

矿产地质调查与勘探

第一章 中国的矿产资源

中国幅员辽阔，成矿地质条件多种多样，是世界上矿产种类较为齐全，矿产资源蕴藏丰富的少数国家之一。截止到 1997 年底，全国有探明储量的矿产 153 种（209 个亚矿种），其中能源矿产 7 种，金属矿产 54 种，非金属矿产 89 种，其它水气矿产 3 种。矿产地近 2.3 万余处。45 种主要矿产的潜在总值仅次于美国和前苏联，居世界第三位。

第一节 中国矿产资源的基本情况

一、矿产开发历史

中国矿产开发利用活动具有悠久的历史。远在旧石器时期，中华民族的祖先就开始利用燧石、玉髓、石英、玉石等矿物和一些坚硬的石块。稍晚，还利用粘土矿来烧制陶器，进入新石器时代之后，不仅有一般的陶器，还烧制彩陶，利用玉石制作玉器，之后，开始由石器时代向铜器时代过渡。

公元前 21 世纪，中国历史上第一个奴隶制国家夏朝建立了。那时铜器已开始使用。到了商朝，不仅制陶业、玉雕业有了相当的发展，而且出现了青铜器制造业，人们懂得将铜、锡、铅熔铸在一起，形成比铜要坚硬得多的青铜，并利用青铜制造工具和武器。由于青铜器工具坚硬，武器锋锐，大大超过了石器，从而极大地提高了生产力。人类进入了青铜器时代。

春秋时期，我们的祖先又学会了开采和冶炼铁矿的技术，由于铁器更加坚硬、锋利，不仅胜过石器也胜过青铜器，因而在农业、手工业和战争中获得较为广泛的应用。到战国时期，铁制品使用更为广泛，社会开始向铁器时代迈进。

从西汉时期开始，铁器已普遍使用于生产，并开始利用煤作燃料，钢铁质量达到很高的水平。我国古代矿业在隋唐时代，进入了繁荣时期，在全国许多地区采矿业都获得发展。在此之后，直至新中国成立之前的 1000 年间，矿业活动虽在继续，但发展非常缓慢。到 1949 年，全国年产煤仅 3243 万 t，石油 12 万 t，钢铁 15.8 万 t，有色金属 1.3 万 t，水泥产量仅 66 万 t，硫酸产量仅 4 万 t，硫铁矿仅 2 万 t，磷矿石 1951 年仅产 2 万 t，其它非金属矿产量也很有限。

新中国成立以来，矿业获得全面、高速发展，由于矿业活动大规模地、全面展开，有力地促进了能源、原材料工业的发展，使我国进入了矿业大国和能源、原材料生产大国的行列。1990 年全国原煤产量达 10.8 亿 t，为 1949 年的 33 倍，居世界首位；原油产量达 1.38 亿 t，为 1949 年的 1150 倍，居世界第五位；不仅满足国内需要，还出口为国家创汇；10 种有色金属产量 239.2 万 t，为 1949 年的 184 倍，居世界第四位，钢铁产量达 6 634 万 t，为 1949 年的 420 倍，居世界第四位；硫铁矿标矿产量 1274 万 t，为 1949 年的 637 倍；磷矿石产量为 2 268 万 t，为 1951 年的 1134 倍；轻工矿也有相当发展，以盐矿为例，年产量已达 2023 万 t，为 1949 年的 9 倍；使我国实现了由矿业小国向矿业大国的飞跃，矿石产量和原矿产值在世界上均占第三位。据有关资料统计，在 1989 年世界原矿生产总值中，原苏联占 22%，美国占 14%，中国占 5%。其次，在矿业发展中实行以大矿为骨干，大中小矿并举的方针。大矿从数量来看，确属少数，在整个矿山中约占 2%，在国营矿山中也不到 10%，但这些矿的产量在整个矿山产量中占重要地位。特别是一些重要的能源、钢铁矿产资源主要是大矿山、大油田生产的。以石油为例，绝大部分是由大庆、胜利等几个大油田生产的，仅大庆油田年产油即达 5000 万 t 以上；铁矿石主要是鞍山—本溪、冀东、攀西等几大铁矿生产的。在 10 多亿 t 煤中有一半以上也是大煤矿生产的。中、小矿在中国矿业生产中也占有重要地位，首先在数量上占绝对优势，其次在产量上也有着举足轻重的位置。如煤，有 1/3 产量是由小煤矿生产的，其它小铁矿、小有色矿山、小非金属矿也占有相应比重。而建筑用砂石、粘土以及公路、铁路和水利使用的石料，则主要是由小矿山生产的。另外，就所有制而言，以国有矿山为主体，多种经济成分并存，除了 8000 多个全民所有制矿山外，还有乡镇矿山 125000 个，个体采矿 116590 个，此外还有中外合资经营的矿山企业。在整个矿山企业中，国营矿山企业居于主导地位，但乡镇矿业在整个矿业中的地位日益提高，成为我国矿业不可缺少的重要组成部分。

