

前言

地质旅行，对于地质、地理工作者来说，并不陌生。但是，真正比较系统地讲述这方面的基础知识，无论在国外。或者在国内的出版物中，作者尚未见到过。同时，在专业院校的教学计划中，也没有这样一门课程。所以，当我提笔写这本书的时候，不免感到有一定程度的困难——不知从何着手为好？可是一颗普及地质科学的责任心驱使我大胆地尝试。

如果有读者问我，为什么要写这本书，在此，我谈谈自己的写作动机。

第一，在多年的地质教育工作中，往往遇到一些学生的提问。在大学教育中，强调精简课程，减少授课时数，让学生增加自学时间，可是课外读物毕竟太少，希望老师们关心这一问题，写些小册子，以弥补不足。我想，大学生都具有自学的基本能力，做教师的应该满足他们的合理要求。除了正常的教学、科研工作以外，应该尽自己的力量给学生们再准备一些除教科书以外的，“精神副食品”，这是天经地义的。

第二，多年来，我接触过不少地学夏令营的青少年朋友，他们大多是高中一二年级的在校学生，上过地理课，但缺乏野外实践知识。一旦来到山清水秀的名胜地，对着山石发呆，不知如何结合基本的地质或地理知识进行路线观察。虽有老师指导，也总难发挥他们主动学习的积极性，培养他们对地学的兴趣。因此，如果有一本能适当指导他们有兴趣往郊外去作地质旅行，帮助他们理解地理课内容的图书，岂不更好？

第三，更多的生活在农村的青年人，每天都看到本乡本土的山容水貌，若是掌握一点基础地质知识，在劳动之余，提一把铁锤，走走打打，说不定会发现某种奇迹——找到贵重的矿产或珍异的化石。这样定会使他们加深钟爱家乡的感情，更加热爱自己的祖国。

为此，我在写作的时候，尽量照顾到具有地质专业知识的青年同志们，他们可将本书作为课外补充读物之用；对具有中等文化程度、略具自然地理常识或稍微了解地质专业知识的读者，也能对本书的某些部分发生兴趣，并用之于实践。

作者

1987年8 月29日于南京大学

中国读书网

亦凡公益图书馆(shuku.net)

下一章 回目录

第一章 什么是地质旅行

一、从游山玩水谈起

随着人类物质生活的逐步提高，解决了温饱问题以后，人们就会想到提高精神生活的享受。游山玩水——离开家门，外出观光，游览名胜古迹，寻访名山大川就是其中之一例，特别是近十几年来，各地的旅游事业蓬勃发展，参加旅游的人们日益增多。

况且人们在畅游之余，颇有大开眼界、增长见识的感触。借他山片石，为我所用，对于促进物质生活与精神生活的建设还能起到积极的作用。请看历史上不少政治家、科学家、史学家……的成就，差不多都跟“读万卷书，行万里路”联系在一起。后者也就是游山玩水，用现代的术语来说，就是旅游吧！比如孔仲尼周游列国，

风尘仆仆14年之后，著书立说，设立讲坛，开办教育，成为伟大的教育家。司马迁所著的《史记》，被鲁迅先生称之为“史家之绝唱，无韵之离骚”的不朽名著，是作者经过长途跋涉，遍访华夏，对各地区的经济、风俗、习惯、古迹、山川充分观察以后而写成的。李时珍到过河南、河北、江西、安徽、江苏等地，调查民情风俗和各种疾病的治疗方法，踏遍青山寻找草药，深入民间搜求秘方以后写成了被誉为“东方医学巨典”的《本草纲目》。徐宏祖从22岁开始，花了34年的时间，驰骛数万里，足迹遍及江苏、浙江、福建、湖南、广西、贵州、云南等16个省区，凡游踪所经的古洞、名刹、温泉、飞瀑、奇峰、深林、幽篁等灵境奇观，无不舍身而趋，饱览而归。他以惊人的毅力，非凡的胆识，“闻奇必探，见险必截”。终于写下了一部地质、地貌的考察记录——《徐霞客游记》。该书成为举世闻名的古代地学名著……如此等等，不胜枚举。所以说，游山玩水决非闲暇无聊之举，乃是高度文明的表现。游山玩水不仅能锻炼身体，增强体质，而且对于陶冶性情，开阔心胸，培养自己乐观向上的个性也大有裨益。

特别是现代科学技术突飞猛进的发展以后，制造了各类理想的交通工具，使游山玩水更为方便。各种服务性行业的大力开展，又为旅游者提供了良好的生活条件；再由于人们文化生活水平的日益提高，旅游事业得以迅速发展，旅游业已成为当今经济结构中的第三产业的重要组成部分，为各国政府所重视，不少国家甚至把它列为国库收入的不可缺少部分。

因此，如何指导人们去游山玩水，提高欣赏山水的能力与水平，如何观察风俗民情等社会面貌，怎样结合科学考察去游山玩水，都成为今日精神文明建设中一件颇为必要的事了。

提到游山玩水，人们往往以羡慕的语气向地质或地理工作者问道：“你们的职业为你们创造了游山玩水的有利条件，跑过不少名山大川吧？”从表面看，地质或地理工作者有较多的时间和条件跟大自然打交道，能接触到许多山水风景。但从本质上讲，他们更多地是注视着路途上的地质、地理现象及其特点，盘算着在科学或经济意义上有什么发现。因此，纵使是千峰竞秀、万壑争流的绝处佳境擦身而过，

也往往无意流连而让它过去了。

二、地质旅行并非游山玩水

对于研究或考查地质、地理、生物、水利或其他科学目的的“游山玩水”，严格地说，并非人们常说的旅游。特别是对地质工作者的野外旅行来说，则另有其称呼，名之曰“地质旅行”。说得清楚一些，就是以旅行手段进行地质考察的一项业务性活动。

当然，以地质旅行方式考查地质时，不可能对山水地质的特征了解得十分详尽，但是很有必要。比如说，一位即使很有经验的地质学家，初到某地，在缺乏任何地质资料情况下要开展工作，也必须先作一次走马观花式的旅行，熟悉一下那里的地势起伏、山川分布、岩石露头、植被覆盖、气候特点乃至当地的经济情况、交通条件等等，这是为下一步怎样开展调研工作进行物质和思想准备所必需的。

或者，一位野外工作时间较短的年青地质工作者，初到一处，虽有现成的大量地质资料可以帮助他了解本地的地质情况，但他毕竟是“新兵上阵”，对前人的工作成果首先要有一个“消化”过程，最好的消化方法就是亲身实践，获得感性认识，而这个开始阶段的实践工作，也颇带有地质旅行的意思。

还有一种情况，更是经常遇到的，许多地质工作者可能由于职业的缘故，每到一地，见有山岩，总喜欢敲打一番，习惯地拿出放大镜，观察一下这里的地质标本，探索此间的地层年代、含矿情况、化石面貌、构造格架之类，说不定会有所发现，乘兴而归。这种“游山玩水”的工作方法，也可以说是地质旅行吧！也许是一种传统，凡是碰到地质工作者聚会——比如业务会议以后，往往挤出半天或一天的时间到附近看看山容水貌，概略地了解一些地质情况，这样的“游山玩水”通常也被称为地质旅行。因为这种旅行并不是单纯地出于雅兴或好奇，而是地质工作者联系自

己的专业、随时随地增进自己见识的一种好机会。

对于地质院校的学生，到野外作教学实习，由教师领着观察各种地质现象，听讲解、作记录、画素描、采标本，沿着事先选定的路线行进，这实际上也是一种地质旅行。这些实践活动，可以培养广大学生对地质科学的兴趣。

与此类似，老师们率领中学生开展地学夏令营活动，到野外去，边走边讲，引导青少年初步了解若干地质矿产知识。这样的路线踏勘，寓科学于旅游之中，也是一种地质旅行。

由此看来，地质旅行不同于观光赏景、接触民俗、选购土产、写作游记之类的一般旅游，而是具有学习专业知识性质的科学旅游。

三、地质旅行并非地质普查和勘探

正式的野外地质工作（即矿产地质勘查），一般分为两个阶段，前期是在一定的范围之内作初步的地质调查研究，简称普查。它的任务是根据规章在地质调查基础上，达到某种目的，比如找寻矿产、发现地下水或确定构造部位（特别是勘探石油所需要的）的线索，为下一步工作做好准备，以便有的放矢。后期的工作，是在选定某个有意义的矿产地后，深入进行地质工作，通过打钻、挖槽，揭示矿体（或其他项目）的形态、范围、含矿性等等，为正式开采矿体提供可靠的资料依据，这一阶段的工作，简称为勘探。所以普查和勘探是正式野外地质工作的两个既有区别、又有联系的重要步骤，每一位地质工作者都必须掌握。

一般来说，地质旅行达不到普查或勘探的预期效果，这是因为地质旅行最多只能在某地穿越一条或几条交通方便的路线，所获得的材料只限于“线的概念”，而且它又不是按正规的路线、地质的规范进行工作，所以，旅行所至，只能得出些简单的认识。也就是说，地质旅行代替不了地质普查，更代替不了地质勘探。

不过，话得说回来，地质旅行往往有启发性作用，通过偶然性，揭示地质特点的必然性。由于地质旅行机动灵活，工作富有探索性，偶有发现，能以小见大，由此及彼，具有举一反三的效果。所以，正式的地质普查或勘探工作开展之前，对于地质旅行中获得的地质资料也不能忽视。比如在许多人迹罕至、交通不便、生活艰苦的沙漠、高山、草原地区，不可能在一开始就动员庞大的队伍投入工作，只能先派小组或小分队，带上必要的交通工具和生活资料，像探险队那样地不按规范穿越一条或几条路线，为开垦地质的处女地而搜索前进。这样的地质旅行，正是正式地质工作大规模开展之前的必要步骤。

四、地质旅行与地学研究的关系

古人有所谓“仗剑去国，辞亲远游”，说的是在旅游中学习各种知识，提高自己的创作水平或专题研究的能力，并称之为“游学”。推而广之，地质旅行与学术研究也有着密切的关系。

当然，在近代地质学尚未问世的时候，有意识地作地质旅行的学者是不存在的，不过，在他们“宦游”或“游学”的过程中，搜集到有关地质科学的一鳞半爪，并进而予以记叙或论述的事例则是常见的。也许可以这样认为：这些古代学者的片言只语，也算是地质旅行的萌芽吧！

现在，让我们举几个主要的例子作为借鉴。

酈道元（466 或472 ? —527 ），河北涿州人，幼年时，随着做官的父亲来到山东，从小酷爱大自然，年长以后，特别留心于河道沟渠的分布和通塞情况的考察。做官以后，游历的地方更多了，仍不断注意观察各地的地理、水文情况，收集了大量实际资料，终于写成名著《水经注》。书中不仅纠正了以往有关我国河道发源、流向、流域等的错误记载，而且涉及到了许多有关地质学的问题。

例如《（ㄣ + 上晶下系）水注》中描述平城（今山西大同）西南的火山和温泉

等自然景观时写道：“火山西溪水，导源火山，西北流。山上有火井，南北六七十步，广减尺许。源深不见底，炎热上升，常若微雷发响。以草爨之，则烟腾火发。……伙井东五六尺（1尺=0.3333米，全书同），又有汤井，广轮与火井相状，热势又同。以草内之，则不燃，皆沾濡露结，故俗以汤井为目。……井北百余步，有东西谷，广十许步。南崖下有风穴，厥大容人，其深不测，而穴中肃肃，常有微风，虽三伏盛暑，犹须袈袈，寒吹凌人，不可暂停。”

如果把这段文字当作地质旅行的记录来读，亦未尝不可也。现在，虽然当地火山已经熄灭，但当地留下15座火山锥地貌，孤立突兀于平原之上，全由玄武岩构成，属内蒙古高原火山区边缘部分。由此帮助我们了解了1400多年以前晋北地区的火山活动及其地貌特征，是研究我国境内火山活动的难得文献。

在同一文中，郦道元还提到“山有石炭，火之，热同樵炭也”。可见，大同煤矿在当时已经发现，或许早被人们开采利用了。

《水经注》里还有化石产地的记载：“石燕山（今湖南祁阳）有石蚶而状燕，因以山名。其石或大或小，若母子焉。及雷风相薄，则石燕群飞，颀颀如真燕矣！”在这段文字中，记载的腕足动物化石——石燕的产地是正确的。湘中泥盆纪地层广泛发育，所含石燕化石甚多。不过，他所说的石燕遇雷风而飞，则不可信，大概是岩层露头久经风化以后，当雷雨大作时，狂风卷过，将石燕吹落下来的形象描述。

至于郦道元对长江三峡、黄河三门峡的描述，不仅地貌形态逼真，而且文字优美动人，不失为地质旅行实录之华章。

沈括（1031—1095），钱塘（今杭州市）人，生于封建官僚家庭中，精通数学、物理、天文、地质、医学、气象等多门类自然科学，对问题的思考具有非凡的天才，取得了辉煌的成果。自23岁起，就开始做官，积极参与王安石的新政活动，经常出京到各地查访新政推行的情况；出使过辽国，担任谈判边界问题的代表；还担任过抗击西夏入侵的军事指挥官。直到1088年，57岁时退出仕途，来到京口（今江苏镇

江），购置梦溪园定居，晚年专心从事著述，完成《梦溪笔谈》，书中整理出昔日见闻，记载了许多极有科学价值的资料，其中颇有相当篇幅是地质学方面的记述，具有地质旅行情趣。英国的科学史家李约瑟教授把《梦溪笔谈》誉为“中国科学史的坐标”。

例如1070年，他在察访浙东时，游览雁荡山后记载：“诸峰皆峭拔险怪，上耸千尺，穹崖巨谷不类他山。”他认为这种地貌特征是由于山谷受大水冲击，沙土尽去，导致巨石岿然挺立。如大龙湫、小龙湫、水帘、初月谷等均是水凿之穴。沈括根据对山底和山顶两个方面的认真考察，断定雁荡山奇峰峭壁的形成是由于流水侵蚀冲刷所致。这一卓越的见解，比欧洲人最先提出流水侵蚀地貌的见解要早600年。至今在雁荡山龙鼻洞壁上还留有沈括亲笔题名的石刻。

公元1080年前后，沈括任陕西（鹿_β）延经略安抚使，带兵抗击西夏，驻扎在延州永宁关（今延川县东南35千米）。一天，他在黄河岸边深数十尺的土中“得竹笋一林，凡数百，茎干相连，悉化为石”。于是他联想到西北地区气候干燥，气温寒冷，以致“延郡素无竹”，进而提出疑问，并试图解释说：“此入地数十尺土下，不知其何代物，无乃旷古以前，地卑气湿而宜竹耶？”今已证实，沈括在文章中所说的竹笋化石属三叠纪的新芦木。他由此而推论的古地理与古气候特点，完全正确。据尹赞勋《我国古生物学之根苗》中的研究，沈括的见解较之欧洲最早的同类见解的提出者达·芬奇要早400年之多。

另外，他在公元1064—1067年间，还记载了泽州（今山西晋城）人家穿井时掘得一物“蜿蜒如龙蛇状，畏之不敢触。久之，见不动，试扑之，乃石也”。他又根据“鳞甲皆如生物”，于是推断“盖蛇蜃所化，如石蟹之类”。这里的蛇蜃化石可能是鳞木，因为目前所见到的蛇类化石仅能保存其骨骼，蛇皮柔软而易腐，是不大可能成为化石的。所以这则记录实际上是鳞木化石的最早报道，也符合当地的地质条件。

沈括在《梦溪笔谈》中还提到：“（鹿_β）延境内有石油（石油这一名词，即

由沈括最先提出），旧说高奴县出脂水，即此也。出于水际，沙石与泉水相杂，惘惘而出。土人以雉尾裹之，乃采入缶中，颇似淳漆，燃之如麻，但烟甚浓，所熏幄幕皆黑。余疑其烟可用，试扫其煤以为墨，墨光如漆，松墨不及也。遂大为之，其识文，为延州石液者是也。此物后必大行于世，自余始之。盖石油至多，生于地中无穷，不若松木有时而竭。”他还兴奋地赋诗云：c0c1二郎山下雪纷纷，旋卓穹庐学塞人。

化尽素衣冬未老，石烟多似洛阳尘。c0c2他还提到江西铅山的山涧流水中含有胆矾，可以炼铜，这些记录，都符合当地的地质情况，对后来的找矿提供了可贵的线索。现已证实，陕北内蒙陇东地区，是一个规模不小的油田。

像沈括这样的科学家，不但学识渊博，著述丰富，尤其可贵的是治学重视实地考察与认真推论。虽一生从宦，行程万里，在处理繁重的政治和军事事务以后，凡旅行所至，对于地理、地质、物候、动植物生态之类都极为留心，作了详细的记录，为我们作地质旅行记录提供了很好的借鉴。

我国古代的地学家中，还应提到徐宏祖（1586—1641），又名徐霞客，江苏江阴人，自幼好学深思，博览群书，对于舆地志和山海图经之类尤感兴趣。他曾说：“丈夫当朝碧海而暮苍梧，岂以一隅自限耶？”立志要“问奇于名山大川”。1608年，22岁时，在母亲的支持下，离乡背井，遍游海内，历时34载，5次遇盗，4次绝粮，从未稍移其志，以探索大自然奥秘为毕生快事。最后写出了地学名著《徐霞客游记》。

在这部著作中，徐霞客论述了山水地质的许多道理，例如他对我国西南石灰岩地区的岩溶（喀斯特）现象的观察与理解都十分符合科学论证。文中所说的“诸峰分峙迭出，离立献奇”，“乱峰尖叠，什石为伍”，“独秀四削天柱”，“碧莲玉笋世界”，“千山百为群，离合竞变，有分三歧者，东歧大而高，中次之，西歧特锐，细长如竹枝，诡态尤甚。有耸立群峰间，卓如簪笔者”都是叙述石灰岩地区峰林地貌的绝妙词句，也很合实际。

又如他注意到石灰岩区与非石灰岩区山麓堆积物的差异时说：“自柳郡（今柳州）西北两岸山土石间出，土山迤邐间，忽石峰数十，挺立成队，所异阳朔桂林者，彼四顾石峰，不受寸土，此则如锥处囊中，尤觉有脱颖异。”他在描述石灰岩的落水洞及溶蚀洼地时说：“从岭上东向平行其间多坠壑成窞，小者为罾井，大者为盘窪。”提到暗河时说：“升降土阜，上多回环，中洼如塘如井，俯不见底，水由地行。”“自驮仆陆行至太平，辄知冈陀盘旋，四环中坠，深者为井，浅者为田，上下异穴，彼此共窞，盖他处皆转峡出，必有一泄水门，惟此地明润甚少，水皆从地中透去，窍之直坠者，下陷无底，旁通者则底平可植五稼。”“飞流下捣，不见下流所溢……盖地穴潜通也。”

徐霞客对石灰岩洞穴中的钟乳石和石筍亦作了形象的描述：“洞顶垂石夭矫，交龙舞螭，缤纷不一。”“乳柱花萼，垂垂围簇千万计。”而且对其成因提出解释：“崖间有悬虬枝，为水所淋漓者，其外皆结肤为石，盖石膏日久凝胎而成。”

徐霞客还对岩溶的术语提出厘正，如石峰为峰林，圆洼地称环窪，落水洞称罾井，天然桥称石梁等。其中“峰林”（热带岩溶山峰）一词，不但现今国内广泛使用，在国际岩溶研究中亦广泛使用。例如牛津大学斯维汀博士在1993年的学术论文中还提到徐霞客的贡献。

徐霞客对石灰岩区的地貌、地质特点的研究是最早的。他的著作是世界上第一部广泛而系统地探索和记载岩溶地貌的科学文献，欧洲人对石灰岩地貌进行广泛的考察始于公元1774年的爱士培尔，最早对石灰岩地貌进行系统分类的是公元1858年的罗曼，比之徐霞客要晚二三百年。

徐霞客在旅途中对水文学的研究也有独到之处，比如自《禹贡》以来有“岷山导江”之说。当他看到黄河的发源地在昆仑山之北的星宿海，河流如带，其宽度不及长江的 $\frac{1}{3}$ ；而长江江面宽阔，流量很大，于是产生了为什么黄河流长而长江流短的疑问，欲穷其秘，亲自踏勘，终于查清金沙江是长江上游的事实，最后写成

《江源考》。

徐霞客在旅途中也注意到火山地质现象，当他到达云南腾冲（当时称腾越）打鹰山时，听说山上有个时时喷冒蒸汽的深潭，30年前发生过一场大火，把山林都烧光了。于是他登上山去观察，记载了火山喷发物——赭红色的浮石，状如蜂房，分量很轻，最后他感叹道：“真劫灰之余也！”腾冲活火山正是17世纪时首次喷发，当时的情景正巧被徐霞客记载下来，十分可贵。

据专家考证，现存的《徐霞客游记》，仅原作的1／6，共40多万字。即使就现存的这些篇幅，也够称得上地学巨著了。无怪乎英国的李约瑟教授说：“他的游记读起来并不像17世纪学者所写的东西，倒像是一位20世纪的野外勘探家所写的考察记录。”

这里介绍了三位有代表性的我国古代科学家的著作，大致可以窥见旅行记录与学术研究之间的关系。其他如司马迁、法显、玄奘等的有关旅游作品中，涉及到不少经济地理、自然地理方面的内容，也有少量地质内容，就不一一细述了。

国外有许多著名的科学家，也都十分注意旅途中的笔记或日记之类。例如达尔文能够写出名著《物种起源》，主要是他参加贝格尔号的环球航行，将其沿途所闻所见，作了忠实的记录（其中有相当一部分也属于地质内容），回国整理以后，深化认识，终于创立了生物进化学说。

其他如早期来华的外国地质学家庞培烈、李希霍芬、维里士等的地质专著，也都是在穿越路线的基础上，将随手的记录内容整理出来的，毋庸详述。

我国老一辈地质学家能够在没有地质资料可供参考的空白地形图上填绘出色彩斑斓的地质图，并写出所经之处的地质处女报告。其基础工作，就包括类似地质旅行或路线观察等内容，只要我们去查阅一下他们的野外工作日记、沿途笔记之类，就可以深受启发。其中最有名的，恐怕要数我国近代地质学的创始人之一丁文江先

生的西南地质调查报告。黄汲清在整理他的遗稿时，发现他的论文仅占他所掌握资料的1／10，这些原始资料，都是他在地质旅行时的实地记录。

有些地质学家，在疗养或休养期间，当围绕着住处周围散步的时候，对那里的山石也不忘细心地观察。例如李四光在大连疗养院附近发现的“莲花状构造”，随手作了记录，成为后来撰写专著的基础资料。这是特殊的地质旅行与学术研究的关系之一例。

还有些地质旅行中的记录可以产生多种“副产品”的学术论文，例如黄汲清在1941—1943年间曾两次到甘肃、新疆进行石油地质普查，但在沿途考察时，除了集中精力观察石油地质问题外，也注意地貌和第四纪地质现象。后来，他把这些附带记录下来的素材写成学术论述《中国新构造运动的几个类型》。

如前所述，地质旅行是地质普查的前导。现在也不妨说，地质旅行也是地学研究的第一步。道理很简单，涓涓细流汇成江河，而最后归入大海。科学上的点滴观察，信手记录，当累积到一定程度时，思考良久，豁然贯通，也许某些成果会勃然产生。所以，地质旅行对于从事地质工作或对地质有兴趣的人来说，无疑是一项十分重要的工作，它是地质科学研究中的首要步骤。

中国读书网

亦凡公益图书馆(shuku.net)

下一章 回目录

第二章 地质旅行的目的与任务

虽然地质旅行不同于地质普查或地质勘探，似乎没有什么“硬任务”的规定，但毕竟它是具有科学意义的专业性旅行，总要联系到一些地质业务问题。因此，对地质旅行提出若干目的和任务，还是很必要的，至少可以使每一个参加地质旅行的人明确自己的目的，有所作为。

依我的理解，其目的与任务应包括下列几个方面。

一、了解沿途地貌特征

凡地质旅行，一般总不会选择在一望无际的大平原上，大多数情况是选择在地势起伏的山川地带进行，因此，首先要遇到的就是比较复杂的地貌问题。

什么是地貌？先从地形谈起。所谓地形，是指地势高低起伏的变化，即地表的形态。诸如山脉、丘陵、河流、湖泊、海滨、沼泽等均归属之。假如以图形表示，也就是用等高线绘制出来的地形图。如果要进一步追究，这里的山岳为什么如此高耸？那里的山丘为什么显得低矮？为什么河流会从这里通过，而且弯弯曲曲？湖泊的边岸为何如此平直？诸如此类的问题，仅仅停留在地形的观察上是解答不了的。而必须进一步研究高山和低山内在的岩石特征和差异，或者研究地质构造有无控制之类；湖岸的平直，是否有巨大的断层通过；河道的弯曲，是否在流域范围内有软硬不同的岩层控制所致。总之，我们研究了地表形态的差异原因或成因以后，才能解答这些问题，这就是地貌的具体内容。所以，地貌是在地形的基础上再深入一步，须探究其前因后果。总之，地貌学乃是研究地形成因的科学（图2.1）。

地形特征是受地质特征控制的，地形起伏，反映出地质的性质。

许多区域地质的特征表明：山脉的走向往往与区域构造线（断层或褶皱轴向）方向大体一致，像我国东半部多见北东方向延伸的山脉即所谓震旦走向，就与构造线的“华夏方向”一致。又如山坡的陡峻或平缓，与岩层的产状有关，如山坡方向与地层倾斜方向一致，常呈缓坡；反之，则呈陡坡。如河北承德的山地风光和南京

的紫金山（图2.2）即为二例。山形的突兀起伏，也反映出岩石性质的差异，如“诸峰分峙迭出，离立献奇”（徐霞客语），“江作青罗带，山如碧玉簪”（韩愈诗）的桂林地形，则系平整的厚层石灰岩地层在热带气候环境中侵蚀所形成；峻拔尖削，紫气生光的林立悬崖削壁，如黄山、雁荡山的山水风光，往往是花岗岩、火山岩类构成之地形。顶平如桌，垅岗逶迤的丘陵，往往是玄武岩组成，并构成特殊的火山景观。山坡突然而止，陡崖如劈，成排的“三角面”山定向延伸，往往是新断层通过之处，即所谓断层崖地貌现象，如昆明的滇池边岸。凡此上述种种地形与地质特征均有密切联系，也是地貌学要研究的内容。

实际上，沿着预定的路线作地质旅行时，最概略的地质情况的了解，往往是从地貌开始的，也可说是由表及里的观察。所以，沿途的地貌观察就成为地质旅行的先行任务。

二、了解沿途地层年代

地层是研究一切地质问题的基础，确定地层的年代是进一步研究当地地质构造、地壳运动、山川的来龙去脉以至矿产形成的过程等的必需步骤，所以在地质旅行时对沿途地层年代的确定是十分重要的。

这里所说的确定地层的年代，是指地层的相对地质年代，即了解各地层之间的先后或新老的次序就行了，不需要同位素地质年代（绝对年龄）的数据。

在野外确定地层的相对年代，基本上应注意以下几项：（1）地层排列的顺序：说来很简单，在正常情况下，即未受或稍受地壳运动影响的地层，位于下者为早（老），位于上者为晚（新），这是尽人皆知的。所以，凡平整或微作倾斜的地层按此原则就易分辨出新老来。但问题是，如遇直立地层，位于左侧、右侧者孰新？又如受到多次地壳运动的影响，以致其原来的上下层序发生紊乱，有时甚至完全搞

颠倒了的地层，又怎样恢复其原先的层序？这样，必得从每一单层岩石的各种特征作综合的详细研究以后才能确定。其具体的判断方法，将在后面第四章“沉积岩地区的地质旅行”中作介绍。

（2）凭地层内所含的化石判断层序：化石是埋藏在地层内的古代生物的遗体、遗骸和遗迹的总称。由于生物在进化的道路上，具有阶段性和不可逆性的特点，所以化石的从原始到高级，从简单到复杂的各种特征，都记录了地质历程的先后关系。根据化石的种类以及它们的进化特点，确定其所在的地层层位，从而了解这些地层形成的年代。所以寻找或采集化石也就成为地质旅行时的重要工作，是确定地层年代的关键手段。

实际上，富有经验的地质工作者在野外寻找化石时，主要是寻找“标准化石”。所谓“标准化石”，主要是指该类化石数量不多、生存时间短暂、分布地域广泛、特征清楚、易于识别鉴定者。例如寒武纪地层中的三叶虫，奥陶纪地层中的笔石，石炭、二叠纪地层中的呢，新生代地层中的哺乳动物化石等等。

（3）注意地层间的接触关系：地层的接触关系反映出地质历程中的地壳运动情况。也就是说，每次地壳运动以后，多多少少总在地层的界面上留下当时运动特征的某些形迹，根据这些形迹的特性可以判断当时地壳变动的激烈或缓和的程度，并借此了解地层在形成过程中有无沉积间断、当时的地壳运动是造山运动还是造陆运动等等。根据这些，联系区域地质情况或邻区的相似情况，大致确定其地层的年代。

（4）观察地层的岩石性质，包括其中的矿物成分、组织结构、颜色等方面，由此间接地推断所遇地层的地质年代，即所谓岩层对比法。也就是将两地或两地以上所遇到过的岩性相同或基本相同的地层进行比较，如甲地的地层已经凭其中所含的化石或其他手段获悉其所属的地质年代，那么乙地某相似地层的年代也许就与甲地的相同了。

(5) 就已知标志层推断未知地层的年代。所谓标志层，往往含有某种丰富的化石，具有特殊岩石性质的地层，容易识别并确定其地质年代，如果这一套岩层层序正常的话，则位于标志层上下的地层年代也就不言自明了。例如山东泰安地区，晚寒武世的“竹叶状灰岩”，长江中下游一带晚石炭世的“球状构造石灰岩”（实际上是一种葛万藻化石），都可列为标志层。

三、了解山川的来龙去脉

当沿途地层的地质年代和地层之间的接触关系搞清楚以后，大体上也可以阐明当地山川的来龙去脉了。

这实质上就是了解山和水的形成年代及其以后的地理面貌的变迁。比如在穿行路线地质时，见到以下几种情况：①从寒武纪到三叠纪各地层的接触关系比较正常，上下层间见不到角度不整合现象；②在一系列地层中，仅见泥盆纪地层属于陆相（在大陆环境里）沉积，其他地层全为海相沉积；③三叠纪以后的侏罗纪地层，是陆相沉积，两者的接触关系，呈明显的不整合，而且侏罗纪以前的诸地展倾斜较陡，大体一致，但侏罗纪地层相当平坦，其底部有一定厚度的砾岩层（图2.3）。

根据上述的基本资料，我们就可以分析这座山脉的基本历史了。从寒武纪到志留纪，当地是海洋环境。志留纪晚期，当地有所抬升（属于造陆运动的性质），出现陆地。所以泥盆纪的地层就在高出海面以上的新生大陆环境中形成，表现出湖沼或河流相的特点。到石炭纪时，地壳发生下沉，海水再度侵进，大陆沦为海洋，一直持续到三叠纪晚期，又形成一套新的海洋中沉积的地层。三叠纪末，当地发生了比较剧烈的地壳运动，不仅使以往的所有岩层都抬升出水面，而且使这些岩层在抬升过程中发生断裂和褶皱，也就是造山运动，形成山脉，海洋环境宣告结束，紧接着在新生的山系上发生风化、侵蚀作用，出现了新的河流、湖泊，造成陆相的侏罗纪地层，掩盖在三叠纪及其以前诸地层（往往构成盆地的基底）之上，不整合接触面即由此而成。再考虑地层倾斜情况，表明此间的山脉在三叠纪末期已初步形成。这里，我们见到了一幅沧桑变迁的画面，即山川的来龙去脉了。

四、了解沿途矿产资源情况

这里所说的矿产资源基本上包括三大类：第一类是不属于地层本身形成的矿产，而属于地下岩浆、热液上升到地壳某个部位，凝结聚集或与周围岩层发生某种化学变化而产生的有用矿物，它们的大多数属于金属矿产。第二类是直接和地层形成有密切关系的，或者说地层本身就是某种矿产，或矿产赋存于地层中，比如白云岩、石灰岩、石英砂岩、铝土页岩、铁矿层、煤层、油气层、磷矿层、石煤层、石膏层等等。第三类是储存于岩层或断裂带中的水资源，也就是剖面上所见的泉水或热泉出露情况及其埋藏特点。旅行时，不仅要注意沿途这些资源的有无问题，而且要粗略地估计资源的数量和质量。

如果旅行路线沿河道、溪涧前进，还应注意河床或河滩上砾石、砂屑沉积中的重矿物赋存的情况，比如金沙、锡砂、钨砂、独居石砂、磁铁矿砂等等混杂其中，随手抓取，肉眼观察，亦有所见。根据这些重砂（矿物）的蛛丝马迹，顺藤摸瓜，沿水道溯源追索，或许会发现其原生矿床的所在地，至少可以缩小找矿的范围。即使对重矿物砂未能及时追寻踪迹，了解其“矿苗”情况，但作好记述，对以后的找矿工作也是有意义的。

最有意思的是金刚石砂，往往以其晶莹耀眼的光芒和坚硬的颗粒为特征，在山坡、山麓、河滩地带夹杂在岩石碎屑或沙泥中暴露出来。特别在雨后放晴之际，最易发现。而且从金刚石砂的线索可以追寻其原生矿体。例如鲁苏交界处长期以来在平丘缓岗的斜坡上往往被群众捡到金刚石砂粒，后来根据地质和地貌特点，探索其原产地，终于在山东蒙阴境内找到原生的金刚石矿床。

黄金也是极易识别的矿种，例如1984年7月间，湖南省会同县有群众偶然看见一块大石头上发出点点金光，走近一看，果然是金屑，其中最大的一片竟有手指头那么粗，这块含金的石头嵌生在褐铁矿化的石英脉中。消息传开，山沟里沸腾了，几天之内，聚集了千余人淘金。后经地质队专题调研，这些金子是生产在十几亿年

前的变质岩系中。后来由国家管理开采。

了解沿途的矿产资源概貌以后，可以为进一步勘探提出计划，甚至对此间的经济建设问题提出初步设想。

五、注意生物和人类的活动与矿床的关系

由于构成地壳的各类岩石的元素分布并不是均匀的，各地岩石风化以后剥落下来的碎屑，散布到土层中，使土层中的元素也不均匀，例如花岗岩区的土壤多含钾、铷、铯、锂、钡；闪长岩、粗面岩、辉长岩区则多含铁、钛、钒；玄武岩、橄榄岩区则多含铬、镍、钴和镁等元素。因此，生长在那里的动物和植物，在它们器官的某些部分，甚至某些种类的特殊性上都有明显的特点。若是某些元素聚集而变成矿床的话，生物的特殊性更加清楚，成为找矿的指示。最有意思的例子就是海州香薷，俗名铜草（图2.4）。它最欢喜生长在含铜元素较高的地表或碎石堆上，几乎满山遍野，随手可摘。尤其是它散发出一股异常的“铜臭”气味，行人到此，莫不惊异，环顾四周，随“香”觅物而认识它。因而，铜草便成为天然的“报矿”草了。

有些山区居民，往往有某种地方性疾病，患者痛苦不堪。多数是因为那里的饮水中缺乏某种元素，或过分集中某种元素之故。如作进一步了解，往往反映了这些地区有某种矿床埋藏的可能性。例如某地有一山村，居民面黄肌瘦，体弱多病，贫血症十分普遍。后经地质队协同环境保护部门深入调查研究，才发现这里的山村居民长期以来饮用村边一条小溪中的流水，而这条溪流正好流经铜矿区，不健康的原因即由此而来。这条不经意的线索，为后来找到一处储量可观的铜矿提供了重要的信息。

又如龋齿病，或者称为“斑釉齿病”，就是患者的牙齿上出现白色、黄褐色、黑褐色的斑点或斑块。意大利维苏威火山附近的居民很早就发现他们的牙齿有此病症，印度的马得拉斯、日本、美国、北非等地也发现类似的病症，经调查，原来这些地方居民的饮用水（天然水）中含有过量的氟，而氟的来源，又与当地火山喷发

