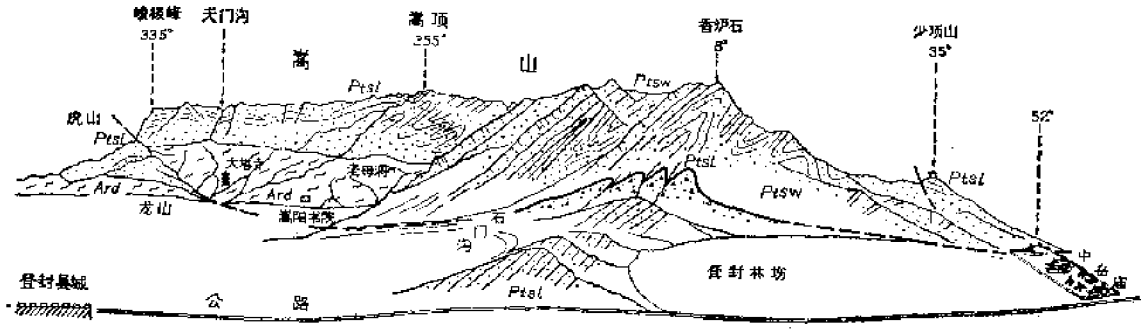



图 2-5 从河南登封县城东南蝎子山往北画嵩山群峰（据马杏垣）

Ard—太古界登封群；ptsl—元古界嵩山群罗汉洞组；ptsw—五指岭组；黑粗线示断裂；旁边的三角系断层角砾岩；山峰名下的角度为从绘图位置看去的方位角

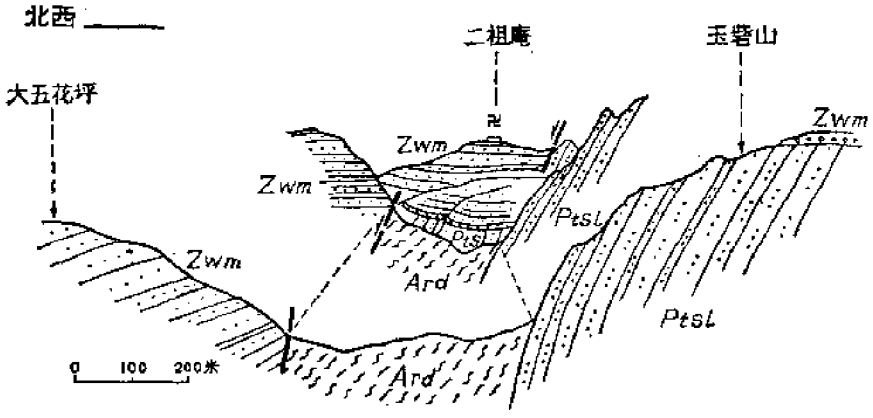



图 2-6 河南登封县梯子沟联合剖面素描图（据马杏垣）

Ard—太古界登封群；ptsl—元古界嵩山群罗汉洞组；Zwm—震旦系五佛山群马鞍山组

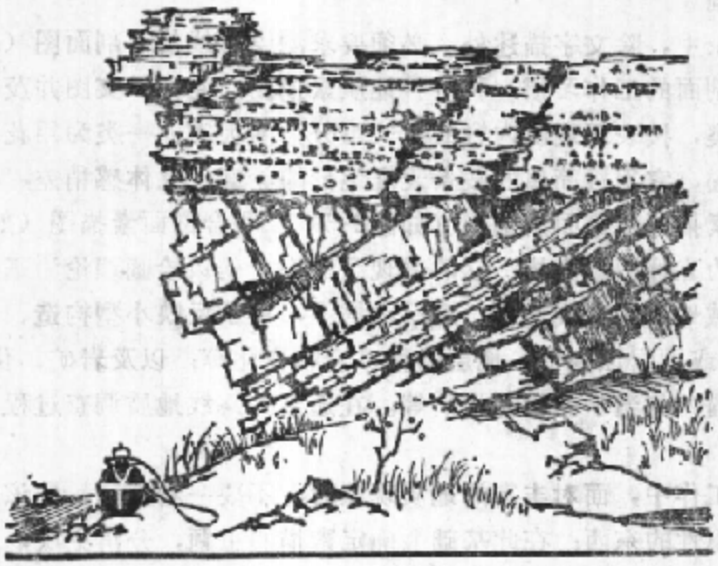


图 2-7 露头素描图（示第三纪钙质砂砾岩石整合于泥盆纪变质砂岩之上）

（据宣琪略）

线条，一般情况下不要多用阴影线；为了强调某部分地质特征，还可以加上某种地质图例花纹或符号，这是地质素描图与一般写生素描不同之处。

（3）地质摄影

地质摄影比素描图更真实准确，所以也是地质编录的重要手段。但因受各种自然景物的干扰，照片上往往会产生地质主题反映不鲜明的缺陷，所以地质摄影不能取代素描，倒是经常需要以素描做补充。

对每张照片均应详细编录，在记录本或登记表中注明照片编号，拍摄地点、拍摄方位、摄影技术参数以及拍摄对象的性质等。如果拍摄对象的画面过长，可分段连续拍摄，此时摄影者的位置应固定，分段取景，每张照片交界处应重叠一部分，并有明显的地形地物标志便于拼接。要记下拍摄的顺序和底片编号，并画一张全景素描图。

近年来地面立体摄影测量方法在地质矿产调查中得到了应用，特别是特宽角短焦距地面立体摄影经纬仪的出现，更使地面立体地形地质测绘方法成为一种重要的手段，它有助于提高野外地质编录的速度和精度。地面立体摄影测量方法适用于矿区大比例尺地形地质测量，陡崖、深沟或高山的地质调查，地质剖面测绘和山地工程（探槽、坑道等）的快速测绘编录等。这种方法的原理同航空摄影地质方法是极其相似的，用摄影经纬仪录制的立体象片也可以利用航空象片解译方法进行地质解译。与一般地质摄影相比，要求对各种摄影技术参数等都要有准确的记录。

## （三）地质界线的确定及标绘

地质图是反映各种地质体在空间展布的规律及相互关系的最基本的原始资料，图上应表示的地质界线和其它地质要素必须在野外现场填绘。

**1.地质界线的确定**

准确地标定地质界线是保证图面结构合理性的前提条件。在露头发育较好地区，可以

直接根据划分填图单位的标志及地质体的接触关系来确定地质界线的位置。在基岩出露不好的地区，例如在森林、平原、草原戈壁以及其它植被、土壤比较发育的地区，除了应对重要地质界线和关键地段进行适当的人工揭露（槽、浅井或制图钻）外，更多地是需要借助于间接标志或其它方法来确定地质界线。

可供确定地质界线的自然标志有：残坡积物中岩块和岩屑的性质及分布状况，地貌特征，土壤颜色和结构，植物的生长情况等。

利用残坡积物判断地质界线，应以低处分布的某种岩屑的最高出现位置，作为其与不同岩性的界线所在地。由于实际情况是复杂的，利用本方法时必须慎重，因为当地埋藏的岩石类型不一定全部在残坡积物中出现，如有些薄的和易风化的岩层以及在原始地形中即处于低洼部位的岩层往往被覆盖掉；有些互层出现的岩层，岩屑混杂，不易区分其分布范围；对岩层的产状、接触性质和构造变动情况等更难于了解。所以只有在已经确立标准地层剖面、对主要界线性质和构造状况都基本弄清的情况下，利用残坡积物判断地质界线的方法才具有较大的可靠性。

在某些地区，地表被覆较厚的腐植质层，岩屑散落很少，只能在动物（黄鼠、獾、旱獭、穿山甲等）的洞穴口、倒伏树木的根部、电线杆和路基附近人工挖掘地点等处见到一些岩屑。在这种情况下，虽然必须非常慎重地对待，但它们仍然不失为一种判断地质界线的旁证。

利用地貌特征判断地质界线，特别在利用航空象片进行现场地质解译的时候，是比较重要的间接确定地质界线的手段。关于这方面的材料在航空地质方法一章中有详尽叙述，在此不再重复。这里只指出一点，即在掩盖区往往有某种坚硬的岩性（如脉岩）形成垄岗露头，突出地表，切勿轻率地据此划地质界线。

某些地质体的接触界线有时在某种地球物理场中有相当明显的反映，因此可以采用物探方法圈定掩伏的地质界线，但应在基岩离地表最近的地方用制图钻进行检查和验证。

地球化学方法有时对圈定地质界线也有帮助。例如可利用岩石微量元素的变化规律来划分火山岩系。

**2.地质界线的标绘**

在地质调查过程中，虽然要求对各种地质体不管其大小都一律进行研究，但在图上只填绘按比例尺折算直径大于2毫米以上的闭合地质体的界线和宽度大于1毫米、长度大于3毫米以上的线状地质体的界线。如果小于上述限度，但对了解该区地质特征或对矿产有控制意义的地质体（如岩脉）或断层，可按图的比例尺夸大至1×3毫米表示在图上，但应尽量反映其真正的平面形态和产状。

标绘地质界线的方法，一般情况下应在现场根据地质界线的出露情况，直接填绘在地形图上。除由观察点控制的一段地质界线外，在追索或视野能见范围内的地质界线，可选择地质构造转折部位、地质界线通过山脊及沟谷底的位置等处，按目测标定观察点的方法遥测一些辅助控制点，然后根据“V”字形法则将整段地质界线连绘出来。

所谓“V”字形法则是指地质界线的弯曲形状同地形等高线的关系而言。地质图上的地质界线是地质界面与地形表面交线的投影线。地质界线的轮廓受地质界面产状和地形起伏双重因素的控制，尤其在大比例尺地质制图时，地形因素对地质界线的形状和延伸有着更显著的影响。产状水平的地质界面在地形图上的投影线平行于等高线，其地质界线的轮

廓（即野外露头形状）完全取决于地形的起伏；直立界面的地质界线，在地质图上表现为不受任何地形影响的直线或曲线，其延伸方向与地质界面的走向一致；倾斜产状的地质界面的投影线和地形要素的关系，通常称为“V”字形法则：地质界线通过沟谷时，其凸出的“V”形尖端指向地质界面的倾斜方向；通过山脊时情况相反。但是在运用上述规则时，必须注意有一个特殊情况，即当地质界面与地形斜坡的倾斜方向一致，并且地形坡度大于地质界面倾角时，地质界线的“V”形弯曲方向与地形等高线一致，即地质界线通过沟谷时的“V”形尖端指向上游，与地质界面的倾斜方向相反，不过此时地质界线的曲率半径较等高线为小，而且从山里向外，地质界线所切割的等高线逐次降低。

利用航空象片将大大提高标绘地质界线的精度，可根据解译标志首先在象片上圈定地质界线，然后再根据地形地物标志将其转绘到地形图上。

在露头零星地区，地质界线的分布不连续，两条观察路线（穿越法）之间的地质界线连绘往往因缺乏直接标志而发生困难。如果地质界面的产状稳定时，可利用放线距原理进行勾绘。

当地质界面产状稳定时，界面的产状要素与地形等高线呈如下的关系：地质界线与同一等高线相交，两个相邻交点的联线即地质界面走向线的投影线；同一地质界线与相邻等高线相交，可以根据其与每条等高线的交点分别联成几条相互平行的走向投影线；从高程较高的走向投影线向较低者作垂线，其方向即为地质界面的倾向；如果所取的这些等高线的等高距相同，那么走向投影线间的距离也相等，该距离就叫做放线距（或放线比例尺）见图2-8（1）、（2）。

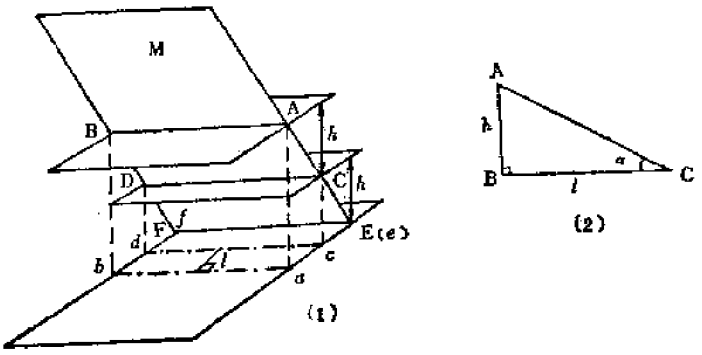



图 2-8 （1）M—界面的放线距立体图
（2）放线距 l—等高距，h—与岩层倾角；α—间的关系

由上图可知，当等高距限定时，放线距与地质界面的倾角大小成反比，倾角愈小放线距愈大，反之愈小。

根据上述原理来连绘地质界线的步骤如下：首先在地形图上精确标定已知界线露头点的位置，并精确测定其产状要素（如图2-9之A点），通过A点绘出一走向投影线，再平行此线按某等高距的放线距做许多不同高程的走向投影线，其高程沿地质界面的倾斜方向逐次降低。某标高的走向投影线与相同标高地形等高线的交点，即地质界线的出露点，将它们用圆滑曲线顺次连接起来，就是欲绘的地质界线。

在实际工作中，可以预先根据所用手图的比例尺，选取一定的等高距，计算出各种倾角的放线距，并画出放线比例尺的模式图（图2-10），附在野外记录本或地形图上，以备随时选用。必须指出，利用放线距原理勾绘地质界线，只有当地质界面的产状要素稳定时才是可靠的。因此利用一个已知点的产状要素绘图，其地质界线的推展最远不能超过相邻的观察线，并且在另一观察线上要对其进行检查和校正。在露头发育较好的地区进行大比例尺填图时，也可以利用放线距原理作为标绘地质界线的辅助手段，以便检查目测或半仪器法测绘的界线是否准确。

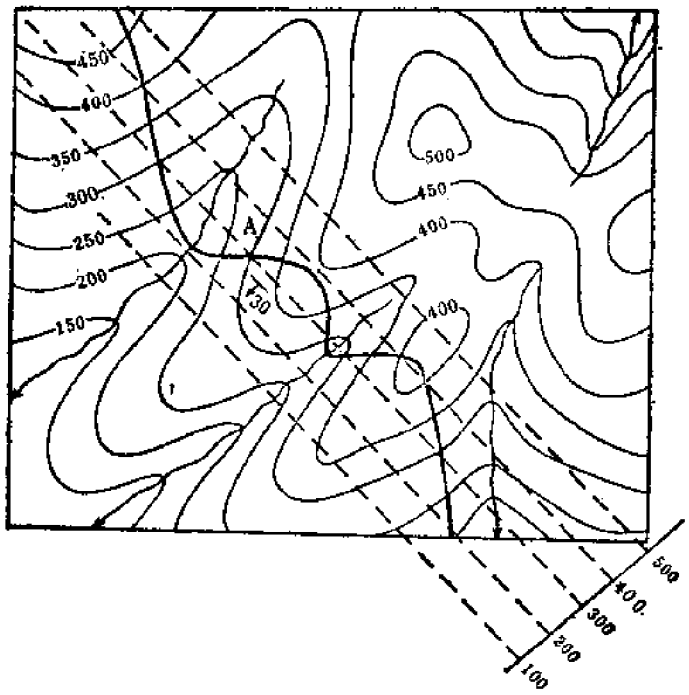



图 2-9　利用放线距绘制地质界线
（已知A点之产状）

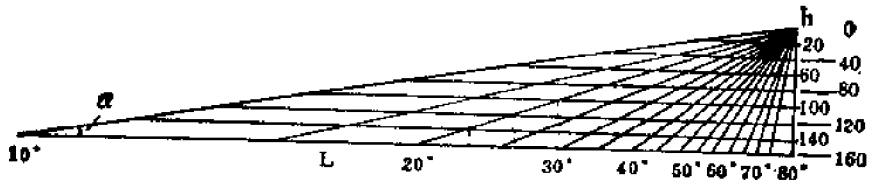



图 2-10　比例尺为 1：5 万的放线距模式图
α—倾角（10°—80°）
h—等高线距的高差（按比例尺折算）
L—放线距

# 三、产状要素的测定

## （一）测定产状要素时的一般注意事项

产状要素是一项比较重要的基础地质资料，是研究变形构造的主要依据。因此，在区域地质调查过程中，产状要素的测量（包括各种地质界面，如层理面、片理面、劈理面、断层面、接触面等面状构造和各种线状构造）应当随时随地地进行。测定产状要素的技术要求，主要是应注意所测数据的可靠性、代表性和系统性。

**1.判别产状要素的可靠性**

首先要判别测量的露头是否生根基岩，是否受过风化剥蚀作用的影响（滑坡、山崩、塌陷等）使其空间位置发生了变动。特别要注意区别非构造因素（重力作用、化学风化作

用、冰川作用等地质外营力）引起的局部产状变化。例如，山坡上的坡积物受重力及水流的影响长期向山下缓缓蠕动，因而牵动基岩形成膝状弯曲（图2-11），影响深度可达2—3米，有时甚至使整个山坡上的露头产状与正常产状完全相反。如果错误地把岩层的这种次生产状当成真产状来测定，必然会颠倒地层层序或歪曲地质构造的真象。非构造变动现象在柔软岩层，如泥灰岩、页岩、千枚岩、片岩等发育区尤为常见，形成的假产状有多种情况，在此不一一列举。

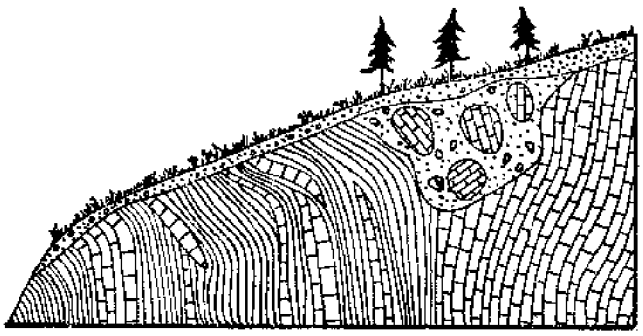


图 2-11 四川江油马角坝车站北面山坡由于坡积物蠕动形成的基岩膝状弯曲及小断层

（据成都地质学院）

对层状岩石来说，正确地判定层理面，是保证产状要素测量可靠性的先决条件。在某些特殊情况下，寻找和确定层理是比较困难的，必须在野外认真仔细地追索和观察研究。例如，在构造变动比较强烈的地区，特别是在变质岩层中，必须严格区别层理、劈理或片理；在陆相或三角洲相的沉积地层中，必须注意防止把一个露头上的大型斜层理误认为层面；在厚层块状碳酸岩发育区往往会把节理风化面误认为层面（在这种情况下，除了要仔细地寻找沉积的成层标志，例如泥灰质、硅质、炭质夹层，呈定向排列的燧石结核或条带，生物碎屑灰岩的微细层理构造以及原地埋藏的生态化石等外，远观往往比近瞧更易于发现层面与节理面的区别）；在喷出岩层中必须考虑综合标志，不能单纯地根据流动构造或层状节理来确定产状，等等，诸如此类，不胜枚举。此外，在已确定层面的情况下，还应当判别层序是否正常，如系倒转层位，记录时必须特别注明。

**2.判别产状要素的代表性**

在一般情况下，只有判定所选的一个面符合于总的层理时，才能用把罗盘仪贴在层面上的方法来测定产状要素。当岩层的产状在较大范围内比较稳定，并且层面比较平整时，在层面上的任意点测定就可有一定的代表性；但是客观情况是复杂的，由于受各种因素（原生的或次生的、构造的或非构造的）的影响，露头上所见的一段层理面其产状可能已发生局部变化，据此测定的数据可能与岩层在该地的总体展布状态不一致。例如，岩层面往往凹凸不平或具有波状起伏，此时必须首先正确地估量岩层的总体产状，选择一段能代表它的平整层面（或借助野外记录本的硬壳封面或图夹板，贴在层面上造成一个人工几何平面）进行测定，切忌随意性；同时应在较大范围内多测几个点，以便分析对比。

当岩层具有次级构造时，必须避免把局部构造的产状当成主要产状。例如在某一具有次级小褶曲的向南倾斜的单斜岩层中，如果粗心大意，将测定点放在次级小褶曲的北翼上，结果得到与该岩层在该地总体产状恰恰相反的结论。如果岩层被多级褶皱强烈复杂化了，例如象某些变质岩发育区那样，就很难选取一段能测出代表性产状要素的层面来；特别是在层理揉皱成复杂褶皱的露头上，因为各部位的产状都不一样，所以在任一层面上测量的数据几乎说明不了什么问题。在上述情况下，如果大小各级褶曲是在同一构造应力场作用下、同期形成的产物，那么，次级褶曲的包络面（图2-12）往往反映其高一级褶曲的形态。因此可以把次级褶曲的包络面看成是简化了的高一级褶曲的地层界面，它的产状要