二、中国矿产在世界上的地位

中国是一个矿产资源大国，不仅矿产种类多，资源总量丰富，而且配套程度较高，中国矿产资源在全球矿产资源构成中占有极其重要的地位（见表 2-1-1）。

表 2-1-1 主要国家矿产储量潜在总值占有情况

	潜在总值		人均潜在总值		单位面积潜在总值	
	亿美元	世界排名	万美元	世界排名	亿美元/km ²	世界排名
美 国	298392.750	1	12.017	19	318.387	17
前苏联	218478.538	2	7.565	25	97.525	34

续表

	潜在总值		人均潜在总值		单位面积潜在总值	
	亿美元	世界排名	万美元	世界排名	亿美元/km ²	世界排名
中 国	165616.624	3	1.511	53	172.517	24
南 非	89054.095	4	25.664	10	729.332	10
澳大利亚	66250.270	5	41.406	5	86.238	39

(资料来源：《中国自然资源丛书（矿产卷）》1996 年)

(一) 主要矿产在国际上的地位

我国已探明的矿产资源总量较大，约占世界总量的 12%，但我国人均资源占有量在世界上的排名很低，名列第 53 位，是美国人均占有量的十分之一，是俄罗斯人均占有量的八分之一。有些矿产资源占世界总量的比重很大，如稀土矿产资源占世界总量的 43% 左右，钨矿储量占世界钨矿储量的 45.7% 左右，煤占世界总量的 11% 左右（见图 2-1-1）。

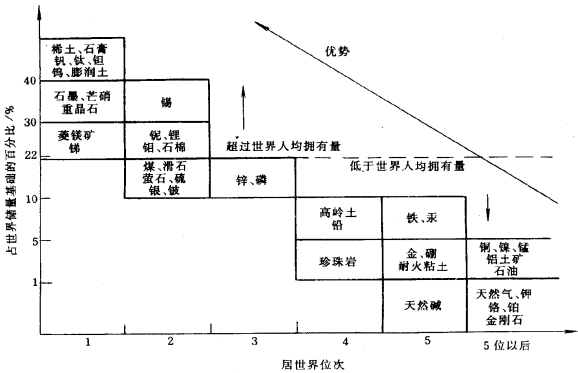


图 2-1-1 中国主要矿产储量在国际上的地位示意图

(二) 优势和劣势矿产

由于地壳运动的不均衡性和地质构造活动的多期性和复杂性，造成全球各地的成矿地质条件不尽相同，从而在世界各个地区、各个国家范围内所形成的矿产种类、各种矿产的资源丰度和单个矿床的规模质量也不尽相同。每个国家在全球范围内都可能各有优势和劣势。中国也一样，根据现有资料对比分析，在全球矿产资源构成中，部分矿产在世界上占有优势，但有相当数量的矿产具有明显劣势。

(1) 优势矿产。指储量居世界第一到第三位，并占世界储量基础的 15% 以上的矿

产。主要包括稀土、钽、铌、钛、钒、钨、锡、钼、锑、锂、铍、煤、芒硝、镁、重晶石、膨润土、耐火粘土、石棉、萤石、滑石、石膏及石墨，共 22 种。

(2) 较丰富的矿产。指储量居世界的位次和占世界储量基础的比重这两个指标居中的矿产。有铁、铝土矿、铅、锌、汞、硫、硼、高岭土、珍珠岩及磷，共 10 种。

(3) 资源潜力较好，但保有储量不足的矿产。主要是石油、天然气、锰、铜、镍、金及银，共 7 种。

(4) 短线矿产。储量居世界的位次和占世界储量基础的比重这两个指标都偏低，资源潜力不大，保有储量严重不足的矿产。主要是铬铁矿、铂族金属、钾盐、天然碱及金刚石，共 5 种。

三、中国矿产基本特点

辩证地看，中国既是一个矿产资源大国，又是一个资源相对贫乏的国家；既有许多资源优势，同时又存有劣势。矿产资源的基本特点有以下几个方面：

(一) 矿产资源总量丰富，人均资源相对不足

截至 1996 年底，我国矿产保有探明储量总潜在价值为 92.13 万亿元，约占世界矿产储量潜在价值总值 767.75 万亿元的 12%，仅次于美国和前苏联，是世界上矿产资源总量丰富的少数几个资源大国之一。