有关的岩石或矿物中的成分有关。再如有的农田，由于含有铅、镉的水流进入，而使稻秧枯黄致死，由此线索，可以寻找附近的铅、镉矿床。

提到镉元素，前些时候曾报道福建邵武水北镇高阳村是远近闻名的女儿村，这个距离市区23千米的小山村里，共有22户人家，40多年来共出生婴孩136人，其中女婴占125名，男婴仅11名，比例为1：11.4。后来查明，当地的饮用水中含有过量的镉，它对男子的精子有不利的影 响，所以出生的婴儿中男女比例失调。

此类实例颇多，不胜枚举，这一课题，是当前环境地质研究的重点，我们在野外旅行时不得不予以注意。

六、了解沿途经济地理与地质的关系

主要是通过沿途所见的农作物、居民聚落、道路等的布局情况察看当地的地质特点。这是因为在水质与土质上的反映颇为敏感，由此指示地质特点。比如在北方比较干旱的地区作地质旅行时，当发现村落比较集中，农作物长势良好的地方，多半有大量泉水流过，由此可以进一步调查当地的水文地质条件。笔者在山西汾河谷地旅行时，曾见到太原晋祠附近和洪洞县广胜寺一带颇似江南的景观，农田齐整，一片葱绿，屋舍毗连，流泉潺潺。原来两地各有一股流量不小的泉水从山洞中流出，当你进一步临近洞口查看时，便会明白原来这里正是早奥陶世与中石炭世石灰岩地层间的不整合面，再加上断裂的错动，形成一条规模较大的断裂带，周围岩溶空隙中的储水，就大量往断裂带所在处集中，乘虚涌出地面了。

又如在江南一些大河谷地区旅行时，但见一片紫红色的丘陵地形，起伏连绵，而生长在坡地上的农作物长势不佳，惟见稀疏的松树错落其间，也很少见到较大的村落分布。一路行来，“红尘”滚滚，尾随其后。虽然见不到坚硬的岩石露头，但有经验的地质工作者，十之八九可以猜测到所经之处乃属白垩纪晚期至早第三纪早期的“红层”，即砂砾岩夹泥岩的地层。

通过经济地理特点来观察地质现象，最适宜于长途地质旅行，比如坐汽车或火车。

七，了解风景名胜与地质的关系

这一点，实际上是地质旅行中最为经常接触的课题，有人将研究这类问题称之为“山水地质”。这是因为风景名胜地点，必有山水之美，究其缘由，自然与当地的地质特点有密不可分的联系。

比如厚层石灰岩发育的地方，由于含有碳酸的水溶液沿着岩石的缝隙渗透溶蚀，久而久之，造成奇峰林立、涡洞相通的岩溶地貌，俨若一幅碧莲玉笋图像。而花岗岩、火山岩地区，由于岩性坚硬，不易溶蚀。而断层、节理在此出现以后，刀劈斧削的悬崖随处皆是，造成险峰拔地千尺、深渊坠谷万丈的景观。再如湖南张家界国家森林公园地区，由于当地泥盆纪的砂岩与页岩地层相当平整，垂直节理十分发育，把砂页岩层切割成大小不同的块体，再经流水、雨水、霜冻等的雕琢之后，出现了神奇的峻峭峰林、奥秘的深邃幽谷、清澈的流泉飞瀑，还有石炭二叠纪和三叠纪的石灰岩，构成奇巧的岩溶洞府。完好的自然生态环境和人迹罕到的原始次森林组成一幅又一幅天然画图，游人到此，莫不称奇赞叹。至于烟波浩森、浮动乾坤的大湖或海滨，则可追寻湖泊之成因、海岸之由来。这些往往也是地质学家作专题研究的好材料。

如有机会坐着轮船沿江河作长途旅行，若穿越于“重岩叠嶂，隐天蔽日”的峡谷地带，或航行于急流飞漱、悬泉奔泻的险滩上，此乃地质近期的上升区，或许有背斜构造被河流切穿；若在迂回水道中前进，曲流两岸，旷达开阔，偶有平丘缓岗，伏地蜿蜒，一眼望去，“野旷天低树”，“月涌大江流”，说明已进入河流的下游地段，冲积的泥沙十分发育，则应属地质近期的下降区，至于那些大片分布着页岩、泥岩、千枚岩、片岩等软弱岩性的地区，因极易风化侵蚀，仅见低山起伏，平畴相间，平淡无奇，便谈不上什么景致了。

在查勘山水地质新地点的同时，应该注意到能否开辟作旅游区的可能性。例如1983年在南京郊县六合桂子山开挖石方时，在一座不出名的玄武岩小山坡上暴露出比较罕见的火山石柱林，颇为壮观，前往参观者络绎不绝（图2.5）。尤其对研究火山地质，更有价值。于是当地政府企图在此兴办旅游事业，而一般不懂地质的群众看过石柱林风光以后，反映并不强烈，于是又邀请几位地质学家前往进一步调查，发现当地遍布含有玛瑙的砂砾石地层，不远处还有一座规模颇大的水库，鱼产丰富。这样，不仅湖光山色，引人入胜；而且美味鱼餐也逗人喜爱；再加上毗邻处尚有一座保存完整的火山口遗址，更是地质学家向往之地。如此数点联系在一起，不就可以建成一座富有科学意义的火山地质公园了吗？

八、从文物考古资料了解地质事件

文物考古资料在我国极为丰富，遗憾的是很少被地质学家利用研究地质事件。当地质旅行时，应予注意。

例如我国西北黄土高原地区，在相对高度数十米的阶地上，经常发现若干新石器时代或稍迟一些的村落遗址，似乎颇不符合自然条件，因为一般而论，居民点总选择在傍水地方，方便生活。由此，可以猜想到：当初先民们的村落所在地不像今日所见的那么高，而是位于高出河水面10米、20米之间，所以目前村落遗址的高度，可能是由于数千年来当地地壳抬升的缘故。

另一种相反的例子，在野外经常见到一些沉没于湖泊或河流、海滨水下的古村落、古墓葬。想当初建造时，不可能埋没于水下，值得进一步调查其原因。如无人工建设方面的影响，例如筑水库之类，那么就可以考虑地质沉陷的因素了。如淮河南下游的泗洲城遗址（在今江苏泗洪县管辖的洪泽湖边岸及水下），明代时完全位于陆上，其城北有规模宏伟的明祖陵（朱元璋祖父的陵墓），而如今不仅整个泗洲城淹没于水中，连当年位于高地上的明祖陵也半淹于水中。600年来，为何出现如此巨变？虽有可能受到历史上的淮河洪水暴涨、改变流路、水流受堵的影响，但也不能不考虑地壳的沉降原因。类似的情况，在太湖沿岸，钱塘江口附近也有所见。

此外，如一些石碑、宝塔、古建筑，由于历史上的某些地震，使之发生开裂，壁面上的文字或佛像图案（图2.6）等发生错位，对于地质工作者来说，是一项难得的资料。由此可以了解到当地以往发生地震的烈度。或者在某些古墓内的供桌上所摆设的器皿被地震震落在地，甚至土石堆砌的供桌发生开裂或崩坍一角，断裂方向与当地地质构造线一致，由此证明，这条构造线在人类历史时期尚有重新活动的迹象，属于新构造运动的性质，应该特别注意。因为这些材料对于当地的建筑设施十分有用，尤其是工程设计者所不能忽视的。因此，近年来有所谓“地震考古研究”之说。我国是具有几千年历史记载和文物佐证的文明古国，这些素材意义之重大，可想而知。

有时，在旅游过程中，也能收集到有意义的地质资料，例如江苏镇江金山寺西侧石壁上有一块古代金山图的石刻，明显地表示出金山原是长江中的小岛，清代道光年间以前，均需横渡上金山。早在宋代，苏东坡作《游金山寺》诗有云：“羁愁畏晚寻归楫，”可为佐证。旧戏中有所谓“水漫金山”的传说，也是符合当时的地理特点。后来，由于长江的摆移淤积，自清代道光以后，金山就与陆岸相连，变成“骑驴上金山”了。于此一方石刻图，岂不是帮助我们了解到近代长江的变迁？

又比如民间故事广泛流传的“梁红玉击鼓抗金兵”的故事，公元1130年春天，韩世忠指挥水兵自镇江金山溯江乘胜追击金兵，把几万金兵包围在黄天荡，取得大胜。这黄天荡现今已不存在，地理学家与历史学家合作研究，终于考查出古黄天荡位置位于南京市郊区的栖霞山与龙潭之间的长江河漫滩上。由此了解到1000多年来长江水流的变迁，对现今的沿江开发设计颇有价值。

综上所述，地质旅行中的观察任务是多方面的，但并非在每一条旅行路线上都能够如数实现，只能说根据所经地方的具体情况决定其观察任务。至于其目的，只能归纳为一个，就是为地质调查工作提出必要的建议，最终为国民经济建设服务。

亦凡公益图书馆(shuku.net)

下一章 回目录

第三章 地质旅行的准备与方法

一、地质旅行的准备工作

既然我们的地质旅行带有一定的任务，那么，欲达到预定目标，做好充分的准备工作，是十分必要的。

1. 文献资料阅读有目的地查阅将要登程路线上的有关文献资料，了解前人的工作成果、具体的行程、遇到的问题，特别是地质方面的资料，然后再根据自己的打算，订出可行的方案，避免走“弯路”，使地质旅行收到事半功倍的效果。

目前，全国性的1：20万比例尺区域地质调查在很多地方已经结束，相应的调查报告及地质图件也已陆续出版，为我们阅读文献提供了有利条件。

对小范围的地质旅行来说，许多区域性的综合报告，或专题调查报告、学术论文甚至科普文章都可以搜集阅读。

除此以外，我认为凡旅途将要经过地区的地方志、古籍记载乃至游记之类也可以顺便浏览。因为在这些非专业性的文字中，往往有与地质有关的记载，如哪里采过矿，哪里发生过地震等，如能继续追寻踪迹，也将会获得某种成果。

特别是我国，世界文明古国之一，我们的祖先在与自然斗争中，积累了丰富的

经验，其中不乏与地质科学有关的记载，常见的地名之类，往往就能反映出古人在那里开采过什么矿。

例如湖北大冶铁山，果然名不虚传，整座山都是高品位的铁矿石。1952年以后，从铁山开始，经过大力勘探，在地下发现了更大的铁矿，为武汉钢铁公司提供了数以千万吨的铁矿原料。

以铜字命名的地名更多，如江西德兴铜厂、安徽铜陵铜官山、湖北大冶铜录山、山西中条山铜矿峪、南京附近的铜井与铜山等等。这些地方，确实都是铜的产地，并且自古以来就已开采，但由于古代采矿技术与打洞条件的限制，往往只能开采表面露头下不深的小部分铜矿，无法向地下纵深处延伸。现在，我们已在这些古老铜矿或废弃不开采的老铜矿基础上，经过进一步地质勘探，扩大了它们的储藏量或矿区的范围，取得了很高的经济效益。在这些铜字命名的地方，如今已建立了规模可观的铜矿山。

有些地名，非铜非铁，却有其他金属字眼，例如甘肃白银市，原名白银厂，50年代勘探发现，当地是一处颇有规模的黄铁矿型铜矿。老百姓为何称之为白银而非铜呢？原来，这种类型的铜矿床表面确实存在一些银矿。又比如祁连山地区的一些铜矿，一般每吨也含有几克银、几十克银，甚至几百克不等，当达到100 克以上，够银矿的工业品位，就成为银矿山了。也许最早是从这种黄铁矿型的铜矿表面先认识银，名称就这样叫起来了。

湖南新化锡矿山，也是以矿命名的地方，早在明代洪武元年（1368年），当地居民就发现了矿，由于他们还不认识锑，而且锑与锡的外貌特征又很像，于是叫起锡矿山了。直到近代，经地质学家纠正，才知道这里是世界上储藏锑矿最丰富的矿山，素有“世界锑都”之称，但旧有的锡矿山之名却留下了。

当我们注意这些老矿区遗址时，往往还能看到古代开采的痕迹，如冶炼以后丢弃的炉渣、废弃的矿石堆。古人冶炼技术不高，含矿量稍低的矿石都无法提取干净。

用现代科学技术水平看，这些废渣、废石堆身上往往还能发现“高品位”的矿石呢！例如前文提到过的江西德兴的斑岩铜矿，开采历史恐怕已经有1000多年了，而山坡上的老矿洞有好几处，“废渣”、“废石堆”上到处都能捡到有用的矿石。从1954年开始，地质队在这里工作，连续几年的勘探，终于探明这是一处大型的铜矿山，现在已成为我国重要的铜矿基地。

就拿德兴来说，当地不仅可见“废渣”、“废石堆”之类的自然证据，而且当地的县志上还有详细的记载：唐、宋以来就有人在此采铜和冶炼硫磺的记录。德兴铜厂祝家的《祝氏宗谱》也有记载云：“明成化年间（1465—1487）采铜颇盛”之语。清代人顾祖禹所作的《读史方輿纪要》中也记述：“铜山（即铜厂）在德兴东北三十里（1里=500米），唐置铜场处。山麓有胆泉（硫酸铜的水溶液），亦曰铜泉，土人汲以浸染，数日，辄类朽木，刮其屑煅炼成铜。”如果用现代科技语言将这段文字加以解释，就是说，乡民们用硫酸铜溶液浸铁而刮取铜粉的方法来炼铜。实质上是应用简单的化学置换方法提取铜。

又如，北京附近，有一个地质队在那里找寻铁矿，辛辛苦苦地找了好几年，而且动用了钻机，结果还是没有找到像样的矿体，领导决定撤离，另找地方。而有些地质队员仔细地研究了当地的地质条件，认为还有希望，只是因为打钻的部位没有选准。正在踌躇之际，他们想到古籍，于是找来当地县志及其他有关的古书，详细地翻阅了资料，最后认为，应把钻机搬到“古矿区”去，果然在地下深处打出优质厚层的矿体，找到了新的矿体，由此地质队又安定下来，扎寨勘探。

由此启发，翻阅古书整理出找矿线索是完全可能的。例如战国时代成书的《管子·地数》篇中有“出铜之山四百六十七”，也就是说，在我国东半部，当时已经开采铜矿的山已达467个了，可能有人认为夸大不可信，但进一步想想，殷周时代，我国的青铜器十分发达，数量特多，质量亦佳，从武器到日常用品，无不取材于铜，可见铜矿的开采当时已经很普遍了。考古学家如果能真正考查出这467个铜产地的

具体地点，再结合地质调查，该能做出多大的贡献啊！

另一本也是战国时期成书的《山海经》中，亦记载了600 多处出产80余种矿物、岩石或矿石的产地，无疑也是值得好妹研究的。

甚至在吟咏古代诗词时，也会给我们启发，例如唐代刘禹锡（772 —842 ）被贬到湖南时写的《浪淘沙》之六云：coc1日照澄洲江雾开，淘金女伴满江隈。

美人首饰王侯印，尽是沙中浪底来。coc2在这首小诗中，他指出沙金最容易聚集的地方是在澄洲（指江心小洲）和江隈（指江流的弯曲处）两处，这里是淘金最合适的地方。现已查明，常德附近的沅水中确实产有沙金，前已提及，湘西会同县发现金矿的地方正是处在沅水上游，可见此诗是写实的，是有科学意义的。如果说，地质工作者事先不知常德产沙金，偶然读到《浪淘沙》，岂不是启发我们去找金矿吗？

再如清代康熙皇帝游南京燕子矶有诗云：coc1锺江当时此矶雄，振翼翩跹俨若飞。

此际涨沙成沃土，春来惟见麦菲菲。coc2在诗中，写出了“矶”的地貌特点，又写出了长江淤积形成河漫滩的经过。后来，乾隆皇帝游燕子矶留下的诗篇中，更细致地刻画出这里的地貌特点：coc1当年闻说绕江澜，撼地洪涛足下看。

却喜涨沙成绿野，烟村相凿久相安。coc2于此可见，200 年前的燕子矶是三面环水、一面接陆的滨江小丘；而如今已变为三面接陆、一面临水了。读此七绝，抚今追昔，沧桑变迁，可见一斑。

至于晚唐诗人皇甫松的《浪淘沙》：“宿鹭眠鸥非旧浦，去年沙嘴是江心。”说出了江流对沙洲的破坏和堆积作用的迅速变化，在短短的一年间，河流的地质作用，使当地的地理面貌发生巨变。

再如位于江苏东北角的连云港市的地质演变，也可在古籍中找到，《山海经》与《水经注》都提到郁州（今连云港市的新浦）在海上。沈括在《梦溪笔谈》中提到连云港市西侧东海县境内的羽山：“尧殛鲧于羽山，旧说在东海中，今乃在平陆。”而羽山之东的云台山，当时苏东坡（1037—1101）作游览诗所提的则在海上：coc1郁郁苍梧海上山，蓬莱方丈有无间。

旧闻草木皆仙药，欲弃妻孥守市寰。coc2甚至明代吴承恩（1510？—1582？）写《西游记》时提到的花果山（云台山脉的一部分）也还在海上，他写道：“东胜神州海外有一国土，名曰傲来国，国近大海，海中有一名山，唤为花果山。”但由于黄河淤积和改道，到了清康熙五十年，花果山才脱离黄海，与大陆相接。

仅从上述这些不完全的古代诗歌、文献的摘录中不难看出，自东海县东延至连云港的50多千米距离内，3000年间，大陆逐步东移，昔日的“海上仙山”逐渐向大陆靠拢。这样，给我们提出了地理变迁的研究课题——是黄淮平原淤积的结果还是上升的结果，或者两者兼而有之？当我们亲临其境考察地质时，有针对性地寻找地质证据，岂非收效更佳？

我在这里举这些文字作品的例子，无非说明在我国大量的古代文献中，有许多资料对我们研究地质、地理问题，为我们提供地质旅行的依据具有十分重要的参考价值。

2. 图件准备作为地质旅行应用的图件，最主要的就是地形图。根据旅行者的不同要求，选择合适的地形图，随身携带，以便随时观看。最普通的就是1：50000的。如需在短距离内观察剖面，则可选1：10000的地形图。

在收集地形图时，还可注意不同年代测绘的（最好是同一比例尺的）图件，往往可以发现一些地形变化情况，特别是河流下游地段，变化十分惊人，由此可以进一步研究变迁的原因是否具有地质意义。例如南京的栖霞山至镇江间的长江河道与

两岸地形的变化，近二三十年来非常明显，比较各年份的航空照片或测绘的地形图都很容易看得出来。

其次是地质图，有条件的话，也可以根据不同需要选择不同比例尺的地质图——地层划分的精细程度有所差异。

第三类是地质剖面图，包括实测剖面、信手剖面（示意性的）（图3.1）等图件。一般说来，这类图件都是比较精细的，最适合路线穿行时应用，可以按图踏勘，对照观察。

如果上述三种图件都具备的话，作为教学实习或参观性的地质旅行基本上可以满足需要了。

此外，还可以收集一些补充性的图件，例如某一观察点的地质素描图（图3.2）或照片之类。这些图片，针对性强，如构造特点、地层接触关系，化石埋藏情况，岩石构造面貌，由地貌反映出来的地质特征、矿体埋藏与围岩的关系，火成岩脉的相互穿插关系，火山作用留下的遗迹以及其他等等。这类图件或照片可以

更清楚地了解某种地质现象，具有专题研究的功用。描绘得精彩的野外地质素描图，有时比照片更清楚，甚至更富有实用价值。

如果作大面积的区域性地质旅行，还应该收集航空照片、卫星照片之类。这是遥感地质的一部分内容，例如分析区域地质构造特点，利用此类照片往往比看地形图或小比例尺地质图能收到更好的效果。特别是要到前人未曾工作过的空白地区，或者是地形复杂、交通困难的高山或沙漠地区旅行，在出发之前，事先分析一下航空照片或卫星照片，然后根据预定目标选择旅行路线，收效肯定较大。例如在勘探塔里木盆地石油之前，先从卫星照片上判读沙漠地形、干涸沙道、可能出现泉水地点以及含油构造区等，然后选择路线，计划交通及后勤装备；基本定妥以后，人员才大举进军。

一般非专业人员当然不可能做到收集如上述的各种图件，但至少应有一份能指明山川方向、村落位置、地物标志等的普通地图，这对了解旅途沿线的地貌、地质特征亦有帮助。

3. 工具器材准备由于地质旅行是轻装前进的，因此带到野外去的用品必须以选择轻型、坚固、多功能用途的为宜。除了最基本的铁锤、放大镜、罗盘“三大件”以外，在目前条件下，再带上用于登高时观察标高的空盒气压仪、照相机、手提录像机、度量工具等也是必要的。

至于记录本、文具、包装纸、标签纸、棉花之类，此处不必一一列举了。

需野外及时查看的鉴定化石手册、矿物手册、区域地层表之类的工具书籍，也应适当携带，以便随时翻阅。

除上述与业务有关的工具、器材、图书资料以外，还应带些劳动防护药品，诸如蛇药、消暑药品、外伤急救包扎药品之类。

二、野外地质旅行的方法

室内的准备工作就绪以后，就可以出发旅行了。但由于要求和目的不同，旅行的具体方法也必然有所差别。换言之，根据不同的地质旅行的目的，选择不同的交通方式，采用不同的考察方法，现叙述如下：1. 坐火车的地质旅行所谓坐火车的地质旅行，一般而言，不是有意识地去布置的。只是趁旅途之便，利用坐火车的机会，凭窗注视沿途的地质概貌而已。特别是在陌生的铁路线上旅行时，也可算是额外的收获吧！对于地质工作者以及地质爱好者来说，应该利用一切可充实自己地质见识的机会。

当然，坐火车看地质，是极为粗糙的，可称为宏观观察法。根据我个人的经验，

采取远近结合的办法来了解沿途地质概貌是可行的。

远看，着重于观察山形、山峰的特点，大致可以分辨出视野之内的山脉是由哪些岩石构成的。比如山岭高峻、尖峰刺天，有如“万笏朝天”，而且岩壁面上显现出黄色、褐色，或微带粉红色者，并有古松自悬崖伸出，奇株苍劲，则此山可能是花岗岩类、火成岩类或较为坚硬的变质岩类之岩层构成。如若峰峦圆润、群山林立，而诸山相连之鞍部常以“U”形接壤，山色青灰，葱郁深沉，很少有古松盘桓，代之以杂树回环，并可见采石烧制石灰，此类山体多为石灰岩层构成。若山势不高，常见悬崖峭壁，峰林叠嶂，苍松在红岩之间相映成趣，涡洞于断崖之处凹凸造奇，颇似岩溶地貌，则多为火山岩系或中、新生代的红色砂砾岩层构成，如武夷山或粤北丹霞地区所见。若在沉积岩区穿行，高山与低山相间出现，山势有一定走向，则可能是不同时代的坚硬的砂岩、石英砂岩与较软弱的泥岩、页岩地层相间出现之故，车行之处，或者是褶皱构造区，有背斜与向斜出现。

岩石情况了解以后，结合已知的区域地层分布，大致可以判别遥望所在处的地层组合情况了。如能在近处看出岩层的产状，根据其倾斜方向，恢复其层位的上下（新老）关系，也许能确定其背斜和向斜的分布位置，结合山脉延伸方向，推测当地的构造线方向。

若山坡常由峭壁构成，坡下有低山紧偎，如此景观，延伸相当距离，则可能是较近地质时期发生的断层所致。与此类似，大河谷地与山体相交之处，成排的“三角面山”构成山麓，并有固定的延展方向，则此谷地可能系断层陷落而成（图3.3）。此处如有泉水出露，更可证明无疑是断层了。若河谷两侧均有类此地貌，则此谷地或系地堑构造造成的。

近看的目的是了解铁路旁的岩石露头，能够比较正确地观察岩石的类别名称及其特性、地层的产状、倾斜的方向、地层的接触关系、岩层受地壳变动影响的程度、沿途的水文地质（如泉水出露，不一定见到泉眼，可根据绿野流水判断）与工程地质的情况，特别在人工开挖的隧道洞口附近、边坡上，这些都是观察的好地点。

如果沿途地层排列齐整，铁路线穿越地层走向前进，当你初步确定地层的新老关系以后，还能预测迎面而来的前方岩层应属某种地层的可能。

将远处与近处的所得材料相互结合、相互印证以后，至少对所经之处的区域地质概貌会有所了解，例如是地台区，地槽区，古陆区，还是沉降区。

列车在河谷谷地前进时，还应注意阶地地貌特点，如阶地的级数、阶地面的宽度，甚至了解阶地的类型，由此推测当地新构造运动的特征。如在山西汾河两岸所见。

如列车在山区行驶，沿着某些河流上游谷地前进时，还可注意那里的河曲是否深切？是否还是正常的？例如在天宝路上，从宝鸡到天水，火车沿渭河上游谷地前进，可以看到明显的深切河曲，这一带正是新构造运动的剧烈上升区。

要是铁路穿越较大的、由丘陵起伏构成的盆地，当走过一段较长的路途以后，回过头来小结一下，也许会了解到若干中、新生代盆地的发育情况——诸如它们受什么样的断裂控制（可用罗盘测量方向），从盆地边缘到盆地中心的岩层性质有什么样的变化规律，进而找到研究盆地发育过程中的古环境和古地理面貌的线索。

2. 坐汽车的地质旅行坐汽车作地质旅行有时是作为大面积踏勘工作的前导。

由于公路有条件在山区盘旋，沿途山坡上往往有筑路工人开挖的剖面，露头良好，而且被观察的对象临近车窗，车行速度比较缓慢，因此，坐在汽车上观看沿途地质，比坐在火车上略胜一筹，所得到的地质资料的可靠性也更大。

如果汽车在沉积岩发育的地区行驶，基本上可以看清沿途暴露的岩层，初步鉴定出它们的名称、产状、受构造运动影响的情况等。这样，如果出发前阅读过当地的一些地质资料的话，不需行驶多长的路程，便大致可以估计出眼前出露的地层属

于哪个地质年代？叫什么层位？随着行车的前进，还可以预料迎面而来的地层是老还是新。由此进一步了解沿途的构造地质情况——有无褶皱或断层，然后判断其构造线的方向。

如果汽车在变质岩发育的地区行进，那么临窗注视变质岩的类别——片麻岩、大理岩、片岩、千枚岩、板岩以及混合岩之类也可以鉴定出来。

假如在火成岩区行进，也能判别花岗岩、辉绿岩、闪长岩、玄武岩、流纹岩、粗面岩、凝灰岩、凝灰角砾岩之类。也能辨识侵入体的形态是岩基还是岩脉，甚至看到几条岩脉的相互穿插关系。

岩石的节理，特别是一些喷发岩的柱状节理往往清晰可见。如遇汽车上坡减速，还可以大致测量裂隙的方向，帮助了解区域构造线的方向。

坐在汽车上看沿途的地貌现象可能是颇为理想的了，当然还是属于宏观地貌现象。例如考查剥蚀面（或夷平面）（图3.4）具有优越的条件，这是因为公路经常翻山越岭而过，从山麓到山顶，都能见到。

自山巅俯瞰，脚下群峰很有层次地排列成几条水平线。每一条水平线又都独自展开，构成开阔的谷地，这就是次一级、形成时代较晚的新的剥蚀面。如笔者在大巴山区地质旅行时，曾见到多层的剥蚀面，气派雄伟，十分壮观。

坐汽车看地质还有一个有利条件，可以随时停车，下来细看某些感兴趣的地质现象。这种“粗中有细，线上夹点”的观察方法是十分有效的，也就是踏勘大剖面时常用的方法。

3. 坐轮船的地质旅行经过江流河道，特别在若干大河上游的峡谷地带旅行，坐在船上观察剖面是颇为理想的。例如长江的三峡地区，两岸青山，历历在目，水洗悬崖，岩层暴露无遗。如果是溯流而上，船行缓慢，可以多次观看，细心琢磨，了

解沿途地质情况，比坐火车、汽车更胜一筹。不仅地层的岩石性质、产状、层序，乃至褶皱、断裂都能指点记录，甚至素描示意图也有充裕的时间，摄影取景也很方便。

在航行时，还可注意水道的宽窄与当地岩石性质、构造的关系。如石英岩类、硅质岩类等坚硬岩层分布区，水道流过，往往构成落差较大的急流险滩，浪花飞溅，水声震耳。如水道流经石灰岩或白云岩地区，由于溶蚀造洞，致使河底突兀不平，深浅无常，河面水流，时见漩涡。小船扁舟，往往有遭覆舟没顶之危，人们视为畏途。如水道流经结晶较粗的花岗岩类岩石分布区，或其他岩性较为松软的沉积岩、变质岩区，因质地脆弱，极易风化，故常见宽拓之河谷，即使在上游地段，亦不例外。耕田村舍，错落其间，俨若中游之景观也。要是仔细观察河谷两旁，或能见到若干阶梯状之地形，据此还可以了解当地在最近地质时期内，地壳发生节奏性上升的特点。

有时候，船行峡谷中，但见两岸崖壁，挺拔峻峭，好似千仞高峰，而舍舟登陆，攀登而上，眼前却是一片峰峦平整的准平原地貌，甚至在这个准平原山顶上能找到由地质近期形成的河床砾石所组成的砾岩层，足见此峡谷形成的年代，并非久远，此间则是强烈的上升区，河水下切迅速而构成此种特殊地貌现象。如在三峡就能见到此种地貌特点，由此推测，三峡最后形成的时间当在距今不远的更新世时期（图 3.5）。

到河谷的中、下游地段，边岸不见山崖，平畴千里，一望无垠。虽偶有残山剩丘在视野远处浮现，也无法判断其岩层的岩性及所属的年代。所以观察地质特点显然不如上游峡谷地区，但其地貌景观仍应予注意。例如多层的阶地地貌，发育良好，借此可以判断地壳上升运动的影响；河曲迂回，堆积岸与侵蚀岸的发育，借此可以了解河流摆移作用的因素，并进而研究其未来的趋势，对当地工程建设，农田水利有无影响等。

沿河旅行，如能了解到历史上的变迁记录，也是很有趣味的事。如南京的长江

边岸，李白在《游凤凰台》诗中有云：“三山半落青天外，二水中分白鹭洲。”当年的三山矶是临江的小山丘，白鹭洲则是长江中的小岛，而今两处均已与岸陆相连，长江主流线也西迁了。这些地貌变化，对长江沿岸的工程设计（如码头设置）是极为有用的材料。

当河道进入平原地段，如偶然遇有山丘伫立于江滨，船过其旁，不能掉以轻心，其中有许多富有意义的地质现象可供观察。如在长江航线上的皖赣交界处的小孤山、安徽马鞍山市境内的采石矶及其西侧当涂境内，曾被李白诗中描述为“天门中断楚江开，碧水东流至此回”的天门山，南京长江大桥沿幕府山北麓直到燕子矶，以及镇江的金山和焦山等名胜地，巉岩屹立，峭壁千仞，往往是大断裂通过之处。

总之，沿江河作地质旅行，了解某些地段甚至全流域的地质概貌及其河流发育史，用乘船观察的办法，是比较有效的。

4. 徒步地质旅行这是最普遍、最常见的地质旅行，也是调查或研究沿途地质概貌的最佳办法。随身携带的各种野外工具、仪器都可以协助我们提高观察的质量，可以根据自己的需要用记录本、素描册、照相机等详细地记录、绘画、摄影。

徒步地质旅行的最重要步骤是选好剖面，一般而论，剖面线方向应与地层的走向方向垂直，或者说，跟地层的倾斜方向一致。这样，可以用最少的时间、最短的距离，看到最多的内容。基本上可以通过穿越几条剖面的办法了解到区域地层分布的面貌，岩石的类别、特征与构造的格局等等。

这样说来，是不是一定要选择在完全合乎理想的垂直于地层走向线上的剖面才能作地质旅行呢？当然，能符合此条件的最好，而实际上，长距离的旅行路线是很难找到理想剖面的。这是因为山区大多崎岖无路；而行人的道路，又不一定符合我们的要求。按地质要求选路就有困难，况且，山坡上经常被浮土和植被掩盖，岩层露头不佳，因而观察内容贫乏，收不到预期效果。因此，在野外选择旅行路线时，只要能照顾到既能大体上符合剖面线方向，又能利用自然的或人工的露头看清岩层

排列、产状的路线就行了。

所谓人工露头，最理想的就是在沿山公路上观察路旁山坡峭壁上的露头。所谓自然露头，一般多选择在峡谷、溪涧、山间小路上因风化剥蚀出来的岩层露头。这时候，应张开地形图，如有前人工作过的地质图更好，再结合访问，谨慎选择路线。如果途中有合适的休息地、名胜古刹之类，也可结合选线，那里往往有重要的地质现象。

至于徒步地质旅行要求观察的项目，着重点应放在地层及构造方面。地层方面的具体内容包括岩性、名称、产状、所含化石、各层之间的接触关系、岩层的厚度、岩层的其他特点等。如遇火成岩，则还应观察岩体、岩脉的形态、穿插关系、火成岩与沉积岩的先后关系或两者接触处的变质现象。如遇变质岩，起码要判断属于何种变质类型。

构造方面的具体内容，包括断层、褶皱及其类型，节理的方向及其组合关系，变质岩系中的节理组合与方向，区域构造线的方向。

综合上述观察的内容，可以判断此间地壳运动的性质，演变的历史以及当地大地构造所处的构造单元的部位。

如遇有矿点或矿化现象，应观察矿物的种类，何者为主，何者为次；可能的成因类型、类别，估计其矿体范围及其经济价值。

徒步地质旅行还可以观察小地貌现象，主要是注意岩性与构造地质这两方面对当地地貌的影响，例如沟谷与断层的关系、悬崖与断层的关系、山坡形态与岩层倾向的关系以及与岩石性质的关系等等。如在石灰岩地区，注意洞穴有无成层性现象，如果存在，则可考虑当地在地质近期内地壳上升的节奏性运动；溶洞及岩溶的形成过程与自然环境的关系等。如在火山岩、花岗岩或其他坚硬岩层发育地区，要特别注意裂隙系统对塑造山形水流的关系。

徒步地质旅行，边走、边看，要停就停，要走就走，随手作笔记，随时作记录，还可及时素描或摄影，把特殊的地质现象或具有特殊意义的地质现象以附图的方式描绘下来，一幅清晰的图件，经常起到胜过文字的作用，并能提高工作效率。更重要的是，信手剖面必须随着前进的步伐而随时描绘下来，哪怕是不很准确的、示意性质的都能起到重要的作用。所以，一位技能全面的地质工作者，应该在绘画技巧方面有所训练。

徒步地质旅行还有一项更重要的工作，就是采集标本，这是上述几种地质旅行所难以办到的。当然，在地质旅行时采集的标本也不能完全按照规定的标准来做，比如，按国家规定的正规比例尺的填图，必须按规定的密度采集，每块标本的体积也有一定尺寸，而地质旅行的采集标本便可以自由些了。

不过，徒步地质旅行时采集的标本必须选择富有代表性的。所谓富有代表性，指的是所采集的地层的岩性标本、化石标本、矿物标本及构造标本等能较全面、准确地反映所观察的地质现象。采集这些标本的目的是为了进一步确定（带回室内研究）该地层的年代、岩石的名称、构造的特点，掌握沿途地质情况，为下一步工作设计方案。

徒步地质旅行除了本人直接观察地质对象以外，更有利的条件是根据地质特征，进行一些访问工作，比如向当地群众了解到某些生产或生活中遇到的问题，说不定与当地的地质条件有关，由此可以启发我们去深入了解或作好进一步研究的准备。常碰到的如以村庄内泉水出露情况了解水文地质特点；以动植物的异态，来了解土壤中矿物元素分布的情况；甚至偶见村落旁边的废弃矿渣堆（古代土法冶炼所遗弃的）可以了解此间某种矿产的埋藏情况，在黄土高原地区，通过“龙骨”（主要是新生代后期的哺乳动物化石）挖掘的线索，找到重要的化石产地；在南方岩溶地貌发育区，通过“泥岩肥料”（大多是洞穴内的哺乳动物化石堆积物，其泥土中含有丰富的磷质，可作肥料）线索找寻化石，甚至人类化石（例如巨猿与马坝人化石便是如此发现的）以及其他等等。