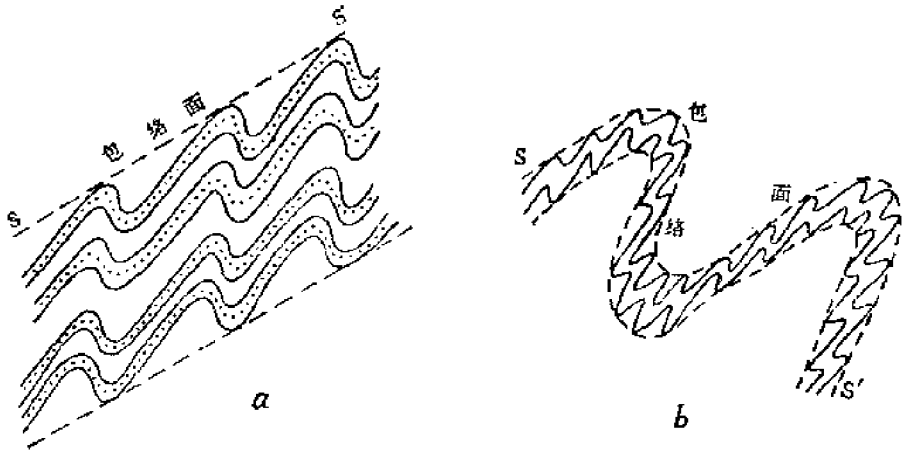



图 2-12

a—包络面的概念（从横剖面上看，包络面相当于次级褶曲顶点的连线s—s'）

b—大型褶曲作为小型褶曲的包络面

素可以代表该露头上揉成复杂褶皱的面状构造的总体平均产状。

**3.注意产状要素测量的系统性**

为了掌握地质体或结构要素在空间的展布状态及变化规律，在路线地质观察过程中必须随时注意其产状要素的变化情况，系统地进行测定。在地质构造的关键部位，都应当有产状要素测量数据的控制，例如：褶曲的两翼、转折端、倾伏端、轴线；角度不整合面及其上下岩层的产状；断层面及其两盘岩层的产状；侵入岩体的接触面、原生流动构造、析离体等；以及它们沿走向或倾向产状变化的转折部位等。

**4.产状要素数据的编录要求**

产状要素数据的表示方式，一般情况下，建议用自0°到360°的倾向方位角（即倾向）和倾角来表示。如NW280°＜50°，表示该地质界面的倾向在北西象限，倾向方位角为280°，倾角为50°。由于走向与倾向成垂直关系，如需用走向数据，可以很快地通过加减90°换算出来。如用走向表示法，则为N10°E∠50°NW，前半部为走向数据，后半部为倾角及倾向。

在野外地质记录中，关于产状数据的记录必须详细标明测定点的地理位置（观察点号或路线上距×观察点的方位距离）、地层层位、所在构造部位；对其可靠性或代表性有疑问时，必须写明情况（如“可能是滑坡”、“可能是劈理”、“根据视倾斜目估测定”等）；除层理面的产状要素外，其它施测对象必须在野外记录中明确地加以标注（如片理面、节理面、褶曲轴面、断层面、脉岩接触面等等）；对某种地质界面或结构要素产状的空间变化情况，必须详细地加以描述，使人对其变化情况能获得清晰的印象。

野外测定的大量产状要素数据，根据相应调查比例尺的要求，不可能全部标绘在地质图上，因此应当认真地进行趋势分析，选择那些确实能控制地质构造特征的代表性数据标绘在图上。

## （二）产状要素的测定方法

用地质罗盘测定面状构造的产状要素，是任何一个地质工作者稍受训练就可掌握的简

单技术，在此不必赘述。下面仅就一些特殊情况下的测定方法作一概略介绍：

**1.岩层产状平缓地区的测定**

由于大部分地段岩层倾斜甚小或近于水平，以致用眼睛几乎不能判别其倾向，在通常的区域地质调查中，为了表达其产状平缓的情况，可以采用在岩层面上滴水的办法，以水流方向代表其倾向；或者直接利用罗盘，将测斜仪之指标对准0°，使罗盘长边紧贴层面转动，当测斜仪的水准气泡居中时，罗盘长边指向即为岩层的走向。但是在某些专门的地质调查，例如石油构造测量工作中，要求较精确地测定其产状要素，此时则需要用测定层面标高的方法（见后文“三点法”），通过计算求出。这些标高是在较大范围内对同一层面的不同点通过仪器水准测量或气压计高程测量获得的（见前节）。

**2.“三点法”确定岩层产状要素**

本方法适用的范围较广，如：根据层面上不同点的标高确定平缓岩层的产状；根据三个钻孔中同一岩层面的标高确定地下岩层的产状；在层理面不明显时，根据同一层位的三个不在一条直线上的相邻观察点的标高确定地层产状；根据断层的三个出露点的标高确定断层面的产状；以及测定岩体接触带的产状等，都可以用三点（图解）法求出。具体做法如下：在平面图上首先按比例尺根据三点的方位、距离画出三角形ABC，并分别标明三点的高程（如图2-13）。由图可知，B为最高点、A为最低点，因此BA线中必有一点C′，相当于C点之高程，连CC′，其方位即为该面状构造的走向；由最高点B向CC′作垂线BD，其指向即为倾向；由B点作垂直BD的线段BE，使其长度按比例尺折算相当于B、C两点的高差，连ED，则∠BDE即为该面之倾角。

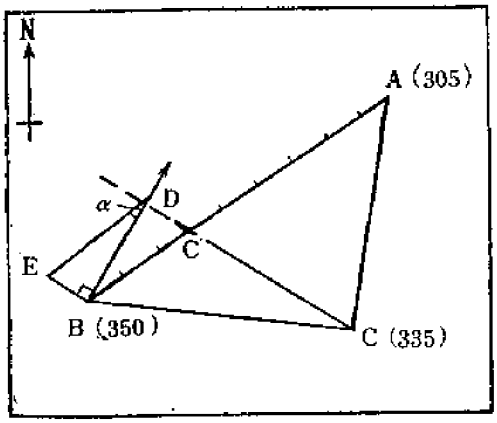



图 2-13　三点法平面图解求产状要素

**3.测定强磁性体的产状要素**

用普通罗盘测定强磁性地质体，例如含磁铁石英岩的产状要素时，由于局部强磁场的干扰，罗盘磁针往往会发生被吸引住的现象，以致不能读取确实的产状数据。在此情况下，除了可根据露头的位置和标高，利用三点法计算外，也可借助于一些简易工具的辅助，进行概略测定，例如利用日圭式罗盘。

日圭式简易罗盘：利用日影方位的定时性原理设计。结构简单（如图2-14），可以自行制做。

底盘和方位度盘可用薄铝板、有机玻璃板或硬纸板等材料。底盘为长方形（8×10厘米），角上附装一圆形水准气泡，平行长轴方向刻中心线及定位指标；方位度盘直径6厘米，中心以钢针插座与底盘铆合，但度盘可自由转动，在度盘上按顺时针方向刻0°—360°方位角；钢针直径1毫米、长5厘米，插入度盘中心的插座内后，与底盘呈垂直关系。底盘背面可附加悬锤装置和倾角刻度，并粘贴日影方位变化与时间关系对照表。

用日圭式罗盘测量岩层倾向的方法：以底盘短边紧贴层面，注意应使刻有定向指标的一端朝向欲测方位，摆动底盘使其呈水平状态；拨动方位度盘使钢针日影对准测量时刻应

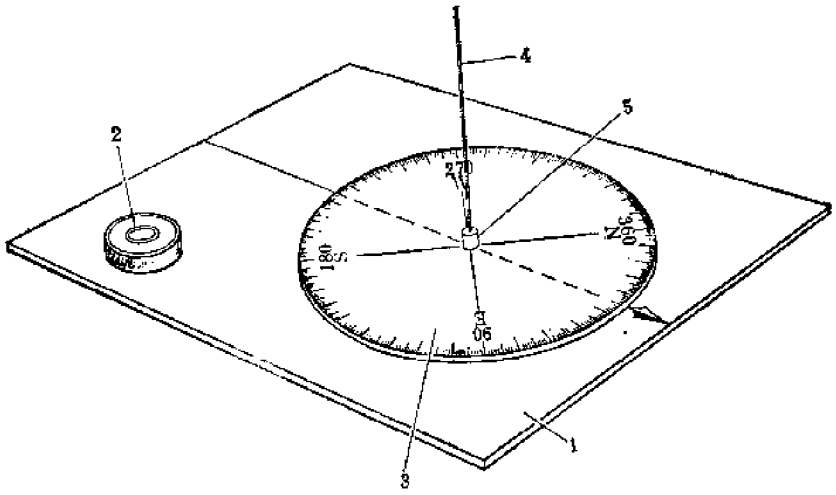



图 2-14　日圭式罗盘结构示意图

1—底盘；2—圆形水准气泡；3—方位度盘；4—测日影钢针；5—钢针铜座

在的方位角；读取指标所示方位角数据即为所测岩层面的倾向。

利用本方法的关键，在于获得工作区内日影方位变化与时间关系的数据资料，借以计算某时刻日影应在的方位角。取得上述数据资料的方法同一般测量学中用日圭定正北方向的原理大同小异：取大小约50×50厘米的图画纸，画好一系列半径递增1厘米的同心圆。在晴天的早上，将此纸钉在很平的绘图板或小平板仪上，水平固定置放于露天空旷的场地上。在圆心铅垂竖一长5—10厘米的钢针。从日出到日落，定时地（例如每隔半小时）将钢针的日影端点标于纸上，并准确记录各端点的顺序编号、时刻，以及该时的日影方位。将各点用圆滑曲线连接起来就形成一条规则的日影位移轨迹，它与每一同心圆相交都有两个对称的交点，由两对称交点向圆心作连线，其夹角等分线当与日中投影线平行，所示即工作区当地的地理子午线（正北）方位（图2-15）。根据上述资料即可用量角器按内插法编出日影方位与时间关系表（可按半小时间隔），贴于日圭式罗盘底板背面或记在野外记录薄中备用。测量产状要素时即可随时利用本表以内插法求出当时的日影应在方位角。该表测算的精度是影响野外产状要素测量精度的决定性因素。还应注意，因地球公转的影响，上述日影轨迹图及编制的关系表应随季节变化在当地随时重测，最好每半月或每月测算一次为宜。

必须指出，某区日影方位的日变化数据，实际上每天都是有微量变化的，因为它们不但受测量地点经纬度的控制，而且更重要的是受测量日期地球所在黄道位置的控制。因此，在某日、某地所测的一组数据，只能在有限的期间内（当然时限越短越好）看成是符合野外工作精度要求的。这就要求我们至少每隔半个月，至多一个月就要重新测定一次。为了掌握较精确的数据，可到有关测绘部门查阅为解释卫星象片所编制的日影方位表册，从中可以摘录有关调查区所在地理位置（经纬度）、工作期限内各年、月、日、时的日影方位数据。根据区域调查测量产状的精度要求，我们只要在每月上旬、下旬各收集一天的数据（如10日，20日）分别用其代表上半月、下半月的日影方位就足够了。

**4.线状构造产状要素的测定**

线状构造（线理）包括岩石中定向排列的矿物、包体或砾石，原生和次生流线，滑动

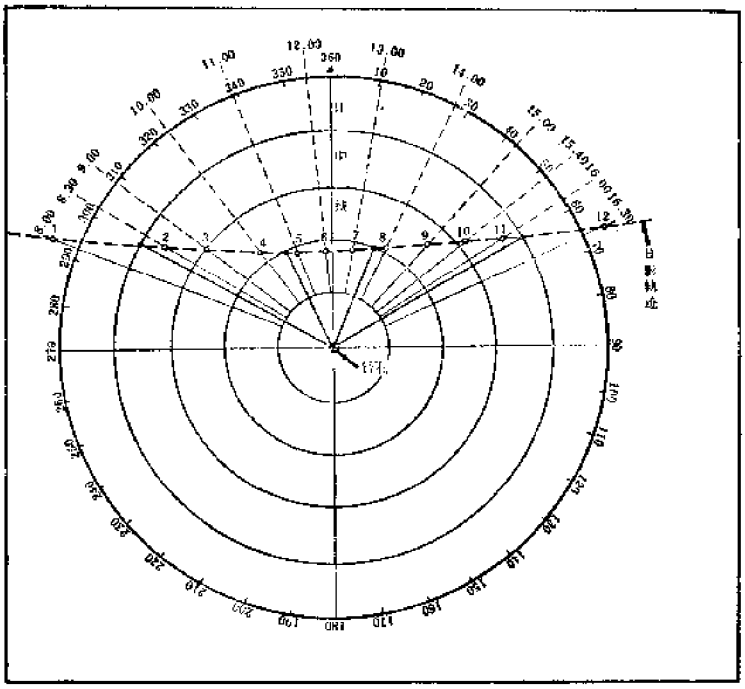


图 2-15　某地日影轨迹及求正北方位及不同时刻的日影方位示意图

面上的擦痕，岩层面上的褶纹，褶曲轴线，窗疆构造，石英杆棒构造，各种界面的交线，以及其它微观的或宏观的线状构造。

线理的产状只有两个要素：即指向和倾伏角。指向既是线理的走向，又是倾向。

线理产状要素的测量与面状构造的测量方法不同。因为线理指向是线状构造的水平投影方位，测定时不能把罗盘底边贴在线状构造上，即不能使线状构造与位于水平状态的罗盘边缘直接接触，故必须采用专门的方法。各种构造地质学著作中曾介绍了多种测定方法及专用测量仪器，在此不一一列举。下面只介绍几个简易方法：

（1）直接目测法　不需要测定包含线理的面状构造的参数，通过目测估出线理的水平投影位置；根据眼睛视线、罗盘长边和线理三者构成一个假想的铅垂面，然后从罗盘上读取这个假想铅垂面的走向值（注意罗盘的0°端应指向线理的倾斜方向摆放，读取N针的数据），即线理的指向。因为假想的投影平面是否铅垂，肉眼估计总会有一定的误差，尤其线理倾斜较陡时误差更大。为了弥补这个缺点，在野外测量时，可以借助一平整的薄板（如记录本、图夹或特制的铝板）代替那个假想的铅垂面。使平板的一边平行线理贴放，以此边为轴转动平板，使其呈铅垂状态(可用罗盘的测斜仪测定)，测平板的走向即得线理指向。

测定线理倾伏角的方法比较简单，将罗盘底面置于铅垂状态，并使其长边平行线理，读取测斜仪数据即得。

（2）间接测定法　是借助于包含线理的面状构造的参数来测定。其原理是根据包含线理的面状构造和包含线理的假想铅垂面两者的一些几何关系进行换算。

假设面状构造的倾向方位为$\overrightarrow{AB}$，倾角$\alpha$；线理的指向为$\overrightarrow{AC}$，倾伏角为$\beta$；面状构造的倾向与线理指向间的夹角为$r$。那么它们的关系公式为：

$$\vec{AC} = \vec{AB} \pm r \qquad (1)$$

$$\cos r = \operatorname{ctg}\alpha \cdot \operatorname{tg}\beta \qquad (2)$$

（1）式中的“±”决定于$\vec{AB}$与$\vec{AC}$的关系，$\vec{AC}$位于$\vec{AB}$的顺时针方向为“+”，反之为“-”。由关系式可知，只要在野外测定了包含线理的面状构造的产状要素，并测得线理的一个参数（多数情况下可直接测得$\beta$值），即可算出另一参数。上述互换关系还可用图解法表示。例如某断层面倾向为$\vec{AB}$，倾角为$\alpha$；已知断面上的滑痕倾伏角为$\beta$，其指向位于$\vec{AB}$之顺时针侧，求$\vec{AC}$之方位值。图解法如图2-16，在平面图上按方位画出$\vec{AB}$，

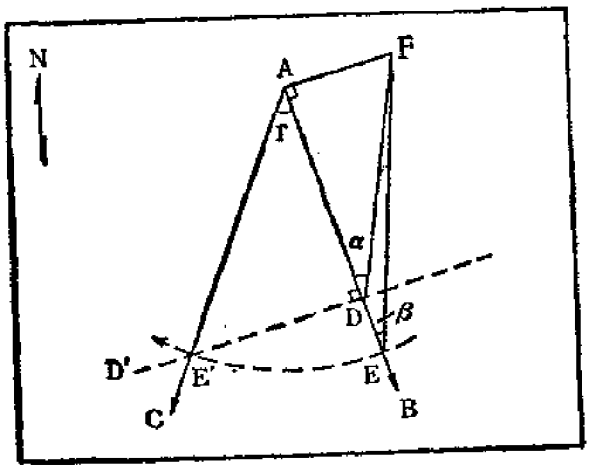



图 2-16 求线理产状的图解法

截取任意线段$AD$并画通过$D$点之垂直线$DD'$，由$D$画$DF$使$\triangle FDA$构成$\angle ADF = \alpha$的直角三角形，再于$F$点画$FE$，使$\angle FEA = \beta$；以$A$为圆心，$AE$为半径，顺时针画圆弧截$DD'$于$E'$，连$AE'$，其方位即$\vec{AC}$。反之，亦可根据已知$\vec{AC}$求$\beta$角。

实际上，线理倾伏角值相当于包含该线理的面状构造在线理指向方位上的视倾斜，因此上述$\beta$及r值，只要知其一，另一值就可以根据真假倾角换算表或列线图查得。

此外，还可以利用线理的侧伏角（$\zeta$）来测算线理的产状要素。所谓侧伏角（$\zeta$）系指包含线理的面状构造的走向线与该面上线理之间（如断层走向线与擦痕之间）的夹角。该角可用量角器直接量得。根据面状构造的产状要素及$\zeta$值，可用下列关系式求得r及$\beta$：

$$\sin\beta = \sin\alpha \cdot \sin\zeta \qquad (3)$$

$$\operatorname{ctg} r = \cos\alpha \cdot \operatorname{tg}\zeta \qquad (4)$$

**5.原生构造标志原始产状要素的测定**

在区域地质调查过程中，为了研究古地理环境和沉积物的分布规律，指导找矿工作，有时需测量沉积岩中各种具有定向意义的原生构造标志，如波痕、斜层理、定向砾石、象形印模等等的原始产状，即未经构造变动前的产状要素。把受变动的岩层中原生构造标志的产状换算成未受变动前原始产状的方法，常用吴氏网图解法。

由于原始方位的分析是建立在对大量野外实测数据进行统计分析的基础上的，而将野外测定的受变动产状换算成原始产状，在室内用吴氏网法进行，工作量是十分庞大的。因此，如借助于专门的仪器或工具，在露头上直接测得原始产状数据，将大大提高工作效率。目前散见于各种专业书刊中介绍的有古谢夫罗盘仪、布拉契克仪、倾斜补偿器和丁字

尺等，而较简单者为“原始方位校正器”❶。

（1）原始方位校正器的构造

原始方位校正器是由一个圆形度盘和一根装有水准器的标尺组成（图2-17）。

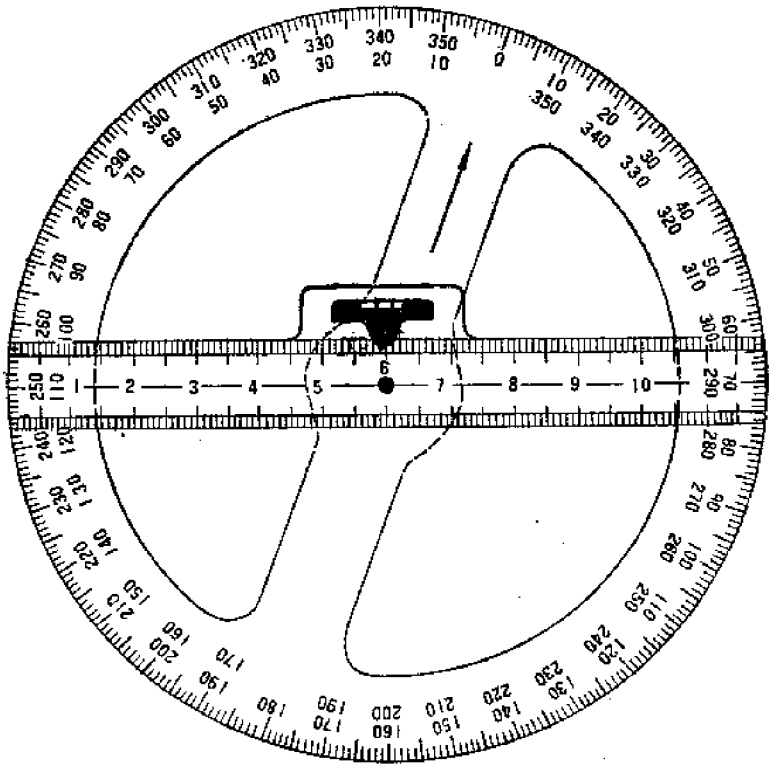


图 2-17　原始方位校正器示意图

度盘：为一直径约10—12厘米的圆盘，周边刻有0°—360°的刻度线，并标有内、外两圈角度读数，从0°起外圈读数依顺时针方向增加，内圈相反。在度盘的北端标一箭头，以示0°位置。

标尺：为一根长度与度盘直径相等的划有中线的厘米尺（用无色透明有机玻璃制造），中间装有一个小型水准器。

度盘与标尺在中心点用铆钉铆合，但标尺能灵活地在度盘上转动。

（2）原生构造标志原始方位角的（校正）测量

使用原始方位校正器测量原生构造标志原始方位角的原理，是假定岩层从其原始水平状态（不改虑其原始倾斜）变为倾斜状态时，它始终是以其走向线为旋转轴进行旋转的结果，而对其沿水平方向的旋转量忽略不计。若在岩层沿水平方向的旋转分量比较明显的特殊情况下，则只能采用室内吴氏网的校正方法。

使用原始方位校正器测量原生构造标志的原始方位角，必须在层面上进行，这对于产于岩层顶、底面上的原生构造标志来说，是非常方便的。但对于那些产于岩层内的原生构造标志（如定向砾石、斜层理），则必须先将这些标志面的原始倾向投影于层面上，然后

❶ 胡火炎，“沉积岩层中原生构造原始方位校正器及其使用方法”，《地质与勘探》1976，第4期，p.62.