但是，由于我国人口众多，人均占有资源量少，因此仅为世界人均占有资源量的 58%，居世界第 53 位。有些重要矿产资源人均占有量大大低于世界人均占有量，如石油资源占有量仅为全球石油资源量的 7.7%，若按我国占有世界 22% 的人口平均，人均拥有石油资源量仅为世界人均量的 35.4%。又如铁矿，我国人均拥有铁矿资源量仅为世界人均量的 34.8%。

(二) 矿产种类齐全配套，资源丰度不一

世界上已知的 168 种主要矿产在我国均有发现，已探明储量的矿产多达 153 种。目前世界上绝大部分国家探明储量的矿产种类有限，一般在几种至十几种之间。可以说中国是世界上矿产品种齐全配套的少数几个国家之一，这为我国立足国内资源，建成比较完整的国民经济体系创造了有利条件。

但是，从已探明储量看，各矿种之间的资源丰富程度相差甚大，有的矿产可以或基本可以满足国内建设需要，如铅、锌、汞、铌、铍、钒、铝土、石棉、高岭土、磷、硫等；有的矿产不仅可以满足国内需要，而且还可长期出口，如煤、钨、锡、锑、钼、钛、稀土、石墨、菱镁矿、滑石、萤石、膨润土、芒硝、重晶石等；有的矿产不能满足当前和长远国内建设要求，需要长期从国外进口，如石油、富铁矿、钾盐、铬矿、锰

矿、金刚石、铜矿、天然碱等。

（三）矿产质量贫富不均，贫矿多、富矿少

我国有一些矿产质量优、品位高，如稀土、钨、锡、锑、钼、铌、菱镁矿、萤石、重晶石、膨润土、石墨、滑石、芒硝、石膏、盐等矿产，在世界上占有重要地位，具有一定的优势。

但是，一些关系到国计民生和用量大的支柱性矿产，如铁、锰、铝土、铜、铅、锌、硫、磷等，则贫矿多、富矿少，在一定程度上影响到开发利用。我国铁矿储量中，97.47%为贫矿，铁矿石平均品位为33.5%，比世界平均水平低10%以上，与澳大利亚、巴西、印度等含铁品位在60%以上的大而富的铁矿相比，则相差更远。锰矿中，93.6%为贫矿，锰矿石品位约22%，不及世界商品锰矿标准48%的一半。铜矿石含铜1%以下的贫矿占65%，含铜平均品位为0.87%，远低于智利、赞比亚等拉美、非洲国家。我国铝硅比大于7的铝土矿不到28%；含 P_2O_5 大于30%的富磷矿只占总量的7.4%；含硫大于35%的硫铁矿石仅占3.6%。

（四）超大型矿床少，中小型矿床多

我国虽然也拥有一批世界级超大型矿床，如陕蒙交界地区的神府东胜煤田，内蒙古白云鄂博稀土矿，湖南柿竹园钨矿，江西德兴铜矿，云南兰坪和甘肃西成地区的铅锌矿，辽宁海城菱镁矿，黑龙江柳毛石墨矿等。但与国外比较，超大型矿床偏少。据统计，在已探明储量的15000个矿床中，66%为小矿，中型矿床占23%，大矿占11%。特别是工农业大宗使用的重要矿产，如铁、铜、铝土、石油、天然气、硫铁矿等的超大型矿床为数较少，不利于大规模集约化开发。

（五）共生伴生矿多，单矿种矿床少

我国的矿床中含单一成分的矿产少，往往是在一个矿床中有几种或多种矿产共生或伴生在一起。据统计，全国25%的铁矿、40%的金矿、80%的有色金属矿和大多数地区的煤矿都有其他矿产与之共生或伴生。如内蒙古白云鄂博铁矿中有稀土和稀有金属矿产与铁矿共生；甘肃金川镍矿中有铜、钴、钼及稀有分散元素矿产与镍矿共生；四川攀枝花铁矿中钒、钛等金属矿产与铁矿共生；安徽、四川等一些地区的煤矿中有硫铁矿与煤矿共生；山西等许多地区的煤矿中有耐火粘土矿、高岭土矿等共生在一起；江西德兴铜矿等许多斑岩型铜矿中有钼矿、金矿以及一些分散元素矿产与之共生伴生。

（六）地理分布极不均衡，矿产高度集中区和严重短缺区并存

由于地质成矿条件不同，我国矿产分布具有明显的地域差异，如煤炭集中于北方晋、陕、蒙三省区，占全国保有储量的68%，而南方缺煤省区却多达10个；铁矿集中于辽、冀、晋、川四省，占全国保有储量60%，而西北、华南地区却很少；磷矿高度集中于南方的云、贵、川、鄂四省，占全国保有储量70%，而北方和华东广大地区却

十分短缺；铝则集中于晋、豫、黔、桂四省。

矿产集中有利建设原材料基地，但过分集中于边远地区，其开发利用就会受到交通条件的严重制约。由于我国矿产资源分布极不均衡，北煤南运、西电东输、南水北调、南磷北运，致使资源成本上升，效益降低。