总之，利用徒步地质旅行，随时随地向群众了解有关的地质情况是十分必要的，这是其他形式的地质旅行不易办到的，因此，应充分发挥其作用。

中国读书网

亦凡公益图书馆(shuku.net)

下一章 回目录

第四章 沉积岩地区的地质旅行

一、地层是研究地质学的基础

地质学是研究地球的科学，就目前的科学水平而论，主要是研究地壳部分。而地壳则由各种岩石组成。所以，研究地质学的第一个对象，就必须跟岩石打交道。比如我们在研究各种矿产资源跟某些地质情况发生哪些关系时，先得把赋存矿产的岩石进行分门别类的整理，而且还需要进一步说明这许多岩石的形成过程及其历史，建立它们的纵剖面；同时，还要将与此相关而出露各地的岩层作同类同期的对比和归纳，即建立横剖面。

由此看来，如果把组成地壳的各种岩石能在空间和时间上的分布关系确立起来，那么，研究地质学的基础也可以说奠定了。比如要阐明某地地质构造的变动情况，研究某种矿产的形成年代及其展布情况，某地的沧海桑田的变迁等等，都有所依据了。

何谓地层？就广义的概念来说，地层不仅包括沉积岩层，而且应该包括由火成

岩、变质岩所组成的岩层。不过，作为赋有相对年代次序的地层来说，沉积岩是主要的。火成岩与变质岩的年代的确定还得依靠与其相邻的沉积岩层的年代作间接的推断。由此可见，沉积岩层在地层领域内的重要性不言而喻了。

正因为如此，我们在地质旅行时对沉积岩层的注意，特别重要。作为基础地质的调查或研究，首先就得选择在沉积岩发育的地区开始，这是十分自然的事。具体地说，任何地质图、地质柱状图、地质剖面图的编制以及任何野外地质研究都是首先在查明当地沉积岩层的地质年代、性质、成因和产状的基础上而进行的。至于沉积矿产的普查，诸如石油、煤炭、水泥原料、陶瓷原料、建筑材料等等，更离不开沉积岩。因此，明确沉积岩区的地质旅行任务，是极为重要的。

二、研究沉积岩的基本要求

(1) 沉积岩系的岩层层序：沉积岩既然是成层的，各层形成的次序必然有先后关系，因此先得清理其层序。

层序的先后关系，在岩层没有发生剧烈变动的情形下，凡位于下面的先形成，位于上面的后形成，即服从“下早上晚”的地层层序律。按照这条定律，水平岩层，倾角不大的单向倾斜岩层，很容易划分出上下层序（图4.1）。但是，当地层直立、或者因构造剧烈变动使岩层上下关系发生倒转的情况下，又怎样判别其层序呢？这里，就需要运用一些沉积学的原理和方法了。大致有以下常用的几项：

①序粒层理 又称粒级层理，或递变层。每一单层的沉积岩层，由底到顶，沉积过程中的颗粒大小，总是由粗逐渐变细，例如由粗砂质递变为细砂质，甚至到泥质。而相邻的两粒级层之间，由于下层的顶面常受到冲刷，因而在粒度上或成分上，显示出截然突变。根据粒级层的这种下粗上细的递变特征，可以识别其顶底关系，恢复地层的原先面貌（图4.2）。

②交错层理 它是在一个单层中出现与主层理呈斜交的层纹构造，此层纹在顶

部与主层理呈大角度斜交；其底部的层纹则收敛变缓，与主层理以小角度相切。因此，根据其“顶部角大，底部角小”的原则辨识地层之顶底（图4.3）。

③波痕 我们在海滩、湖滨、江边的沙滩或泥质沙滩上经常看到水波涤荡留下的起伏痕迹。当其埋藏成岩以后，在岩层的顶面上也能留存此种特征，一旦暴露地面，即见尖棱突起的波峰和圆弧下凹的波谷间换组成的图案。如其尖棱朝上，即指示岩层顶部所在。波痕常见于砂岩、粉砂岩、泥岩中（图4.4）。

④泥裂 又称干裂。我们在一些干旱的水田表面曾经看到过，就是那些不规则的多边形裂块，尤其可注意的是这些裂缝与地面垂直，裂隙作楔状，上宽下窄。地层中的某些岩层也有这种干裂现象保存，它们成为岩层时，缝隙则被泥沙充填，充填物的形态也作楔形，据这些特征，可以辨认其顶底关系（图4.5）。

⑤雨痕与冰雹痕 当沉积物半干而尚未固结时，如遇暴雨或冰雹的猛烈打击，即在柔软的泥质或粉砂质沉积物表面留下圆形或椭圆形的凹坑，待沉积物固结为岩层后，此类凹坑即留下痕迹，借此可以辨认地层的顶底（图4.6）。

⑥冲刷面 当岩层沉积后，有时露出水面，或在水下被水流冲刷，使其层面上造成凹凸不平的不规则面，其上再沉积的岩层往往显示出序粒层理。据此可辨认地层的顶底。

⑦化石的生长和保存状况 若干固着生长的动植物，如树木、珊瑚之类，向上生长，主干与地层面垂直，顶底位置也与岩层的顶底一致。大部分叠层石的生长方向也与层面垂直，其层纹的凸起部分总是朝向层面的顶部。软体动物的贝壳，往往以其凸面朝上是最稳定的埋藏状态，借此也可识别地层的顶底关系（图4.7）。

（2）各地层的相对地质年代：在确定沉积岩系各地层层序的同时，还应确定

其相对地质年代，可为本区建立系统的地层表作准备（图4.8）。这项最关键的工作就是采集化石，借此鉴定地质年代。当然，化石的保存不可能每一地层都能发现，因此，有经验的地质工作者，要善于找寻化石的埋藏地。根据我个人的经验和体会，以下几种情况容易获得化石，应注意发掘：

①当你打下一块新鲜的碎屑状结构的石灰岩层破碎面，用放大镜细看，这些碎屑往往是由大量的古代生物的残骸组成，有时也能见到某些个体细小而比较完整的形体混杂其中（图4.9）。

②岩石性质发生改变的层位上，因为岩性（如成分、颜色、组织结构等）的改变，也就意味着沉积环境的改变，在此情景下，生物极易造成大批死亡，因而化石也就比较集中。

③若干泥质灰岩或泥灰岩层的结核内，也往往包裹着化石。因为含结核的岩层一般形成于浅水动荡的环境中，生物死亡以后，在水波搅动的情况下，使生物遗体周围的泥质凝聚汇集起来，终于胶结成结核，所以在野外遇到此种岩层的结核，可及时打开获得形态比较完整的化石。例如在浙江、江西一带上奥陶统黄泥岗组内的泥灰质结核团块内，常能找到相当美丽的三叶虫化石。

④深色的灰岩或页岩中也往往有较多的化石埋藏。因为深色的岩层反映出其成岩的沉积环境富含有机质，各类生物最喜欢来此聚居生活，一旦环境突变，生物无法适应，集群死亡，就成为丰富的化石群落而埋藏于此。

反过来，根据我们的野外工作经验，在下列几种岩层内很少发现化石，或保存不佳。

①红色粗砂岩或砾岩层，岩石多在气候干燥环境里形成，那里缺少生物，化石自然贫乏。即使偶而保存化石，由于岩石粗糙，化石上微细的特征（比如叶脉、壳外纹饰）无法烙印保存下来。所以，往往能见到一些化石的迹象，却很难鉴定其属

种名称了。

②厚层、致密、岩性均匀的坚硬砂质岩石也缺乏化石。因为这类岩石的形成环境是处于长期缺少有机质的情况，生物也就很少了。

③质地匀称、岩性一致的厚度很大的石灰岩层，或很薄的石灰岩层中也缺乏化石保存，这类岩层的成因主要是化学因素，很少是生物因素，也就是说，沉积环境中缺少生物活动，所以化石贫乏了。

④发生变质作用的岩层，缺少化石，因为变质作用是在强大的压力和很高的温度下进行的，使原来的岩石发生化学或物理的变化，比如“重结晶作用”，就把原先即使保存下来的化石也投入“熔炉”，自然化石也就见不到了。最明显的例子，如远离侵入体的石灰岩，化石密集，而邻近侵入体的石灰岩变质成为大理岩，化石早就消失了。

⑤某些盐类矿物，诸如白云石、硫化物、卤化物高度集中的岩层里，也缺乏化石。因为形成此类矿物的环境具有“毒性污染”作用，不宜生物生长，所以化石也就极少了。

不管怎样，在野外一旦遇上化石碎片，即应大力搜索，当查明某一含化石的单层时，哪怕厚度极薄，也应认准此层，顺藤摸瓜，及时发掘，扩大成果。经初步研究以后，就要在野外记录本上将化石分布的特征、属种的成分、生态性质以及保存情况等作简要的记述，作备忘之用。

在这里，比较困难的是化石属种名称的当场鉴定，一般可以查阅随身携带的《化石手册》之类，对照图版及文字描述作初步的辨认，往往能鉴定到属的名称也就不错了。不过，有意识的地质旅行，在小分队的成员中，最好能吸收古生物工作者参加（特别在沉积岩地区穿行路线时），以便及时处理。

当然，鉴定化石属种的名称的最主要目的是确定地层的相对地质年代，属什么纪、什么统，能说出组的名称来就更好了。

当在一系列岩层中的某一两层找到化石，并能确定其所归属的地质年代以后，就可以按层序的上下关系，推测其他地层的地质年代，建立地层层序了。

(3) 各地层的岩石性质：岩石性质的内容较多，一般最常用的，或者说必须了解的基本内容，应包括下列几项：①颜色：一般取决于岩石中所含的矿物成分，其中最有影响的是铁质和有机质的含量。根据铁的氧化程度，色调颇有不同，如低氧化铁具淡绿色、淡青色；当含氧量增高时，则呈黄色、橙黄色、红色直至紫褐色。

锰的氧化物也有强烈的染色作用，可将碎屑岩染成黑色、浅蓝紫色。

有机质可使岩石出现暗色甚至黑色。如无有机质时，岩石几乎是白色的。

若干黏土岩类、砂岩或石灰岩中含有海绿石或绿泥石时，可使岩石染成绿色、浅蓝绿色。

钾长石颗粒组成的长石砂岩可使岩石呈现浅棕红色。

辉石、角闪石颗粒则使岩石呈暗灰色。

石英、硫酸盐、碳酸盐、盐类矿物混入时则呈白色。

观察岩石的颜色时，还应注意新鲜的与风化面上的不同颜色。

②成分：由于沉积岩是岩石风化后经搬运而沉积的产物，有一部分则属于化学沉淀的产物，故其成分可分为三大类：第一，碎屑岩类，这类岩石的成分是由母岩机械破碎的产物，其中如碎块巨大的角砾岩、砾岩的成分常以所含的岩石名称辨识

之；而砂质岩石，则以其中所含的矿物名称表达之。

第二，黏土岩类，其成分是母岩在风化过程中分解出残余的或新生的黏土物质，它们常是化学风化过程中呈胶体状态的、不活泼的物质，如 Al_2O_3 、 SiO_2 等在适当的条件下就形成的黏土矿物，也有一部分是由机械磨研而成的粉末，其成分的名称也以矿物的名称表达。

第三，化学岩和生物化学岩，主要成分是由活泼性较大的金属元素，如K、Ca、Mg等呈离子状态形成真溶液，而Al、Fe、Si等氧化物呈胶体状态，形成胶体溶液，在适当条件下，发生化学作用而沉淀成岩。其成分名称也按矿物名称表达。常见的有如下各类：铝质岩：富含 Al_2O_3 ，与黏土岩类相似，含铝高时，即成铝土矿。

铁质岩：富含铁质，当其含铁量达30%以上时，即成为铁矿，有赤铁矿、褐铁矿、菱铁矿、黄铁矿等，但黄铁矿主要提炼其硫，不作正常的铁矿开采。

锰质岩：如其含锰量达到20%以上时，即可列为锰矿开采，有菱锰矿、硬锰矿、软锰矿之分。

硅质岩：含 SiO_2 很高的岩类。其中有生物成因的硅藻土、海绵岩、放射虫岩；也有非生物成因的碧玉岩、燧石岩。尤以燧石岩最为常见。

磷质岩：当 P_2O_5 的含量达到12%以上时，即可成为磷矿，主要以胶磷矿、磷灰石等矿物出现。

碳酸盐岩：由碳酸盐类矿物组成，以石灰岩和白云岩两类最为常见。此类岩石分布较广，约占沉积岩总量的20%，比黏土岩类、碎屑岩类少些。在我国范围内，碳酸盐岩的数量颇大，可达沉积岩分布面积的55%。此类岩石除其本身有经济价值外，还跟许多金属、非金属的成矿有关。与水文地质、工程地质的关系也极为密切，即岩溶水文地质与工程地质问题，目前则是环境地质研究的重要课题之一。

盐岩：这是纯化学作用的产物，因水体的蒸发而沉淀形成的岩类。主要是由钾、钠、钙、镁的卤化物及硫酸盐矿物组成，矿物种类有100 多种。卤化物有食盐、钾盐；硫酸盐有芒硝、石膏等，均具有重要的经济价值。

可燃性有机岩：主要由含碳、氢、氧、氮的有机化合物组成，如煤、油页岩、沥青质岩类等，具有很重要的经济价值。

沉积岩的命名除所含的基本矿物外，还可考虑某种有显著含量的次要矿物附加到名称中去，如长石砂岩、海绿石砂岩、白云质灰岩、铁质铝土岩等等。因此，在观察各种岩石成分时，必须注意其主要成分和次要成分。

观察碎屑岩类的成分时，还应注意其胶结物的成分，如硅质、泥质、钙质等。

③构造：沉积岩的构造，主要是指沉积岩形态特征，其中最基本的便是层理，这是由于沉积岩的成分、颜色和结构的差异而形成的一种层状构造。通过层理特征的研究，不仅可以了解沉积介质的性质和能量的状况，而且还可以判断沉积环境，有些层理还可以确定当时的水流方向。

层理的基本形态，常见者有三种：水平层理、波状层理和斜交层理。

水平层理是沉积物质在缓慢运动的水中，以悬浮状态沉积而成的。由许多直线状彼此平行（平行于层面）的细层所组成。这类层理多见于河漫滩、牛轭湖、湖泊、深水海湾、潟湖、沼泽等地形成的岩石中。如果在泥岩中的水平层理，仅以颜色的深浅不同而表现出层纹现象，则此层理的成因是由于季节性气候的差异所致。如：夏季时沉积物中的有机质含量丰富，形成深色；冬季时沉积物中的有机质含量较少，于是形成浅色。

波状层理是由于水波浪的振荡运动而造成的。往往见于浅水的湖泊、海湾中形

成的岩层，也可于河漫滩上因微弱的单向水流运动而造成，不过此种波状层理多为不对称的。

斜交层理，是在水体流动中沉积而成的。多见于砂岩类岩层中，主要形成于河流环境，湖滨、海滨及三角洲沉积物中也有所见，不过，后两者常表现为楔形交错层（图4.10）。

此外，尚有形成于潮汐带的层理，如透镜状层理，以砂质的、具交错层理的不连续透镜体夹于泥质沉积物中。脉状层理以砂质交错层系（图4.11）为主，夹在深色泥质的细薄层中。

碳酸盐类岩层的构造，除与上述有共同者外，尚有生物成因的构造，如生物礁构造、虫迹构造、虫孔构造、藻类生长的层状构造（叠层石）等。还有化学成因的构造，如缝合线、结核构造等。

④结构：岩石的结构，一般是指组成岩石的碎屑颗粒大小、形态及其外表特征。颗粒大小称为粒度，粒度是以颗粒的直径来度量。粒度与沉积岩命名的关系十分密切，例如碎屑岩类中，假如颗粒的直径有半数是1 毫米以上的，称为砾，属于粗碎屑岩类；半数以上的颗粒直径为1 ~0.1 毫米的称为砂，属于砂质岩类；如主要是由0.1 ~0.01毫米的颗粒组成的，称为粉砂，属粉砂岩类；50%以上（按重量计算）属于0.01毫米以下的颗粒组成的岩石，称为泥，属于黏土岩类。

如果某种质点（颗粒）不达50%时，则应分其主次，命名时以其次要的成分形容其主要成分，如砂质页岩，表示此类岩石的主要成分是黏土，次要成分是砂；其余如粉砂质泥岩、泥质砂岩……可类推。

碳酸盐类似乎见不到颗粒，若仔细观察，仍能见到颗粒结构，分为5 种类型：

①内碎屑结构，物质沉积后呈弱固结时，被浪涛、岸流、潮汐冲击破碎而再沉积的碎屑。

②生物碎屑结构，由生物的硬体破碎而成。

③鲕粒结构，以矿物小颗粒为核心包裹凝结而成，如鲕状灰岩。

④球粒结构，又称团粒结构，呈卵圆形，大小约在0.03~0.2 毫米之间，系由微细的骨屑、藻类、泥晶碳酸盐矿物发生凝聚作用而成。

⑤团块结构，即不规则的复合团块，外形多变，常由藻类粘结而成。

在研究碎屑岩类的结构时，还应注意其圆度，即指碎屑颗粒的棱和角被磨蚀圆化的程度，一般分为4 级；①棱角状。颗粒具有尖锐的棱角，原始形态尚未改变，表示颗粒未经搬运。

②次棱角状。颗粒的棱角稍有磨蚀，尖角不很突出，表示颗粒已经短距离的搬运，受到一定的磨蚀。

③次圆形。棱角有显著磨损，已看不出原始的形态，表示颗粒已经较长时间和较长距离的搬运。

④圆形。棱角全部消失，颗粒滚圆，表示经过相当长的距离和相当长时间的搬运。

除考虑圆度外，还要注意球度，即颗粒接近球体的程度。当三轴相等长时，表示球度最高。球度不同于圆度，比如柱状体和片状体，棱角消失，圆度可称良好，但球度不佳；另外如球形晶体，尚带棱角，圆度不佳，而球度却是好的。对同种岩石或矿物而言，球度高者，表示搬运距离长，时间久。

结构的最后一项指标是表面特征，包括磨光度和微刻蚀痕两方面。由此可以判

断搬运和沉积的介质，如风力搬运者，颗粒表面毛糙；冰川搬运者，颗粒表面有擦痕；浊流搬运者表面有微刻痕。不过，一般的表面特征，肉眼不易察看，将颗粒置于显微镜下才能清晰可见。

在研究沉积岩的结构时，还应注意岩石孔隙度，碎屑岩类砂粒之间的孔隙，最高者可达15%~30%，碳酸盐类岩石的孔隙最高者可达5%~15%，后者还应注意后生的溶解作用，能使孔隙度增高。岩石孔隙度的大小，与矿床的成矿关系颇为密切；与石油、天然气、地下水的运移和储存也有重大关系；对水文工程地质的影响也很大。

此外，在研究沉积岩时还应注意其成分、颗粒和孔隙大小的关系，一般而言，成分愈纯，分选愈好，颗粒愈多，胶结物愈少者，孔隙度愈低。

三、各类沉积岩的研究要点

(1) 角砾岩：凡棱角和次棱角状的砾石含量大于50%以上的称角砾岩。在野外，必须判别角砾岩的成因类型，也就是属于什么性质的角砾岩。通常有以下几种类型：①沉积角砾岩。计有同生角砾岩（沉积过程中破碎的，如竹叶状灰岩）、礁翼角砾岩（礁体边坡崩坍堆积而成）、冰川角砾岩。

②重力角砾岩。由重力作用而形成的，如山崩滑坡角砾岩、岩堆角砾岩、近岸角砾岩。它们均见于地形陡峻的崖坡之下。

③断层角砾岩。见于断层的破碎带上，与地层的分布无关。

④火山角砾岩。见于火山口附近，是因火山喷发形成的。

⑤冲击角砾岩。由于陨石降落，被冲击岩层破碎而成，分布比较局部，有陨击坑及陨石碎块等佐证。

⑥溶洞角砾岩。石灰岩或其他易溶岩石，在其洞壁、洞顶发生崩坍而形成的角砾岩，分布局部，常呈窝囊状。

⑦成岩后生角砾岩。常见于山麓地带。

(2) 砾岩：在地层中常见的砾岩有两种，必须分辨清楚。一是底砾岩，位于某个地层组合底部的侵蚀面上，代表长期沉积间断以后，一个新的沉积时期开始的产物，故在不整合面或假整合面上时有所见。

在野外如何识别底砾岩？可以根据以下的特点予以判断：①位于侵蚀面上，其砾石成分具有其下伏各岩层所成的砾石。②砾石的成分比较简单，常见的以石英质的砾石最多。③砾石的磨圆度良好，分选也好。④分布的范围不大，但分布的层位相当稳定。⑤同一底砾岩层中的砾石及砂粒，自下而上变细，磨圆度变好。

确定底砾岩存在与否的意义十分重要，因为它既是划分地层（系、统、组）界线的标志，又是阐明地壳运动的标志，是恢复古地理面貌、讨论区域地质发展阶段性等问题的重要资料。某些矿产的赋存，诸如金、铀、铜、金刚石、钼等也往往与底砾岩在一起。因此，在地质旅行中重视底砾岩的研究是很自然的。例如本世纪60年代初期，南京大学地质系师生在赣南工作时，发现泥盆纪地层的底砾岩中含有花岗岩砾石，说明在泥盆纪以前，此间就有地壳的剧烈运动并伴有规模较大的岩浆入侵活动，而此间的大片花岗岩长期以来都认为是发生在中生代的，属于“燕山运动”的产物。后来，进一步工作，并将两类花岗岩作化学分析、放射性同位素年龄测定，证明赣南除了燕山期花岗岩以外，还有早古生代晚期的花岗岩，即加里东期的花岗岩。断定当地受“加里东运动”影响十分显著。由于不同时期的花岗岩赋存的矿种与矿床类型也不相同，因此这一发现为后来找矿提供了重要的理论与实践的依据。

第二种砾岩是层间砾岩，它的产生大多数是由于沉积过程中局部的环境发生变化，比如水流的冲刷、波浪的冲击、暂时的干涸、岸坡的滑动、地壳的微弱升降等

均可导致层间砾岩的形成。

在野外，如何认识层间砾岩呢？主要有以下几项标志：①相夹在普通的岩层之间，与侵蚀面、不整合面、假整合面无关。②其砾石的成分与其下最接近的地层岩性相关。③有时层间砾岩层之下有冲刷面。④砾石的磨圆度较差，而且含有石灰岩、黏土岩类等容易溶解或易破碎的岩石所形成的砾石。⑤胶结物、充填物比较复杂。作为最典型的层间砾岩，就是同生砾岩，例如华北地区寒武纪地层中极为常见的竹叶状灰岩。

在观察砾岩的岩石性质时，还可以根据砾石的外形和排列情况判断其形成时的环境。例如在河流中形成的砾石的外形对称性较差，其长轴方向与水流的流向垂直，倾斜方向与水流流向相反，倾角较大，可达 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 。形成于海滨的砾石，排列的倾斜方向对着海洋，倾角较小， $7^{\circ} \sim 8^{\circ}$ ，长轴方向与海岸平行。

(3) 砂岩：凡岩石碎屑中 $2 \sim 0.05$ 毫米粒级的颗粒在50%以上者，叫砂岩。根据颗粒直径还可以进一步分为巨粒砂岩（ $2 \sim 1$ 毫米），粗粒砂岩（ $1 \sim 0.5$ 毫米），中粒砂岩（ $0.5 \sim 0.25$ 毫米），细粒砂岩（ $0.25 \sim 0.1$ 毫米），微粒砂岩（ $0.1 \sim 0.05$ 毫米）。也可将 $0.25 \sim 0.05$ 毫米的统称为细砂岩。

砂岩有另一种命名原则，可根据其成分组合关系，基本上分为以下3种：①石英砂岩。90%以上为石英颗粒碎屑，次为少数的长石、岩屑等。如果从化学成分特点看，其中 SiO_2 的含量可达95%~99.5%，故石英砂岩可作玻璃原料或耐火原料。石英砂岩的生成环境，一般为地形起伏不大、气候潮湿温和之地，由富含石英的母岩（如花岗岩类）风化以后，不稳定矿物（如容易风化的暗色矿物）消失，留下石英，经较长距离的搬运沉积而成。

②长石砂岩。碎屑物中的石英含量少于75%，而长石的含量大于25%，也就是说，长石含量偏高，而且颗粒多具棱角状。它常在气候比较干燥寒冷、地形起伏较大、地壳活动比较活跃的地区出现。母岩经受强烈的风化和侵蚀作用，在短距离的

搬运之后而迅速沉积下来，特别在山间或山前坳地内最为常见。

③岩屑砂岩。又称硬砂岩、杂砂岩。由于其成分中岩屑的含量较多，占25%以上，它主要分布于强烈隆起的山前凹陷区内。所以，这类岩石可以帮助我们认识当地某个地质时期地壳运动及其地势变化的情况。

上述三种不同类型的砂岩，反映出不同的沉积环境，对于恢复当地古地理面貌等，颇为有用，故在野外旅行、穿越剖面时不能疏忽。

当然，砂岩的经济意义也不小，除其中优质的可用于耐火材料、建筑材料外，有时本身还含有金、铜、铂、钨、锡等矿砂，至于石油、天然气、地下水的富集和储存，也往往与孔隙较多的砂岩有关。

(4) 粉砂岩：凡0.05~0.005 毫米的碎屑含量达50%以上者，称为粉砂岩，即介于砂岩与泥岩之间，故常混有砂粒或黏土。粉砂岩是经过长距离的搬运，在平静的水域中，缓慢沉积而成。如在河漫滩、三角洲、潟湖、沼泽等环境中颇为常见，故借此可以恢复古沉积环境。

与粉砂岩有关的另一种岩石——黄土，是一种半固结的黏土质粉砂岩，风力或水力均可使其沉积，但其形成环境，总是在干燥或半干燥的气候区内。

特别在我国的北方及西北地区，第四纪地层中的黄土或黄土类岩石分布极其广泛，因此，在那里作地质旅行时，如何进行黄土研究，是很重要的。一般应包括以下几方面内容：①研究黄土的物理性质，判别其成因类型。此处的物理性质包括颜色、颗粒大小、结构、黏结力等方面。比如砂粒或黏土含量较高，黏结力很强，颜色偏红者，则与水成（洪积、冲积等）有关。而颜色浅黄带灰，粉砂含量颇高，以手指研磨，无砂感或黏感，山崖的直立性良好，则可能与风成有关。

②尽可能了解黄土地层的地质年代。具体办法是找寻含在该地层中的化石，特

别是哺乳动物、双壳类、腹足类化石最为常见，它们经常埋藏在黄土地层夹层的砂砾、泥灰岩层中，那些地层原先多系河流或湖泊环境，生物喜欢聚居。如果能找到若干有代表性的标准化石，便可大致确定出更新世的某个阶段。

如我国黄土高原上的黄土地层，可分为三个时期，最早的属早更新世，称为午城黄土，分布比较局部；其次属中更新世的，称离石黄土，分布很广；最新的，属更新世晚期的，称马兰黄土，分布面积尚可，基本上是风成类型的。

③初步研究黄土层中的古土壤埋藏情况。据我个人的野外工作体会，黄土层中的古土壤可分为两种类型：一类是地质年代较新的古土壤，见于更新世晚期或全新世的黄土夹层中，颜色灰暗，与现代土壤十分相似，还能看出土壤发育的A、B、C三层以及古树根、草根等。

另一类时代较早的古土壤，属更新世早期或中期的，已见不到原来土壤的颜色及其发育的层次构造，而是由深红色与浅红色不同色调相间的条带组成，在不同色调的界面上，常伴生密集成层分布的白色钙质结核。像这种情况，为什么能断定它是古土壤层呢？当土层比较长时期地暴露于地表时，土壤层就开始发育了，黄土层中原先就富含钙质，在雨水的溶淋下，钙质就向下渗透，直到地下水（潜水）面附近，聚集凝结，特别在气候干燥地区，钙质凝块就固结成结核，当地壳发生抬升时，潜水面下降到另一高度处，钙质结核层上升到新的潜水面以上而保存下来。以后，多次的黄土层堆积，多次的土壤层发育，多次的潜水面下降，多次的钙质结核层的形成，也正是节奏性的地壳运动的结果。例如在汾河河谷地区，更新世中期的黄土层中，可见20余层色调深浅相间、伴有钙质结核的古土壤层的遗迹呢（图4.13）！

④注意黄土层的冲刷面或沉积间断面，这也是划分黄土地层年代的重要标志之一（图4.14）。在岩性坚硬的沉积岩层中，冲刷面往往以起伏不平的侵蚀面表现出来；沉积间断往往以假整合面或不整合面、或岩性与化石性质的突变表现出来。而在岩性大体一致的黄土层中，不可能以像坚硬岩层那样清楚的界面表现出来，因此，注意冲刷面就显得十分重要了。

判断有无冲刷面或沉积间断，可以掌握以下一些特征：a. 下伏的水平地层有斜面切削其顶。b. 多层的古土壤层被起伏不平的侵蚀面所切割。c. 界面上下的岩性有显著变化，尤其在界面上有砂砾夹层出现。d. 界面上下土层的色调也明显改变，而且界面不是水平的。e. 起伏不平的界面上，或许有古土壤层的残留，此时，可以采取孢粉样品，带回室内分析，作进一步的论证。

⑤注意黄土区的地貌特点。除一般黄土区的似喀斯特（似岩溶）地貌现象以外，特别要研究黄土区的阶地特点。结合“地文期”的研究，对黄土地层的地质年代的划分十分重要。例如在汾河地区，河漫滩与一级阶地上的次生（经过搬运以后的再沉积作用）黄土基本上是全新世的；二级阶地，基本上是更新世晚期的；三级阶地，基本上是更新世中期的，在高阶地的底部沉积，有时可见更新世早期的黄土层。

（5）泥岩和页岩：均属黏土岩类。泥岩不显层理，呈块状，局部失去可塑性，遇水不立即膨胀。页岩有明显的页状层理，已大部失去可塑性。两者的成分比较复杂，多数黏土矿物已转变为水云母，并常有其他物质混入，因此名称也多，如砂质泥岩，铁质泥岩，碳质泥岩，钙质页岩（碳酸钙含量不到25%时称钙质页岩；超过时，则称泥灰岩；含量更高时，就是石灰岩了），铁质页岩，硅质页岩（如二氧化硅的含量达到85%以上时，则可称硅质岩、燧石层之类，往往是海底火山喷发或生物成因的），黑色页岩（往往含有较多的有机质、分散黄铁矿、菱铁矿，其层理极薄，无化石，形成于潮湿气候条件下的深水湖、淡化潟湖、沼泽中），炭质页岩（含有大量炭化了的有机质，但因其灰分含量高于30%，故不宜作燃料，其风化的露头能污手，形成于湖泊—沼泽中，常为煤系地层的组成部分），油页岩（常呈棕黑色，有油脂光泽，具薄层理，黏结性很强，形成于闭塞海湾和深水湖环境中，含沥青者，则称为沥青质油页岩，经常组成含油或含煤的岩系。油页岩的含油率可达4%~20%，最高者可达30%，可直接提炼石油）。

黏土岩类的经济意义很大，野外工作时应予高度重视。以下几种都属于有价值的黏土岩类：高岭石黏土岩，是含Al₂O₃很高的黏土岩，矿物成分以高岭石为

主，以矿物命名称为高岭土，俗称观音土、五色土。当你用手抚摸时，有很强的滑腻感。具有耐火性和可塑性，故可作为高级耐火材料，也是制作陶瓷器的重要原料，在造纸业、橡胶业、肥皂、化妆品工业等方面也要用到高岭土。特别在我国，利用含 Al_2O_3 较高的黏土岩制造陶瓷器皿有着悠久的历史，例如江苏宜兴丁蜀镇，素有陶都之称，当地群众早在数百年前就利用那里早石炭世高骊山组的黏土岩作原料，制作出精美的紫砂器皿，名闻遐迩，畅销中外。其他在煤系地层发育的地区，也利用高铝质的黏土岩类（它往往含在煤系中）制作陶瓷器，如唐山、淄博等地也是颇有名气的“瓷都”。

蒙脱石黏土岩，即富含蒙脱石的黏土岩，呈灰白、浅黄、淡红等色，极柔软，有很强的吸附性和吸水膨胀性，故大量地用于石油化学工业，其他在油脂、制糖、造酒、造纸、纺织等工业中亦需蒙脱石黏土作净化剂和漂白剂之用。

凹凸棒石黏土岩，为漂白土中的上品，被广泛用作精炼石油和塑料、树脂等的脱色剂；也用作味精产品的光亮剂及酿酒工业上的澄清剂。由于它的孔隙度大，放出“沸石水”以后能吸收有机分子，故又用于环境保护工作，具有较强的去污和吸附作用，可作净化水域、吸收放射性废物及有害气体之用。在农药、化肥方面用作稠化剂、加厚剂、乳化稳定剂、黏合剂、填料及玻璃珐琅原料等。还因为它在高温、高盐度水中具有高度的蚀变性和热稳定性，故在深海钻井及地热钻井中被选为优质泥浆原料。

凹凸棒石多产于白垩纪及新生代的湖相、海相地层中，特别是第三纪碱性玄武岩层之间尤为常见，如江苏六合、盱眙一带的凹凸棒石黏土即产于此。

水云母黏土岩，即一般的黏土，为制作陶器和砖瓦的原料。

黑色页岩，近年发现其中含有多种矿产，如铜、铀、钼、钒、镍等。

（6）石灰岩类：在野外识别不同的石灰岩，主要是根据其结构特点，有以下

几种：①内碎屑灰岩，如竹叶状灰岩、砾屑灰岩。

②生物碎屑灰岩，根据所含化石的特点而进行命名，如以贝壳碎屑为主，则名为介屑灰岩；如以虫迹为主，则命名为虫迹灰岩；以蜒类壳体为主，名为蜒灰岩；以藻类为主者，名为藻灰岩，含大量鹦鹉螺化石，称宝塔灰岩（因鹦鹉螺化石纵切面形似宝塔）等。

③鲕状灰岩，形成于温暖浅水、搅动不大强烈但具有强烈蒸发的环境中，尤其是在大陆边缘，稳定的海滩地带最易发育鲕状灰岩。

④球粒灰岩，常形成于富含有机质的礁后潟湖环境中。

⑤团块灰岩，常见于藻类富集的岩层中。

有时，为了强调石灰岩类中所含成分的特殊，也可冠以矿物名称：如白云质灰岩、海绿石灰岩、沥青质灰岩（臭灰岩）、泥质灰岩等等。

有时，为了强调石灰岩的构造特点，也用构造特点冠其名，如我国南方中奥陶统的龟裂纹（或称马蹄花）灰岩。虽然从命名原则讲，此类命名不大正规，但在野外应用，加深人们的印象是颇有意义的。

（7）白云岩：其命名与石灰岩相似，主要是根据其结构特点而定名，在野外常用的名称有下列几种：①泥晶白云岩：由小于0.005 毫米的泥晶白云石组成，结构均匀，具显微层理，生物残体很少，有时可见介形类化石，多为原生白云岩。

②微- 细晶白云岩：晶体大小不一，晶形颇佳，外貌颇似砂糖，野外可用砂糖状白云岩称之，往往由其他类型的白云岩重结晶而成。

③藻白云岩：与藻灰岩相似，即由藻类化石组成的白云岩，我国元古代和震旦

纪地层中的白云岩大多属于此类，可能是原生白云岩类型。

④生物白云岩及生物碎屑白云岩：可见其中的化石残体，多由生物碎屑灰岩经白云岩化交代作用而成。

⑤内碎屑白云岩：根据其中的碎屑大小又可分为砾屑、砂屑、粉屑白云岩。它们常以夹层的形态见于一般白云岩层中。形成于浅海上部或潮间带以上的环境中，其碎屑即由波浪或水流冲击而成。

⑥鲕状白云岩：这是一类次生的白云岩，即由鲕粒石灰岩经白云岩化作用而成。由于其孔隙度较大，常为石油或地下水的理想储藏层。

上面提到原生白云岩、次生白云岩，是就白云岩的成因而言。从其形成条件而言，可将白云岩分为三类：原生白云岩：原地沉积的白云岩，是在干燥炎热的气候（28℃～35℃）下蒸发作用而成。盐度高，水浅（0～3米深的潮汐带上），pH值高于8.3的咸化潟湖或海湾中形成，也可在陆上咸湖中形成，并常伴生有膏盐层。