按测量层面上原生构造标志原始方位角的方法进行测量。

在层面上测量原生构造标志原始方位角的方法和步骤是：①正确判定原生构造标志产出的层面是岩层的顶面还是底面。②用地质罗盘测量出岩层的走向，并记住其某方的方位角。③转动校正器上的标尺，使其中线对准度盘上相当于岩层走向的刻度（在岩层顶面上测量时用外圈刻度；在岩层底面上测量时用内圈刻度。这一原则与岩层产状的正常或倒转无关）。④将校正器贴放于层面上，使标尺及其所指方位角与岩层的走向线平行一致。然后用一手将度盘固定在层面上，不再移动。⑤另一手转动标尺，使与待测标志的方向平行，此时读得标尺在度盘上所指示的方位角（同样按上述原则，取度盘的外圈或内圈读数），这就是经过校正了的所测标志的原始方位角（如图2-18）

（3）原生构造标志原始倾角的测量

在具有定向意义的原生构造标志中，凡是标志面（如波痕的陡坡和缓坡面、斜层理的层系面、砾石的扁平面等）与层面不平行的、均具有原始倾角的测定问题。所谓原生构造标志的原始倾角，就是指其标志面与层面之间的夹角，这是一个与岩层产状无关的角度。其测量方法有：

①在层面上测量：选定待测的标志面后，一手用一个辅助面（常用野外记录本）顺该标志面延伸出层面；另一手持校正器，使之垂直于标志面（辅助面）与层面的交线情况下和这两个面相接触，并使度盘的0°位置对准其中的一个接触点，这时便可立即读出另一接触点的锐角度数，即所测标志面的原始倾角。为了验证层面接触点是否可靠，可将标尺一端转至该点接触，如标尺垂直层面，说明该接触点是准确的，否则，应调整接触点（如图2-19）。

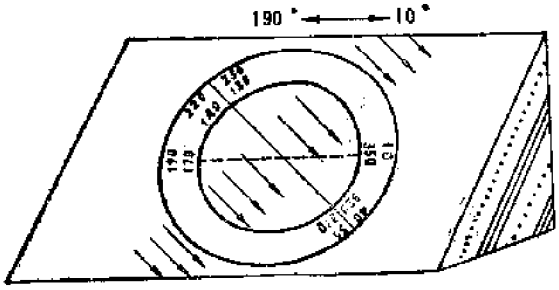



图 2-18 在岩层顶面上测量原生构造原始方位角的方法
（箭头代表原生构造标志所指示的方位）

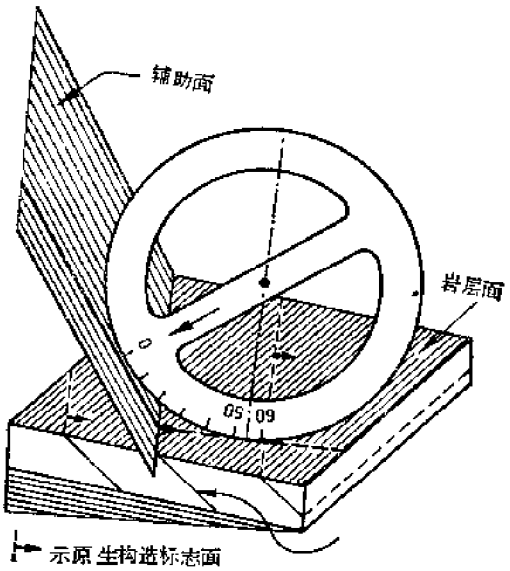



图 2-19 在岩层面上测原生构造标志原始倾角的方法

②在剖面上测量：当露头剖面方向与标志面原生倾斜一致时，可把校正器作为一个全圆量角器使用，直接测量；但当两者方向不一致时，则需根据真、视倾角的关系换算出原始真倾角。

## （三）罗盘仪的磁偏角校正

由于地质罗盘是用磁针定位的，因此，为了在地形图上正确标定地质要素的地理方位，野外工作中必须对罗盘进行磁偏角校正，使其读数能直接代表地理方位。

一般情况下，可以直接利用地形图上标明的该区磁偏角数值，不需自行测定。真方位 $\alpha$ = 磁方位 $\alpha_1 \pm \delta$（公式中东偏取“+”，西偏取“−”）。

校正罗盘的方法是拨动其刻度盘。例如某地区的磁偏角为 $\delta = 2°30'$，如为西偏角，则拨动刻度盘，使 $360° - 2°30' = 357°30'$ 的刻度对准指标；如为东偏角，则使 $0° + 2°30' = 2°30'$ 的刻度对准指标。

野外填图时，为了在图上投绘产状要素符号的方便，常用公里格网（高斯-克吕格坐标）的纵线做为平面方位角的起算线，为此需再对产状数据进行子午线收敛角的校正。子午线收敛角（在正式出版的地形图上都有注明）以 $\gamma$ 表示，当坐标线偏向子午线以东，称为东收敛角，反之为西收敛角。它们的关系如图2-20：

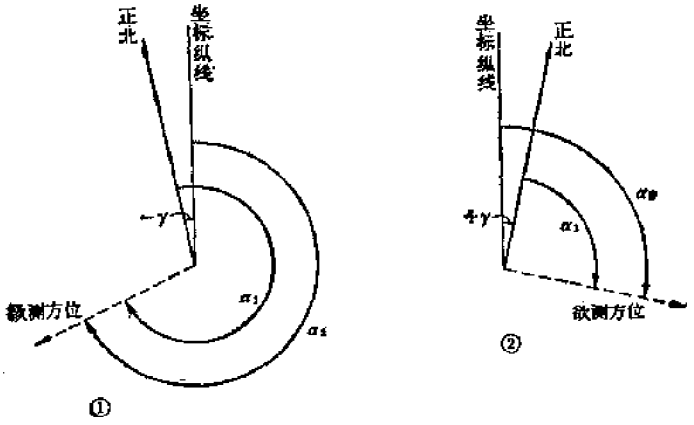



图 2-20　子午线收敛角与公里格网坐标的关系

$\alpha_1$—以真子午线起算的球面方位角（即真方位角）

$\alpha_2$—以坐标线起算的平面方位角

计算公式：① $\alpha_2 = \alpha_1 - \gamma$（东收敛角）

② $\alpha_2 = \alpha_1 + \gamma$（西收敛角）

# 四、标本和样品的采集

在区域地质调查过程中需采集的标本和样品类型繁多，必须明确各种样品的目的性，针对该项样品或标本的用途和要求，采取有效的采样、加工处理和实验工作等技术措施。采样时应注意代表性和真实性，选择对完成该项样品或标本的预定任务有利的合适地点采集，不可随手拈来、甚至检取来源不明的岩块。除对不同类型的标本样品有专门的规定要求外，一般来说，供鉴定原始成分的样品，采样岩石应十分新鲜，没有次生破坏或混入物。采样工作量应列入设计项目，要充分利用前人的分析鉴定成果，避免重复浪费。必须重视标本样品及其分析鉴定成果的编录工作。

## （一）岩矿鉴定标本、薄片、光片

**1.采集各种岩矿鉴定标本的目的**

在于使野外的宏观观察同室内的微观研究相结合，全面地反映调查区域岩石的主要特征及变化规律。因此，一定要系统地、有代表性地采集，不要片面地只采特殊的或不认识的标本。

**2.对不同类型岩矿标本的采集要求**

（1）沉积岩　对调查区内各时代地层剖面的每一种代表性岩石均应按层序系统采集，同时也要采集反映沿走向变化情况的标本；有沉积矿产的地段和沉积韵律发育地段，应加密采集。

（2）岩浆岩　每个岩体中按相带系统采取各种有代表性的及过渡类型的标本；对析离体、捕虏体、同化蚀变现象也要注重采集；内外蚀变带应由弱到强系统采集；岩体中各种脉岩及与岩体接触的各种围岩均应采取代表性标本。对各种类型的火山岩，按韵律及岩性、垂直走向和沿走向有变化的地方系统采集。注意采集有关接触带的烘烤现象、冷凝边、彼此穿插关系等标本。

（3）变质岩　按剖面根据变质程度系统地采取，并注意标本中应含有划分变质带的标准矿物；应分别对不同夹层、残留体（由边缘至中心）、混合岩（分基质和脉体）系统采集鉴定标本。

（4）矿石　要根据矿石的自然类型、工业类型；矿物组分、结构和构造；围岩蚀变、接触变质、矿石和围岩的关系等；以及各种有益矿物的相互关系、有益矿物和脉石间的关系等特征进行采集。对于矿石类型复杂、矿物组合变化大的矿体，还应选择有代表性的剖面系统采取，以便研究矿物的变化规律。对矿石标本应同时采集供做矿相学研究的光片标本。

（5）应注意采集反映构造特征的标本，小型标本不足以反映岩矿的特殊构造时，可根据需要采取大型标本；如采定向标本，应注明产状方位。

**3.标本的规格**

陈列标本一般不应小于 9 × 6 × 3 厘米$^3$；供鉴定用的标本以能反映实际情况和满足切制光、薄片以及手标本观察的需要为原则，一般不小于 6 × 4 × 3 厘米$^3$；对于矿物晶体、化石、构造等标本规格不限。采集岩矿观察标本时要尽可能采集新鲜岩石，但最好能适当保留一点风化面，以便能全面地再现岩石的野外直观特征。

**4.标本的编录和整理**

标本采集后，应立即填写标签和进行登记，并在标本上编号（涂漆等方法），以防混乱。在记录本中应记明采样位置和编号。系统采送的岩矿鉴定样品，应附剖面图或柱状图。送出的样品应留付分，以便核对鉴定成果，帮助提高对标本的肉眼鉴定能力。

标本与标签应当一起包装，注意不使标签损坏或散失。对于特殊岩矿标本或易磨损的标本，应用棉花或软纸包裹；对易脱水、易氧化或易潮解的某些特殊标本应密封包装（或封蜡）。标本箱内应附入标本清单，另外要在标本登记簿上注明标本放置的箱号。

**5.关于切片问题**

为了保证岩石薄片和金属矿石光片具有代表性（对标本的代表性）和使显微镜下工作

能针对关键的矿物（及其组合）和现象进行鉴定与研究，并使在片子中所鉴定的矿物或现象能同标本核对，任何薄片光片在磨制之前，都应由送磨人在标本上用笔划出切片部位及其范围，再由磨片人在指定部位切下岩石（矿石）小片进行磨制。这是磨片的基本要求和操作规程。

## （二）硅酸盐分析（岩石全分析）样品

**1.岩石全分析的目的**

是为了能深入地了解地质体的物质组成及其经历的物理化学变化过程。因此要求样品必须有一定的代表性，并且必须首先经过室内岩矿鉴定，对野外所采标本进行选择后再送样。做岩石全分析的样品，应用同一标本切片和进行矿物定量分析或部分矿物的定量分析（后者限于火山岩和粒度很细的沉积岩），以便对同一标本的化学成分和特征同矿物成分和特征的内在联系作对比研究。必要时还应配合进行岩石光谱分析。

**2.采样要求**

采样地点应当尽量避开接触带（岩体间、岩相间、岩带间等等），以保证样品的典型性。采样岩石应当十分新鲜，没有地表破坏或风化形成的薄壳或别的痕迹；不应含有脉状物质、围岩的捕虏体；除非混染岩化作用是研究的对象，否则样品中不应带有混染岩化的痕迹。样品编号不能采用在标本上涂漆的方法。采样方法通常用拣块法。样品重量不少于2公斤。

**3.分析项目**

主要项目为$SiO_2$、$TiO_2$、$Al_2O_3$、$Fe_2O_3$、FeO、MnO、MgO、CaO、$K_2O$、$Na_2O$、$H_2O$等。对稀有元素成矿有利的酸性—中酸性岩浆岩，还应增加F、P等挥发份项目，以利于分析成矿规律。

## （三）古生物化石标本

1.一般古生物化石标本，应在测制地层剖面时逐层采集。在路线地质调查过程中，在可能保存有化石的层位中也应耐心仔细地注意寻找化石。采集时对所有门类的化石都要重视。不能只采保存完好的而丢弃破碎的或畸形的。要注意研究它们的赋存（埋藏）状态、形态大小和相对数量。应分层采集、分层编录，并绘制产地的地层剖面图。

不要在野外随意用地质锤或刀子剔剥、修饰生物的个体以防损坏重要化石。

2.在野外遇有完整的大型古脊椎动物化石，应先拍照、素描、描述和逐块编号（对易碎化石应先采取加固措施）后，再行采取。采取时应适当保留围岩，不要在野外现场剔剥。如自己发掘无把握，则应保护现场，报告专业部门处理。

3.对某些所谓的“哑地层”或特殊地层，可采微体古生物分析样，如牙形刺、介形虫、孢子、花粉等。

4.在采集第四系中的化石时，如发现文物或文化遗迹，应就地掩埋覆盖，报请当地政府部门暂行保护，并专报文物管理部门处置。不要自行发掘，以免破坏。

## （四）孢粉鉴定样品

1.采集孢粉鉴定样品要选择有利地层，如碎屑岩中的粉砂岩、页岩、砂质页岩等，化

学沉积中的各种碳酸盐岩和硅质岩等。尤以各种黑色至暗灰色以及含有有机质（如炭质和沥青质）的岩石，分析效果最好；红色岩系中要着重采集其中的暗灰色、灰绿色等含有机质的夹层；砾岩只能采其胶结物；千岩枚、板岩及其它变质程度较浅的岩层也可做孢粉分析材料。

2.采样时应按剖面顺序逐层采取，采样间距要根据地层划分和对比的需要以及岩层含孢粉的情况而定。一般原则是：有利赋存孢粉的岩性中取样密、反之则稀；地层厚度愈小、变化愈大，样品就取得愈密，反之则稀；在地层界线的上下应加密取样；在不利地层中的夹层，不受取样间距的限制。目前通常采用的间距是：在厚约10米的单一岩层中，在其上、下界线处可取一个样品，在中部以大致相等的间距酌情取1—2个样品；如岩性单一的岩层厚达100米左右，可在上、下界线处以3—5米的间距连续取2—3个样品，然后以10米左右的间距，在其余部位连续取样；如厚度在1000米以上，岩性基本相同（如基本上为碳酸盐类岩石）的岩层中，可在与其相邻层位接近的位置以5—10米的间距连续取3—4个样，在其余部位则以30米间距连续取样。

3.取样重量可根据岩性稍有不同。如页岩，一般取300—400克；砂岩、硅质岩和碳酸盐类岩石则以500—600克为宜；含有机质较高的岩石可适当减少。每一样品的重量以能保证两次分析用量为准。

4.露头采样应剥除岩石风化壳，在新鲜岩石中刻槽或采块状样。应避免在强烈风化、裂隙和节理发育的岩石中取样。孢粉分析样应保持纯洁，采样过程中应采取措施，严防上下层位样品混染。每个样品均应单独用清洁坚实的包装纸包好，详细填写标签，内容包括：样品编号、岩样名称、野外初定时代、产地、层位等，并编制标明取样点及编号的剖面图或柱状图。

## （五）叠层石的工作方法及标本采集

1.叠层石是晚前寒武纪地层划分对比的依据之一。由于形体大而复杂，并且不易同围岩分开，因此不能用一般的古生物研究方法，必须采用野外观察、摄影和素描、采集标本和室内研究相结合的方法。

2.野外观察描述，首先要了解叠层石在地层中的产出情况，其礁体的形态、大小及与围岩的关系等，进一步要观察描述叠层体的分叉特征、纵横断面形象、基本层型式及生长方式、体壁、体饰和轴迹等标志。据据上述鉴定标志，初步划分类型。

3.在露头上用带有长焦距镜头的照相机摄取实物照片，是研究叠层石的重要手段。要选择清晰、正切的自然风化面上显露的叠层石在纵、横断面上的不同形象、叠层体的分叉特征及礁体的产出状况等摄影。照片应当系统编录，并附有素描图。

4.关于标本采集，当叠层体较小时，可尽量采取完整而有代表性的标本，最好其上带有显示分叉或轴部现象的自然风化面；当叠层体较大时，可分别采集其轴部和侧部的代表性标本，并用素描图标明采样部位及其与整体的关系；当叠层体比较复杂，并且可能为新的类型时，应尽量采取数个叠层体在一起的大型标本，以备室内切板复原、了解其在空间的立体形象并确定其主要鉴定标志之用。

5.叠层石标本的室内加工处理，主要是切制光面或薄片；对复杂叠层体，可视叠层体的大小，切成许多厚薄不一的薄板，涂上甘油或液体石蜡，即可显示出断面形象，据此可

绘制该叠层体的立体复原图。

## （六）同位素地质年龄测定样品

**1.采集同位素地质年龄测定样，必须明确目的，据此选择测定方法和采样对象。目前常用的方法有**

（1）钾-氩（K-Ar）法和钾-钙（K-Ca）法

本法优点是需用的含钾矿物分布广、易选，测定方法快速而经济；最大缺点是易受各种后期迭加作用的影响，使矿物中的$Ar^{40}$逸失，因而它反映的是最终冷却年龄，年龄值偏低。钾-氩法对测定中新生代地层或岩体效果较好；钾-钙法仅用来校正钾-氩法的成果，迄今未广泛应用。目前，中子活化、同位素稀释质谱法在氩法领域中应用，可以测定含钾很低的矿物，扩大了本法测定年龄上下限的范围。

适用于钾-氩法测定的矿物有云母类（黑云母、白云母、锂云母、金云母），钾长石类（微斜长石、正长石、透长石），角闪石，辉石，石榴石，霞石等；海绿石是测定沉积岩年龄的最好材料，以未遭铁化作用呈绿色者为好，呈棕或褐色者不能用。

中酸性、基性岩浆岩、粘土岩类、浅变质岩类以及较年青的火山岩类等，当上述矿物不易采集时，可采全岩样品。采样时应注意不能含有脉体、捕虏体、析离体、气孔充填物等。全岩样品常因长石中氩的部分逸失而使年龄值偏低，故其结果只能代表地质体年龄的上限。

（2）铀-铅（U-Pb）法及粗铅法

铀-铅法因为可利用$Pb^{206}/U^{238}$、$Pb^{207}/U^{235}$、$Pb^{208}/Th^{232}$和$Pb^{207}/Pb^{206}$四对比值，推算出含U、Th矿物的同位素年龄，具有可以内部校正的优点，而且它一般反映终结阶段的年龄；主要缺点是所需矿物分布少，采样和选矿工作量较大。适用本法的矿物有：晶质和非晶质铀矿、钍铀矿、钍石、方钍石；花岗岩中的副矿物，如独居石、锆英石、褐帘石、磷钇矿、铌钇矿、榍石、易解石和黑稀金矿等。上述矿物可在人工重砂中选取；在伟晶岩或矿脉中可直接在露头上挑选未经蚀变的新鲜矿物，但其测定结果只能代表矿脉或伟晶岩的年龄。

粗铅法是根据方铅矿中$Pb^{206}/Pb^{204}$、$Pb^{207}/Pb^{204}$和$Pb^{208}/Pb^{204}$的比值来计算该矿物的同位素年龄，故常用于测定硫化物矿床年龄。常用的含铅矿物有方铅矿、黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿以及铅或碳酸盐岩等。

（3）铷-锶（Rb-Sr）法

本法广泛应用于测定古老岩石的年龄值，同钾-氩法互相校正。因$Rb^{87}$的衰变产物$Sr^{87}$是固态，不具挥发性，受后期迭加作用的影响较小。但矿物中Rb、Sr含量少，必须采用灵敏度和精确度较高的仪器和方法。

凡适于氩法的含钾矿物都可适用本法，以白云母最好、长石类次之、黑云母较差。沉积岩中的海绿石也可。但本法对全岩样品的要求不需氩法那样严格，几乎所有岩浆岩、变质岩的全岩和含钾矿物，沉积岩（如泥岩、砂质岩）的全岩或含钾同生矿物，都能进行测定。

（4）其它方法

放射性碳（$C^{14}$）法，能够精确地测定出最近5—6万年（相当于第四纪更新世晚期）

所发生事件的年代，因而在第四纪地质学、古地理及古气候学、海洋学、农业、土壤、古人类学及考古学等方面实用较大。

裂变径迹法：它的特点是不需要做化学元素分析和质谱同位素分析，可直接由矿物里的铀原子自然裂变产生的放射性损坏径迹的数目来有效地测定地质年代。除了测定矿物的年龄外，还可用来测定矿物的铀含量及其分布。适用于本法测定的矿物有黑云母、角闪石、磷灰石、锆石、白云母、榍石和绿帘石族矿物等。

**2.取样方法及要求**

（1）取样注意事项

第一，取样前应将取样地区地质环境调查清楚，根据取样目的，选择具代表性的岩块取样。测定原岩时代的样品，必须采自未经任何后期迭加作用（如热液蚀变、交代、同化混染作用和风作淋滤作用等）的新鲜岩石，要远离接触带，构造带和放射性元素集中富集带等；若要测定区域变质、交代作用、蚀变作用、构造变动、成矿作用等的时代，则必须采取在该种作用中形成的单矿物来测定年龄。若采集的单矿物曾受多次后期地质作用，则所测年龄值既不能代表原岩时代，也不能确切地代表某次后期地质作用的时代。

第二，岩样最好在人工采石场或其它新鲜岩石暴露处采（或岩心中），一个样品必须采自同一露头的同一岩块上，严禁用混合样品或平均样品，例如侵入活动频繁的多期次岩体，要按次分别选取样品，不能选取不同期次的混合样。但可在同一岩体（或同一地质条件）上同时采集3—5个平行样品，各单独测定，藉以互相验证。

第三，所采单矿物样，应经详细的显微镜鉴定，证明没有次生变化、交代蚀变等情况时方可取样、送样。如云母类应没有绿泥石化、蛇纹石化；长石没有绢云母化、高岭土化；海绿石无棕褐色等。用于铀铅法的放射性矿物和锆英石等副矿物，应切忌其中含有硫化物如方铅矿的包裹体。

第四，岩样采集后，如需挑选单矿物，野外加工时不宜将样品粉碎得太细，一般粒度在0.25—1毫米间较合适（具体应视所需单矿物的粒度而定）。对于伟晶岩中的粗大晶体，可直接在露头上采选，不需碎样。

挑选单矿物可用电磁选、水选或重液选等。如用重液选，钾氩法所需样品严禁使用含钾或铊的重液，如杜列重液、克列特里重液等；不能使用强酸、强碱处理，以防钾的混入。进行铀铅法测定的样品要防止外来含铅物质的混入污染。

最后在双目镜下仔细地挑选出所需矿物。选出的矿物要用蒸溜水冲洗干净。如采用浮选时，应用热水把浮选的油剂洗掉。烘干时切勿直接放在200℃以上的火焰上灼烧。野外实践证明，使用稍微粗糙的硬纸抖选云母，是行之有效的简便方法。

（2）样品重量

钾-氩法所需云母类的单矿物重量标准如表2-3所示。

海绿石单矿物量同云母量，长石量可略低，角闪石、辉石因含钾量低，需为云母量的3—5倍。在野外所采岩样的重量决定于其中单矿物的含量比，一般情况下，采直径约20厘米，重约数公斤—十数公斤的岩块即够。

铀铅法所需单矿物量，对晶质铀矿、独居石、锆英石三种代表性矿物而言，送交实验室的样品重量不应少于2—2.5克；其它如铀、钍作为混染物存在的含量低的矿物样品重量应适当增加。铷锶法所需单矿物重量应大于6克。

表2-3 钾-氩法测定以云母类为标准所需单矿物重量

| 推测地质时代 | 平行两次测定所需样品重量(克) | 送交实验室的样品重量(克) |
|---|---|---|
| 太古代 | 6—10 | 10—20 |
| 元古代 | 10—15 | 20—25 |
| 古生代 | 20—30 | 30—40 |
| 中生代 | 30—40 | 40—50 |
| 新生代 | 60—80 | 80—100 |

采全岩测定的样品重量一般需5—10公斤。全岩样碎好缩分后每样重100克左右(一般基性火山岩80克，酸性、中酸性岩石60克)，粒度在0.25—0.50毫米之间，一般不能小于0.2毫米。送全岩样，最好在可能情况下取一些单矿物，如云母、角闪石、辉石等，以便用其它方法测定，比较其可靠性。

(3) 送样要求

送样时应填写标签和送样单，注明矿物或岩石的名称、采样地点、所属岩系或岩体、层位、产状、与围岩的相互关系，推测地质时代及依据，岩矿鉴定结果及样品选取的流程情况等；并附有小比例尺地质图、标明采样位置的平面图或剖面图以及岩矿鉴定资料等。附送手标本一块，以便切片检查。

铀铅法在送样时，应附送在采样点或附近选取的方铅矿0.5克左右，单独包装，以便做铅的同位素校正用。

锆铪法在送单矿物样时，应附送挑选该矿物的原岩样30—50克(粉碎，通过200目筛孔)。

## (七) 人工重砂样品

1.人工重砂样品用于研究岩体的含矿性、岩石成因类型及岩石对比。在成矿有利地段又是一种直接找矿的手段，了解有用矿物的来源及其含量。

2.用于岩石学目的样品应采自保持岩石本来面貌的新鲜露头，避开强烈风化、蚀变、交代等使原岩成分发生重大变化的地段。采样方法可用刻槽法、剥层法或拣块法。样品重量以不少于10—20公斤为宜，以备粉碎淘洗。同时要采薄片、光谱分析样品，做综合观察研究。

3.用于找矿或作为矿样的样品，应刻槽或取全巷样品。除采取原生岩石外，根据需要也可在风化壳残积层中采取。样品重量按矿物分布均匀程度而定，一般为20—30公斤。

4.人工重砂一般不做外检，需要时可送疑难矿物做单项检查。

## (八) 碳酸盐岩分析样品

1.采样目的是为了解碳酸盐类岩石的化学组分，研究沉积环境和用于地层对比；确定其矿产意义和用途。

2.取样方法视目的不同可采用刻槽法、刻线法或捡块法。样品重量约2公斤左右。同时应采薄片、基岩光谱分析样品及标本。

3.主要分析项目为CaO、MgO、$Al_2O_3$、$SiO_2$和CaO/MgO以及烧失量。组分以氧化

物形式计算。另外，要鉴定出不溶解的残余物。

## （九）岩组分析定向标本

**1.采集定向标本**

采取定向标本的目的是为了将标本带回室内后，仍能在室内恢复其野外产状，以便能进一步观察和测定在野外条件下难以获得的构造要素，如线理、劈理、擦痕及其它定向结构等；并为岩组分析标本准确确定切制薄片的方位和测定薄片本身的产状等。

采取标本时，要求在露头上先准确标明定向符号，然后再打下标本。定向方法，根据不同地质条件，可以采用：

（1）产状要素法　选择明显的野外定向面（如层面、片理面、断层面及其它与矿物定向排列直接有关的结构面等），在其上量划出产状要素符号（如$\overline{+}$30°），并在记录中记明。如产状符号系画在底面上，则应专门注明。取构造定向标本应尽可能测定b轴的指向。

（2）自然方位法　主要用于一些结构面显示不清的块状构造岩石。首先在固定的基岩露头上，修凿出一个20×20厘米见方的水平面，然后在水平面上量划出东西、南北方位线；并测量采集地点附近的岩层或岩石构造面的产状要素，以便参考。

所有上述量划的定向线，精度误差不得超过1°。为保证质量要求，可在岩石上平行地多划出两、三条方向线，并且要切记：在定向划线前，不得锤击露头使其位置发生变动。

**2.切制定向薄片**

选择何方向切片，与要研究的问题有关。一般垂直于b轴，或垂直于片理等定向结构面的走向。

宜在室内用定向设备（最简易的方法是将标本放在粘土上）恢复标本参考面的实际位置，准确测定其面状或线状构造的产状要素后，再选择定向切片位置并在标本上画出来。最好由研究者自己动手切片，切好小片后，连同标本用定向设备再定向，量出岩石小片的产状，用产状符号标记，然后再送去磨制薄片。应要求磨片人在薄片上也标出产状符号，并说明那一面粘在玻片上。将来做出的岩组图的方位和薄片的产状记录应是一致的，可在岩组图中央标记。

切制定向薄片也可以用另一方法标记：平行于原定向面的切片用$\overline{+}$符号表示，箭头代表真正的倾向（如图2-21a）；垂直于原定向面走向的切片，可利用此切面与原定向面的交线来定向，用→符号表示，箭头代表原定向面的倾向（如图2-21b）。

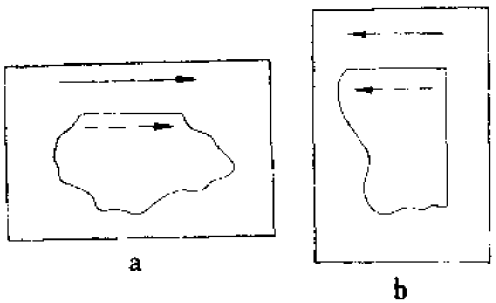



图2-21　(a) 平行于原定向面的定向切片
(b) 垂直于原定向面走向的切片

## （十）古地磁研究样品

1.采样目的是为了通过测定岩石的天然剩余磁化强度，研究地质时期的地球磁场方向、强度及其演化规律。利用岩石的有关磁性特征参量，研究以往时期的古地磁极座标位置及取样地区标本形成时期的古纬度，以解决地层划分对比和有关构造地质学、古地理学、矿床学、地震学等方面的问题。

2.采样对象首先是含铁磁性矿物、或磁化率比较高的岩石，如基性、超基性岩中的橄榄岩、辉绿岩；中基性火山岩中的玄武岩、安山岩、火山凝灰岩、玢岩等；沉积岩类如红色、紫红色的细砂岩、粉砂岩、砂质泥岩、泥页岩、泥灰岩等以及纹泥和冰碛岩。此外，可采含有足够数量的磁性矿物的花岗岩，褐色细砂岩及富含铁质的黄土、粘土、亚粘土、红壤和埋葬土等。由于变质岩受复杂的变质因素的影响，所具磁性是极不稳定的，研究时应根据具体情况而定。

3.采样方法，必须在新鲜的未经地质外营力移动的基岩露头上采集定向标本。每块标本体积应大于12×12×5厘米$^3$或10×10×10厘米$^3$，即应保证能加工成四小块4×4×4厘米$^3$的立方体样品，以便保证用于磁性测定和各种退磁研究项目所需数量。

4.标本采集数量和间距，视研究任务而定。通常是：

（1）研究地磁场的长期变化，必须在选定的地质剖面上密集取样，间距不应超过1米以上，要保证每个小层上皆有取样点。厚度超过500米的岩层，可用10—15米的垂直间距取样，每个层上可间隔3—5米采集2—3块标本。

（2）为解决地层划分与对比问题，每个地层单位采集的定向标本在纵向上一定要分布均匀，力图每个小层上都有适于研究的标本。如露头不佳时，垂直剖面上的上、中、下部位都要照顾到有采样点。

（3）研究断裂构造，除在断层两盘逐层采样外，还应在该区选做一个系统的古地磁剖面。

（4）研究侵入岩体，尽量多在中部采样，边缘部位一般采2—3块即可。采集标本总数量应在10块以上，以保证数据统计分析的准确程度。

5.送样要求：除送样单外，应附送采样地点的地质剖面图，注明每个采样点的岩石时代、层位、岩性特征及产状、产地的经纬度座标位置。每块标本应附有薄片和保留适当碎样，以备进行化学分析、X光分析及其它研究项目用。

## （十一）化学分析样品（矿样）

1.化学分析采样的目的，是为了查明矿石中有益、有害元素或组分的种类和含量，用以确定矿石质量，区分矿体与夹石或围岩的界线，估价矿床的工业意义。

2.采样方法、样品重量和分析项目，视矿产的自然类型和工业类型而定。在一般矿点检查或普查评价中，可采用刻线法和拣块法采样。

## （十二）矿石体重测定样

1.在矿点检查和普查评价时，如需测定矿石体重可采小体重样，规格为5×5×5

厘米³，在探槽、浅井、钻孔中采取，也可在天然露头的新鲜矿石中取。如果需要矿石体重和品位的关系资料，每个体重样必须做化学分析。

2.测定方法可用蜡封排水法。分别测定干燥矿石重量（$P_1$）、封蜡矿石体积（$V$）、封蜡后的矿石重量（$P_2$）、蜡的比重（$d$），求得矿石的体重为（$D$）。其计算公式为：

$$D=\frac{P_1}{V-\frac{P_2-P_1}{d}}$$

## （十三）建筑石材样品

1.对建筑石材的研究，主要为确定其瞬时抗压强度、吸水性、导热系数、摩擦阻力等物理性能。试验项目有：岩石鉴定、比重、体重、孔隙率、吸水率、抗冻性、极限抗压强度、磨损强度等。

2.取样方法：按岩石类型采集自然状态石料样。如火成岩石料一般用块状采样法，即在块石的周围打眼，然后用钎子插入，再用大锤敲打、分裂岩石，使单块脱离岩石整体，最后修成20×20×40厘米³的块状样品。一般应采取同样尺寸两份样品，样品上应标明上下符号及样品编号。装入坚固箱中送实验室。

## （十四）压电石英及光学矿物样品

压电石英及光学矿物样品（如冰洲石等），不能受强力震动，其取样方法通常采用：在矿体（或矿巢）周围先打眼，然后将麻绳放入孔内，再充填生石灰，最后通过麻绳把水吸入，石灰发热膨胀后，可将矿物晶体从围岩中分裂开来。

如用放炮法应当采用小爆破，炮眼应离矿体有一定距离，每个炮眼的装药量，以能起到松动岩石的作用为限，最大不能超过0.5公斤，以避免爆破震波对矿石晶体的影响。

## （十五）电子探针分析样品

1.电子探针是一种在微小区域内进行无破损分析的仪器，目前已普遍用来分析矿物和岩石。电子探针分析的元素范围是周期表上5（硼）—92（铀）号元素。其中惰性气体不能分析。10号以下的元素以及铀、钍、锕、锆、锶等只能做定性分析，其余可做定量分析。分析的相对灵敏度一般在0.1%左右，精度2—5%（主要指高量元素），分析区域大小在2微米以上。

2.样品的类型可以是光片、薄片或单矿物颗粒。其中光片要求把待测的颗粒用钢笔或其它工具圈定其范围，但应尽量缩小其范围；薄片则要求去掉盖玻璃，并把表面上的树脂清洗干净，然后在镜下用铅笔准确圈出待测矿物，圈内应无其它矿物存在。单矿物颗粒可直接送样。

3.送样时，必须按下述内容填写送样说明书：（1）送样单位、联系人；（2）样品编号、产地、产状（一定要附有简要地质情况）；（3）分析对象的特征（如形态、光学物理特征等），并对圈定位置做简要素描；（4）分析目的和要求；（5）电子探针分析应在岩矿鉴定工作的基础上，提出分析对象（矿物），附上待测矿物曾做过的鉴定数据。

## （十六）煤岩鉴定样品

1.煤岩鉴定主要为了解煤的物质成分、煤岩结构和组分含量，研究煤的成因、煤层对

比标志、煤的变质程度和煤的工艺利用性能。同时可以鉴定煤的风化带和氧化带的下限；煤中矿物杂质的成分和赋存情况，估计煤的可选性。

2.采样方法及要求

煤矿采样应避免在断裂附近及对煤质有影响的侵入体附近采取。采样前应对煤层进行详细观察记录。

在矿产普查中，煤岩采样可用拣块法，在煤层露头处敲打或拣取一定数量的煤块作为样品；当不见露头只见老硐煤堆的情况下，可用攫取法在煤堆处采样；当取不到新鲜煤样时，可将受氧化的煤制成片子进行观察，以确定未氧化煤的变质程度（由于煤的氧化不影响其显微结构，在亮煤中又含有大量具有炼焦性的凝胶化基质，可以正确判断变质程度）。

如用刻槽取样法，可先在经清理的煤层露头上划好采样规格（一般用15×10厘米$^2$），把规格外的煤挖去，再用备好的同体积采样箱套在欲采样品上，把煤样切下来封好。样箱外应以箭头注明煤层顶底板和样品编号。

3.所采煤样应妥善包装送样，详细填写送样单，并附有煤层素描图或1:100—1:200比例尺的采样柱状图。

4.煤岩鉴定样最好能在同一地点或相邻地段同煤的化学分析样一起采取，以便互相验证结果。煤岩鉴定样视具体情况，一般每层煤做个别样即可。

### （十七）盐渍土分析样品

系指采取地表的硼土、硝土及碱土等的样品，多用于分析干涸盐湖的地表土层，了解盐类品种及元素含量。采样按一定的网距或线距，在规定的采样点上用剥层法采取。采样面积由0.1—1平方米，厚度不小于1厘米至矿层全部厚度。

### （十八）粒度分析样品

粒度分析是为了解岩石的孔隙度和渗透率，用以确定岩石的透水性及储油、水性能；同时也可用于了解岩石粒度的变化规律。

采样方法按岩石类型采取自然状态标本，规格为5×5×5厘米$^3$，分析项目有粒度、分选性、孔隙度和渗透率。

### （十九）粘土性能分析样品

主要是为了解粘土或泥岩的含砂量及粘度，确定能否做钻探泥浆原料。采样重量不少于200克。

## 五、坑探工程和填图钻探

### （一）坑探工程

坑探工程除作为直接揭露矿体的主要手段之一外，在路线地质调查和填图工作中，对局部第四系浮土掩盖地段也经常使用很多类型的坑探工程，如剥土、探槽、浅井、坑道等。

主要任务用于揭露地质接触界线、追索断层，以及用于专门取样工作等。

坑探工程的布置，应垂直岩层、岩体或矿化带的走向。为取样目的设计的工程应当揭透风化壳、深入新鲜基岩。在施工过程中和完工后，应及时进行编录和取样工作。重要的坑探工程位置应标测在实际材料图上。

目前掘进坑探工程仍多采用手工挖掘或人工凿岩爆破。野外作业使用掘进机械常受交通运输或工作条件的限制。但是经验证明，利用轻型钻探工具，如争光—10型取样钻❶，以钻探代替槽、井探，是提高区域地质调查效率的一个有利方法。

## （二）填图钻探

在1:5万大比例尺区域地质调查过程中，对大片第四系掩盖区，除了通过路线观察研究松散堆积物的成分、碎屑物特征、层序，确定其成因类型，并寻找和研究基岩露头和有关矿产外，在对航空和地面物探资料以及地表地质资料进行综合研究的基础上，还必须配合钻探工作，以了解覆盖层的厚度，被掩盖的基岩岩性、层位和时代，基岩构造和矿化特征等，并编制基岩地质图。应当指出，对大片掩盖区的深部地质调查，多数是在矿产远景区才进行，并且不能要求它达到与地表地质调查同样的研究精度；就深部的各种地质体来说，也不能要求达到相等的研究程度，在含矿地段应详细些，其它地段可粗略些。这是布置填图钻时应当考虑的一个原则。

填图钻探的主要目的是探索松散盖层下的基岩地质界线或探寻深部矿化（结合物、化探异常的验证）。因此，在布置填图钻时应充分利用已有的地表地质观察和各种物、化探资料，作出合理的设计。如利用垂直电测深资料或地震法（微地震法、初至波法或折射波对比法等）资料，编制出第四系疏松堆积物等厚线图或基岩表面起伏图；利用各种物探资料，根据与毗邻基岩出露区物探资料的类比，划分出由各种不同基岩岩性反映的、具有不同特征的物理场，以及可能由侵入体或接触带和矿体引起的异常或异常带，进而推断被掩盖的地质界线或矿致异常的轮廓。从而使填图钻的布置建立在具有可靠依据的基础上。

除了用于验证异常的孔位外，一般的填图钻孔应当垂直区域构造线的走向、沿一定的剖面线来布置。线、孔距视具体情况和要求来决定，但绝不应按机械的网格布置。有时为了解决特定的任务，如确定接触带、断裂带或者了解深部地层剖面等，也可布置单个钻孔。

填图钻的钻进深度，取决于复盖层的厚度，从几米到上百米不等；但钻进基岩的深度应以钻穿风化壳为准，一般达5—10米即可。为了进一步查明掩盖区基岩地质构造特征，如确定地层划分、确定侵入体与围岩的接触关系、查明地球物理和地球化学异常的性质和矿体赋存的深度及形成条件等，还可以专门布置1—2个或几个构造钻，深入基岩50—150米。

填图钻探可以使用各种类型的钻机，但以配备轻型钻机为宜。如重十几公斤到几十公斤，钻深几十米到一百多米的各种轻便型钻机，便于携带或装在汽车上，对区域地质调查最为适用。在复盖层不厚的地段也可使用手摇钻、甚至洛阳铲。

填图钻孔的编录工作中必须进行岩石、微体化石、孢粉及原生晕取样；要绘制钻孔柱

---

❶ 见《地质科技》1975年第4期。

状图、编制地质剖面图；还应收集简易水文地质观测资料。在打钻的同时，最好布置测井工作，如电阻率测井、自然电位法或电子电位法电流测井、伽玛测井、磁测井等。在对比岩心地质编录和测井资料的基础上，编制钻孔地质剖面图。

区域地质调查配备的填图钻机，应随调查工作的需要灵活调度，不宜规定硬性的钻探任务指标。

## 六、电子计算机在区域地质调查中的应用

将数学方法引进地质科学领域，从而使对地质现象的研究，从传统的经验性的定性描述方法发展到进行定量的地质解释，是生产实践和地质科学发展的必然趋势和要求。另外，在地质工作中，如何对所取得的庞大数据及时进行系统整理和统计分析，从而能更有效地利用其成果，加快工作的进程，也是地质工作者面临的一个重大课题。电算技术的发展和推广，对解决上述两方面的课题提供了有力的工具。

数学地质方法及电算技术在区域地质调查中的应用，对提高调查工作的质量和效率将发挥重要的作用。它的应用范围较广，主要有如下几方面：

**1.地质数据的统计分析**

对区域地质调查中通过各种手段（野外观测、取样，室内鉴定分析，物、化探等）取得的各种数据资料，根据研究工作的目的要求，选用合适的数理统计方法（如回归分析、趋势面分析、因子分析、判别分析或簇群分析等方法），加以整理、分析和综合，找出所研究的地质对象的数量特征和内在的统计规律性，以便在进行地质解释时作出较为准确的论断。

**2.地质过程的计算模拟**

计算模拟就是通过对地质对象的特征及其演变过程的观察研究，建立数学模型，通过计算机的计算或逻辑运算，模拟地质过程或地质特征，对地质现象进行定量描述，如对地层剖面用马尔可夫链进行概率动态模拟，对地质构造应力场用有限元法进行数学模拟等。

**3.地质数据处理系统和自动化编图**

地质数据处理系统是以电子计算机技术为基础建立的，可以自动进行资料数据的存储、检索、计算处理和自动显示结果。它的基本结构如图2-22。

地质数据处理系统的数据库可以大量储存各种地质资料、数据；可以根据程序指令自动进行数据检索和运算处理；计算机处理结果，除可用宽行打印机直接以表格形式输出外，还可通过X—Y座标绘图仪或其它图形输出设备将计算结果进行图形输出，如绘制曲线图、等值线图、剖面图和立体图等。因此，地质数据处理系统的建立，为实现地质编图自动化创造了条件。

地质人员了解和应用电子计算机技术并不是十分困难的事，除了要了解电子计算机的基本功能、工作原理和操作程序，以及熟悉所用机器的算法语言、了解国内外通用的ALGOL、FORTRAN和BASIC算法语言外，关键在于能善于将地质问题用数学形式表达出来，也就是能够根据所研究的课题和工作任务提出问题、并正确选择数学方法，明确该方法应收集何种观测数据及其要求，并能正确地对计算结果进行处理和进行地质解释。还应注意，对电子计算机运算结果的地质解释，必须以广泛深入的地质调查研究为基础。