成岩白云岩：在碳酸钙沉淀过程中，被白云石交代而成，通常分布不连续，在石灰岩层中呈透镜体状或斑块状，有时也成层状分布，延伸一定距离。

次生白云岩：或称后生白云岩，分布局限，常见于断裂构造带。

因此，判别白云岩的成因类型，主要着重于野外的观察研究。

（8）盐岩类：纯化学作用的沉积岩，如石膏、石盐、钾盐、芒硝等。形成于气温高、蒸发量大的环境中，而且随着海水（或咸水）蒸发过程中的逐步浓缩，各类盐岩相继沉淀而出现，例如水分蒸发掉40%以上时，开始出现石膏、硬石膏；当蒸发到90%以上时，沉淀岩盐（食盐）；蒸发到99%时，钾盐出现。

所以，凭借盐岩类的存在，可以了解地质时期的某个时候的干旱气候，闭流的内陆盆地、海湾、潟湖等，对恢复古地理环境极为有效。

四、注意沉积岩区的构造特点

当我们在沉积岩发育地区作地质旅行时，并把地层的层序关系、地层的地质年代、地层的岩石性质及其名称等大体上搞清楚以后，紧接着就应该研究穿越剖面时所遇到的地质构造的特点了。

所谓地质构造，实际上就是观察褶皱、节理、断层这三项主要的项目。不言而喻，这些构造现象在层状岩石中是表现得最为清楚的了。

(1) 褶皱：岩层受力的挤压而发生弯曲的现象称为褶皱，几乎在任何沉积岩区都能见到的一种极普通的构造地质现象，只是其规模大小不同而已——大者长达几十千米，甚至几百千米，小者在标本上就能观察到，甚至在显微镜下可见。不过，在野外视野所及者，几百米、几千米的规模居多。真正特大的褶皱，在距离较短的剖面上是看不出来的，必须通过长距离的剖面穿越，或通过填绘地质图以后才能分析出来，而本书所谈的褶皱，主要是指视野范围之内能观察到的褶皱。

研究褶皱的基本要点，不外乎褶皱的形态、产状、类型、形成的方式以及分布的特点。

①褶皱的基本形态，只有两种：背斜和向斜。背斜的标志是岩层向上弯曲、核心部位是老岩层，两侧为新岩层。向斜的标志是岩层向下弯曲，核心部位为新地层，两侧翼部为老地层。如果岩层被侵蚀风化，在地表暴露出来（以平面图形式表示的话）时，从中心到两侧，岩层的排列，由老到新，对称出现，是为背斜。相反，从中心向两侧的岩层，自新到老，对称出现，则为向斜。

认识背斜和向斜构造以后，就可以按照褶皱要素——核部、翼部、转折端、轴

向、倾伏等进行具体的描述了。例如某背斜构造，核部由志留系地层构成，两侧由泥盆系至石炭系地层构成，轴向东北，向西南倾伏（图4.15）。

然后，再将观察的褶皱进行分类，最常用的褶皱分类是根据褶皱轴面的产状分为：直立褶皱、歪斜褶皱、倒转褶皱、平卧褶皱、翻卷褶皱（图4.16）。一般说来，这些褶皱的形态都反映了岩层受力程度的不同。或者说，从直立褶皱到翻卷褶皱，受力越来越强，因两侧受力的程度不同，轴面向受力较弱的一侧倾斜。

另一种褶皱形态分类，根据岩层弯曲的形态而定，也是野外观察剖面时常用的，有圆弧褶皱、尖棱褶皱、箱状褶皱、扇形褶皱及挠曲（图4.17）。

以上所说的褶皱形态，可以说是“小型”的褶皱，即站在褶皱岩层的面前，一眼看去，就清晰能辨。而实际上，还有“大型”的褶皱，在野外地质旅行，穿越长剖面时才能辨认的，它们大多是“非单个”褶皱，而是由一系列褶皱复合组成。通过剖面示意图最能说明此种类型——基本上有两类。

一是复背斜和复向斜，也就是在它们的两翼被一系列次一级褶皱所复杂化，或者说，大的褶皱轮廓是背斜，但在翼部尚包含若干小的背斜和向斜。反过来，大的褶皱轮廓是向斜，而在其翼部则尚有次级的背斜和向斜（图4.18）。此类复式的背斜和向斜，常见于“地槽区”，如我国的秦岭、天山、内蒙中部、喜马拉雅山等地均有所见。

二是隔挡式褶皱和隔槽式褶皱：一个平行褶皱群内，如果背斜呈紧密褶皱，而向斜呈开阔平缓的褶皱，称为隔挡式褶皱，如四川东部的褶皱群。而隔槽式褶皱，则是一系列相间排列的开阔背斜褶皱被一系列紧密向斜所隔开（图4.19）。

在褶皱形态的观察基础上，进一步就是研究形成褶皱的机理，可在地质旅行告一段落以后作详细的解剖——如纵弯褶皱作用、横弯褶皱作用、柔流褶皱作用、压肩作用等，此处不作进一步论述。

②怎样研究褶皱？在地质旅行或踏勘剖面时，认识褶皱以后，如何进一步作具体的研究是一项重要的课题，基本上可从以下几方面入手。

对褶皱形态的研究：其中包括查明褶皱的位置、产状、规模、形态和分布特点，探讨褶皱形成的方式和形成的时代，了解褶皱与矿产的关系等等。

在这里，需要观察的要点有：查明地层的层序并追索标志层。根据地层内所含的化石特征以及岩石性质等标志，确定组成褶皱构造的层序关系。进而查明其层序是正常还是倒转。再观察这些地层的对称排列及其重复关系，确定背斜或向斜的所在位置。在观察地层层序及其排列关系时，必须抓住某个岩性特征显目、厚度不大、展布稳定的岩层作为了解褶皱的标志层。褶皱的产状也可根据标志层予以确定。这些产状，主要是测定褶皱枢纽和轴面的产状，此两者是正确判断褶皱产状和真实形态的前提。

其次是观察褶皱出露的形态，也就是从褶皱在地面出露的形态作纵横方面的观察，经过多方分析，恢复其真实面貌。

再次，对褶皱内部的小构造研究也应注意。所谓小构造，指小褶皱、小断裂面、线理等等。它们分布于主褶皱的不同部位，各自从一个侧面反映出主褶皱的某些特征，这些内部构造，由于规模较小，易于观察，因此，以小比大，通过对褶皱内部小构造的研究能进一步了解和阐明主褶皱的某些特征。

（2）节理：这是很常见的一种构造地质现象，就是我们在岩石露头上所见的裂缝，或称岩石的裂缝。这是由于岩石受力而出现的裂隙，但裂开面的两侧没有发生明显的（眼睛能看清楚）位移，地质学上将这类裂缝称为节理，只要你一上山，接触石头，到处都能见到节理。

节理的名称，根据分类的不同原则而异，通用的名称是以节理与岩层的产状要

素的关系而划分为四种：走向节理：节理的走向与岩层的走向一致或大体一致。

倾向节理：节理的走向大致与岩层的走向垂直，即与岩层的倾向一致。

斜向节理：节理的走向与岩层的走向既非平行，亦非垂直，而是斜交。

顺层节理：节理面大致平行于岩层层面（图4.20）。

前三种最为常见。

其次，节理的分类还可以节理的走向与区域褶皱主要方向、断层的主要走向或其他线形构造的延伸方向等关系而进行，可划分为—*纵节理：两者的关系大致平行。

横节理：二者大致垂直。

斜节理：二者大致斜交。

如果褶皱轴延伸稳定，不发生倾伏的话，则走向节理相当于纵节理，倾向节理相当于横节理。

在认识节理的形态及其名称以后，也可以适当地作些力学分析研究，如节理与褶皱的关系，节理的形态与受力的关系等。不过，此类问题的深入研讨，已属专题性质，非地质旅行时所要了解的范畴了。

一般野外调查应选择节理比较密集（数十条在一起）的地方作为观察点。而对节理的记录要求，大致有下列各项内容：①节理群所在地的地理位置。②节理与褶皱或断层的关系：如在褶皱的轴部、翼部、断层的上盘或下盘等等。③节理所在的岩层时代或层位、岩石的性质、岩层的产状要素。④节理的产状要素。⑤节理面及

充填物的特征。⑥节理的力学性质及旋向。⑦节理组、系归属及相互关系。⑧节理密度统计（条／米）。⑨备注。

（3）断层：断层与节理同属断裂构造，而断层往往是节理的进一步发育所致。或者说，当节理发生位移，两壁有所错动时，即称为断层。

断层是野外常见的一种重要地质现象。

地质旅行时遇到断层，应如何研究呢？首先要确定断层的几何要素，其内容包括下列各点：①断层面。所谓断层面，就是两部分岩块沿着滑动方向所产生的破裂面。断层面的空间位置也像地层的层面一样，是由其走向和倾向而确定的。但断层面并非一个平整的面，往往是一个曲面，特别是向地下沿伸的那一部分，产状可以有较大的变化。此外，断层面不是单独存在的，往往是有好几个平行地排列着，构成所谓断层带，又由于断层带上两壁岩层的位移错动，使岩石发生破碎，因此又称为断层破碎带。其宽度达几米、甚至几十米。一般情况下，断层的规模愈大，断层带的宽度也愈大。

②断盘。断层面两侧相对移动的岩块称为断盘。由于断层面两壁发生相对移动，所以断盘就有上升盘和下降盘之分。在野外识别时，按其位于断层面之上者称上盘；位于断层面之下者称下盘。当断层面垂直时，就无上盘或下盘之分。

③断层线。断层面与地面相交之线，称断层线。

④位移。这是断层面两侧岩块相对移动的泛称。在野外观察断层时，位移的方向是必须当场解决的问题之一。特别遇到开矿时，一旦遇到矿脉（或矿层）中断，往往是断层位移所致，需要立即追查。追查的办法是运用两侧岩层的层序关系来判断或抚摸断层面上的擦痕等来确定。

在地质旅行时，如何注意断层？怎样研究断层？观察什么内容？此类问题必须

熟练掌握，现分述如下：先讨论断层的标志及两盘相对位移问题。

①构造（线）不连续。各种地质体，诸如地层、矿层、矿脉、侵入体与围岩的接触界线等都有一定的形状和分布方向。一旦断层发生，它们就会突然中断、错开，即造成构造（线）的不连续现象，这是判断断层现象的直接标志。

②地层的重复或缺失。这是很重要的断层证据。虽然褶皱构造也有地层的重复现象，但它是对称性的重复；而断层的地层重复却是单向性的。至于地层的缺失，凡沉积间断或不整合构造也可造成，但这两类地层缺失都是区域性的，而断层造成的地层缺失则是局部性的。关键的问题，旅行者应对区域内的地层系统及其分布情况有一个较为全面的了解（可以在旅行准备时查阅地层表、剖面、地层柱状图之类）。

利用地层的重复或缺失不仅是判断断层的重要手段，而且是判断断层两盘相对动向的重要方法，借此还可以确定断层的性质——正断层，还是逆断层？基本上有六种情况，如图4.21所示。

③断层面（带）上的构造特征。这是识别断层的直观证据，即在眼前“方寸”之地内所能见到的若干构造现象，最常见的有以下几种：断层擦痕：就是断层两侧岩块相互滑动和磨擦时留下的痕迹，由一系列彼此平行而且较为均匀的细密线条组成，或为一系列相间排列的擦脊与擦槽构成。在坚脆岩石的断层擦痕的表面，往往平滑明亮，发光如镜。并常覆以炭质、硅质、铁质或碳酸盐质的薄膜。有时，也在断层的擦面上见到不规则的阶梯状断口，其上覆以纤维状的矿物（如方解石之类）晶体。

断层擦痕对于决定两盘位移方向颇有用处，如用手抚摸时，感到光滑的方向乃是对盘活动位移的方向。或自粗而细，自深而浅的方向乃示对盘活动位移的方向。或者利用阶梯状断口，阶梯形陡坡之倾向指示对盘相对滑动的动向。

构造岩：当断层两壁相对移动之时，岩石发生破碎，在强大的压力下，矿物出

现定向排列，并有重结晶作用。也就是说，由于动力作用而发生变质，形成一系列新的岩石，即称为构造岩。

构造岩的种类很多，如构造角砾石（角砾形状不规则，大小不一）。碎裂岩（破碎的程度比前者更高，主要是原岩中的矿物颗粒的破碎，常见于逆断层或平移断层的断裂带中）。糜棱岩（破碎极细，用显微镜观察）。更进一步的破碎即片理化岩（具有片状构造的构造岩）。

此外，还有牵引构造：是断层带中的一种伴生构造，它是由于断层两壁发生位移时使地层造成弧形的弯曲现象，可以指示断层的位移方向，如图4.22所示。

与断层带有关的，还有一种断层的伴生构造，主要是断层旁侧的节理及拖曳褶皱。这些节理常与断层斜交，其锐角所指的方向指示本盘滑动的动向。

其他标志，主要是指地貌或水文上的一些特征，不过，此种地质现象只能说明有断层存在，不易说明其两盘的运动方向，诸如三角面山，河流的突然改向，山脊的突然中断，众多的温泉或泉水的定向分布，小型的火成岩体的入侵及其伴生的变质作用、矿化现象及矿脉的定向分布等等均示断层的存在，特别是从较大的地貌现象所反映的断层特征，有时在航空照片甚至卫星照片上都能看到。

认识断层的证据、判断断层的存在以后，就可以进一步将断层进行分类，这也是野外观察断层时必须解决的问题。

一般最常用的断层分类法，是根据两盘岩块相对移动的性质而定，分为三种：正断层、逆断层和平移断层（图4.23）。如果断层面的倾角小于 30° ，则又称为逆掩断层。若规模很大的逆断层（推移数千米以至数十千米者），又称为推覆体。这是“地槽区”常见的一种构造现象，如阿尔卑斯地区是世界上最闻名的推覆体所在地。

不过，野外所见到的断层，往往并非单个出现，而是以组合的形态出现居多，比如有下列各类最为普通。

①阶梯断层。此类组合由一系列正断层构成，多见于地壳块断运动上升地块的边缘，地貌上的表现，是山脊与山谷的相间排列（图4.24）。

②地堑与地垒。两条大致平行的断层，其间有一共同的下降盘，称为地堑；其中如有一共同的上升盘，则为地垒。一般形成地堑与地垒的断层多为正断层，也有逆断层，或为正、逆断层的结合。许多由新生代地层组成的盆地，多被地堑构造所控制（图4.25），例如我国的汾河、渭河地堑盆地。当然，也有视野所能及的小型地堑与地垒构造。后者在地质旅行路线上亦有机会相遇。

③叠瓦状构造。由若干条平行排列的逆断层构成，其上盘在剖面上构成一个接一个的叠瓦状（或称覆瓦状）构造，我国四川龙门山地区有此种构造存在。

除三者比较常见外，在某些特殊场合还能见到以下几种类型：环型断层及放射状断层，多见于火山活动区的火山锥附近或穹隆构造的周围，也见于侵入体的周围。近年来，不少地质学家认为天体撞击地球以后的陨击坑周围亦有此种断裂构造，有人认为太湖四周也能见到，故太湖也可能属天体撞击形成的。

旋扭断层，多见于较大的断裂之旁，是一种规模小的弧形断层，好似主断层派生出来。

还有一种在地质旅行时不易见到而在研究板块构造时大范围内认识的转换断层，特别在研究海底地质构造时十分重要，此处不再详述了。

关于断层的野外观察，还有一类特大的断层，属于地壳上的深断裂带，也应注意。就目前所知的这些著名的深断裂带，如西太平洋海沟构成的“深断裂带”，北起千岛群岛，向南经日本、琉球、我国的台湾至菲律宾，长达7000千米以上。又如

东非大裂谷，南自莫桑比克向北经坦桑尼亚至乌干达以北，长达6000千米。我国东部郯城（山东）至庐江（安徽）的大断裂，呈东北方向延伸，长达2400千米。还有一条，自浙江丽水至广东海丰的大断裂，长度亦可达500 千米以上。

这样巨大而延伸遥远的深而大的断裂，能否在短距离的地质旅行中也能有所认识呢？可以。

因为如此巨大的断裂，并非一时发育起来的，而是经过长时间的发展才形成的。因此，在巨大断裂的两侧的沉积岩层的特征就明显地反映出差异性。它们的沉积建造，几乎从元古代到古生代这样长的地质历程中都不相同，其他如火成岩活动、成矿作用等也都反映出明显的差异性。所以，当我们在地质旅行穿越剖面时，特别要注意在近距离内，有如上述断层的两侧沉积建造等方面的差异性。

在地质旅行时，除了认识和判断断层的存在、类型、性质等外，还要进一步查清断层发生（或形成）的时间。其方法是根据地层的年代。总的来说，凡被断层切断的地层，这些断层的发生年代应在被切断的最新地层之后，在未被切割的最老地层之前。例如某断层切穿三叠纪地层，而未断及侏罗纪地层，则此断层形成的时间应在三叠纪末较妥（图4.26）。

断层年代的确定，对于研究区域地质发展史、成矿作用的时期等都十分重要。而年代问题的确定，主要是在野外解决。

五、怎样在沉积岩区作野外记录和信手剖面

每一位对地质发生兴趣者，在地质旅行之时，必须养成随手记录，随手作剖面示意图的习惯。这两件事，也是地质基本功内容，不能忽视。因为这是帮助我们收集地质资料的不可缺少的手段，也是帮助我们记忆的最好方法，作为地质调查报告或学术论文的胚胎，就从这里开始孕育。

野外记录内容：除了旅行日期、旅行地点、经过路线等共同项目外，在沉积岩区观察时，主要还是记载所遇到的岩石和构造地质方面的内容，其具体项目，已如上述，此处不再重复。

此外，还应注意岩性、构造与地貌的关系，比如当地为何高峰突起，为何万丈深渊，到底受什么岩性影响还是受什么构造控制，都应记录清楚。

再如当地岩石的风化、侵蚀、搬运等地质作用和过程，跟水文地质或工程地质的关系也应注意，并作些记录。例如页岩、泥岩发育的地区，若遇地形陡峻，则经常出现滑坡；特别当大雨过后，在松软岩层之下有坚硬岩层作为隔水层，其地层倾斜方向又与地形坡度一致时，极易发生灾害性滑坡。在这些斜坡上，往往可见树干倾斜的小树林，即所谓“醉汉林”景象都值得我们注意记录，是工程地质的“感性材料”（图4.27）。

有趣的是，水文地质条件与工程地质要求往往发生矛盾，比如说泉水往往出露于断层带上，而这里正是工程地质所忌讳的。可能造成施工困难，此类地质现象都不能忽视。

当然，与矿产有关的岩层，或某些本身就具有重要意义的“经济”岩层，更要作详细记录，将在下面再作叙述。

至于信手剖面，应画哪些内容？作画时的步骤如何？大致叙述如下（图4.28）：当你走过一段路程以后，就可以着手作图，首先要根据路程的长短（也就是剖面的长短），大致确定比例尺，再注意剖面上的地形起伏情况，画出尽量接近实际地形的曲线，并用罗盘测出剖面的方向，在图上表示出来。

第二步，在上述地形起伏线之下，表示出各地层层位、成套岩系或不同组的地层的分界线，尤其要注意这些界线所在地与地形起伏的关系。

第三步，把各组内的岩性符号画出来，此时，要注意地层界线与符号的倾斜角度尽量符合实际情况（即真倾角）。

第四步，把岩层内发现的化石所在地也用适当的符号（一种或几种）在示意剖面图上表示出来。如果岩层内有含矿现象、矿化现象、矿层也要着重标明。

第五步，当若干剖面连接在一起时，注意构造地质现象，如褶皱的形态，轴面的倾斜及其与地形起伏的关系。又如遇到断层，其具体位置、形态、性质与地形起伏的关系等都要在图上的适当位置上表示出来。与此类似，如有不整合面、假整合面、整合面的所在部位，形态与地形的关系等也都在信手剖面图上表示出来。

其他，如泉水出露的位置、滑坡发生的位置等均需标明。

一个善于制作或勤于画出信手剖面的地质工作者都十分重视剖面图工作，它不仅减少文字记录，而且可以一目了然旅途上的地质特征。

六、化石的观察与记录

在沉积岩发育地区作地质旅行，对化石的搜寻固然重要，而且对化石的观察和记录也不能忽视。因为研究化石不仅可以确定遇到的地层的年代，而且可以了解沉积岩系的形成环境，乃至某些沉积矿产的成因及其找矿方向。所以，化石的研究也是基础地质资料，极为重要，现分述如下：植物化石：陆相地层，特别是煤系地层中植物化石最为丰富，除用于鉴定地层的相对地质年代外，在研究其群落组合的基础上，也是作为指示古地理、古气候、古纬度的重要手段。因此，采集植物化石时，首先要注意植物群的面貌，尽可能多地采集属种成分。植物化石主要是叶的印痕，而某些类型，其茎部的特征，如鳞木类也十分重要。甚至其根部化石，如痕木也不能忽视。

如遇茎干或树根化石时，则宜注意其埋藏情况，也就是注意其茎干与层面的关

系——平行还是垂直，由此判断此类化石是原地埋藏还是经过搬动。尤其在研究煤田地质时，此项观察极为重要，比如茎干化石分散零乱，横斜无序，则属搬运堆积；如茎干与层面垂直，则为原地埋藏；如枝茎略具倾斜，可能是静水盆地（湖、沼）中沉积；如叶片卷曲或弯曲，舒展不开来，则可能是风浪环境中堆积而成。

值得一提的是，不能简单地把大树干化石集中的地区就认定为森林区，因为有可能是经过流水搬运而聚汇起来的。

研究植物化石与古气候的关系，是地质学的重要课题之一，其原则与方法就是“将今论古”，例如苏铁类植物生长于热带或亚热带地区；棕榈是温暖气候或炎热气候的标志。不过，研究时，也不能单纯以某一化石的发现就断定某种气候环境，应以“组合”面貌为准，例如在苏联（即前苏联）阿纳德尔河流域的白垩系内有一种体型较小的苏铁类植物就不是热带的产物，而可能生长在温凉甚至比较寒冷的气候环境中。当然，这类问题不一定全能在野外解决，但有时候也能在野外采化石时作出判断，或注意问题的关键，为此，地质旅行中也不应忽视。

至于植物化石中的孢子和花粉，是恢复古环境、古气候、古生态的主要材料，所以，在陆相（有时海滨相）地层中极宜注意此类化石。一般来说，凡有机质比较丰富的地层、泥岩类地层，都是孢粉化石比较集中的处所。当然，只能把样品带回实验室分析鉴定以后才能了解其地质意义。

无脊椎动物化石：无论海相地层，或陆相河湖沼泽中形成的地层中，无脊椎动物化石是最丰富的了，平常在野外旅行时最易遇到，采集也方便。不过，应注意以下几个问题：第一，属种成分与沉积环境的关系，如属种成分（即名称）比较单调，但数量很多的话（图4.29），则可能系闭流或半闭流盆地环境，往往是淡化或咸化盆地所特有。有时，也可在浅水海滩上见到某种贝壳类化石特多，如牡蛎滩，但与上述情况有所不同。

其次，要注意化石的形态特征，借此可以了解化石的埋藏地是否是动物的生活

地区，比如化石壳体大小的分选现象相当清楚，则指示埋藏时的水体是流动的，波浪的摆动使之分选。若使贝壳破碎，则更证明是流动环境。然后还可以参看岩层的构造特点，论证其水动力条件。

某些贝壳类的大小也与气候因素有关，一般来说，大型厚壳体多生活于温暖水域中，小型壳体多生活于寒冷水域中。若遇某些种类的壳体比常规者偏小，则可能由于水体盐度的变化所致，不一定是气候的因素。

化石壳体的厚度往往也与环境有关，如石灰质的厚壳化石表示碳酸钙浓度大，气温较高，生活于浅水地带的类型。所以生活于热带海洋礁体上的贝壳类的壳体厚度较寒冷地区者为厚。

另外，在水动力条件较强地区的贝壳类的壳体厚度也大，这是防备冲击磨蚀壳体所必需的。况且壳体加厚，体重增加以后，水流不易搬动，动物不致受伤。

相反，营漂浮生活的贝壳类动物，一般壳体较薄，这是减轻体重所必需的。栖居于污泥质水底、水动力较差的贝壳类，特别是穴居者，壳体也特别轻薄，甚至为半透明状态。

我们还可以从动物壳体的表面饰纹研究其与生活环境的关系，例如生活于海岸地带的动物，其壳体的饰纹倾向于粗糙；穴居埋没不深的动物，其贝壳后部常具饰纹。在静水中生活，或者在水底表面生活的类型，不仅壳体较薄，而且饰纹也逐渐稀少。深度较大的海生贝类，其壳体的饰纹很细。淡水中生活者，一般来说，较海水中生活者饰纹要细，惟有在砂质河底中生活者才有粗糙的纹饰。

此外，还可注意化石保存情况，比如从壳体的排列特点——聚集、分散、零乱无序、规则定向等等可以了解其埋藏情况（图4.30）。属于原地掩埋还是经过一段搬运以后的掩埋？浪击（图4.31）、岸流对埋藏有无影响？还可以从化石壳体的破损情况了解其埋藏环境。

脊椎动物化石：脊椎动物化石，以鱼类、爬行类和哺乳类最为常见。鱼类的埋藏情况，基本上是原地的，多属湖泊沉积岩层。水生的爬行类化石，也多属原地埋藏。而应注意者，陆生的爬行类及哺乳类化石，它们多以零散的骨骼、牙齿、蹄、角之类的硬体出现，在野外就要判断其埋藏情况，原地还是经过搬运？识别的办法是看其完整个体还是零散的硬体？即使“散架”的，也应看其“零部件”基本上在小范围内都能找到，大体可以“拼接”；还是极散，无法复原，甚至看骨骼、牙齿等有无磨损破坏。这些特征，都有助于认识含化石地层的形成过程及其成因类型，对恢复古环境关系比较重要。

脊椎动物，特别是哺乳动物的组合面貌，与环境的关系极为密切，从其类别构成可以推测当时是森林、森林- 草原、草原的景观。所以，在采集大型化石时，一些微小的化石也不能放过，例如啮齿类的小牙齿应注意搜检，不然，恢复动物群的组合面貌就不全面，或反映不真实了。

问题是脊椎动物化石一般不及无脊椎动物或植物化石那样容易找寻，所以一旦发现其一鳞半爪，就要仔细分析其岩性、古地貌以及相邻区域的地质情况，估计其埋藏的可能条件，顺藤摸瓜，以窥全貌。这里，就有个寻找化石的经验问题。根据前人的经验，不妨提示若干。

鱼类化石，较多的是保存在稍为坚硬的页岩或泥质砂岩层内，有时也在泥岩中，少数情况见于石灰岩中。采掘时注意沿层面逐层劈采，这时，要特别注意把层面跟节理面分开，如误将节理面作层面发掘，那么，就可能把完整的鱼化石破坏得不像样子了。采掘的工具宜用劈刀，交替插入薄层，敲下大片岩层才有希望获取完美的化石。有时碰到纸状页岩，标本容易破碎，则直准备小盒盛放或胶水加固。

两栖类化石，由于其脊椎骨对鉴定类别颇有作用，研究分类也重要，不宜不顾。另外，其四肢骨中空，并不坚实，采掘时要细心。

爬行类化石，中生代地层最多，大型化石居多，寻找时宜在断崖、冲沟、植物少的山坡地方搜索，所谓不毛之地，岩层裸露，容易发现化石。尤其在岩层倾角不大，有面积风化露头的地方，尤可注意。地层倾角大的岩层，即使露出残体，采掘的难度大，也不易采得完美的化石。

恐龙类化石多与坚硬岩层固结一起，具体的采掘有“断块取骨法”，“套箱法”等，非一般地质旅行时所能解决，此处不细述。

哺乳类化石最主要的是牙齿，中生代与新生代早期者多见于“红层”中，找寻的方法与爬行类相同，而产于新生代晚期者，多见于半固结或未固结的砂性地层或土状地层中，至于洞穴或岩石裂隙中的堆积物内，也常有发现。由于这些岩层比较松弱，易受风化侵蚀，故在陡崖断壁之处，尤其在雨后放晴之时，多有采获机会。

一旦发现其暴露残体，应在其周围细心地挖去岩石或土状堆积物的碎屑，不使化石受损，如有断裂破坏，注意缝合衔接，尽量使其复原。

第四纪的哺乳动物化石多埋藏于洞穴堆积内，应予以特别注意。况且不少有价值的古人类化石也多发现于洞穴堆积物中，如北京猿人便是一例。

为了使野外采集化石尽量能获得完整的、关键的部位，我们必须熟悉各类动物骨骼的基本构造，比如从脊椎骨的暴露可以看出头骨的埋藏位置，从头骨的某个部位的暴露可以推测牙齿的埋藏位置等等。这样，发掘之时，胸有成竹，便可得心应手了。

遗物和遗迹化石，这类化石的主要作用在于深入了解动植物的生态特点，了解古地理、古环境面貌。所以，在地质旅行的路途上，接触到沉积岩层之时，除了采集化石标本外，遗物和遗迹标本也不能忽视。现将几种常见的此类化石简述如下，在旅途中可以引起必要的注意。

第一类是人类活动的遗迹，主要是石器、骨器、火烧的兽骨、灰烬、烧土等。如何识别早期人类使用的石器（旧石器）十分重要，因为它的外形非常接近于天然的石头碎片，其最重要的特点在于石器的表面留有人类加工的痕迹，器形有一定形状，便于手握使用，或作砍砸、或作刮削、或作割裂等。既然是石器，一旦发现，总不可能是孤零零的单个存在，而是众多的堆积在一起。由于石器的埋藏地多少总与古人类活动有关，因此，还应联系起来考虑。此外，还应注意石器埋藏地的地质环境，比如中国猿人洞中曾发现数以千计的以石英为原料的小型尖状石器、刮削石器等，而周围尽是石灰岩，显然石英原料是由猿人有意识地从外地搬来、在洞穴内加工制作而遗留下来的。

恐龙蛋一旦被发现，不要忙于发掘，它往往是成窝埋藏的，而且各窝之间有一定的间距。例如山东莱阳的短圆蛋，每窝之间的距离约为2 米；广东南雄的大型椭圆形蛋每窝之间距离有7 ~8 米。从恐龙蛋的分布密度可以获悉恐龙下蛋的习惯，甚至可以推测其类别。

每窝内的蛋的排列方式亦应注意，如有呈放射状的重叠排列，各层之间有土掩盖，可见恐龙生下一层蛋后，盖上薄土再生第二层蛋，南雄的恐龙蛋窝就有此特点。但也有无规则的散乱恐龙蛋，与现代龟鳖类相似，这肯定是不同种类的恐龙了。

野外即使找不到完整的恐龙蛋，碎片也不宜遗弃，因为通过蛋壳的显微结构也能辨识不同的种类。

足迹化石是动物的历史脚印，往往是化石的珍品，虽然它难以鉴定动物的属种名称，但可了解其归属的大类。更有意思的是，从足迹的真实形象、保留的密度，了解动物是群居还是独处的习性；从足迹分布的规律，了解动物是漫步、奔跑、跳跃等行动的习性。从不同足迹的保存情况，可了解其生存竞争、弱肉强食的情况，如此等等，都是很有价值的资料。

足迹化石以恐龙类最为常见，如我国的山西大同，四川广元、宜宾，山东莱阳，

辽宁朝阳均有发现。

特殊的足迹化石，具有特殊的科学价值。例如1970年在土耳其德密尔帕鲁附近建造水坝时，发现印入火山灰中的人的足迹，测定其火山灰的同位素年龄，为距今25万年，从而确定此人足迹为尼安特德人所遗留。又如1978年2月24日著名的古人类学家玛丽·利基夫人在华盛顿宣布，英国科学家A.黑尔在坦桑尼亚北部的莱托里尔一层灰黄色的中粒砂岩上面发现350 万年前的人类的足迹，伴存者尚有象、犀、羚羊，食肉类和鸟类的足迹。他提到这样的人的足迹有六个印痕，其特征是比现代人短而宽，脚弓不大发育，大拇趾像人那样指向前方，和直立行走的人的足迹是极相似的。可惜没有找到更有价值的早期人类化石的遗骸，不过，从其绝对地质年代来看，也许这是世界上最早出现的人类化石呢！还有一个很有趣味的例子，1972年澳大利亚科学家在维多利亚州东部一条河边上发现被1971年的大洪水冲刷出来的砂岩中保存着70个足迹化石，经研究，这些足迹化石应属于305000万年前（晚泥盆世）最古老的两栖类——同鱼石螈（图4.32）有联系的足迹化石。古脊椎动物学家分析了这些化石以后认为：该动物的体长约有1 米，后足为5 趾，前足至少有3 趾，均有蹼。今后有可能在这里找到第一代从水域登上陆地的四足动物。

粪便化石（图4.33）也是一项重要的化石，但极稀少。从粪化石的形态可以了解动物消化道末端的结构和它的食性，也可间接了解动物生存时的周围环境。例如螺旋纹的粪化石可能是鱼类的，螺旋的程度由高到低，一般是板鳃类→肺鱼类→软骨硬鳞鱼类。

另外，分析粪化石中所含食物的残渣——骨碴、鳞片、甲壳、牙齿、介壳及植物等，可以直接了解古动物的食性及其共生生物的关系。特别是粪化石中的孢粉材料，可以恢复当时的景观面貌。

我国境内曾发现过不少粪化石，如贵州桐梓白垩系、陕北三叠系和侏罗系，陕西延安以西安定组中成层的鱼粪化石。山西武乡张村北沟一带泥质砂岩中曾见爬行动物的小型粪化石。其他如山西平陆、武乡、榆社，广西柳城，湖南永顺和河北阳

原泥河湾等地均找到过哺乳动物的粪化石。其中以北京猿人洞穴中的鬣狗粪化石为数最多，保存最好而闻名。

无脊椎动物的遗迹化石，这是近年来引为广泛注意的化石，是动物以它的重量、活动作用于沉积物而形成的。其方式有向下的印、压；向侧向下的挖、掘；向内向外的钩、扒；向前向后的移、退；还有吞食和填充。而在地层中造成的后果有足迹、腹迹、尾迹、移迹留存在层面上；在沉积层层内则有窟穴、钻孔和管道。

此类化石形成以后，除了外力的消毁荡平以外，都是原地保存的，不存在搬运或迁移问题。所以，必须反映沉积物是在宁静环境中形成，如有浊流冲刷，则无法保存此类遗迹化石。

当我们在野外遇到此类化石时，应该注意以下几个问题：①一个动物，可以产生不止一个的踪迹，在条件许可时，一个动物甚至可以产生一片地区的全数踪迹。②一个动物可以制造出一种以上的生活踪迹，即一个动物，既有栖息，又有移动；既有啮食，又有排泄；既有打洞，又有穿窟、觅食、回游。其活动留下的踪迹是各种各样的，即所谓“一物多态”。③踪迹化石可以由同种的多个动物，集体活动所造成。如交叉轨道、分枝窟穴、密集的管道均可能由群体合作制造的。此类化石最为普遍，反映了生物的繁盛、忙碌和喜好群居。④不同种类的动物由于生活方式的相同，或相似的体态可以造成类同的遗迹，如蠕虫的遗迹化石，或蠕虫与某些腹足类的类同遗迹化石；腹足类与双壳类亦有类同遗迹化石；甲壳类和无铰腕足类有类似的窟穴，即所谓“异物同态”。

目前，研究无脊椎动物的遗迹化石的最困难问题是一一追寻它的主人是谁？这里，有若干尚在探讨的专门研究的方法，此处不作细述。当然，这些观察，不能脱离同层位，甚至同层面上留下的动物化石的种类，配合现代生物的活动印迹而进行。