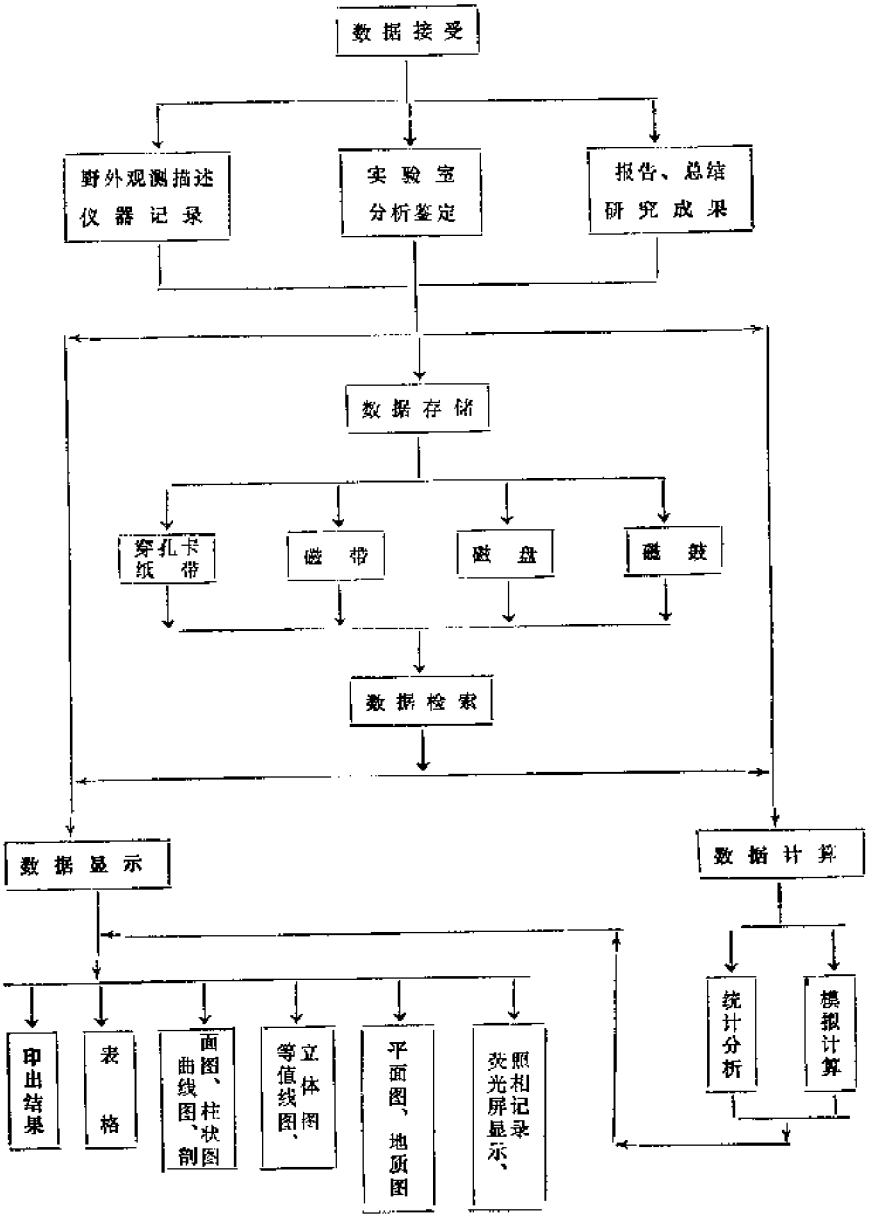



图 2-22 地质资料处理系统略图

# 第三章　地层划分与对比[1]

在区域地质调查填图工作中，首先需要测制地层剖面，划分和对比地层，建立地层顺序，确定填图单位。所以地层的划分对比是区测填图工作必不可少的重要一环。同时，地层的划分与对比也是恢复地质历史、研究矿产分布规律和研究地质构造的重要基础。

## 一、地层划分

地层划分的任务就是根据地层的岩石、生物化石、地球物理、地球化学等各种特征地层的年代或时间间隔等，把地层划分为不同类型和不同等级的地层单位，藉以表示地层的及相对顺序或相对年代关系。

### （一）两类地层单位的性质和划分依据

当前我们一般常用的有两种重要的地层分类，即岩石地层分类和时间地层分类（表3-1）这两个分类是依据不同原则建立起来的两个相互独立的地层单位系统。对一个地区进行地层划分时，这两个系统是同时并存的。

表3-1　地层单位和地质时代单位对照表（参照地层规范草案）

| 使用范围 | 地层划分单位 | 地质时代划分单位 |
|---|---|---|
| 国际性的<br>（时间地层单位） | 界<br>系<br>统 | 代<br>纪<br>世 |
| 大区域性的<br>（时间地层单位） | （统）<br>阶<br>带 | （世）<br>期 |
| 地方性的<br>（岩石地层单位） | 群<br>组<br>段<br>带（层） | 时（时代、时期） |

岩石地层分类是根据岩性方面特征（包括沉积岩、岩浆岩、变质岩）来划分的地层单位。这些单位没有严格的时间界限。划分岩石地层单位的目的是为了系统的反映各地区地层发育的特殊性。从沉积岩的特征看，一个地区地层的岩性、厚度、接触关系、沉积旋回、岩相等都是受地区性因素如古地理、古气候、古构造等所决定的，所以岩石地层单位是地方性地层单位。岩石地层单位的划分有利于对区域岩石、地层、构造、地史和找矿等各种研究工作的进行。

[1] 本章初稿由徐桂荣同志编写，经王鸿祯同志及陈瑞德、宋学良同志审查，最后由李志超同志改写。

时间地层分类是以生物演化的不同阶段为主要依据划分的地层单位，所以又称为生物地层单位。在划分中也有时结合使用同位素年令值测定等其他方法。由于具有严格的时间性，故称为时间地层单位。时间地层单位与统一地质年代表中的时间单位对应和完全相当，它提供了地层对比的标准。由于生物界大的演化阶段是全球一致的，根据这些大的阶段而划分的级别大的地层单位，如界、系、统分别相当于国际性时间单位代、纪、世，适用于全世界，称为国际性地层单位。生物演化阶段及其所占时间愈短暂，形成的地层单位就愈受到环境条件的影响，就有较大的局限性，这种情况下划分的时间地层单位（主要指阶）其适用范围就要具体分析。根据广相生物（如笔石、菊石、蠖等）建立的阶常是世界性的，根据狭相底栖生物所建的阶，只能适用于某一个大区域。

在两类地层单位的相互关系上，还存在着认识上、使用上的分歧，可以从两方面进行分析：

第一，岩石地层单位与时间地层单位之间是不是对应的，即群、组、段与统、阶、带之间有没有对应关系？试以下寒武统为例，云南下寒武统可分四组，即渔户村组、邓竹寺组、沧浪铺组、龙王庙组。湖北下寒武统也分四个组，即水井沱组、石牌组、天河板组和石龙洞组。但云南的沧浪铺组即相当沧浪铺阶，而湖北的水井沱组（上部）、石牌组、天河板组才相当沧浪铺阶，所以阶和组不是对应的。即使在标准剖面上一名二用（如沧浪铺组、沧浪铺阶；龙王庙组、龙王庙阶），但超越一定范围后，由于相变等关系，同名的组也就不再相当于同名的阶。又如同为上侏罗统，在辽西则包括义县组、金刚山组、建昌组、九佛堂组、阜新组等五个组，而陕北则只有一个安定组，所以统和组也不是相当的。

第二，岩石地层单位与时间地层单位界线是不是相合，即统阶的分界是不是必须与群、组的界线相重合？这个问题比较复杂。一般说来，两类地层单位的界限可以结合，但决不是必须普遍结合。例如黔北中上寒武统分为高台组和娄山关组，但娄山关组下限已延至中寒武统；鄂西中上寒武统分为覃家庙组和三游洞组，覃家庙组上限可能已延至上寒武统，它们之间统、组界限是不相合的（表3-2）。湖南含煤地层唐垅组经详细采集化石研究其时代，很可能跨越了瑞替克和里阿斯两个阶，也就是说这个组是跨系的。有一些组，如湖北的巴东组，实际上代表特殊岩相的巨大岩楔体，其界限是与时间界面斜交的，在这种情况下，组界当然不会与统、阶界限相会。这种群组界限斜切时间（统、阶）界限的情况并不是个别的。

表3-2　黔北鄂西中上寒武统划分表（据王鸿祯）

| | 黔　北 | 鄂　西 |
|---|---|---|
| $\epsilon_3$ | 娄山关组 | 三游洞组 |
| $\epsilon_2$ | 高台组 | 覃家庙组 |

综上所述，反映地区性沉积条件变化的群、组界线同以生物演化阶段为依据的地质时代，亦即时间地层单位统、阶界线之间，本来并无必然联系，它们之间有时不相合是不足为怪的。当然，群、组等的分界具有一定的灵活性，只要分界标志清晰可辨，具有一定的稳定性，利于追索填图，可以参照时间地层单位界线灵活掌握。因此在满足建组和制图要求的前提下，尽量使群、组界限的选择与统、阶界线一致是应该的，是有利于工作的。但决不能说在任何情况下都必须如此。

以上仅介绍了对使用地层分类的一些认识。随着近几年来生产和科研等工作的进行，

我国地层工作不断发展，对地层分类、建阶问题、阶组关系等正不断深入探讨。国际上对地层分类的动向是提出分成三类，即年代地层单位、岩石地层单位和生物地层单位，详见“国际地层分类术语和用法指南节要”。

## （二）岩石地层单位

多年来区测填图的实践证明，在岩石地层的基本单位划分中组的划分特别重要。正确的划分组和适当地选择组的界线，对区测填图工作影响很大。下面将以组为中心来讨论有关岩石地层单位的划分问题。

**1.组的涵义**

（1）岩性岩相　地层规范草案中提到“组的重要涵义在于具有岩相、岩性和变质程度的统一性。组或由一种岩石所构成，或包括一种主要岩石而兼有重复的夹层，或由两三种岩石反复重叠所构成，还可能以很复杂的岩石组分为一个组的特征，而与其他比较单纯的组相区别”。如后文所列表 3-5 中鄂西峡区下奥陶统中红花园组就是单一岩性灰岩构成的组；大湾组就是以灰岩为主，上、下部夹有页岩的组；至于含有火山-沉积岩系的组、海陆交互相的组、较复杂的变质岩系的组、某些陆相沉积的组则岩性更复杂一些。不管岩性简单或复杂，每个组都代表一定的相，例如表3-5中南津关组、红花园组是正常浅海相，大湾组、分乡组是笔石页岩相。有时在陆相地层中则可包括相邻的几个相，例如湖泊沼泽相。岩相的统一性是组的一个重要特征，组与组之间在岩性、岩相上一般都有明显界线。

（2）组的横向稳定性　组在空间上分布稳定的程度（平面上分布范围的大小，岩层厚度的变化）是多种多样的，这与它形成的地质条件有关。

上述下奥陶统的几个组是在地台条件下形成的，它们分布范围较广，包括湖北省大巴山、大洪山以南，大冶以西的鄂西鄂南广大地区以及相邻的湘北、黔东北、川西南的少数地区，其中红花园组分布范围更广些，达到川南黔北地区。因为组是地质填图的基本单位，所以横向稳定性是建组的一个重要因素。区域地层系统中的大部分组，应当不小于三级地层分区的分布范围，而往往达到相当于二级地层分区的范围。但是有的组由于各种条件限制（例如海相中的礁相岩层组成的组，陆相山间小盆地的组，新开辟地区的组或者仅出露于褶皱核心的组，地槽区磨拉石建造构成的组等）其分布范围很小，这时，如果它们的岩性岩相特征很明显并具备了其他建组条件，也应当建组。

（3）组的厚度　无固定标准，可以从几米到数千米，厚度的变化也不一样。在地槽区或陆相山间盆地区，组的厚度往往大些，厚度变化也大。在地台浅海区，组的厚度有时就小些，并且在很大范围内厚度变化也不大。如川黔一带二叠系底部的梁山组一般厚度较小；而冀东震旦系雾迷山组灰岩则厚达3000—3500米。一般说，组的厚度不宜小于数十米。因为，比如一个厚50米倾角30°的岩层，在1:20万地质图上只有0.5毫米宽度，厚度再小，就不适宜于实际填图工作了。当然这也不是绝对的，例如上奥陶统的五峰组，只有几米至十几米厚，因为笔石页岩是滞水慢慢堆积的典型产物，一米笔石页岩可与数十米碎屑岩的沉积时间相当，所以这薄薄的十几米页岩代表了几乎大半个统的沉积，而且无论在岩性、化石上都比较特殊，所以虽然很薄，也还是要建立一个组。

（4）化石　化石并不是建组的必要条件，但在显生宙各地质时代建组，除了实在无法找到化石的哑地层外，一般都要求化石依据。鄂西下奥陶统各组研究较详，不但都有自

已的化石组合，而且都已建立了化石带。

（5）组的界线划分　组的界线一般是岩石地层学界线（岩性的、岩相的、沉积旋回的、侵蚀间断面的……），即从岩石地层出发，结合古生物和厚度等因素而划分。表3-5鄂西奥陶系各组界线就是这样划分的。但也有少数相反的情况：例如五峰组与龙马溪群岩性很相似，过去曾归入志留系中；南津关组与三游洞群过去也曾统归于“宜昌石灰岩”内，后来由于化石的发现，证明它们时代有很大的不同，有分出的必要，于是分别建组。当然在建组时也考虑其岩性上有分出的可能，例如五峰组一般含碘质，风化后岩石呈灰红至灰白色，与龙马溪群有些不同；南津关组一般不含白云质，并且有生物碎屑灰岩出现，可与三游洞群区别。这是从化石出发，结合岩性来考虑而划分的组，是建组的另一种方式。至于单有化石界线，而岩性上分不开的，就没有根据化石而分别建组的必要了。

**2.群、段的含义以及与组的关系**

段　段是比组低一级的岩石地层单位。有的组可以按组内单一岩性和单一岩相来划分段，如大湾组可按岩性划分为三个段。在岩性组合比较复杂的组可以按照剖面中的岩性组合的规律再分为段，这样的段也是由几种岩性组合形成的，这种对段的使用方法，更接近于亚组，我们在一些地层表中，常见到这样划分的方法。

段不仅是组的再分，而且在性质上也有了一些区别，组还有时反映地壳运动的一个阶段变化，组间关系可以有间断甚至不整合，而段是没有这样情况的。对于段不要求一定的横向稳定性。组下可以分段，也可以不分段。即使分了段的组，由于岩层的尖灭，也不一定到处都能分出相应的段来。也不要求一定的化石特点，一个段可以不说明其化石内容，或者它与其上下邻段化石无区别。我们在考虑组与段时，应考虑这些区别点，而避免单纯为了使岩石地层的级别与时间地层级别相符，随便将一些组下降为段，或将一些段上升为组。

群　“草案”中指出“群是最大的地方性地层单位，包括很厚的、组份不同的岩层。”按照地层规范草案的定义和实际应用中的情况，大致有以下几点：①从岩相上来说，同一组的岩层应反映统一的岩相，而群则通常相当于一个大的沉积旋回，其中包括不同的相。②从岩性上说，组可以是单一岩性或多种岩性，但这种岩性应当是联系成为同一种岩相组合类型的；而群的岩性总是复杂多种的，不一定属于同一岩相组合类型。③从厚度上说，组有厚有薄，而群则总是很厚的。

群较多的用于前寒武系地层和陆相地层1例如上板溪群包括4—5个组，代表沉积类型紧密连系的序列，甘肃的白垩系六盘山群代表岩性复杂的巨厚岩系，时代界限未定，又不易再分为组。

## （三）不同比例尺的地质调查中地层划分的精度要求

根据各种比例尺地质调查的特点以及多年来区测的实践，一般对地层划分精度的要求大致如下：

1:100万和1:50万地质调查，一般要求划分到统或组。如统的厚度不大，可与相邻统合并到系。对前寒武纪复杂的变质岩系或确实暂时无法划分到统的地层，可划分到系或群。在个别情况下，允许划分到界，但必须说明理由。

1：20万和1：10万地质调查一般应划分到组，个别难以划分的地层最少也要划分到

统。某些地层的段，如果使用比较广泛而且具有足够厚度，则应划分到段，以反映其研究水平。前寒武纪变质岩系划分到群或组。如果某些组厚度不大（小于100米），可以仅在剖面上划分，而在地质图上与相邻组合并到统表示，但若二组间有不整合或相变大而矿化不同，则不得进行合并。褶皱地区填图单位厚度超过1000—1500米时，应进一步详细划分。平缓岩层，填图单位的厚度超过100—150米的地区以及在大片单一岩系出露地区，除特殊困难或无划分意义之外，为了表示构造形态，一般均应进一步划分，或标出标志层。

1：5万和1：2.5万地质调查，应在组内填出标志层，如组能分段，则应分段填图，厚度小的组可以不填标志层，不分段。但由于地层平缓而分布面广的组（或段），则应尽量找到岩性特殊的标志层进一步划分。只有在厚度很小而确难划分的极个别情况下，才可以将邻组合并或以统为单位填图。褶皱地区厚度超过500米，或水平岩层地区厚度超过50米的填图单位应进一步划分或标出标志层。前寒武纪变质岩系划分到组或亚群。

地层划分除了岩性、岩相、接触关系等依据外，一般都要求化石依据。如果无法取得化石资料，可与邻区已用古生物资料确定的地层剖面进行对比，或从上下含化石地层进行推论，确定其时代与层序。前寒武纪变质岩系，还应考虑同位素年龄的测定。

标志层、含矿层应适当放大表示，不受比例尺限制。

第三系（在1：20万—1：5万地质填图中）一般分到统或组。第四系一般分到亚统（$Q_1$—$Q_4$），并标明成因类型。

喷出岩系一般要求划分到组，若分组有困难，则分到亚群。

## （四）地层接触关系的研究

**1.不整合接触关系** 研究地层的不整合接触关系，包括角度不整合和平行不整合，是划分和对比地层工作中必须注意的问题，它是划分地层界线的必要参考，也是对比地层的重要线索。

研究不整合接触关系，要认真收集野外各方面的证据。不论角度不整合或平行不整合，它们都代表了地层发育过程中一定时期的沉积间断，角度不整合还反映了下伏地层经过了一定强度的构造运动。因此，在不整合面上下两套岩层的一定范围内，一般常能见到各种地质特征，作为识别不整合的标志，举其主要者有：（1）上复岩层底部沉积中含有磷、铁、锰等结核或有底砾岩发育；（2）下伏岩层上发育有古风化壳、古土壤层或风化剥蚀面；（3）上、下岩层的岩相、建造、化石群的突变现象；（4）上、下两套岩层的变质程度不同，属不同的变质带或变质相；（5）关于构造标志，角度不整合，由于上、下两套岩层经历了不同的构造发展阶段，所以其构造状态或者两套岩套在接触面上下的产状不一致，并且一般说来下伏岩层的构造相对复杂些；而平行不整合则表现为上下两套地层的产状在较大的范围内是一致的。

在自然界，现象清晰的各种不整合面比较容易识别；困难的是经过变化不容易识别的不整合面。在《论褶皱幕》❶一书中介绍了一个例子：一次角度不整合形成之后，经过强烈动力变质作用，上复岩层变质，下伏岩层二次变质，二者的层理完全破坏而不能或难于认出，使认识不整合造成困难（图3-1）。

---

❶ 尹赞勋、张守信、谢翠华著，1978年，科学出版社

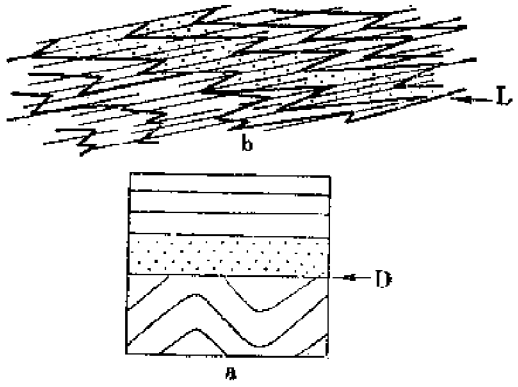



图 3-1 a表示两套地层在动力变质前的角度不整合关系；
b表示经过强烈的动力变质后的情况
（据 Matlauer 1973）

对上图所示情况应辨别层理与片理的关系，仔细寻找追索原居上复岩层下部的粗碎屑岩，判断出它成层分布的特征，从而大致把不整合面分辨出来。

**2.受同沉积时期构造运动影响的地层接触关系** 下面介绍广西凌云深洞背斜的例子，说明同沉积构造运动对地层接触关系产生的影响（图3-2）。

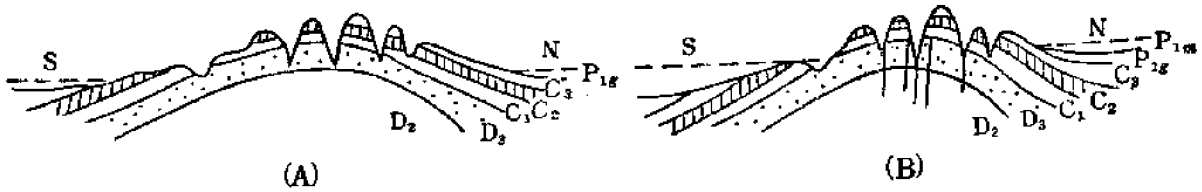



图 3-2 （A）广西深洞一带早二叠世岩溶侵蚀（B）茅口期沉积基盘构造示意剖面

深洞背斜是位于南岭东西构造带上一个走向东西的背斜，背斜轴部出露了泥盆系和石炭系，两翼为二叠系，各时代地层岩性主要均为石灰岩；因背斜上升，在背斜轴部原有的轴面劈理上部都转化成为张裂隙，在其中充填了下二叠统茅口灰岩，它和泥盆系灰岩融合在一起很难辨认，但经过细致观察终于找到了化石证据，说明含化石的下二迭统茅口灰岩确实是像“灌浆”一样充填到含化石的泥盆系灰岩中去。从图中可以看出，在地层接触关系方面，背斜翼部茅口灰岩与下伏地层为整合或平行不整合接触，而在轴部，显然茅口灰岩与下伏地层应为角度不整合一特例。从构造发展过程看，深洞背斜是在茅口期沉积过程中形成的同沉积褶皱。

在自然界，既存在区域性的角度不整合和平行不整合现象（如华北震旦系与下伏地层的角度不整合，中石炭统与下伏地层的平行不整合），也存在如凌云深洞在不大范围内地层接触关系迅速变化现象。地层接触关系复杂的例子很多，我们认识时应由点及面，作区域性的、全面的认识。更进一步，还应注意到不整合现象的存在不是孤立的，它是一定地区长期地壳运动过程中的一个片断，它与该区的改造、建造上一些特征是密切关联的，所以认识不整合现象时，应与改造、建造各方面特征联系起来看。

**3.不整合与地层划分对比的一些关系** 群的上下界线常有显著的地层间断面（角度不整合或平行不整合），标志着构造条件或沉积环境条件的改变。在群、组、段以内不应当

有角度不整合。组内不应有间断太长的平行不整合。

不整合存在的地方，地层发育不完全，在进行地层时代对比时应尽量依靠沉积连续的剖面。例如滇东和桂北的剖面，其关系如表3-3：

表3-3 滇东武定地区泥盆系与邻区对比简表（据赵秀琨简化）

| 时代＼地区 | | 华南分层标准 | 武定地区 | 昭通地区 |
|---|---|---|---|---|
| 泥盆系 | 上统 | 锡矿山阶 | 缺失 | 在吉山组 |
| | | 佘田桥阶 | | 一打街组 |
| | 中统 | 东岗岭阶 | 鱼子甸组 | 华宁组 |
| | | 应堂阶 | 缺失 | 缩头山组 |
| | 下统 | 四排阶 | 坡脚组 | 边箐沟组 |
| | | 郁江阶 | | 坡脚组 |
| | | 那高岭阶 | 翠峰山组 | 翠峰山组 |
| | | 莲花山阶 | 缺失 | |

显然要确定泥盆系内部各统、阶间的界限，在沉积间断频繁的滇东是不可能的，只能依靠桂北连续沉积的剖面。

## 二、地层对比

地层对比一般是指研究不同地点的地层剖面之间的时间关系，即确定不同剖面的岩层在地质年代上是否同时的。地层对比过程包括两个方面：一方面要确定调查区各地层单位在地质年代表中的位置，即其所属的代、纪、世等，确定一个层位在地质年代表中的位置需要同国内外的标准剖面对比；另一方面是作本区各剖面之间的或地区之间的相应层位对比，目的是为了确定填图单位的地层界线，研究填图单位的地层界线如何延伸，相邻图幅接图时地层界线是否属同时性的界线等问题，以及研究地层发育的规律性等。

地层对比的基本方法，主要有生物地层学和岩石地层学两方面：

### （一）生物地层学方法

对显生宙地层来说，地层对比最主要的方法仍然是生物地层学方法，其主要内容有：

**1.标准化石法** 标准化石法是生物地层学中古老的传统方法，到现在仍是常用的方法。但标准化石的概念和应用标准化石的方法在不断变化发展。

所有生物化石在地质时期中都有其开始出现和最后绝灭的过程，所以每一个种或属都能代表一定的地质时期，都能起到对比地层的作用。但是各种生物化石在地层对比中的作用是有差别的。一般把那些分布范围广、代表地层时代较短的化石称为标准化石。生物的

各个类别中都有这样的标准化石，尤其是构造复杂、演化迅速、生态上易于广布的生物特别宜做标准化石。

确定标准化石是一个积累实践经验的过程。只有经过大量的实践观察和研究比较，才能确定那些是最好的、有效的标准化石，并且还应该从理性上提高对标准化石的认识，即从生物种属的发展规律和生物地理来认识，这就需要深入了解有关文献。只作一两个剖面不可能断定某某化石代表某某地层，因为在少数几个剖面中不可能确定某化石开始出现的层位和最后消失的层位。

带化石一般是曲型的标准化石，同一化石带在地质上可以认为是属于同时性的，可以用来代表一定的时间间隔。如奥陶纪的同位素年代大致延续约六千万年，以其分十五个化石带估算，平均每带的时限约为四百万年；又如侏罗纪，大致延续约五千八百万年，西欧海相侏罗系分四十三个化石带，平均每带时限约为一百三十万年。根据粗略统计，用化石带代表时限——古生代每带约三一四百万年；中生代每代约一一二百万年；新生代每带约几十万年。引用上述数字仅仅为了说明用化石带对比时间地层单位精确度是相当高的，具体化石带所代表的时限当然不尽相同。命名一个化石带，必须根据足够的资料综合分析，而不能只根据少数资料就指定带化石，这样的带化石势必经不起实践的检验。在资料缺乏的情况下可以提出一些试用的化石带，以便在以后的实践中检验和完善。我们应该选择那些在国内地理分布广、层位清楚、保存良好、数量较多的带化石命名化石带。至于国外已命名的化石带，适合我国情况的可引用，不适合者则不应机械地套用。

区测填图工作中应用标准化石时，一方面要根据前人的资料，搞清化石的层位和地理分布。另一方面主要在填图实践中来检验化石的标准性。原来认为是标准的化石，随着工作的深入，发现其并不标准，这种情况在历年来的区测工作和地层工作中都有发现。如，我国中泥盆统的腕足化石*Stringocephalus burtini*和*S.obesus*两种曾被指定为带化石，但发现常混生；西欧中泥盆统不同阶的代表*Stringocephalus*与*Calceola sandalina*在我国西南常混生。又如，吴家坪组的带化石*Codonofusiellalui*与长兴组带化石*Palaeofusulina*发现共生的事实。国外也有这样的报道，卡拉道克期的带化石*Diplograptus multidens*与兰达利期的带化石*Nemagraptus gracilis*共生。年代地层单位的对比目前主要根据化石带。如果我们机械搬用上述的化石带而不加分析，在对比中就会产生误差。当然对填图单位的对比精度要求，视比例尺而不同，一般不要求逐个化石带进行对比，但在填图单位界线上下的化石带则需要确切对比。有些分布稳定，化石保存好且易于识别的化石带可作为标志层，在大比例尺填图中应加以反映。

**2.生物群或化石组合对比法** 我们在野外工作中常常可以遇到许多不同类型的化石出现在同一层或同一组的岩层中。总观该层或组的化石总貌（化石组合），来研究划分对比地层。可以全面考虑生物化石的各种可取因素。化石组合在一定程度上反映了当时当地区生物群的面貌。

地史时期生物群的出现，有它的时代特色，例如中生代植物自晚三叠世至晚白垩世有五个代表不同时代的植物群：

早、中三叠世——肋木植物群

晚三叠世——丁菲羊齿植物群（北方），大网羽叶-叉羽叶植物群（南方）

侏罗纪——锥叶蕨-拟刺葵植物群

晚侏罗世(?)至早白垩世——似金粉蕨-茹福德蕨植物群

晚白垩世——被子植物群

又如中生代陆相软体动物也划分为若干动物群。在划分对比地层时，应尽量参照多门类生物群的特征来研究，例如对陆相地层则爬行类、鱼类、植物、介形、轮藻……均根据需要，研究划分依据。

生物群或化石组合不仅有其时代意义，同时具有指相意义。如奥陶纪、志留纪笔石动物群是笔石相的代表。应用生物群对比地层时我们应注意，狭相的底栖生物群在地层划分对比上可能出现的问题，它们往往随古地理条件与岩相不同，各处组合面貌出现明显的差异。在这种情况下，对比地层时，应该把古生物与岩石结合起来进行综合分析。

植物群和孢粉组合用于地层对比时，需要考虑化石种类的含量比率。古生代植物群和孢粉组合由于对气候适应的分化还不很大，所以可以找出较为广布的“优势种”作为地层对比的典型代表。中生代植物群和孢粉组合由于分化差别大、种类多、气候分带明显，所以在对比中往往要考虑数量的统计关系。如孢粉分析需作成孢粉谱。在相同时代，不同岩相的地层中，孢粉谱的百分含量可能有相当大的差异，然而孢粉谱的曲线可以显示同一地区同时代的共同特点。到目前为止植物群和孢粉组合的对比中，往往采用含量概念及植物群总体估价的对比方法。也可以设想，在对植物古地理的研究比较清楚的条件下，总结同时代不同植物省中共同的或分布较广的、有一定时间含义的植物化石，以及各植物省特有的植物化石，这将有助于地层对比。

在大化石缺乏的层位或在所谓“哑地层”中，要特别注意采集微体化石的样品。如介形虫、牙形刺和各种微藻、孢子花粉等，在解决疑难的地层对比中常常有很好的效果。介形虫在海陆相地层中都能发现；牙形刺在寒武纪到三叠纪的海相地层的各类岩石——灰岩、页岩、砂岩中都可能存在，据统计，这些海相岩层中50%以上含牙形刺；各种微藻和孢粉分别在适合的海陆相地层中可以起对比的作用。这些微体化石的样品在分析中可以组成成套的工序，一个样品既可以分析牙形刺也可以分析介形虫、古孢子等，利于综合分析，并且节省人力物力。微体化石应用于地层对比，同样可以像大化石一样，采用标准化石法或生物群对比法，基本原理是一致的。

生物群或化石组合往往用于岩石地层单位的对比。生物群面貌和岩石的物理化学特征及其所反映的沉积环境分析是建立岩石地层基本单位“组”的基础工作。所以生物群的对比是组的对比的主要内容之一。

**3.种系演化或生物演化方向在地层对比中的应用** 在应用化石对比地层时，不要只凭几块孤立的化石。必须明确，各类生物化石在地层中的出现有其一定的规律性。研究各类生物化石的亲缘关系恢复其演化顺序，为确定相对地质年代和对比地层提供了有力的根据。生物化石亲缘关系和种系演化的研究，主要根据两个方面：一是各种属在地层中出现的顺序；另一是生物结构构造的内在规律，包括重演律所揭示的个体发育与系统发生的关系。为此需要作大量深入的古生物工作，一方面野外工作要求深入，逐层广泛采集标本，另一方面室内工作过程中要注意应用已经总结的一些专著。如笔石、蠖、四射珊瑚、腕足类、菊石、介形虫及鱼类等都已有了发展阶段的总结。

**4.古生态学的地层工作方法** 划分对比地层，必须注意同时异相的问题。同时异相的不同相带中，可以出现不同的化石群，不仅不同的盆地有这个现象，甚至在一个盆地中相

邻的相带也会有此现象，如果忽略了这种变化，会使地层对比工作出现错误。解决这个问题的途径，就是把研究化石和研究产出化石的沉积岩结合起来，分析生物与其生活环境之间的辩证统一关系。这样就可以了解岩相与生物群在侧向变化的规律，有利于进行地层对比。不仅如此，在纵向上也同样应该了解地层剖面上岩相、化石群演变的规律，把无机界和有机界结合起来，分析沉积盆地的发展历史，从而较合理的划分地层。这种工作方法就是古生态学的地层工作方法。在工作中应注意的几点：

（1）分析生物与环境之间的关系

生物与其生活的环境关系是密不可分的，所以我们应该分析环境的因素与生物之间的关系。环境因素包括无机界和有机界的因素，例如在海洋中环境因素包括温度、光线、深度、水动力（波浪、洋流）、盐分、气体成分、pH值、食物供给情况和生物之间彼此关系等。在同一海域海洋不同深度的带如浅海区、次深海区（半深海区）、深海区，由于上述环境因素有差异，因此生物群的面貌也不一样。这种现象不仅现代海洋中看到，在很多地层剖面上也可以见到。例如黔东北和黔南早三叠世为下部浅海相及半深海相，生物特别以各种光滑流线型游泳菊石为主；而与它们相邻的黔西区早三叠世为上部浅海泥岩灰岩相，生物则为底栖生活为主的瓣鳃类、腕足类和不善游泳的菊石。生物可以从各方面来反映环境的特征，诸如古生代的节蕨植物、石松植物是热带气候的指示性植物，古代海藻生存的环境应该是近岸的浅水地带，生物繁盛反映海水盐度正常，而当海水淡化时地层中化石门类大量减少，在咸化海中可见到某些瓣鳃动物个体变小等等。

从岩石方面的一些标志，也可以反映在环境，详见本书沉积岩一章。

（2）在野外调查中掌握关键问题，认真细致收集资料

工作中要仔细观察。野外不脱离围岩看化石，可以观察到一系列古生态的特征，如化石的数量，化石在岩层内位置，化石的埋藏状态以及与岩相变化的关系等等。野外工作中要经常研究比较，注意同时代但不同岩相的化石群异同；不同时代，但岩相相同或近似的地层中所含化石群的异同；对于同一类化石生物，在不同时代地层中出现，比较其各阶段变化的特征。

要注意化石与围岩的关系。如细粒沉积岩中保存的化石往往是完整的，在粗粒的岩石中化石往往是破碎的，蠕虫的爬迹总是和泥质松软的地层基底有关，因此虫迹常保存于页岩中，有孔虫，鲢的化石大量在地层中出现往往和石灰岩有关，放射虫和含有大量硅质的岩层有关等。

应尽量研究所有化石群。全面收集化石，不论化石的含量多或少，保存的好或坏，也不论是化石实体或遗迹，都要重视。在野外要对化石鉴定到属。对化石的数量应重视，因化石的多少也和环境有关。数量不可能直接统计，一般在野外露头上可以划分以下的相对等级：

大量　某类化石成为构成岩石的基础，量多而且均匀地出现在各个露头上，如有孔虫灰岩、壳灰岩等，其中所含化石往往是大量的。

较多　某类化石在岩层中只是局部的富集，在许多露头上经常见到，但并非在各个露头分布都一致。

稀少　某类化石只在个别露头上偶而零星遇到，在其他露头上完全没有发现。

个别　某类化石只在个别露头上偶而零星遇到，但其他露头上完全没有发现。

在野外应用这个标准时，应当注意只有在各个露头上不断地进行比较，才能较正确地得出数量概念，不能只根据个别露头观察就下结论。因为有时化石在一个露头上局部富集，但在其他露头上则很少。

野外工作中应注意收集全部化石群资料。既注意生物遗体的化石，如动物化石、植物化石、微体化石，成年个体和幼年个体化石；也要注意生物遗迹的化石，如脊椎动物的足迹、印痕，无脊椎动物（如蠕虫、节枝动物、软体动物等）的爬痕、钻孔、巢穴、粪化石等。只有这样才能比较全面地反映原有生物群的近似面貌。

野外工作中注意化石埋藏特征。从生物来反映环境特点，是依据当时生活的生物群特征。古生物群与经过埋藏后现在发掘出来的化石群是有区别的。后者仅反映了古生物群成员的一部分，但也免不了混入外来生物遗体变成的化石，并且原有生物不一定都能保存成化石。为了辨别化石群现状与古生物群的关系，对化石的埋藏特征应予以注意。

生物死亡后，其遗体没有经过显著移动，就地堆积在原地埋藏，经过石化以后形成了化石群，这种化石群中可以见到各种反映原地埋藏的现象。例如可以见到同一种生物个体大小混杂在一起，说明未经流水搬运分选；有时还可以见到化石保持其生物生活时的位置，如有些四射珊瑚以其萼部向上，角锥的尖端向下，显示其固着海底生活方式；以肉茎固着的分喙石燕，可见到以喙部朝下对着岩层的下层面等现象。生物死亡后遗体经过搬运再埋藏其中部分遗体经过石化形成化石群，这种化石群中常见到生物遗体经过流水搬运的现象，例如同一种生物按个体大小分别保存，三叶虫头尾分开混杂的堆积，长锥形的头足类顺海流方向排列等现象。野外工作中，应该认真观察这些现象，来辨别是原地或异地埋藏形成的化石群，对露头进行记录和作素描图。

（3）综合分析工作

经过室内进行化石鉴定，对各种化石进行古生态分析，研究其生活方式，对岩石也进行室内鉴定工作，整理各实测剖面，然后综合这些成果编图。首先编制沉积盆地断面图，这种图是根据若干实例剖面基本上按照自然地理位置排列编成一个综合断面图，图上反映层序、岩相、厚度等变化。这是一种恢复历史情况的图，与经过构造破坏的盆地现状剖面是不一样的。以沉积断面图为底图，编制古生态断面图，图上表示生物群分布的情况，包括各种古生物在各层中的种类、数量。资料图件整理好后，进行研究分析。例如根据剖面中全部化石群资料，分析各门类生物种系演化发展的历史，判断地层划分的界限；分析剖面上反映的海水进退与岩相、生物群演化的关系；分析每一层在侧向变化中岩相与生物群的关系；此外，还可编制其他一些图件。最后，还有一个问题应该提一下，地壳运动是环境因素中不可忽视的重要因素之一，构造与相不是漠不相关的，分析时应该考虑这个问题。

古生态学的地层工作方法，是一个综合性的、深入的工作方法，涉及的内容比较广泛，需要投入的工作量显然也比较大一些。如果工作需要进行这方面工作时，可参考有关著作；即使野外不需专门进行古生态研究工作，但这种工作方法及其原理，对于一般的生物地层学工作也有着重要的指导意义。

## （二）岩石地层学方法

岩石地层学方法要研究原始的沉积特征——包括化学的和物理的特征，研究这些特征

在纵向和横向上的变化，找出其变化的规律性，然后把这些规律性用于地层对比。岩石地层对比的方法很多，现仅介绍如下几种：

**1.岩性比较法和标志层**

岩性比较法主要利用岩石的物理、化学特征和结构构造特征。包括颜色、粒度、成分、坚硬程度、嗅味、风化特征、层理和层面构造、韵律、结核等等，作为地层对比的依据。这种方法方便易行，在小范围的大比例尺填图中常常应用。如辽东震旦系南芬组泥灰岩具特殊的紫色和鸭蛋青色，川黔鄂奥陶系宝塔灰岩层面上的龟裂纹特征，都可以在广大范围中见到，可以作为地层对比的标志。泥裂、波痕等也可以作为相邻剖面对比的标志。可以列出很多项目来，都可以作为岩性对比的标志，但究竟那些标志适合于本区应用，要具体分析。有的标志是在某一时期范围较广的沉积环境下形成的，也有的标志是在某一时期较小范围的环境条件下形成的。前者可适合于较大范围的对比，后者祇适合于相邻几条剖面的对比。我们应该从成因上解释一些标志出现的地质条件，以便灵活的用于地层对比。

应用岩性对比法时，也可以用一个组作单位，用它宏观的特点进行对比，如河北蓟县震旦系的剖面，根据岩性划分了十个组，它们在辽冀等广大地区都可对比。

选择标志层作为对比的依据，也是常用的方法。要注意选择有显著特点、层位稳定的岩层作为标志层。标志层的选择条件很广泛，可以选择坚硬不易风化的岩石——如石英砂岩、硅质岩、硅化灰岩等，也可以选择某一时期特殊的古气候、古火山活动条件下形成的岩石，如凝灰岩夹层、冰碛层、陆相地层中的个别海相夹层等。在大比例尺填图时对标志层可以采用顺层追索的方法，这样既解决了地层问题，也阐明了构造特征。

应用岩性进行地层对比，要注意岩性变化问题。由于沉积分异作用，从水盆地的边缘向盆地内部可以形成不同岩性的横向序列，如由砾岩侧向变为砂岩、页岩、灰岩等不同岩性，所以在使用岩性对比法时，必要时应配合横向追索，总结本区岩性变化的规律，防止出现错误。

**2.根据沉积韵律进行地层对比**

沉积韵律是指沉积地层在时间上作有规律的更叠，它们不仅在岩相上，而且有时在物质成分上、颜色上、结构上或构造上也具有韵律性，这些都可以作为地层对比的依据。但其中最重要的是“相韵律”，即岩石成因组合在时间上有规则的变化。

在以韵律进行地层对比时，不是以韵律对韵律之间一一对比，而是以韵律组合作为对比单位。只要一系列韵律组合相似，即使每一组合内的韵律数目不同，也可以把它们作为相当的地层单位联系对比。

沉积韵律的形成，主要与地壳运动的韵律性有关，常波及很大的范围，可以作为一定区域内地层对比的依据。

利用韵律对比可以解决岩性对比中岩性界面与等时面不一致的矛盾。如图3-3所示是一个盆地的横剖面。这个盆地经历了早期海退、后期海侵的复杂历史。从几个剖面对比可以看出，虽然相同的时间间隔内的韵律发育情况不同，但其韵律类型是一致的。按照韵律类型划分的两个岩石地层单位，下部为海退型半韵律组合，上部为海侵型半韵律组合，它们之间的界面，大体上是一个等时面。