七、标本的采集与整理

观察剖面，作信手剖面以后，就要将有意义的标本顺便采集，带回可作进一步研究。这些标本，基本上包括两类：一是岩石标本，一是化石标本。

岩石标本，选择有代表性的岩层露头采集，凡颜色、成分、结构、构造都能看得清楚的，比较新鲜的标本均可供选择。正规地质标本的大小有一定规格，通常是3厘米×6厘米×9厘米，相当大。不过地质旅行时采集的标本可以不在此限，灵活掌握，可大可小，根据需要而定。如项目较多，比如除肉眼观察外，尚需分析、磨片之用，则宜大宜多，增加采集量。

如果为了说明某种特殊的地质现象，如波痕、交错层理、断层擦痕、小型褶皱之类，则显然需要采集较大的标本，以能说明问题为准。

矿化或矿物标本，也不一定按规格采集，而是选择能说明问题，表示矿化与矿物特征者。不过，既然是地质旅行，不是普查、勘探，这类标本只要少量采集，足以说明某种矿产有存在的可能就行了。

化石标本，这是野外采集时比较复杂的一类标本，根据化石所属门类的不同，采集的要求也不一样。

微体化石，如蜓、介形虫、轮藻、层孔虫、苔藓虫之类，容易采到完整的，一旦如有发现，也都是集群性保存的。因此，采集时要求选择密集程度高、大量集中的块体标本，以便带回室内加工（磨片、挑样）处理时可以找到理想的整体化石。

珊瑚类标本个体较大，多以集群性方式保存在石灰岩之内，除若干体型较大的单体珊瑚能在风化剥落的露头上找到以外，其他的复体珊瑚应选择化石密集、能看到不同方向切面、特征保存清楚者，以便磨制薄片时可以获得理想的标本。

腕足动物标本，多保存在石灰质或砂泥质岩层中，最好是选择化石密集、岩石风化并开始剥落下来的地方挖掘，那里往往可获完整的“立体”标本。特别是层面

与山坡倾斜方向一致的风化面上，更易寻找到所企求的佳品。

为了进一步研究腕足动物壳体的内部构造，我们也要注意采集内膜或通过切片后能见到内部构造的标本。为了研究各种定向部位的特征，凡不同方向保存的印模标本也都应注意收集，除作正型标本外，作辅助观察也是十分需要的。

软体动物壳体化石标本，其要求基本上与腕足动物相似，不再赘述。

三叶虫及其他甲壳类化石标本，欲采获“立体标本”是极困难的。当然，采获连头带尾的整体标本也很不容易，况且三叶虫化石多是头、胸、尾部分开保存的，这时候，应该注意采集头部及尾部标本，因为化石的主要特征就集中在这里，遇有完整的胸部标本，当然也不能放弃。

昆虫化石，重点是翅膀标本，应择其脉翅清楚者采之，因为鉴定特征时主要是靠它。

特殊的牙形刺标本，除少数用放大镜能看到的按一般微体化石标本的要求采集外，相当多的牙形刺是无法用肉眼观察的，于是只好试探性地选择关键层位采取几块，带回经室内处理以后，发现有化石存在时，再根据要求进行系统采集，然而这已不是地质旅行的任务了。

植物化石的最重要部位是叶片化石，尤其是高等植物，因此采集时选择叶缘完整、叶脉清晰的标本带回。采掘必须顺层面细心劈裂，切忌垂直或斜交层面硬挖，这样做，会使完整的叶部化石割裂得不成样子。植物叶片化石多保存在泥岩或页岩中，此类岩石受水湿润以后极为柔软易碎，所以采掘时竭宜选择地势高、干燥、岩性稍硬的部位发掘。有时，采出的标本极精美，但因岩性软弱不宜包装运输，于是要用盒子盛装，避免损坏。

蕨类植物化石的石松和芦木之类，茎部乃至根部的特征均极重要，采集时应予

注意。

至于植物化石中的孢子和花粉，在若干未见“大化石”的“哑层”中极为重要，当然是采集的对象。可是野外无法用肉眼观察，于是只好选择一些富含有机质的层位，挖取岩石标本带回室内处理以后再看，如有发现，下一步再作道理了。

脊椎动物化石，最重要的是头骨化石，所以在地质旅行过程中发现有脊椎动物出露时，应千方百计去寻觅头骨化石，发掘时要特别细心，不致损坏。哺乳类的牙齿化石又是头骨化石中的最重要部位，更宜谨慎发掘。

最理想的脊椎动物化石莫过于完整的骨架。一般地质旅行时，来去匆匆，不可能久留发掘。不过，当现场观察研究以后，如能判断有希望挖到完整的骨架时，就应详细记录、素描或摄影，以待来日再进一步工作，并尽可能向有关方面或当地群众提出保护要求，采取保护措施。例如四川的马门溪龙（目前我国第二大的恐龙化石），早在抗日战争时期即已发现其“苗头”，直到解放以后，花了三年时间才将其整体挖掘出来。

话得说回来，在地质旅行时采集化石，不可能要求像专题研究那样把发现的化石尽量采集，以至“扫光”。实际上，重点应放在如何善于发现化石方面，能采到若干关键性的能解决地质问题的化石也就足够了。所以，要求参加地质旅行的人能像高明的新闻记者一样，有一双善于观察的“慧眼”和一双善于做记录的“能手”，随时随地捕捉到化石的“踪影”，待来日再行挖掘也未尝不可。

这里，就有个“群众路线”问题，即要向群众做科普工作，宣传化石的基本知识，发动群众一起找寻化石，获悉化石产地等等。许多地质古生物工作者在这方面曾经尝到过许多“甜头”，经历过有趣的遭遇。总之，这是一条成功的经验，值得推广。

至于采得化石以后，必须写好标签，用棉花垫上化石。包装运输之类是人们都

熟悉的，这里不必烦琐，恕我从略了。

八、研究有用矿产的层位

不少有用矿产是以地展形式出露于剖面上，因此在野外地质旅行穿越剖面时竭宜注意。常见的有以下几类：①石灰岩。作为工业原料用的石灰岩，要求成分纯净，含氧化钙的量较高。因此，具有开采价值的石灰岩一般均呈灰白色或稍带微红色，具微晶结构，层厚且延伸稳定。例如华南与长江流域一带所见的中、上石炭统的石灰岩就可作为水泥、化工原料的上品，具有很高的经济价值。不过，作水泥原料的，略带一些泥质的石灰岩，呈灰色者也可用。

②白云岩。大量的用于冶金炼钢工业。要求质地纯净，含碳酸钙镁的量较高，层厚而分布稳定。如华南及长江流域震旦纪晚期的白云岩，宁镇山脉地区寒武纪的白云岩均是目前开采的白云石矿。

③石英砂岩。为玻璃工业的重要原料，有些亦可作耐火材料之用。要求二氧化硅的含量较高，杂质很少，即其他矿物含量甚少，颜色纯白，有一定厚度，延伸稳定。如华北地区一些晚元古代的石英砂岩层，华南及长江流域晚泥盆世的石英砂岩层均有开采价值。

④铝土页岩。为含三氧化二铝成分较高的页岩，作为耐火材料、陶瓷原料之用，如含量特高者，则可作为铝土矿开采。通常呈红褐色、红色、暗灰色、绿灰色等，手摸有滑腻感。最常见的铝土页岩与煤系地层有密切关系，或者与富含植物化石的地层有关。如华北石炭纪和二叠纪的煤系地层中即富产铝土页岩，故煤矿附近均有名瓷出产，如唐山、淄博均有瓷器问世，并闻名海外。

⑤煤层。在野外自然露头上很少看到巨厚的煤层，这是由于煤层极易风化剥蚀的缘故，所以常见的只是一些“煤线”，我们在野外旅行或踏勘时要注意这样的有希望找到煤层的“蛛丝马迹”，适当追索它的延伸方向，是否比较稳定，结合当地

的地质构造特点，判断其有无经济价值。

⑥油气层。在自然界露头上是很难见到出露油气的地层，而能见到的多是含有沥青质的岩层，如臭灰岩、油页岩之类，有时也能在裂隙间看到一些渗透出来的油迹，用纤维吸油，甚至可燃。又一种情况，裂隙间充填“沥青脉”，可闻沥青气味。这些，都不能算找到油气层，只能算发现“油苗”。真正的含油气的岩层，均深埋于地下，需要运用构造地质原理去勘探。只不过，“油苗”为我们提供了有希望的油气层的根据。

⑦盐类地层。即含有食盐、钾盐、硫酸钠和苏打等的地层。在天然露头上常以盐霜、溶蚀洞穴，盐碱土之类出现为标志，如附近有水洼地，则水溶液中含有某种盐类，会发出异常的气味，根据这些迹象再作地质特征的观察。

⑧铁矿层。暴露于地表的铁矿层，因风化剥蚀而成为铁矿石碎块、碎屑，或经氧化以后而成为褐铁矿的团块、赤色的土层，可作为找矿的标志。如遇磁铁矿，则有磁性异常反应，可进一步追寻。

⑨含铜砂岩或含铜页岩。它们多见于杂色的碎屑沉积岩系中，常在红色岩层间显示出浅绿色、灰绿色或灰色的岩层。甚至在局部地段出现翠绿色、深蓝色的如孔雀石、铜蓝等矿物。个别情况还可见自然铜胶结的砾岩。

⑩锰矿层。沉积的锰矿层多见于铁质岩石、硅质岩石和碳酸盐类岩石间。它们的风化露头，尤其在潮湿而温暖的气候条件下，锰会形成大量薄膜状和结核状的聚集体。在强烈氧化情况下，则形成碳酸盐和硅酸盐的氧化物——锰帽。锰帽为黑色，常为粉末状，易污手，所以在地质旅行时极易识别此类含矿层。

(11)磷矿层。地层中最主要的含磷岩层是浅海相的磷块岩，往往含在石灰岩、钙质砂岩、燧石、燧石质泥岩内，有时则形成结核状、胶膜状而出现。野外的鉴定方法极为简便，先滴一点硝酸，然后再滴一点钼酸铵，出现黄色（磷酸铵）粉末状溶

液者即显现磷灰石存在，色浓者示含磷量高。磷矿是制造农业肥料的主要原料，地质旅行时应十分注意。我国西南地区及中南、华东各地寒武纪早期，震旦纪及早二叠纪地层中均有发现，前者规模极大。这些磷矿层的附近，往往出现密集的小壳动物群，特别是软舌螺类化石最多，它们就成为找矿的标志。

(12)硅藻土层。主要由化石硅藻组成，硅藻壳的主要成分是蛋白石。岩层呈白色、浅黄色，质轻而软，孔隙度大，吸收性强，具薄层理。硅藻土在制糖、食品、石油工业中作漂白剂之用，还可作绝热、隔音材料。我国的硅藻土矿多见于第三纪及第四纪的湖泊相地层中，如吉林延边、山东临朐等地均有出产。

中国读书网

亦凡公益图书馆(shuku.net)
下一章 回目录

第五章 火成岩区的地质旅行

一、岩浆和岩浆作用的基本概念

在地壳表面出露的岩石中，除了沉积岩占据最大的面积以外，火成岩要数得上第二位了。因此，在地质旅行中仍有较多的机会跟火成岩打交道，对它们的容貌、内在特征，以及与人类生活的关系诸方面，不能不做一些基本了解，特别是许多重要的金属矿产资源还是火成岩的“亲家”呢！

什么是火成岩？可以用一句最简单而明确的话语概括——火成岩是地下的岩浆或火山喷溢的熔岩冷凝结晶而成的岩石。

那么，什么是岩浆呢？地质学家研究大量资料以后认为：岩浆是自然形成于地球深处一种炽热的、黏度较大的硅酸盐质的熔融体。只有极少数情况，出现过碳酸盐质的熔融体。例如本世纪60年代初，曾在坦桑尼亚奥多依尼伦盖火山口发现了喷出的具有碳酸盐成分的岩浆；在智利，还见到过喷溢出铁流的火山。

当地壳一旦有所变动，产生一些破裂时，这些位于地壳深处的岩浆熔融体就沿着裂缝上升，在地壳的某个地段冷凝并结晶为岩石，如在深部成岩，称为深成岩；如在地壳的浅部成岩，则称为浅成岩。深成岩和浅成岩合称为侵入岩。如果岩浆继续沿着裂隙上升，顺火山通道而喷溢出地面，冷凝而成为岩石，则称为喷出岩。而实际上，岩浆在地下深处有自行物质分异作用，也就是说，一般情况下，重的、难熔的组分留在深部；而轻的、易熔的组分则迁移到地球的外层来。前者是侵入岩，后者就是喷出岩（图5.1）。

我们把岩浆的分异、运移、喷溢、冷凝等全过程概括起来，可将其称为岩浆活动或岩浆作用。一部分岩浆活动只将岩浆侵入到地壳中而未暴露出来（现在看到的是经过后来的风化剥蚀作用而暴露出来的）的，叫做岩浆的侵入作用；而另一部分的岩浆活动喷出于地表，则称火山作用，或喷出作用。岩浆的侵入作用在地下进行，人们无法直接观察；而火山作用，是人们能直接看到的地质现象（图5.2）。对于火山喷发，许多史书上也都有详细的记载，例如意大利的维苏威火山，于公元79年爆发，使庞贝和赫古拉农姆两座城镇被埋没于火山灰之下。美国圣海伦斯火山，休眠了123年以后，于1980年3月27日连续大爆发，喷出的火山灰达40多亿吨。我国黑龙江的五大连池火山群，于1719、1720年喷发，熔岩流溢地面。由火山喷发物堆成现今的高达516米的老黑山和高达393米的火烧山，同时形成五个堰塞湖。

当我们了解岩浆和岩浆作用的基本概念以后，应该进一步认识由这种作用而产生的火成岩了。关于火成岩的具体名称，迄今已达1000余种，而实际上，叫出1000余种的名称是很困难的，也没有这个必要。通常在野外地质旅行时，只能把这千余种的名称归纳为几大类，然后掌握若干类就可以了。

怎样归纳呢？其基本条件，无非是考虑岩石中所含的矿物成分、化学成分、结构和构造、产出的形式等几个方面。其中最关键的指标是岩石中二氧化硅的含量、长石的性质及其含量。可分为五大类：①超基性岩。二氧化硅的含量小于45%，几乎全由铁镁矿物组成，硅铝矿物含量极少。如橄榄岩。

②基性岩。二氧化硅的含量为45%~52%，主要由铁镁矿物和基性斜长石组成。如玄武岩。

③中性岩。二氧化硅的含量为52%~65%，主要由中性斜长石或碱性长石与铁镁矿物组成。如闪长岩、安山岩、粗面岩。

④酸性岩。二氧化硅的含量大于65%，由石英、长石和铁镁矿物组成。如花岗岩、流纹岩。

⑤碱性岩。含碱金属很高 (K_2O ， Na_2O) 和一定数量的副长石和碱性深色矿物。如霓霞岩、霞石正长岩。

二、火成岩的结构与构造

火成岩的名称，固然与其所含的矿物成分、化学成分有密切的关系，但了解这些物质组分的形态面貌也十分重要，后者用专门术语来说就是岩石的结构和构造。火成岩命名时的另一基本原则，就要考虑它的结构和构造。这是因为同样的矿物成分、化学成分的岩浆，当其沿裂隙上升到某一部位时，冷凝后表现出来的结构和构造也是不同的，这样，岩石的名称也就自然有差别了。例如在酸性岩类中，正长石、斜长石、石英等基本矿物形成晶体时，呈粒状结构，就称为花岗岩；而当其喷溢到地面，虽然其物质组分相同，但颗粒结构不清楚，有时还出现流动的带状构造，这

样，就不能称做花岗岩，而叫流纹岩了。

由此可见，火成岩的野外定名，不可不注意其结构和构造。

什么是岩石的结构？简单地说，是指岩石物质组分的结晶程度、颗粒大小、形态特征以及它们之间的相互关系等。

什么是火成岩的构造？是指组成岩石的各部分（集合体）在形成岩石时，在排列充填其空间方式上所构成的岩石特点；或者也可以说，是集合体的排列、配置与充填方式的关系。

具体地怎样认识火成岩的结构与构造呢，现分别予以阐述，先谈结构，主要应从以下几方面去认识。

①岩石的结晶程度。我们把岩石中的矿物形成晶体的，称为结晶物质，简称晶质；把另一种未能形成晶体的物质，称为玻璃质，简称非晶质。所谓岩石的结晶程度，即指晶质与非晶质之间的比例关系。

此种比例关系，大体分为三大类：全晶质结构——岩石中的矿物，全部都形成晶体，例如花岗石。

玻璃质结构——岩石中的矿物全部都是非晶质的，跟玻璃十分相似，主要见于某些火山喷出岩，如黑曜岩。

半晶质结构——岩石中既有矿物晶体，又有玻璃物质，火山喷出岩类颇为常见，如流纹岩、安山岩、玄武岩等。

②矿物颗粒的形状。这是由于矿物的习性和结晶空间约束的变化，使晶体形成不同形态的颗粒。这些颗粒的形状有：粒状（如石英），柱状（如角闪石及辉石），

板状（如长石），片状（如云母和绿泥石），针状（如金红石），纤维状（如蛇纹石）。放射状，这是纤维状和针柱状的矿物作放射状排列而成（如电气石和磷灰石）。

③矿物颗粒的大小。指肉眼能分辨得出来的显晶质颗粒的体积而言，按其直径分为：粗粒 >5 毫米 中粒 $5 \sim 1$ 毫米细粒 $1 \sim 0.1$ 毫米 微粒 <0.1 毫米如果矿物晶体的颗粒更细小，肉眼难以分辨，需要放在显微镜下才能看得清楚的，则称为隐晶质。如果比隐晶质更小，一般显微镜底下也难以辨认的，即见不到晶体形状的，则称为非晶质。

在野外观察矿物结晶颗粒的大小，隐晶质和非晶质均无实际意义，只有显晶质才有用处。这样，为方便我们描述火成岩特征起见，把显晶质矿物的大小归纳为三种情况，即三种颗粒结构类型：等粒结构——同种矿物颗粒的大小大致相等，多见于侵入岩类。

不等粒结构——同种矿物颗粒的大小不等，多见于侵入体的边缘及浅成侵入岩类。

斑状或似斑状结构——岩石中的矿物颗粒很清楚地分为两大群类，大晶体明显可见，小晶体十分微小，但细心观察也能见到（岩石学称之为基质），因此，晶粒在基质的衬托之下，呈现出斑状结构，多见于浅成侵入体或喷出岩类中。

④矿物彼此之间的相互关系。这是一种比较特殊的结构，如在某些火成岩中，它表现为矿物晶体彼此之间的镶嵌关系，于是这种结构反映出由交错穿插而形成的各种花纹图像：或作条纹、或作蠕虫状、或作环带状、或作卷曲状，百态千姿，十分绚丽。

现在，让我们来认识火成岩的构造，比较常见的构造类型有以下几种。

①块状构造。这是由于岩石中的矿物组分均匀分布所造成的一种构造，十分普

通，侵入岩与喷出岩类中均有所见。

②斑状构造。这是一种非均一的构造，由于岩石中的矿物组分在结构上或成分上均有差异而形成，特别在颜色和颗粒大小方面极不一致，于是呈现出斑驳陆离的面貌。

③带状构造。形成此种构造的原因与斑状构造相同，故本质上应归于斑状构造，只是其斑驳的色调具有定向性的条带而已。

④球状构造。这是一些矿物围绕着某些中心，呈同心状分布而形成一种球体状的构造，最多的见于一些花岗岩类岩石中。

⑤气孔和杏仁状构造。此种构造常见于火山喷出岩中（图5.3），当岩浆沿地壳裂隙喷溢于地表，在流动冷凝过程中，所含的挥发物质向外逸散，留下空洞，有圆形、椭圆形及其他不规则的形状，这样，此类喷出岩就具有气孔状构造了。假如气孔特多，占总体积的90%以上者，岩石很轻，能在水面浮动，称为浮岩。有人放置于金鱼缸内，充作观赏之用；如浮岩产量较多，可开采作高层建筑的石材之用。当气孔构造被后来的其他矿物（如沸石、方解石）充填，在暗色岩体上显示出白色或其他浅色的斑体，形似杏仁，故称杏仁状构造，玄武岩类、安山岩类岩石中常有所见。

⑥晶洞构造。侵入于地壳上部的岩浆，停留在某处冷凝过程中，岩体的内部有时会留下空隙，在此空洞周围的洞壁上发育了密集的某些矿物（最多的是石英）的晶体，形态多姿，精美绚丽，称为晶洞构造（图5.4）。

⑦枕状构造。基性熔岩有时在水下的火山通道喷溢出来，骤然遇到低温，加速冷凝，在熔岩体的表层先呈半固结状，而其内部仍高温流动，在流动受阻的情况下出现了扁球状、扁椭球状的枕状构造。如四川峨眉山二叠纪时曾发生海底火山喷发，玄武岩层形成许多枕状构造，若万千睡枕，成堆垒叠，蔚为奇观。

⑧流纹状构造。多见于火山喷出岩（图5.5）。当岩浆流溢于地表，由于其中的矿物具有色调的差异性，在流动过程中，造成条带状构造，有如行云流水，或如飘带飞舞，形成逗人喜爱的花纹，最典型的莫如流纹岩中所见者。如杭州西湖宝椒山所见。

⑨柱状节理。当火成岩形成时，由于热量的散逸，熔融体逐渐冷凝收缩，岩石就按一定的方向发生自然破裂，就形成节理，把整体的岩石分割成无数多边形的柱体，如玄武岩常以垂直的六边形或多边形的柱状节理发育为特征；也有成圆弧状的节理，如辉绿岩常具球形节理，沿节理面风化剥落以后，使辉绿岩在野外露头上呈现为一个个好似排列起来的石球（图5.6）。还有如花岗岩常呈三个方向的节理发育，当其风化以后，形成“万笏朝天”奇观，如苏州天平山所见。

火山岩地区由于柱状节理特别发育，满山柱体林立，构成奇特的景色，往往能招徕大批游客前来寻奇探胜，成为著名的游览胜地。如苏格兰的“神仙台阶”、浙江临海桃渚镇海滨（当地称珊瑚石）、江苏六合桂子山的“火山石柱林”，都十分壮观。

三、火成岩的产状

上面所谈的火成岩的结构与构造，基本上是用肉眼在一块手标本上，或者在一米见方的野外露头上就能观察到的岩石特征，可以说是一项“微观”考察吧！现在要谈的，是在比较大的范围内考察，也可说是一项“宏观”项目吧！这就是火成岩的产状。

所谓火成岩的产状，是指火成岩体在地壳中产出（存在）的状态，具体地说，就是野外所看到的整个岩体的模样。当然，这也是在火成岩发育地区旅行时所必须了解的内容。

火成岩体产状的具体内容，包括岩体的大小、形状及其与围岩之间的关系，这是由构造环境的特点所决定的。所以当我们对火成岩体的产状有所了解以后，对火成岩的成因、形成的条件等方面也就有所认识了。

先谈火山岩的产状，它的特点与火山的喷发方式有密切的关系。

如果是中心式的喷发，则形成许多锥形的火山岩堆积，组成古火山群，例如山西大同所见到的第四纪火山群就属于此种类型（图5.7）。如果是沿着地壳的断裂带分布的火山岩，或者说是由裂隙式的火山喷发而形成的，则出现线状分布的火山群，如南京地区所见到的第三纪火山群。

各地火山岩组成的物质也有所不同，有的以熔岩为主，有的则以火山碎屑为主。如以现代的活火山为例，勘察加汝帕华火山和夏威夷的基拉韦亚火山以熔岩为主，喷溢之时，犹如河流奔泻，或如飞瀑高悬（图5.8）。以火山碎屑物为主者系爆炸式火山喷发而来，火山灰数量极大。有的则两者兼备，此种类型倒是比较普遍的。

至于侵入岩的产状，情况远比火山喷出岩复杂，因而形式也较多样，就野外所见者，基本上有以下各类。

①岩基。这是一种规模巨大的岩体，其面积可达60平方千米以上，其周围还有若干小岩体。当我们在这样的岩基所在地作地质旅行时，往往整天，甚至几天穿越其剖面尚未能抵达边界。岩基多由花岗岩组成，其地形外貌，或作高山峻岭，或作丘陵缓岗，逶迤起伏，连绵不绝。如我国南岭地区不少中生代的花岗岩即构成岩基，在普通小比例尺的地质图上看到的一块块标注红色的符号者，多为岩基所在地。

②岩株。这是一类规模中等的岩体，其面积在60平方千米以内，周围没有什么零散的小岩体，与其他围岩的接触边界，相当陡直。

③岩墙或岩脉。这是一类小型的侵入体，其长度自几米至几千米，宽度自几厘

米至几百米。在野外视野范围内基本上看得清楚。它的存在形式有几种，或为围岩（沉积岩、火成岩或变质岩均有）发生断裂，岩浆顺裂隙侵入而成；或由另一岩体的支脉侵入而成。有的是孤单的一条岩墙，有的是多条的交错岩墙组合而成。如果遇到岩墙本身的岩石比其围岩坚硬，则在风化露头上往往构成一道延伸挺直、俨如城墙屹立、气势非凡的景色；如果岩墙本身的岩石较之围岩软弱，则往往侵蚀为一条沟壑；若岩墙与围岩的风化程度相似，无分高低时，地形特点不显，则凭其岩石性质相异而辨识之。

岩墙是很普通的侵入体，一般地质旅行途中颇易见到。

④岩床。这是一种沿着地层层面入侵的侵入体，往往夹在上下两个沉积岩（或火山岩、变质岩）层之间，具有一定厚度，延伸较为稳定，一般多由基性岩组成。岩床的规模不大，一般在数十至数百米的露头上就能见到，但也有数千米者。

⑤岩盖。其基本形态与岩床相同，只是其中心部位厚度较周围为大。

⑥岩盆。其基本形态亦与岩床相同，只是其中心部位下凹，呈盆的形状。

我们在地质旅行时，为什么要注意侵入岩的岩体形态呢？这是因为许多矿床同这些岩体在时间上、空间上以及成因类型方面都有密切的联系。比如说，有的矿床分布在岩体内部，有的则分布在岩体与围岩相邻的接触带上，有的却分布到远离岩体的围岩中去了。究其原因，这种种分布规律，与岩体的产状、成分、内部构造、围岩性质以及与围岩之间的接触关系均有一定联系。通过华南地区各种花岗岩体的研究表明，钨、锡、钼、铍等矿床往往与各岩体的较晚期形成的小岩株有关。吉林某地的铜镍硫化矿床与基性至超基性岩盆有关，而且矿体位于盆底部位。由此可见，研究岩体的特点有助于指导矿产的找寻。

四、学会野外鉴定火成岩

学会用肉眼或借助于放大镜来鉴定火成岩，是野外地质旅行的基本功之一。特别在填绘地质图、测制剖面图、研究侵入体及其相互穿插关系，观察侵入体与其围岩的关系，以及各种火成岩与成矿的关系等方面，均具有重要意义。

学会野外鉴定火成岩，大体上应从以下几项步骤入手。

首先观察岩石的颜色、含石英的分量、含铁镁矿物的分量这三项指标，估计遇到的火成岩应归属于哪一个大类。比如淡红色、浅灰色，含石英晶体的颗粒较多，而含铁镁矿物的分量较少的，大体上是属于酸性火成岩。如果岩石呈灰色、灰绿色，铁镁矿物的含量相当明显，而石英晶体的颗粒大为减少，或偶尔可见者，大体应属于中性火成岩。如果岩石的颜色黝黑，并略带橄榄绿，完全看不到石英颗粒，铁镁矿物几乎成为岩石的全部组分，则应属于基性岩类。

基本上分辨出酸性、中性和基性三大类岩石以后，接着就应该鉴定其具体的名称了。这时候，认识岩石中所含的矿物名称是鉴定的关键，因此，熟悉一下最基本的几种造岩矿物很有必要。

石英：晶体多为六方柱体及菱面体的聚形，晶面有横纹。颜色多种多样，纯净者无色透明，称之为水晶。常见者有白色、灰色乃至暗灰色。如含锰质，呈紫色；含有机质，呈烟黄色、烟褐色、墨色。玻璃光泽。断口不平，有如贝壳状。硬度7，超过铁器，故刀口针尖均难以刻画。

正长石：晶体短柱状，常呈粒状或块状。表面可见解理裂缝。颜色多呈肉红色、浅黄色。玻璃光泽。硬度6，与铁器相近。

斜长石：板状、板柱状晶体，多为白色、浅灰色，有时为浅绿色、浅红色。常为不规则的粒状。玻璃光泽。硬度6～6.5。黑云母：晶体常呈板状、柱状。片状解理发育，极易剥落成薄片，故可用小刀、指甲拨开。具玻璃-珍珠光泽。硬度低，2～3。薄片富有弹性。颜色呈黑、褐色。易风化，成为绿泥石。

白云母：晶体形状与黑云母相同。片状解理亦发育，极易剥成薄片。玻璃—珍珠光泽。硬度2 ~3，颜色白、浅黄，浅灰、浅绿。不易风化。

普通角闪石：晶体常呈柱状，横断面为假六边形，颜色为黑色。绿色、褐色。玻璃光泽。有时可见金属光泽。其解理裂缝的交角为 60° 。硬度5.5 ~6. 普通辉石：晶体呈短柱状。其横剖面为假八面形。颜色多为黑色、墨绿色及褐黑色。玻璃光泽。硬度5 ~6. 解理裂缝的交角呈 90° 。

橄榄石：它的颜色比较特殊，通常呈橄榄绿、黄绿色，有些则呈黑色。有较强的玻璃光泽。断口呈贝壳状。硬度6 ~7，因其极易风化，表面常见浅红色的锈斑。它常见于基性及超基性岩类中，成为判断此类岩石的标志性矿物。

石榴石：晶形发育良好，有时也呈颗粒状。能见到菱形的晶面。玻璃光泽较强。颜色为红褐色、褐绿色、褐色。硬度为6.5 ~7.5. 比重较大。因其形态如石榴子，故名。

掌握了识别上述最基本的造岩矿物以后，再结合酸性、中性和基性三大类岩石的特征，就可以进一步具体地鉴定各种火成岩的名称了。

从岩石的颜色看，花岗岩跟正长岩几乎没有什么差别，都呈肉红色或灰白色。而两者的最主要区别在于有无石英——正长岩不含石英，而花岗岩中的石英含量可达20%以上。

相当于花岗岩的喷出岩就是流纹岩，多具斑状结构，其斑晶即由石英和长石构成。另外，还具有流纹状构造，少数也具有气孔状构造，这些气孔多呈拉长的顺流纹层延伸的方向。

相当于正长岩的喷出岩称为粗面岩，亦具斑状结构，其斑晶由长石、黑云母或

角闪石之类构成。

花岗岩跟花岗闪长岩也很相似，但花岗闪长岩中的石英含量较花岗岩为少，一般在20%~15%左右；而其中的暗色矿物则显著增加，达10%~15%。另外，花岗闪长岩中多含斜长石，而花岗岩中则含大量的钾长石。

典型的闪长岩，色调较深，因所含的暗色矿物较多，一般不少于15%~20%，其中以普通角闪石和黑云母的含量为最多。闪长岩中一般是见不到石英的，有时可见极少量散落的石英晶粒，后者称之为石英闪长岩。

相当于闪长岩的喷出岩称为安山岩，一般呈红褐色、浅红色或灰绿色。属细粒岩类，具斑状结构，其斑晶多由辉石、角闪石、黑云母等构成，斜长石有时也作板状晶体存在。安山岩具块状或气孔状构造。如气孔被次生的碳酸盐、硅质矿物充填时，则形成杏仁状构造。

辉长岩，多呈黑色，灰色或微带红的深灰色。一般为中粗粒结构。灰白色的斜长石和黑色或古铜色的粒状辉石均匀地间杂分布，有时尚有黄绿色的橄榄石和深黑色的磁铁矿颗粒散布其间。辉长岩是基性侵入体中常见的岩类。

相当于辉长岩的喷出岩称玄武岩，一般是黑色或灰黑色的细粒致密的岩石，风化后常呈暗红色、黑褐色、暗绿色。气孔构造是玄武岩的重要特征，气孔的形状常随熔岩流动的状态而变化。当气孔很多时，组成多孔或熔渣状构造。如气孔被次生的矿物充填，则形成杏仁状构造。玄武岩也常见斑晶，后者多由斜长石、橄榄石、辉石等组成。橄榄石风化以后变为褐红色的伊丁石，故在黑色的底色上显示出棕色的斑点。

超基性的侵入岩就是橄榄岩，一般多呈黑色、暗绿色或黄绿色。主要由橄榄石、金属矿物组成，也夹少量的辉石、角闪石、黑云母等。通常为细粒、粗粒或致密块状结构。

以上所述的几种岩石，都是最常见的，在野外凭肉眼就能识别。至于各主要岩类之间的过渡型岩石，则视情况而定，更正确的名称，有待于室内磨制成薄片以后放在显微镜下鉴定。另外不大常见的岩石，此处也毋庸赘述。

五、注意火成岩与矿产的关系

研究火成岩的主要目的是为了找寻矿产，也就是说，运用“以大见小”的原则，从广泛出露的火成岩中得到某种启示去发现那些为数不多、不易暴露的矿产。所以，当地质旅行遇到火成岩时，应缜密注意矿产出现的可能性。

好在不同的矿产往往与一定的岩性有密切关系，所以在认识大类岩石的基础上就可以有意识地注意某些矿种了。兹简单地归纳如下，作为地质旅行时的参考。

(1) 超基性岩石中的矿产。主要有磁铁矿、铬铁矿、钛铁矿、磁黄铁矿、镍黄铁矿、自然铂、金矿等。它们常以不规则的形态充填于早先结晶的橄榄石之间，或包裹在橄榄石、辉石中。当这些矿产形成层状分布时，就有经济价值了。如河南桐柏的铬铁矿成层状发育，宁夏小松山的铬铁矿呈豆状发育。

其他如镍钴矿多产于和辉长岩相伴生的富镁超基性岩中。

铂矿主要产于纯橄榄岩中。

金刚石产于金伯利岩中，往往在大断裂带上出现。如山东蒙阴，即位于郯庐大断裂带上，产钻石。

超基性岩变质以后，常可形成石棉、滑石、蛇纹石、菱镁矿等非金属矿产。

(2) 基性岩石中的矿产。最多的是铜镍硫化矿床，钒钛磁铁矿床，产于岩盆

的底部，也有的呈脉状、透镜状分布。某些铜矿则与玄武岩有关，如台湾金瓜石的自然铜矿床即产于玄武岩的气孔中。钴钼矿、玛瑙也有产于玄武岩中。

基性岩本身还是良好的铸石原料。例如玄武岩的铸石产品具有耐酸、抗磨、抗压、绝缘性能。

辉长岩可用作精美的建筑石材，俗称深色花岗岩。

(3) 与中性岩类有关的矿产。最主要的是铜铁矽卡岩型矿床，这是一种当闪长岩跟碳酸盐岩石相接触的时候，在岩石发生接触变质（交代作用）的地方出现的金属矿产。例如湖北大冶的铁矿、铜绿山的铜矿，安徽铜官山的铜矿，河北武安的铁矿，山东莱芜的铁矿等均属此类型。

闪长岩的抗风化力强，其压力强度为2400千克／厘米²，所以又是优质的建筑材料，俗称灰色花岗岩。

与安山岩有关的矿床有金银矿。黄铁矿型铜矿、黄铁矿等。安山岩也是耐酸的建筑材料。

与正长岩有关的矿产不多，已报道的有矽卡岩型磁铁矿、放射性矿产、陶瓷原料等。与粗面岩有关的矿产亦不多，只有铜、铅、锌等。

(4) 与酸性岩类有关的矿产。与花岗岩有关的矿种相当多，如铁、铜、铅、锌、金、银、钨、铍、汞、锑以及稀土、放射性元素等形成的矿产。这些矿产或伴生于花岗岩中，或在岩体边缘上形成矽卡岩型的矿床，或在伟晶岩中，或为热液矿床。

花岗岩本身也是优质的建筑石材，市场上十分畅销。

与酸性喷出岩有关的矿产也颇多，如铁、铜、铅、锌、汞、铀、明矾石、叶蜡石（雕刻图章的青田石之类即属此）等。流纹岩也是一种优质建材，而松脂岩和珍珠岩经过加工以后，更是一种良好的轻质建筑材料。