**3.根据沉积岩中重砂物组合对比地层**

沉积岩中碎屑矿物其比重大于2.86者为重矿物，它们大部分是岩浆岩或变质岩中的稳

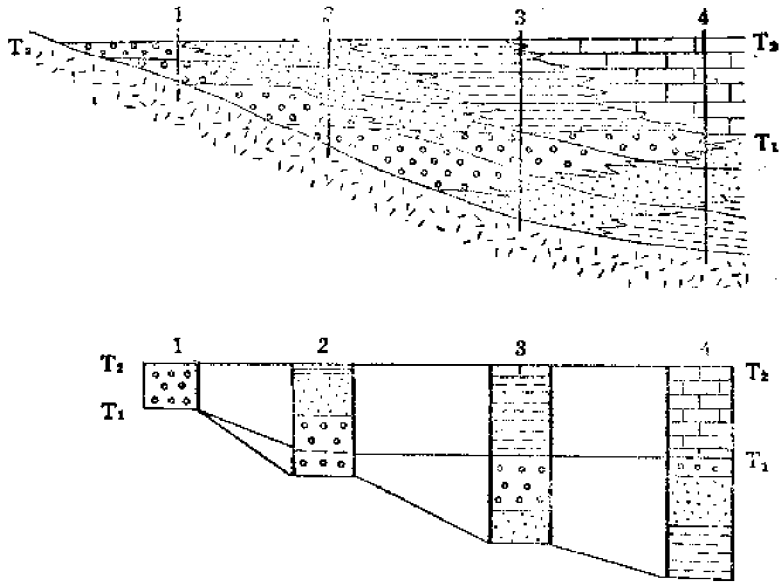



图 3-3

定副矿物，如锆英石、磷灰石、电气石、金红石、钛铁矿等。随着盆地内沉积物的不断堆积，来源区的剥蚀深度逐渐加大，母岩区的岩石组合也必然随之变化。因此，在不同的地层层位内，重矿物的组合和含量也相应地产生变化。这种变化在同一来源区的前提下将扩及相当大的范围，所以可以作为地层对比的依据。

重矿物对比法的步骤是：先根据重矿物分析资料，编制成各种重矿物含量变化的柱状图，然后确定重矿物组合，选定标志重矿物，即可作为某一岩石地层单位的特征重矿物来进行对比。

在应用重矿物对比法时，要联系来源区研究重矿物的标型特征。即能反映其来源区和搬运历史的矿物形态、结构特征，如颜色、包裹体、圆度等，同一种矿物，标型特征不同，不能列为同一组合，例如，同是锆石，有棱角清楚的，有磨圆的，前者可能是来自岩浆岩区，后者如果不是来自沉积岩区，就是来自更远的岩浆岩区．显然不能将它们列为同一来源区的矿物进行对比。

此外，在搬动过程中，重矿物也是按照比重和稳定性进行分异的。因此，在同一时代的沉积物中，随着来源区距离的增加，重矿物的组合及含量都是变化的，在对比中，必须考虑到这个因素。所以，重矿物对比法不能适用于大区域的对比，更不能用于来源区不同的几个沉积盆地的地层对比。

**4.根据沉积地层地球化学特点对比剖面**

地球化学对比法用于对粘土岩、化学岩等进行对比。在剖面上系统采样进行光谱半定量分析，分析数据可直接填到岩性—岩相柱状图上，或编制成微量元素变化曲线图进行对比。也可以先将光谱分析数据进行数理统计，然后再填到柱状图上进行对比。

对于岩石中的稀有元素，要注意它们出现的规律——那些岩石中可能出现那些元素？这些元素的出现与岩石的形成环境有什么关系？例如在含沥青质的岩石中常富集钒、铀、砷、锑、钴、铜、镍、镉、金、银以及铂族元素，它们的含量和分布规律与当时的生物生存以及环境有关。又如锶（天青石）的出现，一般只在海水变浅，盐度加浓的干燥情况

下，也就是泻湖里产生的。因此，对稀有元素对比不仅是利用含量数字来比较；还可以利用它来解释岩相，做为划分对比的参考。

此外，还有用碳酸盐岩中不溶残余、Ca/Mg比值、粘土岩中的 $Sio_2/Ae_2O_8$ 比值等进行对比。利用沉积岩层中结核进行对比，也是野外常用的方法。该法是建立在逐层研究结核的形态和成分、结核与围岩的关系以及它们在剖面中分布情况的基础上进行的。因为结核作为自生产物，其成分反映了沉积化学相的特征，因此可作为一定范围内可靠的对比根据。

**5.古地磁法**

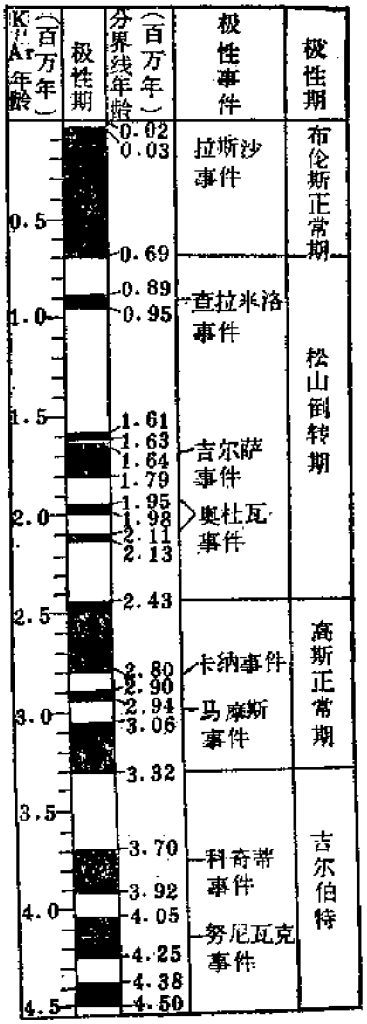
岩浆喷出后还呈炽热状态时，是没有磁性的，在冷凝过程中经过居里点(500°—650°)时，岩石出现磁性并顺着当时地球磁场方向永久磁化，这种剩余磁性称为热剩磁。有一些沉积岩（例如红色砂岩、红色粘土岩……）也有天然剩余磁性，这是因为其中微小的磁性矿物颗粒在沉积过程中，象一枚微小的磁针，顺着当时地磁场磁力线方向沉积下来，以后成为保持了当时磁化方向的“磁性稳定岩石”。

在地质历史上，各时期地磁场是有变化的。磁极的位置、正负极的方向并不都是像现在一样。测量各时代岩石剩余磁性，就可以重现过去的古地磁场，因为岩石的剩余磁性如同“化石”一样，记录了各时代的古地磁场。

古地磁测量的结果，可以找出自前寒武纪以来迄今磁极变化的轨迹。既然各时代地磁极有不同的位置，那末如果在不同地区对同时代岩石测古地磁，计算出来的古地磁极位置应该是相同的，这就是利用古地磁对比地层的依据之一。这个方法影响的因素很多，还不十分理想。

最近十余年的参考书中介绍有关古地磁与地层对比问题，主要是强调磁场反向现象。地球的磁场方向，并不是永远像现在这样——即靠近地理北极为负磁极，靠近地理南极为正磁极；古地磁测量结果，磁场方向曾经多次反向。用古地磁和地质年代测定法相结合，测定不同时代岩石的地磁方向，已经制定出比较精确的四百五十万年以来的地磁转向年表。（表3-4）表中黑色表示地磁极方向与现代情况相似的正常期，白色表示倒转期。大的期中还有较短的正常或倒转期（事件）。地磁反向现象是全球性的，反向规律可以精确的用于时间地层对比。主要用于中生代和新生代地层对比，特别用于对晚第三纪和第四纪地层有效，其精确度较生物地层方法还要高一些。

表3-4　四百五十万年以来地磁转向年表




**6.物探方法在地层对比中的应用**

物探方法应用于地层对比主要是用各种测井资料。测井记录曲线可以很细致地反映钻孔剖面的岩性特征，所以用作对比依据，可得满意的结果。这个方

法相当于标志层对比法。在填图工作中，凡是有条件的地方，例如测区作过测井，有测井对比资料，在对比地层时都应当参考。测井记录中哪些特征连续性好，在各井中反复精确出现，代表一种什么岩性特征，属哪一层位，在地面风化情况下有什么表现，我们研究这些情况可用来帮助地面剖面的对比。

地面的放射性强度γ测定资料，特别是有些地区对各时代地层严格按层位进行过系统的γ测定，这种资料也可利用，作为地层对比的考虑。但在有特别的异常干扰的地区，γ测定资料在地层对比中意义不大。

# 三、地层划分对比实例

## （一）古生代海相地层划分的实例

地层学首先是从海相地层开始发展起来的，因此，海相地层的划分较能体现地层划分对比的一些原则和方法，试以鄂西下奥陶统为例（表3-5）加以说明。

表3-5 鄂西峡区下奥陶统地层划分表

| 时代地层单位 | | 岩石地层单位 | 岩性 | 化石 | 厚度(米) |
|---|---|---|---|---|---|
| 中奥陶统 | | 庙坡组 | | | |
| 下奥陶统* | 兰威尔阶 | 牯牛潭组 | 薄层灰岩及薄层瘤状灰岩，有时为龟裂纹灰岩 | *Dideroceras wahlenbergi* 带 | 13—25 |
| | | 大湾组 | 上部：瘤状灰岩夹页岩<br>中部：红色灰岩<br>下部：灰岩或瘤状灰岩，夹页岩 | *Glyptograptus sinodentatus minor* 带<br>*Protocycloceras deprati* 带<br>*Azygograptus suecicus* 带 | 23—50 |
| | 阿伦尼克阶 | 红花园组 | 黑灰色灰岩，含燧石结核 | *Coreanoceras* 带 | 4—37 |
| | | 分乡组 | 灰岩、页岩互层 | *Acanthograptus—Tungtzuella* 带 | 30—50 |
| | 特马豆阶 | 南津关组 | 上部：厚层灰岩、夹泥质灰岩、页岩<br>下部：薄层灰岩，含燧石结核 | *Asaphopsis immanis* 带<br>*Dactylocephalus dactyloides* 带<br>*Asaphellus inflatus* 带 | 50—100 |
| 上寒武统 | | | | | |

* 奥陶系下、中统的划分，国内有两种不同意见，现暂按其中一种划分方案

**1.岩石地层单位的划分**

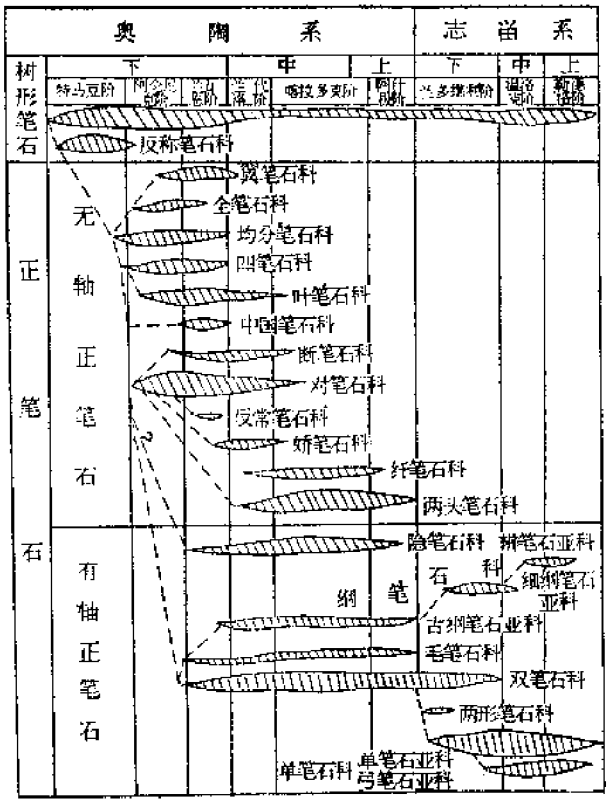
如表3-5所示，鄂西峡区下奥陶统可根据岩性的区别划分为五个组，组与组之间的界线为整合接触关系。本区地层剖面完整、化石丰富，研究程度较高，已经可以划分出一系列化石带。虽然从理论上讲，带是时间地层单位，它不一定与组的界线相合，但在情况允许时（如划分岩性与化石带无明显矛盾），建组时同时考虑岩性和化石带有利于地层对比，因此，本区建立的各组中都分出了化石带，它们在剖面上与岩石地层界线一致。

**2.时间地层单位的划分及其与鄂西奥陶系的对比**

奥陶系时间地层单位的划分主要依据三个门类化石：笔石、三叶虫、头足类。其中笔石演化最快、分布最广，所以起主要的作用。世界各地区（包括英国的标准地区在内）奥

陶系的划分和对比，主要是用笔石带来进行的。下面即以笔石为例说明化石分布与时间地层单位的关系（表3-6）：

表3-6 各笔石料的地层分布表（仿穆恩之等“笔名”1960）




由表3-6可以看出，系的界线是相应于生物较大级别的演化阶段，例如奥陶系与志留系的界限在笔石上以无轴正笔石亚目的绝灭和有轴亚目一大类——单笔石科的出现为标志。统的界线相当于较小级别的演化阶段，例如下统与中统的界限在笔石上以无轴亚目内一些低级科（均分笔石科、四笔石科，都是多分枝而且常常是下斜、下垂的）的消失和一些高级科（纤笔石科、双头笔石科，都是双枝而且由平伸、上斜至部分攀合）的出现为标志❶。

这些界线在鄂西奥陶系也是完全适用的，例如系的界限，由上奥陶统的五峰组到下志留统龙马溪组可以清楚看到大量乂笔石的消失和单笔石类的出现。又如统的界限整个下奥陶统从南津关组到大湾组（牯牛潭组一般不含笔石）都是树笔石、多枝笔石和下斜、下垂的双笔石（还有一些有轴笔石），而一到庙坡组，这些就不见了（但不是完全绝灭），代之出现的是纤笔石类、双笔石类。在三叶虫，头足类中也可以看出类似的演化阶段❷，但它们演化速度慢些，所以作为系、统界线标志的级别就比笔石低些，系以科、亚科或属划分，统界线一般以属划分。别的地质时代也是这样，演化最快的，也就是标准性最高的门类，其划分的级别就高些，反之就低些。

阶的划分，我们可用中国相应于阿什极阶的五峰组为例，五峰组的笔石初步估计有8科、30多属、200多种，分为五—六带。是全世界阿什极阶数量最丰富分带最完整的笔石群，其主要分子是双头笔石科、双笔石科和纲笔石科，从科来看和中上奥陶统其它阶区别不大。但它作为无轴笔石发育的最后阶段和有轴笔石发育新阶段的先声，有自己的特点，据有人研研，主要是①笔石枝的次生复杂化；②体壁退化的笔石多；③附连物非常发育。由此而产生一些新属（如分枝的*Tangyagraptus*，体壁退化成纲的*Yinograptus*）和新种就构成了五峰期笔石的独特面貌，作为分阶的标志。可见阶一般是以新属、新种出现而划分的。

---

❶ 关于下统与中统的分界，国内另一种意见认为应划在阿仑尼克阶与兰瓦恩阶之间，理由是这条界限是无轴亚目笔石由盛转衰，而有轴亚目笔石大量新生的时期。有人统计我国正笔石中无轴与有轴笔石种数之比在特马豆阶为1：0，在阿仑尼克阶为7：1，而在兰瓦恩阶突变为1.7：1。

❷ 例如以三叶虫的演化阶段来说，有人统计，在阿伦尼克与蓝威尔二阶之交，三叶虫方面有七科灭亡，十科新生；在兰威尔与兰德洛二阶之交，三叶虫有六科灭亡，五科新生。所以这些阶的界线在三叶虫演化阶段中也有反映。

生物的绝灭常常经历数量逐渐减少、分布范围逐渐缩小的缓慢过程；反之，新种属的出现由于是“自然竞争，适者生存”中的“适者”，往往在短期内就广泛分布，从地质观点看可视为“同时”出现。例如双笔石科从O—S之交始现颓势，直至早志留世之末才绝灭，而单笔石一出现，就基本上全世界都可对比。所以在划分时代界限时旧类型的消失和新类型的产生都要重视，而往往偏重后者。在下、中奥陶统分界时，也是这样，即划在新类型出现的地方，这时旧类型已近尾声，但还未完全绝灭。

但事情往往并不总是那么简单的，我们从表上还可以看到另一些情况：①例如特马豆阶，按其笔石的演化阶段，在其上界和下界都很重要。因此长期以来将此阶归入寒武系还是奥陶系，国际上有争论，这也是原因之一。目前从生物总的面貌结合地壳运动，多数人还是将此阶划入奥陶系，这在我国也是符合实际的。②例如中、上奥陶统的界线，在笔石上反映不明显，三叶虫亦同样不很明显，再加上宝塔组与临湘组之间往往岩性递变，厚度互为消长，这就构成长期来中、上奥陶统的界线无论国际、国内都有争论，国际上还有少数主张取消中奥陶统，一系二分的（以兰德洛和卡拉多克之间为界）。③由于国际的阶（以英国为标准）是按笔石划分的。我国一些非笔石相的地层，其界限常与之不一致，这些国际阶在中国不大实用。过去生硬地与英国的阶和化石带对比，曾造成一些错误。例如自1959年地层会议后长期以来，把大湾组-湄潭组看作主要是兰威尔阶的，因而将大湾-湄潭组顶界作为下奥陶统顶界。理由是其中有一个*Didymograptus bifidus*带可与英国蓝威尔的*D.“bifidus”*带对比。现在证明，英国的*D.“bifidus”*并不是真正的*D.bifidus*，而是外国人定错了；中国的*D.bifidus*也不是真正的*D.bifidus*，而是*D.eobifidus*（新种），所以大湾组-湄潭组不能和蓝威尔阶对比，经过研究，大部分属于阿伦尼克阶。同时也将牯牛潭组拉下来成为下奥陶顶部，由此可见国际上通用的阶和化石带并不都是放之四海而皆准的，中国地层有的能与之对比，有的则不必生硬地去比。这就提出了从中国具体情况出发，又能与世界对比的中国自己建阶的问题。

**3.生物地理区和生物相**

这是海相地层划分对比中的两个重要问题。生物地理区是指全球范围内生物群有明显差异的大生物区，在不同地质时代它们的划分和分布都有不同❶，大体上说来，北半球在寒武纪时东、西方和南、北方生物界线都明显。从早古生代中后期开始，北半球南北两个生物地理区逐渐明显。南区：大致包括从西欧沿地中海、东南亚延续到澳州，向西包括北美西部，这个大区后来逐渐形成古地中海生物地理区，中国南部常常是处于这个生物地理区内。北区：北极海和北太平洋周围区域（如西伯利亚、远东、日本、北美北部等）则形成另一个北极太平洋生物区。我国秦岭—朝鲜汉城线以北、以东区域常常属于此区或受这个区的影响。就奥陶纪而言，鄂西奥陶系属于扬子区生物群（包括川、黔、鄂西、滇东等地）它大体上与东南区生物群（雪峰古陆以东）可以比较，属于南区，但在早奥陶世时继承了寒武纪的特点与属于北区的华北区有一定联系。明白了这一点，就可以了解为什么鄂西奥陶系可以和远至英国、澳洲的进行对比（据统计英国奥陶系15个笔石带至少有13个已在我国，主要是华南发现），而与华北却有很大不同。当然生物地理区的划分不是绝对的，南北两生物区经常有混生、交替、过渡现象，中国各区又往往发育有自己独特的生物

❶ 对生物区划分，不同的观点在区划及命名上有出入，从事对比工作时，应注意这方面资料。可阅南京地质古生物所集刊第5、7号。

群。因此又可分为较小的分区（如奥陶纪华南分为扬子区和东南区）。

除了这种世界性或大范围的生物分区外，生物群还受到小范围的岩相古地理控制，而分为不同的生物相。就奥陶系来说，大致可分下列几类（表3-7）：

表3-7

| 生物相 | 壳相 | 礁相 | 头足类灰岩相 | 笔石页岩相 | 混合相 |
|---|---|---|---|---|---|
| 主要生物类型 | 底栖生物（三叶虫、腕足、腹足、瓣鳃） | 造礁生物（复体珊瑚、藻类、苔藓虫） | 游泳生物（头足类） | 漂浮生物（笔石） | |
| 主要岩性 | 含泥质的灰岩、泥、砂岩 | 灰岩 | 灰岩 | 黑页岩 | 上述诸相的交替出现过渡类型 |
| 环境 | 一般浅海 | 清暖、清澈浅海 | 广海（离岩屑来源较远的海区，水有时可以较深） | 还原静滞水体 | |
| 鄂西地层实例 | 南津关组临湘组 | | 红花园组 | 五峰组庙坡组 | 大湾组（近壳相）分乡组（近笔石相） |

由于生物相的分异，不同生物相的地层如何与标准的时间地层单位对比（在奥陶系，就是非笔石页岩相地层如何与标准笔石带对比）常常是地层划分对比的重要问题。通常需经过区域间的追索来解决。鄂西奥陶系研究比较清楚，这个问题解决得较好。我们试举鄂西大湾组与黔东北笔石页岩相的湄潭组的对比为例（表3-8）。通过这个对比，确定大湾组相当于湄潭组大部分的相变，再通过湄潭组笔石带对比，从而确定了大湾组相当于阿伦尼克阶晚期（至兰威尔阶最早期？）。

表3-8

| 湖北西部 | 四川东南部 | 贵州北部 |
|---|---|---|
| 大湾组（近壳相）<br>*Glyptograptus sinodentatus minor*带<br>*Ichangolithus, Hanchungolithus*<br>*Protocycloceras deprati* 带<br>*Cochlioceras, Dideroceras*<br>*Azygograptus suecicus* 带<br>*Megalaspides, Neseuretus, Cardinites*<br>红花园组<br>*Manchuroceras, chihlioceras* | 紫台组（混合相）<br>*Glyptograptus sinodentatus-minor*带<br>*Protocycloceras deprati* 带<br>*Bathomoceras*带：*paraendoceras*<br>*Azygograptus suecicus* 带<br>*Didymograptus deflexus* 带<br>*Manchuroceras* | 湄潭组（笔石页岩相）<br>*Glyptograptus sinodentatus minor*带<br>*Ichangotithus ichangensis* 带<br>*Azygograptus suecicus*<br>*Megalaspides, Taihungshanio*<br>*Didymograptus deflexus* 带<br>*Didymograptus eobifidus* 带<br>*Didymograpts filiformis* 带 |
| *Coreanoceras* 带<br>*Hopeioceras, Cyrtovaginocerus, Archaeoscyphia, psilocephalina, punctolira sinensis* | | |
| 分乡组<br>*Acanthograptus-Tungtzuella* 带<br>*Psilocephalina, Parapilekia, Chosenia, Primitia tumiduformis, Finkelnburgia meitanensis* | | |

注：据卢衍豪等1976“中国奥陶纪的生物地层和古动物地理”，在表上增注了生物相

## （二）中生代陆相地层划分举例

### 1.辽西阜新义县盆地侏罗白垩系岩石地层单位的划分

（1）陆相地层建立层序的问题

阜新—义县盆地是一个北北东向的地堑型断陷盆地，长100多公里，宽约15—30公里。盆地内地层主要是侏罗系与白垩系，初皱平缓，倾角一般10°—20°。以阜新—义县盆地侏罗白垩系层序的确立过程为例，说明中生代陆相地层划分的常见困难。经过多年的探索，在1959年地层会议前后初步建立起下面这样一个地层层序：

大凌河组：火山岩系

孙家湾组：砾岩

阜新含煤组：煤系

沙海组：砂页岩

吐呼噜组：火山岩、角砾岩

金刚山组：凝灰质砂页岩

义县组：火山岩系

这个层序的建立，是多年工作的总结，是一个很大的进展，但是接着便又面临了下面一系列问题：①附近几个盆地相当于吐呼噜组的火山岩之上是一套含热河动物群的湖相地层，夹油页岩及砾岩，叫九佛堂组。而这里在吐呼噜组之上的沙海组则以砂页岩为主，而且含煤、化石亦有所不同。二者是相变关系还是上下关系（九佛堂组在沙海组之下），经过几年来大面积区域调查，初步证实二者基本上可以对比是相变关系，因而可以用辽西地区普遍采用的九佛堂组一名来代替原来的沙海组。②关于“大凌河组”：原称“大凌河组”系指由义县沿大凌河西岸一直延伸到大凌河镇（锦县）的一套火山岩。经查明该处火山岩实为义县组，其上被孙家湾组角度不整合所盖，故“大凌河组”一名不宜复用。在阜新务欢池一带，有火山岩系，并见与下伏孙家湾组有清楚的角度不整合接触关系。故将“大凌河组”改称务欢池组。但目前关于这个层位的火山岩系是否存在尚有不同意见，需待今后进一步研究解决。③原在西吐呼噜标准地点的吐呼噜组，经证明不是现在通用的介于金刚山组与九佛堂组之间的火山岩系，而是九佛堂组底部的沉积砾岩，因此吐呼噜组一名便不适于代表上述火山岩系，改用建昌组代替之。这样，经过地层会议以来十几年的工作，现在我们所认识到的阜新—义县盆地侏罗白垩系的层序如下：

务欢池组：玄武岩质火山岩、角砾岩＞1000米

~~~~~~~~不整合~~~~~~~~

孙家湾组：灰紫色砾岩　　956米（标准地区）

~~~~~~~~不整合~~~~~~~~

阜新组：含煤沼泽相地层含有 *Coniopteris onychioides*，*Ruffordia goeppertii* 等植物化石，500—1200米

九佛堂组：含油页岩的湖泊相地层，含有以 *Lycoptera*（狼翅鱼）—*Eoestheria middendorfii*（米氏东方始叶肢介）—*Ephemeropsis*（拟蜉蝣）为特征的热河动物群 300—1500米

…… 假整合 ……

建昌组：安山岩质火山岩角砾岩，664—2028米

~~~~~~~~不整合或假整合……

金刚山组：凝灰质砂页岩及砾岩，化石同九佛堂组，80—100米

……假 整 合……

义县组：安山—玄武岩质火山岩、角砾岩＞3000米

从以上可见这个盆地侏罗系与白垩系的划分对比体现了一般陆相地层划分对比的几个常见困难：①岩性岩相变化大，不容易找到稳定的标志层。例如砾岩和冲刷面在海相地层中常常可以作标志层或划分的依据，而在这里却难见到稳定的层位，一层很厚的砾岩往往在短距离内完全消失。在其上下又出现另一层砾岩，而造成错觉。而且由于地层倾角平缓，覆盖较多，不容易测制良好的系统剖面。这些都造成建立层序的困难。②沉积往往局限于孤立的盆地，相邻盆地的同时沉积物可以很不一样，例如在邻近的建昌盆地是湖相沉积（不含煤），而在阜新—义县盆地可变为含煤沉积。所以区域对比比较困难。③陆相生物地层工作开展较迟，统一的标准尚在建立之中，哑地层比较多，这也造成时代划分和地层对比的困难。

（2）陆相地层中组的划分

关于陆相地层中组的划分，同海相地层的划分比较起来，岩相和沉积旋回分析及接触关系的确定具有较重要的意义。接触关系在分组中的重要性，我们从上述阜新—义县区层序表即可看出。岩相分析的重要，在理论上说是因为它能够追溯湖盆地发展的主要阶段。在实践中面对着一大套连续沉积的陆相砂页岩系，单凭岩性是不易把它分开的，而岩相分析则常常提供了解决问题的钥匙。

在上面这一套层序中，九佛堂组与阜新组的具体界线是比较不易确定的，因为二者都含有河流、湖泊、沼泽相的沉积物（砾岩、砂岩、页岩、煤层）及沉积特征（交错层、斜层理、波痕等），而且是整合接触，逐渐过渡。对这一类陆相沉积地层界线的具体划分，须综合岩相分析、沉积旋回、生物组合、重矿物鉴定等各种因素来加以确定。这里特别引用附近建昌盆地九佛堂组与冰沟组（相当于阜新组或沙海组的含煤段）的划分（见图3-4为例予以说明）。总的说来，九佛堂组从冲积相为主（旋回Ⅰ）到滨湖和流水浅湖相为主（Ⅱ）再到静水浅湖相为主（Ⅲ），这段含油页岩层较多，代表山间湖盆从形成到发展和停滞的阶段；冰沟组从沼泽相为主（Ⅳ）到流水浅湖和三角洲斜坡相为主（Ⅴ）再到河流相大量发育（Ⅵ），代表湖盆缩小变浅、沼泽化以至消亡的过程。二者的具体界限划在①由湖相旋回转为沼泽相旋回之间；②由软体、鱼类组合为主转为以植物为主之间；③由油页岩的集中转为煤层集中之间。当然具体的界线还是要结合岩性上的标志来考虑。

**2.阜新义县盆地侏罗白垩纪地层时代问题**

关于我国侏罗系和白垩系的界线，存在着一个错误的所谓葛利普标准，即凡含有狼翅鱼等热河动物群的岩层一律归之于白垩系。直到1959年地层会议才纠正了这个错误观点，把九佛堂组及其相当地层划归上侏罗统。这是一个很大的贡献。但是随着陆相生物群一些新研究的开展，新的分歧又出现了，争论集中在阜新组（及其相当地层）时代究属晚侏罗世还是早白垩世，实质上是侏罗白垩二纪的界线问题。在这个争论中，暴露出不同化石门类之间、同一门类不同工作者之间、国外不同对比地区之间、生物界线与岩性构造界线之间以至于同一化石不同鉴定人之间种种矛盾。其中主要的矛盾是陆相侏罗系与白垩系划分
~~~~~~~~

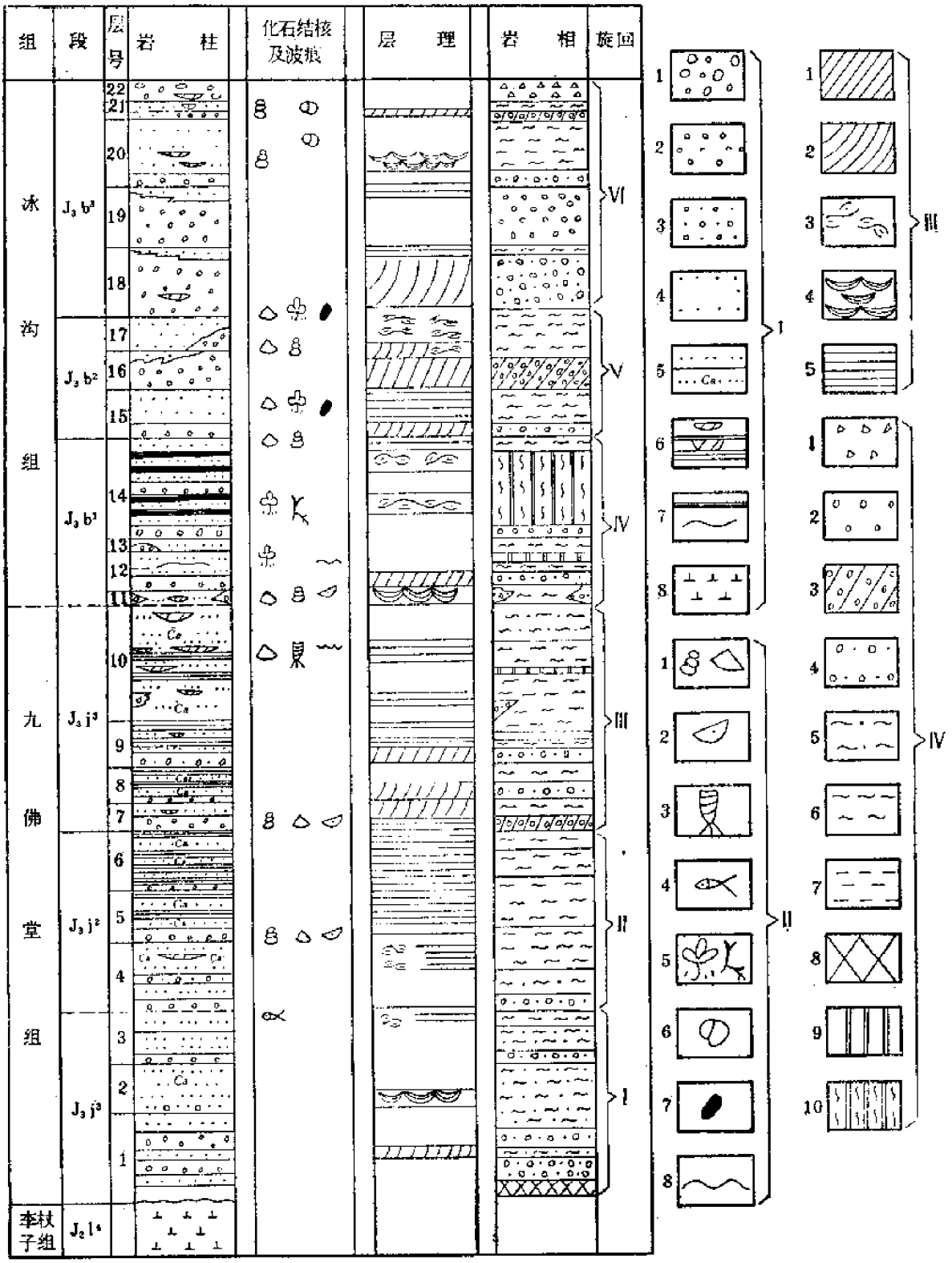



图 3-4　辽西建昌盆地九佛堂组，冰沟组岩相柱状图

Ⅰ岩性图例：1.含砾块砾岩；2.砾岩；3.含砂砾岩；4.中粒砂岩；5.细砂岩、钙质粉砂岩；6.泥灰岩、页岩；7.煤、煤线；8.安山岩

Ⅱ化石、结核、波痕图例：1.鳞鳃类、腹足类；2.叶肢介；3.浮鳞；4.鱼类；5.植物叶、根及碎片；6.钙质结核；7.菱铁矿结核；8.波痕

Ⅲ层理图例：1.巨型前积斜层理；2.一般斜层理；3.波状层理；4.舟状层理；5.宽带状水平层理

Ⅳ岩相图例：1.洪积角砾岩相；2.河床砾岩相；3.三角洲斜坡砾岩相；4.冲积—滨湖砂砾岩相；5.滨湖砂砾岩相；6.流水浅湖砂岩相；7.静水浅湖砂页岩相；8.残积滨湖砾岩相；9.滨湖—沼泽砾岩，粉砂岩相；10.充水沼泽泥炭粉砂岩相

标准的矛盾。

目前为大多数地质和古生物工作所接受的划分标准是1959年地层会议所提出的标准（见表3-9）。

按照这个标准，九佛堂组（含有*Lycoptera-Ephemeropsis Eoestheria middendorfii*组合及*Ferganoconcha*等）与阜新组（含有准拜音介形虫群和 *Ruffordia-Onychiopsis* 及*Coniopteris*的植物群）都应属晚侏罗世，而孙家湾组属于早白垩世。

但是也有一些地质和古生物工作者提出不同的划分意见，他们的意见可归纳如下（见表3-10）：

按照这个标准，则九佛堂组仍属晚侏罗世，而阜新组及与之相当的冰沟组（建昌盆地）根据植物、介形、孢粉、叶肢介的组合应归于早白垩世。目前这只是少数人的意见，但无疑应予以认真的注意。相信有不同观点的各派按照“百花齐放、百家争鸣”的方针，持“坚持真理、修正错误”的态度，持续加强实践、深入研究，终将逐步取得一致，而建立符合客观实际的侏罗白垩纪划分标准。

**3.中生代陆相地层划分应当注意的问题**

（1）关于陆相岩石地层的划分和对比，应采用综合分析的方法；如单纯考虑单层的岩层容易造成上面叙述的误认层位的错误。在综合方法中，首先是沉积旋回的方法，即根据岩性、岩相和古生物组合、古生态把岩层划分为小旋回，小旋回又可合并为中旋回和大旋回。在陆相盆地中，单层常常不稳定，但旋回是地壳升降运动的反映，比较稳定，可以作为盆地内对比的基本单位（但应注意从中心到边缘岩相有规律的变化）。较大的旋回常可作为划分组一级单位的重要根据。标志层的方法亦经常应用，但要比较小心，最好是结合其上下一整套层序或一组岩层（如煤组、油页岩组）来进行追索。构造的标志（侵蚀面、不整合关系等）应当充分重视，但在陆相盆地中常有局部的冲刷现象以及沉积时的自然倾斜度。两者须注意区别。此外岩矿鉴定法（利用岩层中特有的岩屑和矿物颗粒），煤岩学方法（利用不同煤组的煤层类型、煤相和显微组分）电测井和光谱分析等方法在有条件的时候都应充分利用。

（2）陆相岩层的划分对比应特别注意面的调查研究。因为只有大面积的调查才能对岩层的层序、接触关系、相变以至相邻盆地的对比作出正确的结论。根据少数剖面作出结论比较容易出错。

（3）中生代陆相地层时代的确定，在古生物方法中，生物组合分析法在陆相地层中显得特别重要。这是因为生物地层学，特别是其中的标准化石法是从海相地层发展起来的，而陆相生物地层学比较后进。如果说许多海相地层都已有了特有的经过考验的标准化石，那么对中生代陆相地层还不能这样说，对许多陆相“标准化石”的时代分布的认识尚在不断修改之中，它们的标准性尚待不断检验，还没有到作定论的时候。因此，组合分析法就相对的重要。另一方面，由于陆相生物演化分布的特点与海相生物不同，所以有些类别本身就是适于以组合为单位来进行分析研究的（如孢粉组合）。陆相生物地层学的另一特点是微体古生物（介形虫、孢粉、微软体以及藻类等）特别重要。特别是因为它对解决哑地层以及钻孔对比提供了有利的手段。例如孢粉用于地层对比卓有成效。因为孢粉具有：①可以藉风力运送到很远地方分布迅速、广泛；②分布不受海相陆相等环境限制；③数量极多等优点，因此甚至有人称之为“理想的标准化石”。此外，应特别注意寻找和发现海

表3-9 冀北、东北一带侏罗系与白垩系生物组合的区别

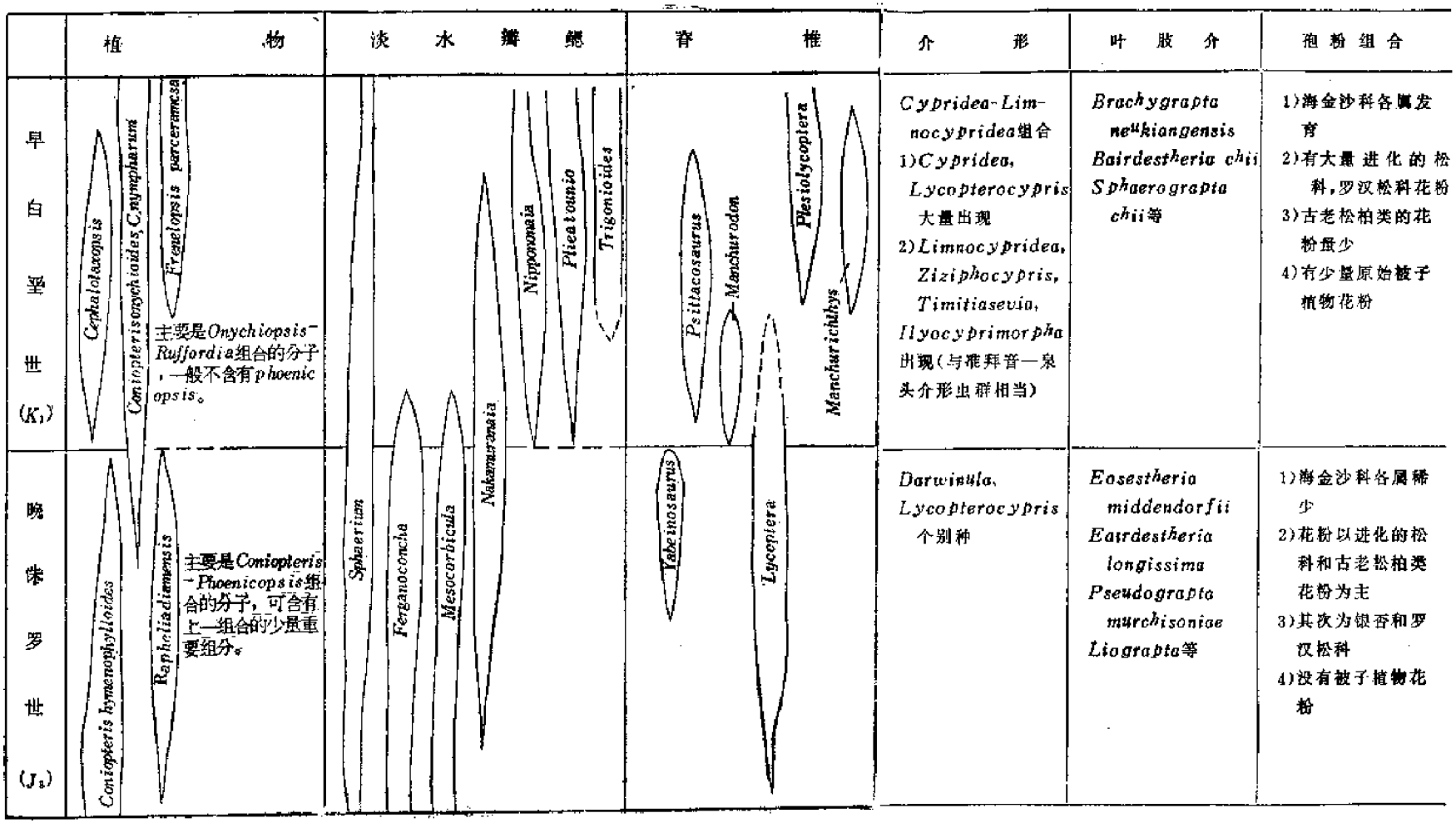


表3-10 侏罗纪后期至白垩纪早期陆生及淡水化石垂直分布表(录自"中国的侏罗纪与白垩纪")

| 时代 \ 化石群 | 植物 | 淡水软体动物❶ | 叶肢介 | 介形虫 | 昆虫 | 鱼类 | 爬行类 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 早白垩世($K_1$) | ←*Ruffordia-Onychiopsis*群 | *Trigonioides* | *Trigonioides kodairai Nakamuranaia chingshanensis* | *Bairdestheria kyongsangensis*群 | 松花江—泉头介形虫群❷ | | *Manchuri chthys* | *Psittacosaurus* *Iguanodon* |
| 侏罗纪 晚侏罗世($J_3$) | *Coniopteris* | *Ferganoconcha* *Tutuella* | *Prabaicalia*群 | *Eoestheria middendorfii*群 | 准拜音介形虫群❸ | *Epheme-ropsis*群 | *Sinamia* *Lycoptera* *Mesoclupea* | *Monjurosuchus* *-Yabeienosaurus-Helopus* | *Peipehsuchus* *Marenchisaurus* *Omeisaurus* |
| 侏罗纪 中侏罗世($J_2$) | | | | | | | | | |

❶ 后来顾知微先生作了如下的修正(1963):
$K_1$ *Plicatounio naktongensis-Nakamuranaia chingshanensis*群
$J_3$ *sphaerium jeholense-Ferganoconcha showchangersis*群

❷ 松花江—泉头指松辽平原区松花江群($K_2$)及泉头群(包括登楼库组至城家组)。

❸ 准拜音为蒙古人民共和国东部一个地层名称,原来定为$K_1$,《中国侏罗纪与白垩纪》一文认为其属于$J_3$。

相夹层,例如,1959年以后在川、滇各地发现的上三叠海相层,近年来在湘、鄂、赣、皖、粤各地发现的上三叠下侏罗海相层,原来都被认为是陆相地层,只是在仔细采集研究化石后才认识到是海相的。它们的发现,对于解决陆相中生代地层时代都曾起了巨大的作用。