（5）与碱性岩类有关的矿产。主要是稀有元素与放射性元素形成的矿产。有时有磷灰石矿。如果富霞石，则可作为提取铝和制玻璃的原料。与响岩有关的矿产也较少，据已报道的材料，有铜、金矿等。

六、脉岩和火山碎屑岩

上面我们叙述了火山熔岩和侵入岩的一些基本常识，而在火成岩地区旅行时，还应注意脉岩和火山碎屑岩。

所谓脉岩，实质上也是岩浆岩的一种，常以脉状或岩墙状充填于岩体或其围岩的裂隙中，由于这类岩石多呈脉状出现，故专称之为脉岩。它们在物质成分上和空间分布上均与深成岩有一定的联系，按其性质，可分为三大类型。

①煌斑岩类。为暗色富含云母的脉岩。其矿物成分中以暗色矿物（黑云母、角闪石、辉石等）为主，并作斑晶出现，成为斑状结构。它们的产状除岩墙形式外，也有岩床，有时则成为火山锥或火山颈的充填物。

②细晶岩类。浅色的脉岩。主要由浅色矿物（长石、石英）组成，暗色矿物极少或缺失，外貌颇似砂糖。最常见的细晶岩，从成分上看，属花岗岩类。

③伟晶岩类。这是一类巨粒结构的脉状岩石。其晶体较大，常在几厘米以上，最大的晶体，直径可达一米以上，重数吨，如新疆阿尔泰地区某伟晶岩脉内所获的绿柱石晶体，就有如此巨大。

伟晶岩的经济价值是所有脉岩中最重要的，因为其中常见有用的矿产，如白云

母、水晶（石英晶体）、黄玉、钾长石以及含有锂、铯、钽、铌、铈、锆等稀有元素所构成的矿物。

火山碎屑岩是火山喷发时产生的碎屑物质沉降堆积以后，再经固结或熔结（熔岩流参与胶结作用）而形成的岩石。火山碎屑，大小不一，大者犹如石块砂粒，小者犹如尘埃粉末，故在其堆积过程中，具有分选特点——近火山口附近者以大块为主，远火山口者以细尘为主。如碎屑物质降落于水流或水域中，则其沉积特征具有沉积岩性质，随地而异。

为识别火山碎屑物质大小与岩石命名的关系，即以火山碎屑岩的结构为基础，列表如下：

粗火山碎屑		细火山碎屑	
石块	角砾	火山灰	火山尘
粗	细	粗	细
粗	细	粉	>128 毫米
8毫米	8~2 毫米	2 ~0.25毫米	0.25~0.0625毫米
			0.0625~0.0039毫米
			< 0.0039毫米

根据表1 内所列的颗粒大小（粒级标准）及其含量的多少，将火山碎屑物质的结构分为以下几种基本类型：集块结构：50%以上由大于32毫米以上的粗碎屑组成。

角砾结构：50%以上由介于32~2 毫米的角砾组成，即由细火山角砾组成。

凝灰结构：50%以上由小于2 毫米的火山灰组成，且以2 ~0.0039毫米级的火山灰为主。

火山尘结构：由小于0.0039毫米的细小火山尘组成，岩石致密，外貌颇似泥质岩石。

熟悉了有关火山碎屑岩的颗粒、结构以后，就可以了解火山碎屑岩的具体名称了，通常最易碰到的有以下几种：①火山碎屑熔岩。这是一类具有火山碎屑岩与熔岩过渡性质的岩石，也就是说，其岩石性质基本上属熔岩，但其中混有相当分量的

火山碎屑物质。多见于火山颈、破火山口、火山构造洼地、巨大的火山碎屑岩中。

②集块岩。主要由粒径大于32毫米的粗火山碎屑物质组成的岩石，其物质成分主要由熔岩的碎块和其他少量的碎块混杂在一起。有玄武岩质的，安山岩质的，也有酸性的火山岩、碱性的火山岩，颜色也有黑色的、紫红色的。故可在具体命名时用玄武质集块岩、安山质集块岩称之。

③火山角砾岩。由大于2 毫米的火山角砾组成，其成分比较复杂，有熔岩碎屑、晶体碎屑、非晶体的玻璃碎屑。大小无定，分选很差，常带棱角，无层理现象。一般分布在火山口附近，与火山集块岩伴生，以紫红色者最为常见。

④凝灰岩。50%以上的颗粒由小于2 毫米的火山碎屑物质组成。颜色很多，有灰白色、白色、红色、淡绿色、紫色、黑色等。外貌疏松多孔，层理较清楚。

⑤沉积火山碎屑岩类。这是火山碎屑物质降落到水域中沉积凝结而成的岩石，常以沉凝岩称之。此类岩石成分大体上与凝灰岩相近，层理颇为清楚，经常可在其中找到动、植物化石，因此，作为判断火成岩区地层年代，划分地层层序时，沉凝岩是十分重要的目的层。如浙江东部中生代火山岩区内所见到的大部分岩层就属此类。

近年研究表明，火山碎屑岩与矿产的关系极为密切，有铜、铁、铅、锌、黄铁矿、铀、硼、沸石等，如长江中下游及东南沿海地带许多火山岩区中所产的金属矿产，大多与此类岩石有关。

七、火成岩的野外工作要点

以上所谈的，属于火成岩的基本常识，当我们在地质旅行时，特别作观察记录的时候，又应该注意哪些问题呢？

对于侵入岩（岩浆岩）来说，基本上要包括以下几方面内容：①凭肉眼（借助于放大镜）鉴定岩石的名称。

②进一步描述岩石的性质，如颜色、矿物成分、结构、构造等。

③侵入岩产状的初步确定。

④考察侵入体与围岩的关系，初步确定侵入体形成的地质时代。如果有两个以上的侵入体或脉岩存在，大致查明它们的先后关系。

⑤侵入体与成矿的关系，包括砂矿。

⑥侵入体的地貌特征，风化侵蚀后所造成的景观。与水文地质（如裂隙性泉水的出露）及工程地质的关系。

⑦侵入体的构造地质特点，脉岩的产状。

⑧侵入体所在范围内的生物特点，特别是植被面貌。

遇到火山喷出岩时，应注意以下几方面内容：①凭肉眼鉴定岩石的名称。

②描述岩石性质，如颜色、矿物成分，结构，构造等。

③确定此类岩石的产状，测量其产状要素。

④注意火山岩与相邻沉积岩的关系，初步确定其喷发时的地质年代。如遇沉积凝灰岩，注意采集其中所含的动、植物化石，借此鉴定火山岩系的地质时代。如浙江东部出露广泛的火山岩系中，经常可以发现晚侏罗世至早白垩世的鱼类、软体动物、植物等化石。

⑤如果发现火山岩系内有一套或几套沉积岩层出现（往往作为火山岩系内的夹层），则可确定火山喷发的次数或期数，划分出火山喷发期与间断期。

⑥如果发现火山岩与侵入体共存，则应搞清楚它们之间的先后关系。

⑦火山岩系中的矿产。除金属矿产外，有时甚至出现喷发间断时形成的煤系地层或夹于其中的煤层。

⑧火山岩系中的构造地质特点。

⑨火山岩系的水文地质与工程地质特点。

⑩根据火山岩的名称、结构、构造、产状等特点，恢复古火山的位置，再造古火山的轮廓。

当然，以上各项内容，并不是说通过一条剖面的穿越，就能全部解决，获得满意的答案。能做到什么样的程度，要看地质旅行的主观条件和客观条件而定了。

中国读书网

亦凡公益图书馆(shuku.net)

下一章 回目录

第六章 变质岩区的地质旅行

一、泰山的启示

泰山，五岳之首。古迹名胜，久闻天下。每当列车途经泰安，旅客们总是凭窗远眺，以倾慕崇敬的心情注视着一座座黝黑而雄伟的峰峦。中外旅游者认为有机会登泰山、上南天门，一览齐鲁壮观乃平生快事。

五台山，誉称北岳，为我国著名的佛教圣地之一，古刹名园，比比皆是；青峰翠峦，逶迤不绝。欲朝山进香的善男信女们固然希望到此顶礼膜拜以如愿，就是一般游客，又何尝不思慕此间的高峰绝境而登临寻幽呢！

说来也巧，从地质学角度看，这“两岳”都是由变质岩系构成的山势。早在上世纪末至本世纪初，就吸引了一些外国地质学家，他们怀着猎奇的心情，在游山玩水中登跋泰山、五台山等地考察地质，他们在这些地质构造复杂、岩石性质多变的地层间发现了这“两岳”原是中国最古老的地层所在地，或者说，是我国大陆的核心部分，属于地球历史早期的大古代和元古代的产物。从此以后，要研究变质岩的岩石学家、要研究地质发展史的地层学家、要研究变质岩系中特殊地质构造的构造地质学家们，都纷纷登上泰山和五台山，发掘研究课题，开辟研究领域，提出地质上的许多新发现或新见解，丰富了地质学的内容。一直到今天，这“两岳”仍然是研究变质岩地质的理想之地，每年吸引不少自教授专家至青年学生们络绎不绝地来“朝觐”。其中也就包括了怀着不同目的的地质旅行者在内，可见在变质岩地区的地质考察也是地质旅行的重要内容之一。

二、变质岩的基本概念

既然变质岩是指沉积岩、火成岩或已变质过的岩石经过变质作用而来的岩石，那么，什么叫“变质作用”呢？这是由于地球内部的高温、高压，在新的物理和化学条件下会使岩石中的矿物成分和结构、构造等方面改造和转变。或者说，地球的内力使岩石改造并发生变化，称为变质作用。这种变质作用的具体特点，主要是通过岩石中所含矿物的变化，比如重新结晶、物质成分的迁移或重新组合，结构和构

造的变化等等而表现出来。因此，凡经过变质作用而形成的岩石，就称为变质岩。

至于另一种由于岩石暴露地表，发生风化作用，使岩石中的某些矿物发生变化（包括成分的改变），这类岩石不能称为变质岩。

正因为变质岩的主要原岩来自沉积岩和火成岩两大类，因此变质岩也就划分为两大类型，由沉积岩经变质作用而形成的变质岩称为副变质岩；而由火成岩经变质作用而形成的变质岩称为正变质岩。

怎样认识变质岩？

首先要从岩石的矿物成分中认识有无变质矿物的存在，常见的变质矿物（若干则通过显微镜鉴定）有以下几种：①富铝矿物：刚玉。

②富含铝的硅酸盐矿物：红柱石、蓝晶石、硅线石、叶蜡石、十字石、硬绿泥石、硬玉。

③碱质或钙质铝硅酸盐矿物：浊沸石、方柱石、钠云母、绢云母。

④钙铝质硅酸盐矿物：帘石类、符山石、葡萄石、硬柱石等。

⑤含铝的铁镁质硅酸盐和铁镁质铝硅酸盐矿物：铝石榴石、绿泥石、蓝闪石等。

⑥铁镁质硅酸盐矿物：滑石、蛇纹石、硅镁石等。

⑦钙镁质和钙质硅酸盐矿物：透闪石、阳起石、硅灰石等。

⑧碳质矿物：石墨。

必须说明，上述各种矿物主要是存在于变质岩中，但沉积岩与火成岩中也可能存在，只是存在于变质岩中的这些矿物，有如下特点：①数量显著增加；②广泛地发育成纤维状、鳞片状、长柱状、针状等，并有规律地作定向排列；③变质岩中所含的石英和长石有些具有较为发育的裂纹，而沉积岩或火成岩中的石英和长石无此种现象。

其次，要从变质岩的结构和构造去认识，也就是观察变质岩组分的形状、大小和其相互关系，以及它们在空间排列和分布上所反映的岩石构成方式，着重于矿物个体在方向和分布上的特征。

变质岩的结构基本上有4种情况：①破碎结构：当原岩在定向压力作用下，持续到超过弹性极限时，使矿物发生弯曲、变形。如压力再增加，超过其强度极限，则发生破裂。根据其破碎程度，从颗粒裂碎到粉末均有，不过太小的粉粒，肉眼是无法辨认了。

②变晶结构：在高温、高压之下，矿物发生重新结晶，其表现的特点是：晶体不完整或严重变形。

③残余结构：重结晶作用不完全时，可以保留部分原岩的结构。

④交代结构：原岩中的矿物被新矿物取代。

不过，在以上四种变质结构中，前两种可以肉眼观察；后两种多在显微镜下观察，不宜野外运用。

至于变质岩的构造，就其重要意义来说，是野外识别变质岩的关键手段之一，或者说，是认识变质岩的重要标志，野外工作时，务必熟练掌握。其基本特征与类型有以下几种：①变余构造：原岩虽经变质，但仍有一部分未受“变质”，保存原

岩的构造特点。例如熔岩中的气孔构造、流纹构造；沉积岩中的层理构造、波痕构造等。

②变质构造：岩石经过变质作用以后而生成的特殊构造。这是识别变质岩最重要、最常见的一种构造，有以下几类：A.斑点状构造：受变质的岩石中，由于某些成分的局部聚集，产生2 毫米左右大小的斑点。这些成分有碳质、硅质、铁质或某些变质矿物（如红柱石、堇青石等）。如果变质程度增高，则此类斑点经重结晶而变成斑晶，若其形体增大时，可在岩石中形成瘤状构造。B.板状构造：岩石在经受变质时，由于应力作用，出现一组平行的裂开面，使整块岩石如木板覆叠。每个裂开面上，平整光滑，如板岩所见（图6.1 ）。C.千枚状构造：岩石内的矿物发生重结晶作用，一方面可见这些矿物具有定向排列，另一方面又使整块岩石呈现出薄片状构造，在片理面上，平整光滑并发出丝绢状的光泽。有时，在千枚状构造的岩石上可见小型的挠曲或褶皱现象。一般来说，千枚状构造比板状构造的变质程度要深一些，如千枚岩（图6.2 ）。D.片状构造：岩石内的矿物具有明显的变质晶体，形成鳞片状、柱状，并作定向排列和分布，沿片理面劈削成薄板状特征。其变质程度又较千枚岩深一步，如片岩（图6.3 ）。E.片麻状构造：岩石具有显晶质的变晶结构，以粒状变晶矿物为主，间以鳞片状、柱状的变晶矿物，作断断续续的定向排列和分布，故在块体的标本上可见片理特点，它往往是由侵入岩变质而来。最典型的就是片麻岩（图6.4 ）。F.条带状构造：岩石由不同矿物，不同结构，或其他不同部分的成分形成条带状分布，如暗色矿物形成的条带状大理岩（图6.5 ）、条带状的磁铁石英岩等。

在上述构造中，特别是板状、千枚状、片状、片麻状这几种外貌特征是变质岩中最多、野外也最容易识别的构造。总之，变质岩的构造是认识变质岩的最重要标志。

三、最常见的几种变质岩

各种变质岩的存在条件，几乎跟它们的变质作用的类型有密切关系，换句话说，

如果在野外工作时，能识别出变质作用的类型，那么也就大体上能估计出其中有哪些具体的变质岩的种类了。

何谓变质作用的类型？主要是根据地质成因和变质作用的因素来考虑变质作用的格局，实际上，也包括了变质作用的规模。其类型大体上划分为四种，都是野外常遇到的。

①接触变质作用。这是由岩浆沿地壳的裂缝上升，停留在某个部位上，侵入到围岩之中，因为高温，发生热力变质作用，使围岩在化学成分基本不变的情况下，出现重结晶作用和化学交代作用。例如中性岩浆入侵到石灰岩地层中，使原来石灰岩中的碳酸钙熔融，发生重结晶作用，晶体变粗，颜色变白（或因其他矿物成分出现斑条），而形成大理岩。从石灰岩变为大理岩，化学成分没有变，而方解石的晶形发生变化，这就是接触变质作用最普通的例子，又如页岩变成角岩，也是接触变质造成的。它的分布范围局部，附近一定有侵入体。

②动力变质作用。这是由于地壳构造运动所引起的、使局部地带的岩石发生变质。特别是在断层带上经常可见此种变质作用。此类受变质的岩石主要是因为在强大的、定向的压力之下而造成的，所以产生的变质岩石也就破碎不堪，以破碎的程度而言，就有破碎角砾岩、碎裂岩、糜棱岩等等。好在这些岩石的原岩容易识别，故在岩石命名时就按原岩名称而定，如称为花岗破裂岩、破碎斑岩等。

③区域变质作用。分布面积很大，变质的因素多而且复杂，几乎所有的变质因素——温度、压力、化学活动性的流体等都参加了。凡寒武纪以前的古老地层出露的大面积变质岩及寒武纪以后“造山带”内所见到的变质岩分布区，均可归于区域变质作用类型。例如本章开头提到的泰山及五台山所见的变质岩，均为区域变质作用所产生。就岩石而言，包括板岩、千枚岩、片岩、大理岩与片麻岩等。

④混合岩化作用。这是在区域变质的基础上，地壳内部的热流继续升高，于是在某些局部地段，熔融浆发生渗透、交代或贯入于变质岩系之中，形成一种深度变

质的混合岩，是为混合岩化作用。也就是说，在区域变质作用所产生的千枚岩、片岩等，由于熔融浆的渗透贯入而成混合岩。

此外，尚有不常见的气体化水热变质作用，复变质作用。

其实，对于野外地质旅行者来说，最常见的变质作用还是接触变质和区域变质两大类，其次是混合岩化作用。因此，熟悉变质岩的名称，也就围绕这些变质作用有关的变质岩就足够了，兹简述如下。

板岩：具板状构造的变质岩，由黏土岩类、黏土质粉砂岩和中酸性凝灰岩变质而来。属于区域变质作用中的轻度变质的岩石。

千枚岩：具有千枚状构造的变质岩，原岩类型与板岩相似，在其片理面上闪耀着强烈的丝绢光泽，并往往有变质斑晶出现。

片岩：片理构造十分发育，原岩已全部重新结晶，由片状、柱状、粒状矿物组成，具鳞片、纤维、斑状变晶结构，常见的矿物有云母、绿泥石、滑石、角闪石、阳起石等。粒状矿物以石英为主，长石次之。片岩是区域变质岩系中最的一类变质岩。

片岩的种类颇多，其命名则根据所含的变质矿物和片状矿物的显著分量而定，例如云母片岩、滑石片岩、角闪石片岩等等，另外，常用绿色片岩之名，系由中性和基性的火山岩、火山碎屑岩等变质而来。

片麻岩：具片麻状或条带状构造的变质岩。原岩不一定全是岩浆岩类，有黏土岩、粉砂岩、砂岩和酸性、中性的岩浆岩。具粗粒的鳞片状变晶结构。其矿物成分主要由长石、石英和黑云母、角闪石组成；次要的矿物成分则视原岩的化学成分而定，如红柱石、蓝晶石、阳起石、堇青石等等。

片麻岩的进一步命名，根据矿物成分，如花岗片麻岩、黑云母片麻岩。

片麻岩是区域变质作用中颇为常见的变质岩。

角闪岩：主要由斜长石和角闪石组成的变质岩。其原岩是基性火成岩和富铁白云质泥岩。具粒状变晶结构，块状微显片理构造。

麻粒岩：是一种颗粒较粗、变质程度较深的岩石，基本上由浅色的石英、斜长石、铁铝榴石、辉石等矿物组成，无云母、角闪石。具粒状变晶结构，块状或条带状构造。

石英岩：几乎整个岩石均由石英组成，浅色、粒状。一般作块状构造，粒状变晶结构。它是由较纯的砂岩或硅质岩类经区域变质作用，重新结晶而形成。

有时，有人将沉积岩中由较纯净的石英颗粒组成的岩石也称石英岩，与变质岩类的石英岩混淆不清，虽然就化学成分或矿物成分来看，两者很难分开，但变质岩类的结构要致密些，称石英岩；而沉积成因者，颗粒清晰，致密程度稍差，故为了区别起见，称之为石英砂岩。

大理岩：碳酸盐岩石经重结晶作用变质而成，具粒状变晶结构。块状或条带状构造，由于它的原岩石灰岩含有少量的铁、镁、铝、硅等杂质，因而在不同条件下，形成不同特征的变质矿物，出现蛇纹石、绿帘石、符山石、橄榄石等，于是在洁白的质地上，衬托出幽雅柔和的色彩，构成天然的图案花纹，给人们想像出一幅又一幅诗情画意的图卷，文人墨客在它们的加工石面上取出许多逗人喜爱的景名——潇湘夜雨、千峰夕照、平沙落雁等等。因而大理石就成为高级的建筑石材，或成为高级家具的装饰性镶嵌材料。而洁白的细粒状的大理石，俗称汉白玉，也是工艺雕刻或富丽堂皇的建筑材料。

大理岩见于区域变质的岩系中，也有不少见于侵入体与石灰岩的接触变质带中。

角岩：这是一类由泥质岩（以黏土矿物为主的页岩之类）在侵入体附近由接触变质作用而产生的变质岩。颜色呈深暗或灰色，硬度比原岩显著增加，故多有将角岩制成砚或其他工艺品，如在苏州灵岩山、寒山寺等旅游区出售的砚石，即利用产于灵岩山花岗岩体附近的角岩所制。

混合岩：由混合岩化作用形成的变质岩，其基本组成物质是由基体和脉体两部分组成。所谓基体，是指混合岩形成过程中残留的变质岩，如片麻岩、片岩等，具变晶结构、块状构造，颜色较深；所谓脉体，是指混合岩形成过程中新生的脉状矿物（或脉岩），贯穿其中，通常由花岗质、细晶岩或石英脉等构成，颜色比较浅淡。

混合岩具明显的条带状构造，并普遍可见交代现象，以此与区域变质作用形成的变质岩区别开来，但它是在区域变质的基础上发展起来的。

混合岩由于混合岩化的程度不同，形成不同构造特点的混合岩，如网状混合岩、条带状混合岩、眼球状混合岩等等。

四、怎样在变质岩区开展工作

在认识变质作用的基础上，掌握了能够鉴定变质岩名称的方法以后，当我们在旅行路线上遇到变质岩时，就可以进一步做些变质岩的初步调查或研究工作了。现就不同的变质区如何开展工作问题，简述如下：（1）热接触变质岩区的工作。

热接触变质岩区也就是侵入体与围岩相接的地带。

在这里，首先要穿越接触带的剖面，也就是决定一条从侵入体到未变质围岩之间的路线，观察侵入体的岩石名称及其岩性；观察围岩受侵入体的接触变质的影响——出现何类变质岩，其岩性特点，变质矿物，有否成矿的条件和可能，接触带上有无断裂之类的构造控制？未变质岩石的名称及其岩性，围岩属于哪个地质时代？

侵入体属于哪个地质时代？等等。

把这许多必须了解的内容，作沿途记录，作剖面示意图，采集有代表性的标本以及摄影或素描。

如果交通、人力、物力、时间条件允许的话，可作再详细一些的观察，诸如追索接触带在面上分布的范围，观察蚀变晕圈的发育情况。

再进一步，还可根据变质矿物的组合关系，划分出蚀变的相带——即内带、中带、外带。同时还可研究热变质岩石与原岩性质的关系，甚至注意多期变质的叠加作用，不同变质带上所赋存的矿产关系。

（2）区域变质区的工作。

由于区域变质作用而产生的变质岩分布面积广阔，岩石情况亦特别复杂，而且其间的褶皱、断裂等构造又十分发育，因此，在这里工作的难度也较大。

首先，当我们根据地层走向选择剖面线以后，在旅途行进中，要像研究沉积岩层那样，注意各变质岩层的上下层序关系，即排除由于褶皱或断层的干扰，恢复其原来的正常层位。当然，这项工作往往不是穿越一条剖面就能“一次性”成功的，而要多几条剖面相互比较才能接近正确。

其次，在观察剖面过程中，要恢复原岩的性质——是沉积岩还是火成岩。如果确定为沉积岩，再进一步判断其原岩的名称，并运用研究沉积岩的办法，研究它们的沉积旋回、沉积建造的特征。注意地层间的不整合、假整合等有助于划分层序的接触关系。努力搜寻其中浅变质岩系（例如板岩）里的化石痕迹，一旦若有发现，并能确定其鉴定价值，便能牵动全局，整个变质岩系的时代及各套岩层的层序也许能迎刃而解。例如笔者等在本世纪60年代初期在江西南部“龙山群”（前泥盆纪的地层）变质岩系地区工作时，一个多月过去了，还没有搞清楚它们的层序关系。后

来，有位学生在一处浅变质的板岩中找到一些笔石碎片，带队的教师很受启发，认为这是揭开此间变质岩系时代之谜的重要线索，于是专门组织队伍，就在出现笔石碎片的上下层地段，分段包干，着力搜寻。通过“顺藤摸瓜”的办法，终于在这里的几个岩层中找到了保存相当完整而精美的笔石（图6.7），经鉴定，属于早奥陶世的种类，从而结合岩性、层位的接触关系，大致确定了自寒武纪至奥陶纪的各个大的层位。后来，又接连在寒武系下部的板岩中发现了海绵骨针化石（图6.8），从而又划分出震旦系地层。这样，几十年来，一直把厚达几千米甚至上万米的前泥盆纪变质岩系“龙山群”地层，分解为震旦纪、寒武纪、奥陶纪三个系，进而在各系内再分出若干组。

在分层基础上，结合岩性、岩相及沉积旋回的研究，初步摸清了早古生代时期此间原为“地槽区”。进而又证实了此间的花岗岩分属于两个不同时期形成的：一是志留纪晚期的“加里东花岗岩”；一是中生代的“燕山花岗岩”，而且此间的大量金属矿产与“燕山花岗岩”的入侵活动有关。

在研究区域变质岩系的时候，还可注意各类变质岩系的空间分布规律及其相互关系，注意不同岩石和矿物组合的关系，总之，注意变质程度和变质作用问题，并联系找矿标志和成矿规律。

（3）混合岩化区的工作。

首先要注意混合岩的基体和脉岩的特点，形态特征，交代作用等。注意混合岩化的强度带及其与区域构造（断裂带和褶皱带）作用的关系，甚至可以了解混合岩化的期次问题。

一般而言，混合岩化区的观察工作并非单独进行的，它是在研究区域变质岩区内的附带工作，因此，诸如矿产之类的问题，也都跟研究区域变质岩同样地进行了。

五、变质岩中的矿产

变质岩中的矿产，主要见于接触变质和区域变质两大类型中。

就接触变质而言，矽卡岩型的矿产最多，这是因为以碳酸钙为主要成分的石灰岩跟侵入体（特别是中性岩浆侵入）接触时，最容易发生化学交代作用，形成矿产。最常见的是铜、铅、锌等硫化矿床（如黄铜矿、闪锌矿、方铅矿）及刚玉等。硫化矿中多数还含有银矿及其他稀有元素矿产。

作为矽卡岩型矿床的伴生副矿物，最常见的有石榴子石、透辉石、透闪石、绿帘石、阳起石、矽灰石等，亦可算是找寻此类矿产的标志矿物。大理石也是此种变质矿产类型的特色。

至于区域变质岩系中的矿产，多存在于太古代及元古代的变质岩系之中，其中有规模巨大的铁矿以及石墨、磷、硼等矿产，部分地区尚有刚玉、石棉、矽线石、大理石等。

这里，特别提一下铁矿。这是距今20多亿年前变质岩系中的最引人注目的矿产，凡美国、加拿大、苏联（即前苏联）、澳大利亚、印度、南非以及我国鞍山地区等蕴藏的数以亿吨计的铁矿床均属此类。据估计，此类铁矿床占全世界铁矿总储量的80%以上，可见其重要性了。

为什么有这么多的铁矿埋藏在这些古老的（图6.9）变质岩系地层中呢？原来，当时出现一种微生物——铁细菌，成为造铁的“功臣”，它是一种需要氧气，但不要很多氧气的菌类生物。据研究，距今32亿~34亿年前的大气中尚缺乏氧气，仅由二氧化碳、甲烷、氢气等组成，具有高度的还原性。到了距今32亿~27亿年前形成的地层中，我们发现了蓝绿藻，说明它们能够摄取还原性大气层里的二氧化碳，通过叶绿素进行光合作用，放出游离氧，使大气层中逐渐增加了氧气，于是产生了铁细菌。它能把溶解于水中的氢氧化亚铁氧化成不溶于水的三氧化二铁，沉积于水中。其过程可用化学反应式表示之：

铁细菌分泌出不溶性铁质、硅质，在体外构成一层比自身大几倍甚至几十倍的“铁质皮鞘”，后者脱落以后，就沉积成铁矿。

水中的可溶性铁质，来源于远古时代火成岩的风化产物，在湿热气候条件下，这些可溶性铁质往往呈胶体状态，从陆地带到浅海里，生活在那里的铁细菌也就在海洋里造铁了。

中国读书网

亦凡公益图书馆(shuku.net)

下一章 回目录

第七章 地质旅行中的摄影与素描

一、摄影与素描各有千秋

地质调查工作，具体他说，以地质旅行为例，是一项颇具特色、以描述为主的工作。文字记录固然少不了，但单凭文字的记叙，最后总感到“美中不足”。比如过分的烦琐，无法形象的表达，起不到直观的效果等，因此，当我们观察了某一地质现象，并作过记录以后，总希望能将野外的真实形象留在自己的记录本上或其他地方，作为重要的信息带回室内去，让自己或其他同行们能见到实际模样的景物，以便于进行深入研究或切磋探讨。

这样，很自然的，每一个对地质有兴趣者必须学会摄影和素描这两项基本技术，配合文字（更确切他说，应是补充文字的不足）记录，就可以使自己的地质调查记

录生色，具有“锦上添花”之妙了。

善于地质摄影和素描的地质工作者，不仅使自己的野外记录生动、真实、美观；而且还可以节省大量的文字篇幅，缩短调查和观察的时间，也就是说，提高工作效率。这一点，在当今的信息社会里，真是太重要了。

不过，也许有人会问：我们学会摄影就行了，何必还要学会素描呢？或者说，摄影是“科学仪器”的产物，而素描是艺术家的任务，不是我们地质工作者所能胜任的。

但事情并非如此简单，根据我们自己的野外工作体会，实际上也是许多前辈地质工作者的经验总结，摄影和素描对于野外调查工作来说，都同样重要，两者是相辅相成、互为补充的手段，不可偏废。

摄影的优点在于镜头所拍摄的景物可以毫无遗漏地收取过来，而且取景迅速、形象逼真。特别是给旁人观看时，使他们也有身临其境的感觉。另外，还可以多张复印，广为散发，扩大影响。或者可以放大洗印，制作幻灯片，景物更为清晰，当其展览、陈列、放映时，可以收到更好的效果。

但是，摄影也有它的难以避免的缺点，比如天气阴晦，能见度较低；照相机本身的功能不理想；甚至景物的某些细节特征难以用摄影的办法获取；至于洗印、放大、做幻灯片等还有一系列技术与效果的协调问题尚待解决。换句话说，调查者所需求的地质资料往往会受到各种各样条件的限制，不可能随心所欲地获得。这时候，虽然捧着现代化的照相机，也许会望“景”兴叹，感到无可奈何！

假如地质工作者此时能掌握一手熟练的素描技巧，运用自己的慧眼和洞察力，去捕捉景物身上为地质科学所需要的某些细节或宏观轮廓，得心应手地画下某些地质资料，克服照相机无能为力的缺陷，该有多好啊！

当然，素描到底不是“科学仪器”的产物，再高明的画家，也无法画得如照相那般的逼真、形象，所以说，能干的地质工作者，应该学会摄影与素描这两手，该用摄影表达时就拍照，该用素描来表达时就提起画笔，两者都需要时就一起上。我们的前辈地质学家中，有不少在这两方面都有一定的特长，在他们的地质论文或地质调查报告中都有自己创作的素描作为插图，显示出他们的科学与艺术相结合的才能，值得我们虚心学习。

二、地质摄影

地质摄影的最主要特点应该包括两方面：一是要求摄取的景物具有真实性和科学性；二是要求所摄影的景物尽量给人们以美的享受。当然，科学性与美学性并不是等量齐观，应以科学性为主，美学性是为科学性服务的。

为什么对地质摄影要强调这“两性”呢？科学性是相片的灵魂，是我们获取地质科学资料的目的与手段。这一点，任何一个地质工作者都了解并悉心注意的，毋需再予强调。而我认为：一张拍得好的地质相片，仅仅只有科学性是不够的，还需要注意这张照片的展览与欣赏效果，这样才能普及地质科学知识，提高论文与报告的质量。因此，要求这张相片的取景角度在不损伤科学性的前提下，在使用光圈、速度方面符合美的要求。不仅使照片上的景物清晰可见，而且能吸引别人来看，成为一张名副其实的科普美术作品。

特别是拍摄视野范围较大的地貌照片时，美学的重心要放在画面的显眼位置上来。例如我们专业地质工作者曾经拍摄过不少在石灰岩区的溶蚀地貌景观、高山地区的冰川地貌景观、花岗岩地区的裂隙地貌景观等的地质照片，但比之摄影记者在同样地区拍摄的名胜风光照片要差得多，其最主要的不足之处即在于取景范围、摄取角度、光线运用等没有很好地运用美术技巧，以致画面平淡无奇，不足以吸引人，更谈不上“爱不释手”了，所以当我们选择教学相片给学生观看时，往往就选择专

业摄影记者所拍摄的风光片来替代了。可见，拍好地质照片是很不容易的！

地质摄影基本上分两大类：一是视野范围比较大；一是视野范围比较小。这两者的目的与要求都有差别，因此对摄影技术的要求也就不一样了。

视野范围大的地质摄影，主要用于宏观的地质现象与地质作用，特别用于地貌景观方面。例如要表达岩石性质、地质构造与地貌发育的关系，岩石性质与地面植物生长的关系，规模较大的断层或褶皱在地表露头的形态、地形起伏与岩性、构造的关系，地层层序剖面图、较大的矿体或矿脉的露头形态等等。

这类镜头，最好利用俯视角度、远近结合的办法取景，使整个画面具有宏大的气派，地质与地貌的轮廓清晰，而具体的地质特征可从近镜头所见的局部现象中获得了解，由近推远，全区的地质概貌也就了解到了。

拍摄时，竭宜注意光线的照射与阴影的关系，怎样运用光线的特点使景物的层次分明，起伏清晰，富有立体感，才能收到实效。

而视野范围小的地质摄影，主要用于摄影局部性的地质现象或地质作用，比如岩层的某些构造特点（波痕、干裂、交错层理之类），裂隙系统的特点（节理组合、断层错位之类），脉岩或矿脉的延伸方向以及它们的相互穿插关系等，局部的构造地质现象（褶皱的轴部、断层的上下盘关系之类），化石的埋藏特点（植物茎干与层面的关系，垂直还是平行。大型脊椎动物的骨骼，特别是腿部与层面垂直还是平行等等），化石种类的伴生关系（比如造礁生物的门类），泉水出露的特点（沿断裂带的涌泉之类），甚至矿物晶体的自然特征（晶洞）等等。

对此类镜头的要求，主要集中在目的物的逼真形象及其微细特征上，甚至有些照片只求局部显示，不求轮廓面貌。所以，此类摄影最主要的是焦距要掌握适当，采光方向与取景角度也有讲究，最后的形象务必使微细特征暴露无遗，使观看者犹如近在咫尺。

如今彩色照相已经相当普及，地质摄影又具有明显的色调特点，应尽量采用彩照，尤其如拍摄矿物共生关系、化石与围岩的关系、植被与岩性的关系、矿物与岩石的关系、岩脉或矿脉的互相穿插关系等必须运用彩照，色泽分明，关系清晰，自然能收到很好的效果。当然运用彩照时要注意尽量符合或接近天然色调。

三、地质素描

1. 地质素描的优越性前面已经提到，摄影有许多缺陷（或者说受限制）的问题，运用素描的办法差不多都可以得到弥补和解决。比如素描不受天气的限制，不受镜头取景范围的限制，不受近景清楚、远景模糊的限制等等。更重要的是，当我们分析某种地质现象并认为哪些特征应该强调，哪些附属物或近旁的草木可能对这些特征有所干扰而应该排除时，若用照相的办法，忠实于客观景物的复制，会有“鱼龙混杂”、“喧宾夺主”之嫌，收不到理想的效果。若用素描技术处理，完全可以根据观察者的需要，对地质体的各种形象与特征，对附近的景物等有所取舍，该强调哪些，该精简哪些，都可以凭自己的运笔而描绘。比如说，当我们在野外的岩层露头上看到有两三组颇有意义的节理，需要给予摄影，而这些节理的裂缝中长满杂草，摄下来的照片肯定看不清节理特征。此时，若用素描技术处理，就可以解决这个矛盾了。我们可以有意识地不画或少画那些干扰节理特征的杂草，而将这两三组不同方向的节理画得清清楚楚。像这样的处理，并没有歪曲地质体的客观事实，倒是更清楚地强调了客观实际，这是完全合理的。

又比如在野外遇上大型脊椎动物化石，为了研究它的埋葬特点，很需要有一幅能表达其实景的照片或画图。但由于骨骼上沾满碎石污泥，若用相机摄影，这许多附属物必然完全摄入镜头，致使骨骼的轮廓带来模糊不清的形象，如用水冲洗或揩抹干净，费事费工，还不见得满意。此时如用素描的办法来处理，可以有意识的把骨骼上的附属物舍去，将骨骼的轮廓画得清楚些。

再如画一幅视野广阔的地貌图，比用相机拍摄要好，它可以把远山远景的轮廓

清晰地表达出来。如此等等，不胜枚举。由此可见，素描对于地质工作者是一项十分重要的技术。

2. 地质素描的基本常识何谓素描？简单他说，一句话：单色作画。也就是运用单色线条在平面上勾画出景物的立体形象。

何谓地质素描？从地质观点出发，运用透视原理和绘画技巧来表达地质现象或地质作用的画幅。在野外勾画的素描，往往要求在较短的时间内完成，通常就在野外地质记录本上画，不可能精工细画，也可称为地质素描草图。以铅笔作画较多，如技术熟练，用笔有把握，也可用钢笔作画。

作素描图的最基本要求，必须懂得透视原理，或者说，必须掌握投影法则，整个画面，就是一张实物的投影图。

所谓投影法则，在我们日常生活的经验中都能体会到，比如说远处的山肯定比近处的树高，而当我们站在旷野上，极目远望时，却觉得远山矮于近树。又如公路两侧排列成行的电线杆，每一根的高度，肯定都是相同的。但当我们向电线杆的尽头望去时，只觉得近处的杆子高，向远处挨个儿低下去。

再如当我们站在挺直的铁路上向远处望去，两条铁轨好似从平行逐渐向尽头交汇合并起来。

如此等等，就是透视现象。从这个现象中我们可以总结出几条规律，可作为素描时掌握之要点：①等大的物体，近者大而远者小，以至消失。

②物体等距排列，处于近处之间距较长，而处于远者较短，最后与视平线处于重合。

③等高的物体，近者高，而远者低，最后与视平线处于重合。‘④视中线左侧

物体，渐远渐偏向右方，右侧者反之，最远处交汇集中于一点。

归纳起来，就是：“近高远低，近大远小，近宽远窄，近前远后，近弯远直，近清远蒙（图7.1）。”也可说是实地运笔时应该掌握的基本技法。

素描的线条基本上分为两大类：一是轮廓线，这是最主要的线条，用于勾勒景物的基本轮廓，有如建筑物的骨架，因此运笔画轮廓线时，必须抓住景物的关键部位，按透视法则表达之。故轮廓线所表达出来的景物形象，有如一幅速写图（图7.2）。

二是阴影线，在轮廓线勾勒的基础上，如何使景物符合“立体感”的形象，必须运用阴影线，而运用阴影线的关键在于表达光线在景物上的明暗差异（图7.3）。运用得宜，景物逼真；运用不善，损伤了轮廓线，甚至景物的形态也无法辨认了。因此，运用阴影线时也需注意以下几个要点：①方向性。阴影线的起伏必须保持与景物表面的起伏一致，掌握“线条随面走，面变线亦变”的原则。

②疏密性。线条的疏密是表示光线明暗的办法之一，明处用线要疏，暗处用线要密，最暗时甚至涂黑，尽量符合阳光照射于景物上的实际情况。

③灵活性。在注意景物科学性的基础上，要考虑到美化图面，如何合宜地运用阴影线颇有讲究。也就是说，阴影线的长短、疏密、曲直、断续等技法的运用要灵活掌握，以美化和令人悦目为标准。这方面的功夫，只有在素描技巧比较熟练的基础上才能逐步提高。

此外，地质素描除了表达地质景物的最基本特征外，有些图幅还可适当配合一些衬托物体，诸如林木、野草、村舍之类。其目的有三：一是作为景物的比例尺，经常作为衬托物之用的有人物、动物之类；二是为了美化图面，不使有孤单枯燥之感，如道路、草木、屋舍之类；三是为了作特殊背景、专门说明某个问题的，如泉水出露、水草丰盛之类。总之，画衬托物时要求考虑构图的整体效果，切忌不适当的堆砌、虚空和不协调等弊病，因此，衬景物也宜选择。

3. 地质素描的基本步骤地质素描的基本步骤，实际上跟美术素描的基本步骤是相同的。大体如下：①选定素描对象的范围，在白纸上划出需要作画的图框，确定主要地质体的位置，一般放在中心位置上或其他合适的位置上。

②安排主要对象和次要对象的大小比例关系及相对位置的关系，在图框内勾出其范围。

③勾勒地质体（或景物）的轮廓线，这主要是抓住外形的轮廓——如山脊、河床、陡崖、阶地（台地）的边缘、河岸、层面、大裂隙之类。素描勾勒时，先近后远。近处画得细致、清晰、浓重；远处画得粗略、轻淡、隐约。画轮廓线时尽量注意透视原理来运笔。远近景物交汇之处，应有意识地在图面上留出空隙，使视线有开朗深沉的感觉。

④在轮廓线勾勒就绪的基础上，加阴影线。这一步主要是掌握景物形象的立体感，使之逼真如实。

⑤适当画些背景或衬托物，用以美化图面。

⑥为了清楚地表达图内的内容，可在地质体附近或景物附近标上必要的文字，如村庄名称、地层年代符号或其他地质符号之类。

⑦最后写上图名、地名、方位、测量数据、比例尺以及其他必要的说明。

⑧通常这类素描图是在野外用铅笔完成的，如为长期保存，需要加墨线的话，则可带回室内再整理着墨。

4. 地质素描实例地质素描的内容颇多，几乎所有的地质现象和地质作用都可作为猎取之列。按其基本内容，最常见的素描，大致有下列各类：（1）地层素描地

层素描多用于剖面图的测制方面，是实测剖面图和信手剖面图的重要补充手段，通常作为近景插图之用。

地层素描的对象即地层，包括沉积岩、火成岩和变质岩三大类。因此，首先要注意岩石性质的不同，在素描图上表现出来的内容要点亦应有所差别。比如沉积岩层以清晰的层理为要点；火成岩类以致密块状伴以节理现象为重点；而变质岩系地层则以褶皱及其复杂的微细构造为要点。

其次，岩层中的结构和构造特点也应尽量在素描图上表达出来。如岩性软弱的岩层（页岩、泥灰岩、薄层灰岩之类）应描绘出柔曲易褶的特点；刚性较强的岩层（如砂岩、石英岩、火山岩类）应描绘出裂隙发育、块状坚实的特点。

若沉积岩层层面上有波痕起伏，岩层露头上可见结核或火成岩体的球状风化等，都需细心运用阴影线方能表达其效果。

如遇砂岩中有交错层理发育、序粒层理发育，作局部素描时，可以采用些夸张的技法，使其特征清楚可见，是允许的。

如有好几条不同时期或不同成分的岩脉相互穿插时，若单纯用美术技法素描，必然无法分辨它们之间的先后关系，此时，则可创造一些或按地质图例所规定的花纹将这些不同的岩脉分别出来，才能达到科学所要求的效果。

地层接触关系的素描，往往是地层素描中的重要内容。如果上下两层间呈现角度不整合现象，素描时容易画得清晰。但如果上下两层间呈整合或假整合接触时，甚至是低角度不整合时，用素描表示出它们的接触关系特点就比较困难了。画得不好，上下两层无差别，看不出发生变化的地质现象，素描就失败了。那应该怎么办呢？这时候，我们应该仔细揣摩假整合面或整合面上的微小变化，将这些微细特征给予必要的夸张，使其明显起来。例如发现有薄的、易揉皱的岩层，或者具有粉末状的风化面、底砾岩、不大平整的岩层面之类，都可以视为夸张的对象，着意加工，

使人们看见它就能了解到这是由上下两套不同层位的岩层在此接触的景象。假如在这类接触带上有植物生长，则可借助作衬景托物之用，也是可以的（图7.4）。在图上写一句说明就清楚了。

地层的含矿性，必须在素描中正确地表达。由于含矿层在露头上往往与其他岩层的坚硬性有所差异，风化以后显示出凹凸不平的情况，如煤层、石膏层较之相邻岩层易风化剥落，或易溶蚀成凹穴，故素描这些含矿层时，可以着意加工其外形特征，特别在运用阴影线时，尽量使其突出。

画地层素描时，最伤脑筋的是：遇到几层岩性差别不大，而分别属于不同时代或不同单位的地层，例如黄土高原上的新生代后期地层基本上是土状堆积物，但分属于不同层位，素描时必须予以分开。若“忠实”地素描，是无法分开的，这样，只好运用不同的花纹代表不同时代（或层位）的土状堆积地层了（图7.5）。一般运用花纹素描时，最好遵照统一的图例符号，不宜随意创新。

（2）构造地质素描构造地质素描的主要对象是褶皱、断层、节理及其他构造地质现象。素描时除抓住其外形特征以外，更要注意其产状要素的准确性，这样才能较好地取得直观效果。

①褶皱素描。地层发生褶皱，不会是单一岩层发生的，而是成套的、众多的岩层发生褶皱的。因此，素描未动笔前，要先琢磨一下哪一层可以作为“标志层”，以此追索整个褶皱的形态，并确定其褶皱的名称，诸如背斜、向斜、箱状褶皱、伏卧褶皱等等。然后，再仔细琢磨这个“标志层”的岩性特点以及如何表达的素描技法。这样，把这个“标志层”置于图框的合适位置上，按其起伏与延伸方向勾勒出这个“标志层”的褶皱形态。接着，再找次要的“标志层”素描。有这样两三个“标志层”的控制，就可以把整个成套岩层的褶皱格局定型了，或者说，某褶皱的骨架已经勾勒搭建成功了。于是其他岩层就可以顺着这些“标志层”的起伏形态进行素描了，在轮廓线的基础上，加阴影线，图面结构就呈现出来了。当然，“标志层”的素描可以着意加工，其他岩层则作衬托，就像红花与绿叶的关系一样，不能

偏废（图7.6）。

②断层素描。跟褶皱一样，断层也不会发生在单一岩层中，总是一组岩层一起发生断裂的，所以，素描断层现象之前，也应先找出它的“标志层”。以此追索断层的上下盘及其错动关系，确定断层的形态特征及其名称（图7.7）。

当素描断层时，先将断层面（线）画在图框的适当位置内，勾勒时宜注意断层面的产状，特别是倾角的大小、断距的大小及其比例关系，必须尽量符合实际。然后画出“标志层”的上下盘位置，这样，这个断层的性质及其格局就基本上控制住了，画“标志层”时，也宜仔细琢磨一下岩性特征及其运笔时的技巧，要在画面上突出显眼。

为了美化图面或强调某一方面的特点，可以画些作比例尺之用的衬景，如人物、房屋、草木之类。

如果断层的规模较大，在断层带附近出现拖曳褶皱、断层角砾岩、发育大量岩脉之类，则可以进行选择性的取舍，作删除或夸张的画法，不必拘泥于如数素描，能说明问题就行了。

如果断层发生在厚层的、岩性均匀的地层（如石灰岩）中，而其断距不大，很难画清楚它。此时，应注意断层带上的微特征（如断层角砾岩、断层糜棱岩之类）以及断层两壁上留下的错动或位移的痕迹，素描时可以将这些微痕迹作些夸张处理，使其形象清晰。

如果有些岩性特征与微构造痕迹仍难以用素描表达，则可在素描图的断层线两侧加上箭头，以示上下盘的动向。

③节理素描。节理素描比较容易，特别是岩层露头上的节理素描主要是把几组不同方向的节理表达清楚就可以了。这里，应该注意的是两组以上节理的交角大小

画到图上时，应尽量使其符合实际。哪一组裂隙的宽度大些，哪一组裂隙的宽度小些也要符合实际。不过，交角的大小与裂隙的宽度也应符合透视原理，不应不顾景物的远近距离而机械地如实描画。

另一方面，我们也应注意节理裂隙与层面或其他缝隙的相互干扰与分别，素描时为了清楚地表达节理特点，可以将其他缝隙排除，轻淡运笔，甚至不画它，这也是允许的。

如果在火成岩发育区，柱状节理十分丰富，为了表达其“柱状”的立体感，不妨用俯视角度画（图7.8）。这样，可以兼顾柱体的纵横切面，也就充分表达出两组以上节理的方向及其柱体的逼真形象。不同方向的节理面，宜用阴影线着力表达，使之具有强立体感。

（3）地貌素描这是一类视野颇大的素描图，从地质学观点考虑，主要是表现地貌特征与岩石性质、地质构造的关系；有时也为了表达风化、侵蚀、冰川、火山、地震，气候等与地貌的关系，今将几种常用的地貌素描简述如下：①多层地貌的地貌素描。多层地形指的是河谷阶地及剥蚀面。这是由于新生代后期大陆地区的地壳运动发生节奏性的升降运动，于是地表的侵蚀作用与堆积作用交替进行，从而出现了由河谷两旁的阶地以及分水岭上的剥蚀面所组成的多层地形。

作此类素描图时，首先要判断视野范围内的多层地形有几层？哪些属于阶地的范围，哪些属于剥蚀面的范围？然后考虑取景的范围，把最有代表性的镜头画到图上去。第一步，先用几条淡档的横线勾画出“多层”的阶地面和剥蚀面，作为全画幅的控制线。第二步，运用透视原理勾勒出山容水貌的轮廓线。第三步，运用阴影线渲染山形、河曲、阶地、剥蚀面的立体形象，使具真实感。近景宜细致，远景可疏淡；陡坡、陡崖、陡坎宜浓影，缓坡平台宜淡影，甚至留白。第四步，衬以树林、村舍、曲径、人物、家畜之类以美化图面。最后可用文字在图面上写些必要的说明，诸如山名、村名之类，使读者一目了然，如亲历其境。据笔者的野外旅行经验，在我国西北黄土高原地区，尤其是在崇山峻岭中行进时，此类地貌素描图很有用处，

至少可以减少很多文字记述，而且形象生动，便于直观（图7.9）。

②岩性与地貌关系的素描图。此类素描图用于特殊地貌现象居多，例如石灰岩地区，因溶蚀作用而产生的岩溶地貌；如花岗岩或火山岩地区，因岩性坚硬，节理发育而产生陡崖峭壁、群峰林立的“黄山型”地貌或“丹霞型”（广东北部丹霞县境红层地区所见者）地貌。也有如大河谷地两岸，或盆地周围而出现的平丘缓岗地貌之类。

动手素描之前，先要确定取景范围与取景角度，怎样能在方寸的纸面上容纳较多的地貌现象。第二步，勾勒出山脊、山坡、水岸、崖壁、洞穴之类的轮廓线。第三步，着阴影线，这是很关紧要的一步，据笔者的体会，可以仿借中国山水画技法的皴法来表示，比如火成岩（花岗岩或其他火山岩）区的地貌，要画出雄峙、峭拔、坚硬、苍健的形态和质感，可以参阅我国传统山水画中五代、两宋的荆浩、关同、李成、范宽、马远、夏圭等曾运用的豆瓣皴、钉头皴、斧劈皴、铁刮皴等技法表现（图7.10）。

对于坚硬的、成层性较好的石英砂岩、厚层硅质岩、其他玄武岩、凝灰岩地层，着阴影时可以模仿南宋、李唐山水画中的斧劈皴技法。

对于画石灰岩、白云岩及其他具溶蚀性岩石的地貌特征，着阴影线可参考云头皴法、破网皴法、鬼脸皴法、骷髅皴法、弹窝皴法。像“鬼脸皴”表现太湖石的质感——玲珑剔透尤佳。

对于画变质岩的地貌特征时，可以仿雨点皴、豆瓣皴、芝麻皴、水斯皴、马牙皴等。

这些皴法，在地貌的不同部位上应该交替使用，例如坡台斜面极宜用斧劈皴兼折带皴；而断层崖壁和整个山岳，又宜用矾头皴兼披麻皴；洞穴宜用卷云皴，破网皴等等。

为了美化图面，在基本地貌格局完成的基础上，可以适当配上一些树林、房舍之类。

③构造地质与地貌关系的素描图。主要是由褶皱、断层构造控制的地貌特点，所以在着手素描之前，先研究清楚此间的构造地貌，是受褶皱控制，还是受断层控制，或者是两者俱备，谁主与谁次之类的问题。然后抓住其中最富有代表性的、典型的构造地貌着笔（图7.11）。

比如以褶皱为例，背斜为谷，向斜为山的地貌现象比较普遍；也有背斜为山、向斜为谷的正常地貌现象。在运笔之前，要把岩层在露头上的倾斜方向先抓住，再注意岩层的倾角大小与山坡坡度之间的关系，地层的倾向与山坡的坡向之间的关系。第三步，要善于选择哪一部分地层最能清楚地表示出地貌特征者，即以此为重点解剖构造与地貌的关系，素描时也就以此为重点，把这部分素描画得形象逼真。然后配上其他的相应地层，使在总体上看得出“褶皱山”的地貌景象，也就是说，即使岩层露头不佳，也大体上能从若隐若现、断断续续的露头上看得出褶皱的整体与山形的轮廓关系就行了。

第二类与褶皱有关的地貌现象是单面山和猪背山，它们都是单斜岩层组成的山形地貌。单面山的地层倾角在 30° 以下；猪背山的地层倾角在 30° 以上。素描时应注意以下几点：A. 山坡与地层倾角的关系，顺地层倾向的山坡缓，逆地层倾向的山坡陡。B. 陡坡一侧往往暴露出岩层的倾向与倾角的大小；缓坡一侧则不清楚。C. 有时在外貌上不易表达此种地貌特征（比如森林或植被覆盖得很密时），则可在山麓切出一块地质剖面示意图，在此处运用地质图例及符号标明地层的岩石性质、倾向与倾角、地层的时代之类，使读者更加清楚。

此外，还常遇到未经褶皱的水平岩层的地貌，其主要特征表现为大大小小的平台地形间以深深浅浅的峡谷或沟壑地形，素描此种地形的关键应放在如何表达切割水平岩层的沟谷上，只要把纵横交错的沟谷地形画清楚了，其他地貌景色也就自然

出现了（图7.12）。

与此类似，还有水平岩层区的穹隆地貌。素描时应注意两点：一是山脉呈环状排列，而水系呈放射状排列；二是穹隆以外的地层保持水平，穹隆内的地层以缓和的倾角表示，地形也以缓坡出现为标志（图7.13）。

与断层有关的地貌现象也是相当普遍的，最显著的是断层崖和三角面山（图7.14），此外尚有地垒山、地堑谷、断块山等。

画断层崖的主要所在是表现好崖壁的地貌特色，如刀劈斧削。几条纵向的轮廓线是全图的关键，动笔之前，要琢磨清楚。为了表达断崖的立体感，在轮廓线的基础上再加些辅助线。阴影线要稀疏一些，只是在断崖后面的山坡、崖顶、崖麓等处，则加密一些阴影线，使崖壁显眼。

画三角面山，宜作近远结合的透视法素描，三角面以上的山脊和山坡都需要清楚地表达，因为断层通过一系列山坡时，走向挺直，断壁陡立的三角形形象是三角面山地貌的主要特征，三角面的轮廓一定要勾勒清楚。两三角面之间的沟谷要加密阴影线，作为三角面的陪衬。山背，山坡也可用较浓的阴影线。这样，三角面山的地貌特征就能突出醒目了，至于三角面以下的河流、边岸、道路、田野之类，为了美化图面，可适当取舍。

地垒山、断块山往往有阶梯状断崖出现，地形作相应的陡坡与缓坡相间。当轮廓线勾好以后，着阴影线时，陡坡宜浓密，缓坡宜稀疏。

地堑谷，实际上往往由河谷两岸的两排三角面山及其上的阶梯状断崖构成，素描的方法可以参照上述，不需赘述。

④其他地貌素描图。往往是专门性的地貌素描，比如火山地貌，常见者有玄武岩台地，火山口的火山锥、熔岩流等遗迹。动笔之前，先要研究一下这些地貌的轮

廓线，如何表达才能清晰醒目。画近景，尤其表达熔岩流的构造特征，比如绳索状构造，需用细腻的笔法，阴影线的运用颇为重要，不然看不出流动构造的特点。

画冰川地貌，着重于取景冰蚀地貌——冰斗、角峰、鳍脊、U形谷之类（图7.15）。重点在于轮廓线的勾勒，阴影线比较次要。至于山林、房舍等衬景物尽量减少，否则，容易产生喧宾夺主的“帮倒忙”的效果。在描绘古冰川地貌时，经常会遇到由于风化侵蚀的影响而使地貌标志模糊，素描时可以排除此种干扰，有意识地夸张某些方面的特征，使形象显得逼真一些。

沙漠地貌，主要着眼于岩石的裸露，裂隙的发育，露头的崩解破碎。有些水平岩层或火成岩类往往风化呈城堡状的露头形。素描时着重于轮廓线的勾勒。画沙漠地区的沙丘，特别如新月形沙丘，除轮廓线的勾勒需清楚外，在其凹洼处用阴影线表达也十分重要，柔和弯曲的阴影线要平行地画，切忌交错起来（图7.16）。

海滨、湖滨地貌素描，重要的是从成因类型出发取景。画湖泊地貌，还要注意其发育的阶段性问题。除地貌轮廓外，湖岸与湖内生长植物的情况尽量接近实际画下来，它们的繁茂程度可以帮助读者理解湖泊的发展史，甚至植物的性质（名称、特征）也宜细致描绘。

（4）化石素描换换换换基本上分为两大类：一是室内的，一是野外的，要求各有不同。

野外化石素描，多用于露头范围较大，或化石的色调与岩层的色调一致，反差不大等情况，此时用照相摄影，效果不见得好，可以素描代替。况且这种化石露头对于研究生物群落、古生态、化石埋藏等方面具有重要价值，素描时还可根据作者研究的需要在某方面有所侧重。

比如在某地露头上沿层面分布着众多的化石（如石灰岩中的生物礁、煤系地层中的植物群体化石），对于研究各类动物或植物间的共生关系至为重要，恢复它们

的群落也极有意义。因此，素描的侧重点就应放在化石的形态上，使读者能大致分辨出它们的门类以至属的名称（图7.17）。其他在露头上的有干扰的物件（岩石破碎，植物生长之类）可以省略不画。就是在画这些化石时，也应着重于它们的轮廓形象，不求其内部构造的细微描绘。同时，各类化石的数量关系、个体的大小比例关系等也应注意，尽量符合实际情况。

如果素描的对象是为了研究古生态或埋葬群的特点，则化石的位置、定向与岩石结构或构造的关系等方面均需作重点描绘，甚至它们在地层中的倾斜角度、附着情况都要如实素描，而化石体的若干微细构造可以简略一些，只求能分辨出轮廓特征，大致叫得出门类的名称也就行了，特别是它们的生长方式或化石的排列方式与层面的关系要切实注意。例如竹节石、软舌螺等长锥形化石的排列方向往往可指示当时的水流流向。煤系地层的基干化石的排列方向（图7.18）可以指示煤层是原地形成的，还是经过搬运以后埋藏的，由此，还可以对煤层的经济价值作参考性的评价。当观察清楚以后，可以在不损害科学事实的前提下，适当地运用夸张手法使化石埋藏的特点更具典型化，以便收到更好的效果。

大型脊椎动物化石，往往见到全身各部的骨骼散乱地保存在一定的范围之内（比如在十几平方米以内），表示基本上是原地埋葬的，这时候，除画清楚这些部位骨骼（头、胸、脚部）的轮廓外，还应注意相互间距的比例关系（图7.19）。

有时，要利用化石的埋藏特点说明岩层的形成环境，则素描此类化石（例如贝壳滩）要着重于它们的堆积特点，不必拘泥于各个化石的细微形态，有个大致轮廓也就行了。

化石的室内素描，一般说来，并不是地质旅行中的任务，不过对于训练画个别化石的形态特征仍有帮助，不妨在此作些简介。

个别化石素描的关键在于形态逼真，立体感强。总的说来，要求用笔细腻，凡

化石上的微小特征都要表达出来（图7.20）。不过，也不尽然，因为每一个化石的特征有主要的，次要的；也有属于属一级特征的，也有属于种一级特征的。一般而言，能画到属一级的特征已算是很不错了。因此，属于种一级的特征就可以画得粗略一些。

其次，有些特征在天然标本上保存比较模糊（因风化关系），而实际上这个特征是存在的，那么，在素描时可以使其“完整化”，有意识地将其“补充”起来。再次，为了使化石标本显眼，在其背景衬托上可以适当运用“美化”的办法，例如加浓色调，或减轻色调（往往用阴影线的浓密、疏淡表示）。

有时候，我们还会碰到化石由于保存的原因而出现一些细小的裂缝，或附着一些难以去掉的杂质，或带有铁锰锈斑之类。如果如实描绘时，必然影响到化石的应有特征，形成干扰。这时候，只能排除干扰，凡与化石本身特点无关的杂质、裂缝、锈斑之类完全不画出来，使化石“净洁”醒目。如果遇到大型化石，其上附有裂缝、杂物，而不会影响该化石的特征时，适当地画几笔也无妨，有时反而增加其天然情趣，有逼真的“化石感”。

哪些该去，哪些该画，由作者根据需要而定。

即将结束本章内容的时候，必须指出：素描的成功与否在于执笔者的多多练习，而不在于了解或熟记多少基本知识、步骤、技法之类。画多了，熟能生巧，肯定能创作出既合乎科学道理、又合乎美学要求的素描图来。

中国读书网

亦凡公益图书馆(shuku.net)

附一 重要矿物肉眼鉴定

自然金：多为分散的粒状，或不规则的树枝状集合体。金黄色，随其成分中含银量的增高则渐变为淡黄色。条痕与颜色相同。有强烈的金属光泽。硬度2.5 ~3. 具强延展性，可以锤成金箔。纯金的比重为19.3. 导电性良好，化学性能良好，除溶于王水外，不溶于任何酸类。熔点1062℃。用于货币，制造精密仪器及装饰品。主要产于石英脉中，自然金常富集成沙金矿床。

金刚石：晶形呈八面体、菱形十二面体，较少呈立方体，而大多数呈圆粒或碎粒状产出。无色透明或带有蓝、黄、褐和黑色。标准金刚光泽。具强色散性。硬度10. 性脆。比重3.50~3.52. 在紫外光照射下能发生黄、绿、紫荧光。用于精密及特种切削工具，制造金属钢丝的拉模、钻头及贵重的宝石。

常产于超基性岩的金伯利岩（即角砾云母橄榄岩）中。当含金刚石的岩石遭风化后，可形成金刚石砂矿。

石墨：常呈鳞片状、块状或土状集合体。颜色和条痕均为黑色。半金属光泽。极软，硬度1 ~2 ，有滑感，易污手。比重2.21~2.26. 由于其熔点高、抗腐蚀、不溶于酸等特性，可用于制作冶炼用的高温坩埚。具滑感，可作为机械工业的润滑剂。导电性好，又可制作电极等。高碳石墨可做原子能反应堆中的中子减速剂及国防工业应用。

石墨在沉积变质成因的岩系中分布最广，系富含有机质或碳质的沉积岩受区域变质作用而成。

高岭石：常呈土状、粉末状、鳞片状。纯净者颜色白，如含杂质，则染成浅黄、浅灰、浅红、浅绿、浅褐等色。蜡状光泽。硬度极低，1 ~3 度。比重2.6. 吸水性

强，舌舔有黏性。

为陶瓷、造纸、橡胶等重要化工原料。

高岭石的来源，有黏土沉积形成，有长石、霞石等风化而成。

磷灰石：单晶体为六方柱状或厚板状，集合体为块状、粒状、结核状。其颜色因成因而异，纯净者无色或白色，但少见。一般呈黄绿色，亦有灰、绿、褐、蓝、紫等色。油脂光泽。

主要用于制造磷肥以及化学工业上的各种磷盐和磷酸。

海相沉积成因者形成胶磷矿，具有巨大的经济价值。有时与火成岩有关者，也可能有经济价值。

磁铁矿：常呈粒状或致密块状，晶体形状为小八面体与菱形十二面体。颜色呈铁黑色，半金属光泽。硬度5.5 ~ 6.5. 性脆，具强磁性。为重要的铁矿石。形成于内生作用和变质作用过程。

赤铁矿：常呈片状、致密块状、鲕状、肾状、土状等。颜色呈红- 铁黑色，条痕为樱桃红色，半金属光泽，硬度5.5 ~ 6.5. 无磁性。也是重要的铁矿石。赤铁矿是自然界分布很广的铁矿物之一，可形成于热液作用、变质作用以及沉积作用的环境中。

硬锰矿：通常呈葡萄状、钟乳状、树枝状以及土状集合体。灰黑至黑色，条痕褐黑色至黑色。半金属光泽，如土状者，则无光泽。硬度4 ~ 6. 性脆。比重4.4 ~ 4.7. 为提炼锰的重要矿物原料。常见于沉积锰矿床和锰矿的氧化带上。

黄铜矿：常为致密块状或分散粒状。黄铜色。条痕墨绿色，金属光泽。硬度3

~4.性脆。比重4.1 ~4.3 ,能导电。是提炼铜的重要矿物原料。黄铜矿可形成于各种地质条件。

黄铁矿：晶形常呈立方体，五角十二面体。集合体常呈致密块状、散染粒状。浅黄铜色。条痕绿黑色。金属光泽。硬度6 ~6.5.性脆。比重5.断口参差状。黄铁矿是制取硫酸的主要原料，也可提炼硫磺。黄铁矿是地壳中分布最广的硫化物，形成于各种地质条件下，其中多见于火山岩系中。

方铅矿：晶体常呈立方体，通常成粒状、致密块状的集合体。颜色为铅灰色。条痕灰黑色。金属光泽。硬度2 ~3.比重较大，为7.4 ~7.6.具弱导电性和良检波性。

是提炼铅的最重要矿物原料，并常含银、锌作为副产品。

自然界分布较广，热液过程者最为重要，经常与闪锌矿在一起形成硫化矿床。

闪锌矿：晶形多呈四面体，菱形十二面体，但常见者是粒状块体。颜色因含铁量的不同而有差异，灰色、浅黄、棕褐直至黑色。条痕白色至褐色。光泽由松脂光泽至半金属光泽。从透明至半透明。硬度3.5 ~4.比重3.9 ~4.1 ,随含铁量的增加而降低。

闪锌矿是提炼锌的重要矿物原料，并从中可得镉、铟、镓等元素。常产于热液矿床中。

黑钨矿：常呈板状及粒状。颜色棕至黑。条痕暗褐色。半金属光泽。硬度4.5 ~5.5.比重6.7 ~7.5.含铁较多者具弱磁性。

黑钨矿为提取钨的重要矿物原料，主要用于冶炼合金钢及电子工业。常产于高温热液石英脉及与花岗岩有关的矿床中。

锡石：其形态随形成温度、结晶速度、所含杂质的不同而异。晶体常呈双锥柱状、长柱状、针状，集合体呈不规则粒状。一般呈红褐色，无色者极为少见，含钨者呈黄色。条痕淡黄。金刚光泽，断口油脂光泽。半透明至不透明。硬度6 ~7. 性脆，贝状断口，比重6.8 ~7.0 ，是提炼锡的主要矿物原料。

其形成与花岗岩有密切关系，气化- 高温热液成因的锡石石英脉最有价值，风化后，常富集为锡矿砂。

辰砂：单晶体呈厚板状或菱面体形。集合体多为粒状，或致密块状以及被膜状。红色，有时表面呈铅灰的锍色。条痕红色，金刚光泽，硬度2 ~2.5 ，比重8.05，导电性极差。

辰砂是提炼汞的最重要的原料。其单晶晶体可用作激光调制晶体，是当前激光技术的关键材料。形成于低温热液过程中。

辉锑矿：单晶体呈柱状或针状，柱面具明显的纵纹。集合体为放射状或致密块状，铅灰色，条痕黑色，晶面常带暗蓝锍色，金属光泽，硬度2 ，性脆，比重4.6. 辉锑矿为提炼锑的重要矿物原料。用以制造合金及化工原料。

辉铜矿：单晶体少见，晶形呈假六方形的短柱状或厚板状，通常呈致密块状、粉末状。暗铅灰色。条痕暗灰色。金属光泽。硬度2 ~3. 略具延展性。小刀刻画时不成粉末，却留下光亮刻痕。比重5.5 ~5.8. 导电性好。

辉铜矿是含铜最富的硫化物，为提炼铜的重要矿物原料。

见于热液成因的铜矿床中。

斑铜矿：常呈致密块状或粒状，新鲜的断面呈暗铜红色，不新鲜的表面常被覆

蓝紫斑状锃色，条痕灰黑色，金属光泽，硬度3，性脆，比重4.9～5.0，具导电性。

为提炼铜的重要矿物原料。

斑铜矿是许多铜矿床中分布广泛的矿物。常见于火山岩系中。

孔雀石：单晶体呈柱状或针状，但极少见。集合体常为钟乳状或结核状，有时其内部具纤维状构造。深绿至鲜绿色。条痕淡绿色。玻璃光泽至金刚光泽。纤维集合体呈丝绢光泽，结核状者光泽暗淡，硬度3.5～4，性脆，比重3.9～4.量多时可作提炼铜的原料，但质纯而色美者多作工艺品原料，粉末可制颜料。

中国读书网

亦凡公益图书馆(shuku.net)

下一章 回目录

附二 常见化石简介

朱鲁赛叠层石 (Jurusania)

次圆柱状柱体，柱体平整、光滑、细而长。二分杈，但较少。子柱体比母柱体小。分出的二子柱体之间的夹角为锐角。基本层通常被柱边所截。不具侧壁。可具长而向下弯曲的檐或连接桥。通常柱体表面有一包裹柱体的薄膜。晚前寒武纪。

扬子螺 (Yangtzespira)

壳微小，左旋，具1.2 ~2 个螺环。早期螺环小，末螺环迅速增大。脐孔或有或无。壳口大，近半圆形，口缘大且翻转。壳面饰以同口缘一致的脊和生长线。早寒武世。

莱得利基虫 (Redlichia)

头鞍窄而长，几乎伸至外边缘，三对头鞍沟，颈环宽大。具颊刺。眼叶新月形，末端与头鞍相接。边缘沟深。面线前支与中轴线交角成 $45^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 。胸节多。尾部小，不分节。早寒武世。

叉尾虫 (Dorypyge)

头鞍特别凸出，前端略收缩并具一对前坑。头鞍沟3 对，但极短。颈刺颇长。眼叶小，位于中部。固定颊狭。尾部大，各尾肋均有侧刺，后侧端的一对特长，而末节的一对较短。中寒武世。

蝙蝠虫 (Drepanura)

头鞍凸起，呈梯形。具三对头鞍沟。眼叶小。固定颊极狭。尾部前侧端伸出一对粗大的长刺，两大刺之间具小锯齿。晚寒武世。

阿门角石 (Armenoceras)

壳体直锥形，横切面略呈椭圆形。梯板较密，体管大，呈扁宽的念珠状。早奥陶世较多。

对笔石 (Didymograptus)

笔石体具两个笔石枝，下垂至上斜，胞管为简单的直管状。早奥陶世至中奥陶世。

震旦角石 (Sinoceras)

壳体呈圆锥至圆柱形。壳面饰有波状弯曲的横纹。梯板颈直，较短，体管细小，位于中央或略偏。中奥陶世。

南京三瘤虫 (Nankinolithus)

头部强烈凸起，头鞍具一明显的假前叶节，三对头鞍沟，后两对较清楚。饰边分为一个凹陷的内边缘和一个略凸的颊边缘，上叶板上，内边缘有2 ~3 列小陷孔分布在放射状陷坑之内，颊边缘前部小陷孔作放射状排列，侧部小陷孔排列不规则；在下叶板的梁脊之外有一列或两列小陷孔。颊刺向后或向外侧伸。胸部6 节。尾短，三角形或半椭圆形，中轴狭窄，分节明显，肋叶有三对肋沟。晚奥陶世。

针链珊瑚 [Halysites (Acanthohalysites)]

个体为圆柱状或椭圆状，大管之间发育小管。个体相连成链。整个珊瑚体的断面呈多角筛网状。横板多而齐整。隔壁刺发育。志留纪。

泡沫珊瑚 (Cystiphyllum)

单体，阔锥状或角锥状，体内充满泡沫组织。志留纪。

五房贝 (Pentamerus)

壳体呈长卵形或五边形。铰合线微弯曲，主端圆。近等双凸形。中槽与中隆均不显。壳面光滑或仅前部有微弱的同心线。志留纪。

花瓣笔石 (Petalolithus)

笔石体单枝双列，横切面扁平，或呈长方形。胞管为细长的直管，排列紧密，大部掩盖。早志留世。

锯笔石 (Pristiograptus)

笔石体仅一个笔石枝，直或曲，只一侧有胞管，胞管为直管形，排列呈锯齿状，志留纪。

单笔石 (Monograptus)

笔石体单枝单列，直或略曲。胞管口部向外弯曲，呈钩状。志留纪至早泥盆世。

王冠虫 (Coronocephalus)

头鞍后部显著收缩，有三对横越的头鞍沟，头鞍前叶颇大，并与假鞍前区融合，颊刺长。活动颊外边缘上有一排齿状瘤。头部壳面具粗瘤。胸部11节。尾部三角形，轴节数目较肋节多，肋节外端无肋刺。中、晚志留世。

拖鞋珊瑚 (Calceola)

单体，拖鞋状，腹面平坦而背面上凸。具半圆形萼盖，隔壁呈短脊状，在平坦面上和萼盖内面成平行排列，而在凸面上成羽状排列。萼穴极深。早、中泥盆世。

巛石燕 (Acrospirifer)

壳体亚半圆形，主端翼状，但不十分横长。双凸形。铰合面微凹，不高。中隆、中槽显著，光滑。侧区壳褶粗强，脊顶浑圆，数目不多。同心层显著，并饰以梳齿状的细放射纹。早泥盆世至中泥盆世早期。

多鳃鱼 (Polybranchiaspis)

背甲呈椭圆形。胸角呈翼状。胸角末端与背棘末端大致在一水平线上。头甲背缘中央向后突伸为背棘，其两侧向内凹进。口孔背位，靠前，椭圆形。眼孔侧位。松果孔甚小。每侧有各自独立的外鳃孔11个。主侧沟前部近眼孔处分属于眶下沟。眶上沟呈V字形。主侧沟尚有4 ~5 对横枝。甲片表面具星状突起斑纹。晚志留世至早泥盆世。

工蕨 (Zosterophyllum)

植物体矮小，簇状丛生。近地表的拟根茎部分发生H（即工字形）或K字形的特殊分枝，并由此分出二歧分叉的直立枝。这些分枝宽约1 ~2 毫米，表面光滑。孢子囊穗位于直立枝的顶端。早泥盆世。

六方珊瑚 (Hexagonaria)

块状复体，个体呈多角柱状。两级隔壁，有时具脊板。鳞板带宽，由多列半圆形鳞板组成。横板带窄，横板多不完整，常见边板。中、晚泥盆世。

鸚头贝 (Stringocephalus)

壳大，近圆形，双凸形，腹壳凸度稍高。最大壳厚位于后方。腹喙长，似杓喙。壳面光滑无饰。中泥盆世。

弓石燕 (Cyrtospirifer)

壳近方形，壳的最大宽度位于铰合线上。双凸形。铰合面低矮。中槽与中隆均发育良好。侧区壳褶较粗，简单分枝。晚泥盆世。

簿皮木 (Leptophloeum)

乔木，二歧分枝。叶座较大，菱形或斜方形，相互挤紧，螺旋状排列。叶痕位于叶座的中或上部，卵形或椭圆形，中央有一维管束痕，晚泥盆世。

贵州珊瑚 (Kueichouphyllum)

大型单体，锥柱状。隔壁多而长，在横板带内常加厚，少数会集中心。次级隔壁也长。主内沟清晰。鳞板带宽，鳞板呈规则同心状。横板呈泡沫状，向中心上升，早石炭世晚期。

小纺锤 (虫+上竹下廷) (Fusulinella)

壳小至中等，纺锤形。6 ~9 圈。旋壁由致密层、透明层和内、

外疏松层组成。隔壁平直或在两极轻微褶皱。旋脊粗大，每圈均有。初房小而圆。中石炭世。

假希瓦格 (虫+上竹下廷) (Pseudoschwagerina)

壳体大，球形。最初1 ~4 圈包卷很紧，其后骤然放松，最后

一圈又收紧。旋壁由致密层及蜂巢层组成。隔壁微有褶皱。初房小。晚石炭世。

鳞木 (Lepidodendron)

高大的乔木，二歧式分枝。叶座呈菱形或纺锤形，螺旋状排列。叶痕横菱形或斜方形，中央有一维管束痕，两旁各有一侧痕。叶座常有中脊和横皱纹。晚石炭世至早二叠世最盛。

南京 (虫+上竹下廷) (Nankinella)

壳中等大小，凸镜形。壳缘圆尖，脐部外凸。一般8 ~14圈。旋壁常矿化，构造不易看清。隔壁平直。旋脊发育，每圈均有。此 (虫+上竹下廷) 常硅化，在风化的石灰岩表面突出显著。二叠纪。

新希瓦格 (虫+上竹下廷) (Neoschwagerina)

壳体较大。粗纺锤形。11~20圈，旋壁由致密层与蜂巢层组成。副隔壁有轴向和旋向两组。每组尚有第一副和第二副隔壁之分。拟旋脊低而宽，发育完好。列孔多，初房圆而小。早二叠世。

旱坂珊瑚 (Hayasakaia)

丛状复体，由弯曲的、直的棱柱状或部分呈圆柱状个体组成。各个体之间由规则的成四排分布在棱上的联接管联接，横板完整，上拱倾斜，沿体壁边缘发育断续的泡沫带，隔壁刺状，晚石炭世至早二叠世。

多壁珊瑚 (Polythecalis)

块状复体，个体呈不规则多边形。外壁部分消失，个体之间以泡沫板相接。边缘泡沫板凸度大，较规则。隔壁未伸入泡沫带，隔壁带与泡沫带界线分明。复中柱较小，由中板、规则的辐板及斜板组成。横板缓向复中柱倾斜，早二叠世。

轮叶 (Annularia)

叶轮生，分布在一个平面上。每轮有叶6 ~40枚，长短近相等，几乎互相连合，呈放射状排列。叶线形、倒披针形或匙形，具单脉。早二叠世最盛。

栉羊齿 (Pecopteris)

多次羽状复叶，羽轴表面光滑或具细纵纹。小羽片舌形、椭圆形、矩形。基部整个着生于末级羽轴上或略收缩，两侧边近平行，全缘。叶脉羽状，中脉一般明显。晚石炭世至二叠纪最盛。

假提罗菊石 (Pseudotirolites)

壳外卷，侧部有明显的肋，距腹部不远处常有侧瘤和横肋，腹部具明显的中脊。菊石形的缝合线。晚二叠世。

大羽羊齿 (Gigantopteris)

大型单叶、倒卵形、长椭圆形。边缘全缘、波状或齿状。叶脉有四级，中脉粗，一至三级侧脉羽状。三级侧脉联结成大网眼，内有由细脉结成的小网眼，形成重网状。具邻脉和盲脉。早二叠世晚期至晚二叠世早期。

克氏蛤 (Claraia)

壳体近圆形，不等壳，左壳较凸。壳顶位于前端。壳面具同心线或具放射线。后耳较大，不延伸，与壳顶部分的分界不明。前耳小或缺失。右壳扁平，前耳下足丝凹槽显著。铰边直而短。早三叠世。

缅甸蛤 (Burmesia)

壳近横卵形，两侧稍不等。铰边直，略小于壳长。膨凸中等。壳顶小而不显，壳嘴内弯。壳面中部有放射线，而前后部则具明显的同心线。壳面尚有密集的小斑点。晚三叠世至早侏罗世。

新芦木 (Neocalamites)

茎分节，中空。节间的纵肋与纵沟较细。叶轮生在节上，数量多，窄长，长短相近，基部分离，单脉。节上有一排圆形或椭圆形的叶迹。三叠纪至中侏罗世。

侧羽叶 (Pterophyllum)

叶羽状，裂成细线形或舌形的裂片。裂片基部着生于羽轴的两侧，上下两边近于平行。叶脉平行，不分权或在靠近基部处分权一次。三叠纪和侏罗纪最为常见。

苏铁杉 (Podozamites)

枝细。叶椭圆形、披针形或长线形。螺旋状或两列状排列在枝上。叶脉细而直，与侧边平行，至顶端聚交或交于两侧边缘。晚三叠世至早白垩世。

狼鳍鱼 (Lycoptera)

头大，眶上骨一块，眶上感觉沟终止于顶骨。眼大。鳃盖系统完全，前鳃盖骨下枝较上枝宽大；下鳃盖骨小，鳃条骨纤细。椎体筒状，中部略收缩。齿骨较大，向后逐渐增高。上下颌有牙齿。一般背鳍与臀鳍相对。胸鳍大，内侧有一粗大不分节的鳍条。正型尾，尾椎骨上扬。晚侏罗世。

类三角蚌 (Trigonioides)

壳体大小不等，卵形或方形。壳饰除同心纹外，都具有中部的“V”字形，与两侧的“人”字形脊饰。中央小齿发育较正常。白垩纪。

嵌齿象 (Gomphotherium)

属长颌乳齿象中的最基本的一属。上门齿相当长大，向下并向外稍弯曲；下颌联合部引长成喙嘴状，嵌在二侧上门齿中间，故名嵌齿象，下门齿微向下弯曲，横切面趋向扁平。颊齿的齿尖成圆锥形（乳头状）。附尖发达，磨蚀后三叶形图案清楚，中间颊齿有三个横脊。中新世至更新世早期。

大唇犀 (Chilotherium)

体矮壮，四肢短。前后脚均为三趾。头骨短，鼻骨长而弱，无角。下颌结合部粗壮并扩大成铲状。门齿大，间距宽，向外上方伸出。前臼齿比后臼齿小并向前急速递减。臼齿具粗大的前刺和反前刺。第二臼齿明显地大。中新世至上新世。

三趾马 (Hipparion)

比现代马小，前后肢均为三趾，中趾粗而着地，侧趾较小而不着地。门齿有凹坑。颊齿高冠，棱柱形，前臼齿已臼齿化。上颊齿珐琅质褶皱强烈，白垩质丰富，原尖孤立，圆柱形。下臼齿有两个突起，形成一个纵长的双柱形。上新世。

马 (Equus)

四肢高度特化，第三趾特别发育，其余趾均退化，掌骨很长，而趾（指）骨较短。门齿有凹坑。颊齿高冠，斜方形。原尖和次尖分别以窄颈与前脊和后脊相连，原尖比次尖大，通常为椭圆形。第四纪。

上门齿长大，弯曲很小；下颌短，臼齿低冠至半高冠。齿脊数目多，中间臼齿有6～11个横脊，最后一个臼齿有9～15个横脊，齿脊上乳突急速地分裂，分成很多小锥，谷部充填的白垩质发育。上新世至中更新世。

头骨高，穹形。有强大的额部突起。大象牙较直，末端轻微向上向内弯。臼齿高冠，齿板紧密平行排列。珐琅质薄，呈波浪式褶皱。

猛犸象 (Mammuthus)

头骨短而高，枕骨前的额顶脊特别高，前额凹。头盖和下颌的垂直高度非常大。臼齿高冠，冠面宽，齿板数目多，第三臼齿齿板达27个之多。齿板珐琅质厚度小，褶皱细密。中、晚更新世。

中国读书网

亦凡公益图书馆(shuku.net)

下一章 回目录

附三 地质旅行实例两则

（一）西湖地质旅行杭州西湖，是一处早已闻名中外的旅游胜地，这当然是由于她的明山秀水诱人的缘故。而对于地质工作者来说，那里的地层和构造的特点（具有沉积岩发育区的代表性），在我国南方各省区中也是比较典型的。所以，有机会来杭州西湖，除了访古寻幽以外，作一番地质旅行也是很有价值的。这里，你也许会问：偌大的西湖，群山连绵，碧水环回，应从何处作地质旅行最为适宜？要

回答这个问题，就得按地层产状的特点进行考虑，而地层产状又往往反映在山脉的走向上。因此，可取一张普通的西湖地形图看一看。

西湖群山，基本上集中在湖的西南侧，山脉与溪谷的走向基本上是东北—西南向。那么，我们的地质旅行路线就应该选择西北—东南向，以便跨越不同时代的岩层，观察其岩性变化、化石特点、构造格局、地形起伏与地质的关系等等。具体他说，可以选择从北高峰经飞来峰、龙井、南高峰至玉皇山一线为最佳。

现在，就让我们沿这条路线作一次地质旅行吧！先从北高峰北侧（古荡地区）的东老岳起步。这里的低丘间分布着一套紫红色粉砂岩和细砂岩，也有粉砂质泥岩，根据邻区地层对比关系，应属于晚志留世潭头群的顶部，也可以说是西湖一带最老的层位了。接着，上北高峰，自北坡直到山顶（海拔313 米）周围，岩石变为紫红色、灰黄色、灰绿色厚层状至块状的长石石英砂岩，砂岩夹页岩，这套岩层也见于天竺山、五云山、六和塔、虎跑泉等地，由于这些岩石抵抗风化和水流侵蚀能力较强，所以往往形成西湖

外围地带的突兀高耸的山脊和峰巅。根据岩性特点，与六和塔发现沟鳞鱼化石的下、中泥盆统唐家坞群相当。又由于这些岩层具有良好的透水性能，每当断裂发育时，泉水便可沿裂缝上升，流溢出地面，如附近的虎跑泉、江苏无锡的天下第二泉均属此类型。

从北高峰南坡下山，岩性为乳白色的石英砂岩夹页岩，与此相当的地层，在杭州附近的其他地方，曾发现斜方鳞皮木（或称薄皮木）化石，该层可归属晚泥盆世，并命名为西湖组。

到北高峰南麓，靠近飞来峰时，出现一套由杂色砂岩、泥岩以及劣质煤构成的岩层，岩性疏松，极易风化，且被流水冲走，故此处形成谷地，附近的天竺溪、满觉陇等洼地亦相同。在这些岩层中曾找到亚鳞木、腕足类化石，定其时代为早石炭世。值得注意的是，前述各地层，基本上是陆相的，而下石炭统出现海陆交替相沉

积，预示着将有规模较大的海侵发生。这套地层，称为珠藏坞组。

自北高峰南麓向东南行，便是著名的灵隐飞来峰。这座满布石刻佛像，洞壑玲珑的石灰岩小山，由于在灰白色略带粉红色的岩层内发现（虫+上竹下廷）类化石以及“球状构造”（藻类化石），确定其地质年代及其层位为中石炭世黄龙组和晚石炭世船山组。如果再注意其地层产状，北坡向南倾，南坡向北倾，山顶为上石炭统，山麓及山坡为中石炭统，由此可见，整个飞来峰就构成一个典型的向斜构造。

自飞来峰南坡南行，接天马山北坡，又出现先前在北高峰见到过的泥盆纪地层，这种层序关系上的突变，应引起注意，原来在天马山与飞来峰之间的山洼处，正是一条逆冲断层通过。也正有泉水淙淙流出，冷泉是也。

要是再注意此间岩性，石灰岩组成的飞来峰正好位于石英砂岩与页岩组成的北高峰、天马山之间，显得飞来峰的岩层与周围所见者不同，被砂页岩包裹着石灰岩、飞来峰之名，更具有地质特征了。

天马山之南，即龙井，为谷地所在，平坦的上石炭统地层出露，其南接南高峰，两者之间，又有一条逆冲断层。多溶洞的石灰岩层再加上断裂，泉水自然溢出，故龙泓涧上游出现著名的龙井泉了。

整个南高峰，虽然都是石灰岩地层，但细分起来有三组地层，山麓的灰白色略带微红者可能归中石炭世的黄龙组。山坡上灰白色者为上石炭统的船山组（此两者与飞来峰相同），山顶深灰色并含燧石结核者，含有丰富的大型（虫+上竹下廷）类及珊瑚腕足类化石，属早二叠世的栖霞组。南高峰地层与产状，南北相向对称，新地层位居中间，老地层位居两侧，与飞来峰一样，也是一座向斜山。石灰岩山的溶蚀洞颇为发育，再加上两侧山麓的冲断层，于是岩溶地貌更为称奇，著名的水乐洞、烟霞洞、石屋洞以及洞内绚丽多姿的钟乳石的发育，就与这些地质现象有关了。

南高峰之东南，为青龙山，出露早石炭世的砂页岩地层，并构成背斜构造，其北翼与南高峰之间为一逆冲断层；南翼接连上覆中石炭世至早二叠世的黄龙组、船山组与栖霞组的石灰岩地层，即九曜山是也。其南侧与玉皇山相连处，呈一垭口，下石炭统覆于下二叠统之上，此处又是一条逆冲断层，跨过断层带向上攀登，为玉皇山，此山出露的地层与构造格局，与南高峰相同，亦属向斜部位。

玉皇山，又名玉龙山，海拔高度241 米，登上山顶，既可俯瞰西湖景色，又可眺望钱塘江雄姿，故古人曾有“玉龙山上接穹罗，左带钱江右枕湖”之句。站立峰巅，回首环顾自北高峰以来的地质与地貌景观，历历在目，信手剖面大体上可告一段落。尤可注意的，由于山顶适当向斜中心，便于储存岩层中的裂隙水，故有白玉蟾井、天一池等古迹。巅顶东南侧，巨大的溶洞——紫来洞，为游人常到之地。

玉皇山之南的将台山，地层展布与构造格局与玉皇山相同，只是在两山之间的垭口处为一冲断层所在。将台山之南的栖霞山，又出现与北高峰相同的泥盆纪砂页岩地层。到此，这条西湖地质旅行路线基本完成，总的面貌已经清楚，北面的北高峰与南面的栖霞山出露本区较老的泥盆系，而中间的南高峰则为本区较新的下二叠统，这样，北高峰—南高峰—栖霞山构成一条较为完整的向斜构造。但中间仍有如天马山、青龙山所见的小背斜和飞来峰、南高峰、玉皇山所见到的小向斜。因此，用构造地质学术语来说，整个西湖群山构成一条杭州复向斜——大的向斜构造中包含着若干小的背斜和向斜。也就是这条地质旅行路线上见到的结论。

如果有时间、有兴趣的话，还可以选择西湖周围的其他地质旅行路线，各有各的特色。例如从龙井翻越狮峰，沿九溪十八涧而下，直至徐村一线，沿途可以观察有争议的冰川地貌遗迹。沿葛岭、宝石山至孤山一线，可以观察火山碎屑岩地层，了解晚侏罗世浙江火山活动之一二。也可注意“宝石”（火山岩中的碧玉）的由来以及寿星石、石屏风、正川洞、紫云洞等名胜与火山岩地貌的关系。站在孤山上，瞭望西湖周围的山形以及平原地貌特点，还可研究百万年以来从海湾演变为西湖的沧桑史。总之，西湖的地质内容极其丰富，是地质旅行的好地方，在此，不可能一

一介绍。

（二）黄山地质旅行黄山，位于安徽南部，是皖南丘陵山区的中枢，东接浙皖交界的天目山，北连佛教四大圣地之一的九华山，西南通向祁门山区，南缘为屯溪盆地。也是钱塘江与长江下游的分水岭。面积达154 平方千米，区内有著名的72峰，多数高度在千米以上，其中以莲花峰最高，1873米，也是安徽省境内的最高峰。

黄山风景闻名于世，始于唐代，李太白有《送温处士归黄山白鹤峰旧居》诗云：黄山四千仞，三十二莲峰。

丹崖夹石柱，菡萏金芙蓉。

直到1616年、1618年徐霞客两次登黄山，写下了游览日记，于是名声大盛。“五岳归来不看山，黄山归来不看岳”的赞语流传至今。

黄山的奇异景致，主要是花岗岩构成。这里的花岗岩体呈椭圆体，长轴15千米，短轴10千米，出露面积107 平方千米。在黄山作地质旅行，主要也就是了解花岗岩体的某些特征，因此，可作为火成岩区地质旅行的代表。这条路线可选择在桃花峰至芙蓉岭南北向剖面上，今简述如下。

桃花峰为石英砂岩（可能属泥盆系）及因花岗岩入侵而变质的绿色砂岩，至黄山宾馆，出露细粒花岗岩，在逍遥溪中所见者最为清楚，这些细粒结构的花岗岩，说明侵入体边缘部分冷却较快所致。自黄山宾馆至光明顶，一路都见粗粒花岗岩，表示向岩体的中心部位靠近。至狮子林，则见斑状花岗岩，已达岩体的中心。这类粗粒和斑状结构，说明岩浆冷却缓慢，结晶颗粒就变得粗大了。自狮子林至芙蓉岭，又见到粗粒花岗岩变为细粒花岗岩，靠近岩体的边缘了。所以，从黄山宾馆到芙蓉岭，比较完整地见到了黄山岩体的面貌。

自芙蓉岭再向北行，出露花岗闪长岩，即称为太平岩体，由于含有较多的黑色

矿物，极易风化，地貌上变为浑圆平坦的小丘，风化土也较厚。相比之下，黄山岩体的黑色矿物较少，岩性坚硬，抵抗风化侵蚀力较强，以致形成群峰林立、万石争奇的风光了。

如果要观察黄山的地貌景观，上述路线也可同时进行，在黄山花岗体所在处，峰林地貌十分壮观。不过，需要说明的，通常所说的峰林是指石灰岩地区的岩溶地貌而言，而这里的峰林成因则由于岩性坚硬外，深大而垂直的节理也特别发育，沿裂隙作强烈的切割侵蚀，于是就形成一座座尖锐的山峰，构成石林如海的奇观了。在这些峰林地貌中，尤以海拔1600～1800米的峰峦（如玉屏楼、天都峰、莲花峰、始信峰、飞来石、排云亭、光明顶、狮子峰、翠微峰等）最为壮丽，多属悬崖峭壁，深沟峡谷。在这些“峰林”两侧，则有1000～1200米高度的朱砂峰、紫云峰等，形成南北对称的低一级群峰及其峡谷。再低一级，为600～700米的低丘了。这三级不同的高度，代表了三级剥蚀面。又由于在最高级的剥蚀面上曾经发现白垩纪的沉积物，由此可见，自白垩纪晚期以来，黄山地区曾发生过三次间歇性的上升。进入第四纪以来的二三百万年间，山体上升仍未停歇。

如果你对生物有兴趣的话，黄山的名花奇株、珍禽异兽也十分丰富。就植物而言，高等植物有1600多种，其中有70种是珍稀品种，被列为保护对象。由于黄山气候分带与海拔高度有关，故植物的垂直分布特征甚是清楚。例如1100米以下是常绿阔叶林带，属亚热带环境；1100～1600米是落叶阔叶林和山地矮林带，属温暖湿润的温带环境。

动物方面，鸟类170多种，兽类48种，爬行类38种，鱼类24种，两栖类20种，其中14种已在保护名单之列。

在地质旅行的路途中，还可顺便注意这些生物分布，可谓意外收获也。

附四 中国各地质时期主要内生矿产简表

侵入期	距今年数 (亿)	主要分布地区	岩石类型	有关矿产
新生代				
喜马拉雅期	0.2 ~0.5	西藏、台湾等	超基性岩、石英闪长岩、花岗石	Cr、Au、Cu、Pb、Zn
中生代				
燕山期 晚期	0.7 ~1.0	东部地区、滇西、西藏、喀喇昆仑山	花岗岩、闪长岩、二长岩等	Sn、W、Mo、Pb、Zn、Cu、Hg、Sb、Au、萤石、明矾、叶蜡石、重晶石、水晶
中期	1.37	东部地区、滇西、西藏	黑云母花岗岩、花岗闪长岩、基性和超基性岩	W、Sn、Bi、Mo、Fe、Cu、Pb、Zn、Be、Cr、Ni、Ti、Pt、石棉、叶蜡石、明矾石
燕山期末分		东北北部、内蒙北部、秦岭	花岗岩、白岗质花岗岩、斜长花岗岩、花岗斑岩、基性岩	Mo、Cu、Pb、Zn、Au、萤石、水晶、钛钒磁铁矿
印支期	2.00	南岭、海南岛、川西、滇西、秦岭、南祁连山	黑云母花岗岩、	

石英闪长岩、辉长岩 Fe、Cu、Ni、稀有金属、云母

晚古生代

海西期 晚期 2.30 东北、内蒙、天山、昆仑山、川滇、台湾 花岗岩、基性和超基性岩 Fe、W、Sn、Mo、Pb、Zn、Be、Cr、Ni、钒钛磁铁矿、金云母、水晶、石棉

中期 2.40 大兴安岭、内蒙北部、天山及川滇边区 黑云母花岗岩、花岗闪长岩、基性和超基性岩 Fe、Cu、Pb、Zn、Cr、Ni、Co、钒钛磁铁矿、云母、水晶、菱镁矿

早期 2.8 阿尔泰、准噶尔、天山、川滇边区、祁连山、昆仑山、内蒙 基性和超基性岩、花岗岩、花岗闪长岩 Cr、Cu、Ni

续表

侵入期 距今年数（亿） 主要分布地区 岩石类型 有关矿产

早古生代

加里东期

晚期 4.05 南岭、内蒙北部、天山 黑云母花岗岩、花岗闪长岩 与金矿关系密切

早期 4.40 北祁连山、北山、贺兰山 基性和超基性岩、变质火山岩 Cr、Pt、Cu、Ni、Fe

元古代

后期 6 ~17 秦岭、鄂西 花岗岩、闪长岩

前期 17~27 辽东、华北、华南 花岗岩、花岗闪长岩、花岗斑岩、超基性和基性岩 Cu、Pb、Zn、Au、Cr、Ni、Fe、滑石、石棉、菱镁矿

太古代

>27 东北、华北 花岗岩、基性和超基性岩 云母、稀有金属、Au、Cu、Ni、Cr、Fe、B

中国读书网

亦凡公益图书馆(shuku.net)

下一章 回目录

后记

夏树芳

《地质旅行》初版迄今整整10年了。湖南教育出版社为贯彻江泽民主席提出的“科教兴国”伟大方略，总结20世纪中国科普创作的成就，普及科学知识，提高国民的科学文化素质，推动和繁荣我国科普创作之目的，编辑出版《中国科普佳作精选》，将拙作列入修订重版之列，对我个人来说，当然是很高兴的事。这也是广大读者对我多年来从事科普创作的肯定和鼓励。

《地质旅行》一书，最初由科学出版社出版。当时，正值“文化大革命”后，许多学术团体恢复活动，逐步走上正常的运作轨道，除了促进科学研究，开展论文交流以外，还注意到向广大群众普及本学科知识的任务。中国地质学会和中国古生物学会与科学出版社合作计划各出一套基础知识丛书，我先后接受了《古生物与能源》、《地质旅行》两本书的编写任务并按期完成。其目的是向具有中等地理知识的广大青年普及动态的地质知识，特别给身在农村或喜欢到山水名胜地区旅行观光的知识青年在接触大自然过程中学习一些基础地理和地质知识，认识自然、掌握自然，开拓科学眼界，有机遇时，还可为经济建设做点工作。同时，也可以给初步涉猎地质专业的学生们增加学习兴趣，帮助他们在野外观察各种地质作用和地质现象，补充课堂教学内容。

本书出版后的这10年来，各地旅游事业迅速发展，并逐步形成新的产业，备受各界关注。城市群众纷纷离开喧闹的环境，接触大自然的机会日益增多，他们对自然界的兴趣与日俱增。在游览观光途中，已不满足于导游人员的故事讲解，而希望了解各旅游地点的自然环境及其赋存的科学意义。于是，那些地方的地质概貌及其特点也就成为旅游者关心的热点，他们希望学习到一些科学文化知识，颇带古人倡导的“游学”的味道。我认识两位生长在上海和杭州的中学毕业生，他们曾到过不少地方，受到《地质旅行》的启发，在游览过程中，写了不少有关地质方面的心得体会，或记录材料，还经常来信与我探讨他们观察到的问题。有时，还采集到不少化石、岩石或矿物标本要求鉴定，成为业余的收藏爱好者，还将藏品在当地举办的小型展览会上亮相，获得好评。

有些在旅游学校任教的地理老师，也把《地质旅行》作为他们备课时的教学参考书，给未来担负导游任务的青年学生讲授地质、地理知识，使他们在向游客讲述旅游胜地的山容水貌时能充实科学内容，揭开大自然的神秘面纱。

许多游客也反映，在欣赏景点的风光之时，他们感到希奇古怪的胡编故事不及带有科学见解的地质知识有意义。

由此看来，《地质旅行》已经不是局限于地质专业的科普读物，其作用或影响，随着国民经济的持续发展，超过了10年前的想像了。

趁本书再版的机会，回顾一下本人科普创作的经历，总结一下科普创作的思想与经验教训，也许是有益的。

早在中学时代，我很爱好文学，曾在家乡的地方报纸上发表过多篇散文与诗歌，似乎有一种模糊的创作习惯。进入大学地质系以后，与文学告别了。但在学得地质专业知识以后，萌发了科普创作的念头，1953年，试写了一篇《地下水与打井》，寄给《科学大众》，不久，竟在抗旱专号上发表了。兴奋之余，想不到这篇短文竟能在当时久旱气候时尚有实用价值，可帮助生产。因此心想今后不妨继续写下去。

1955年大学毕业后不久，做郭令智院士（当时是教授）的助手，参加汾河地质调查，在野外考察期间，郭老师鼓励我写些地质旅行文章，并风趣他说：“做一名现代徐霞客如何？”当时，并没有想做徐霞客的雄心壮志，但他这一提醒却激发了我写作的欲望。两个月的野外工作结束，把必要的考察记录整理好以后，随手写了一篇《汾河地质调查记》，寄给《旅行家》，不久，发表了。此后的两年间，又写了《闽赣道上看地质》、《陇东黄土高原查勘记》等文章，相继在《旅行家》上发表。

当时，正值第一个五年计划期间，矿产资源勘探的消息经常在新闻报道中出现，引起广大群众关心和兴趣，我的地质科普文章反响也自然很大。经常由《旅行家》编辑部转来群众来信，询问他们家乡的一些地质或矿产资源问题。其中一些还由编辑部在专栏内选刊出来，密切了编者、作者和读者的关系。这几年间，我深深地体会到群众很需要科学知识，科普创作应该是自己义不容辞的责任。

但是，作为一名大学教师，评定学术水平的标准是靠专业论文，而不是写科普文章。所以自己的主要精力当然扑在教学与研究上，科普文章只能偶尔为之。

“文化大革命”接近尾声之时，上海科技出版社的《科学画报》改名《科学普及》，编辑来南京大学组稿，需要地学方面新近发展起来的课题的科普文章。当时，我的老师王德滋院士（当时任教务长、副教授）接待他们，介绍我为该杂志撰稿。我先后写了板块构造、古气候方面的科普文章，都刊出了。不久，“文革”结束，编辑部经常转来群众来信，要求解答常见的地质现象问题。从此，感受到了“文革”以后广大群众渴望获得科技知识的迫切心情并感到科普创作的大好形势正在形成，我应当担负一些责任。

1976年末，上海科技出版社编辑邓荣辉同志向我建议，是否写一本介绍化石的书。当时，中国科学院古脊椎动物与古人类研究所创办的《化石》杂志已经问世两年，并得到毛主席的赞扬，群众对化石知识也颇感兴趣。她的提议，引起我的触动，于是答应下来。虽然科普文章我已写过多篇，可是科普著作，尚未尝试过。好在邓荣辉富有编辑经验，双方共同合作下，花了一年时间，终于完成《化石漫谈》一书，1978年正式出版，初版7万多册，半年就卖完了，以后又作第二次印刷。

当《化石漫谈》出版后不久，我陆续收到来自工人、农民、学生、基层干部的来信，他们都谈到阅读后的收获，或提出他们见到过的若干地质现象及其疑问，有些还附上素描图、照片，甚至寄来标本，要求鉴定。读者的热烈反响，提高了我科普创作的兴趣，更增强了我在教学和科研工作中的信心，从中明白了钻研专业与群众的需要是紧密相连的道理。

此时，香港《文汇报》上也发表了一篇评论《化石漫谈》的文章，认为这是一本质量较高的科普作品，读者不仅学到了丰富的化石知识，而且还学到辩证唯物主义与历史唯物主义。同时，还赞扬书中的插图也画得好，以为出自富有经验的画家之手，其实，他们都是初出茅庐的“青年画家”，只是在作画时与我密切配合，共同切磋完成的。

1980年，本书获得《新长征优秀科普作品》二等奖。

此后，我陆续写了地球历史、地质旅行、人类起源等方面的科普小册子好多本。1990年，获得由全国科普作家协会第二次代表大会颁发的成绩突出的科普作家称号。

回顾这些年来的创作，感受是很丰富的，归纳起来，有以下几点：一、科普创作的灵魂是科学性，也就是说，每一篇科普作品必须把各个学科的最基本的、严格而准确的概念告诉读者，绝不能认为科普作品是写给一般普通群众阅读的，不是科学论文，可以随便地写作，甚至把不符合科学实际（或规律）的纯幻想传授给读者，避免造成误导，以讹传讹。

我曾经接触过不少出版社的编辑，在组织科普稿件时，总希望从事本专业工作的科学家来写，道理就在于此。

二、科普创作应尽量具有文艺作品的吸引力。一般而论，科学论文强调逻辑思维，文艺创作则强调形象思维，而科普作品，我认为必须两者兼备。也就是说，一篇（本）好的科普作品，应该是科学与文艺的完美结合，使读者在阅读科普作品时感到轻松愉快，不费脑力，从中获得科学知识。内行人看后感到没有错误，外行人看后感到饶有兴味。

三、科普作品要含有较多的信息量，写作时要善于旁征博引，借题发挥，把本专业应有的知识“亮相”以外，还要吸收相关的、有联系的其他知识。如果写作时仅局限于某个小问题阐述，有时会感到施展不开来，问题也说不清、讲不透。如果把笔头开拓一下，触类旁通，游刃有余，问题也就能说清讲透。比如我遇到过不少有相当文化水平的读者，他们分不清古生物学与考古学的概念，当他们弄清楚化石与文物的概念以后，再结合实物来理解，这问题就解决了。

四、科普作品要吸收一定的文学知识，特别是古典文学的知识是很有必要的。

因为我国古代自然科学是相当发达的，古籍中自然现象的记载也是相当丰富的。例如，有关我国地震的记载，早在《诗经·小雅·十月之交》中就提到：烨烨震电，不宁不令。

百川沸腾，山冢卒崩。

高岸为谷，深谷为陵。

哀今之人，胡惨莫惩？

诸如此类的科学问题，在许多古典诗词中均屡见不鲜，当我们提到现代科学时，适当联系一下古代科学，对我们发扬爱国主义精神也是很有好处的。

五、科普作品要写得通俗易懂。据说，唐代大诗人白居易每写好一首诗，首先念给群众听听，征求他们的意见，达到“老嫗都解”的境地。我想，既然科普作品是让广大群众阅读的，行文时必须注意用字遣词的通俗性，尽量避开晦涩的字或词，不然就不能叫科普作品了。

今年（1998）正好是中国共产党十一届三中全会20周年，我的第一本科普读物出版也正随着改革开放的足迹走过了20周年，所以，此次《地质旅行》的修订也算是对我从事科普创作的鼓励，我将为繁荣科普创作而奋斗终生！

1998年岁暮于南京大学

中国读书网