四、时空分布规律

（一）在时间上的分布特点

1. 成矿时间跨度大。自太古宙到新生代的各个地质时期的地层中均有矿床形成。根据中国地质科学院对迁西群地层分析结果，在河北、辽宁一带存在着同位素年龄为 37 亿年以上的岩石。这个事实表明，中国大地已经历了 37 亿年以上的地质发展历史。在这漫长而又复杂的地质发展过程中，尽管不是每时每刻都有矿产形成，但自太古宙、元古宙到显生宙各个地质历史发展阶段中都有一定种类、一定数量的矿产分布。由表 2-1-2 可以看出，中国矿产从总体看成矿时代有一个很大的时间跨度。从某些单个矿产种类来看，在时间分布上的跨度也是很大的，如铁矿，虽主要分布于元古宙地层中，但在显生宙的古生代、中生代以至新生代都有铁矿形成。金矿等许多其他矿产也有类似情况。

2. 中生代形成的矿产最丰富。中国矿产在整个地质发展过程中的各个阶段虽都有形成与分布，但在不同时期的分布是极不均匀的。从总体看，以中生代的燕山期内成矿作用最为强烈，形成的矿产最为丰富。如煤炭，在中生代的侏罗纪形成的煤占煤炭资源量的 46.2%；大多数铜、钨、锡、钼、锑、银、铀、稀土等金属矿产形成于中生代这个地质历史时期。对全国范围内 12 种金属的 544 个内生金属矿床进行统计表明，其中属于前加里东成矿期的占 8%，加里东期的占 5%，华力西期的占 19%，印支期的占 4%，燕山期的占 55%，喜马拉雅期的仅占 1%；多期成矿的占 1.1%。此外，有 36% 的石油、20% 左右的金矿和一大批非金属矿也是在中生代形成的。

3. 不同矿产在不同时期丰度不一。每一种类型的矿床，其成矿作用强度随成矿时期的不同而有强弱之别。如石墨、菱镁矿、蓝晶石、红柱石、夕线石等一批变质类矿产主要形成于太古宙和元古宙；铁矿自元古宙到新生代均有形成，但主要分布于元古宙地层的古老地层之中；金矿在地质史上的时间分布也有广泛分布与局部集中的特点，金矿主要分布于太古宙到元古宙的古老变质岩内，其次是新生代地层之中；煤矿主要形成于古生代和中生代；铜、钨、锡、锑等有色金属矿床主要形成于中生代；盐类矿产主要形成于新生代。

表 2-1-2 中国各地质时代有关的主要矿产

地质时代			岩浆活动期	地质年龄 (百万年)	与地层有关的主要矿产	与岩浆活动有关的主要矿产	
宙	代	纪					
显生宙	新生代	第四纪	喜马拉雅期	2.48	天然气、高岭土、金、锡、钛等砂矿、钠盐、钾盐、硼	铜、金、铅、锌、铬、锡	
		第三纪			煤、石油、天然气、石膏、高岭土、硅藻土、盐类		
	中生代	白垩纪	燕山期	65	煤、石油、天然气、铜、钾盐、重晶石、石膏、盐类	铁、铜、铅、锌、钼、锡、钽、铈、汞、金、稀土、萤石、高岭土、叶腊石、石棉、膨润土、珍珠岩、花岗岩	
		侏罗纪		135 (140)	煤、石油、天然气、铁、膨润土、珍珠岩、盐类		
		三叠纪	印支期	208	煤、石油、天然气、锰、铜、萤石、钠盐、钾盐、石灰岩、石膏	铁、镍、铜、铅、锌、稀有、铈、云母	
	古生代	二叠纪	华力西期	250	煤、石油、天然气、铝土、锰、磁铁矿、碲、耐火粘土、石墨、高岭土、石灰岩	铁、钒、钛、铬、铜、镍、稀有、钨、锡、钼、铅、锌、重晶石、金刚石、石棉、云母、花岗岩	
				290			
		石炭纪		362 (355)	煤、石油、天然气、铝土矿、耐火粘土、石膏、高岭土、石灰岩		
		泥盆纪			铁、锰、磷、菱铁矿、石膏、石英砂岩、石灰石		
		志留纪	加里东期	409	铁、锰、磷	镍、铜、钼、铬、铂、稀有、稀土、钨、汞、金、金刚石、石棉、滑石、菱铁矿、云母	
		奥陶纪		439	石油、天然气、铀、钒、磷、硫、石膏、重晶石、石灰岩		
		寒武纪		510	石油、天然气、铀、钒、磷、硫、石膏、重晶石、石灰岩		
	元古代	震旦纪	震旦期	570	石油、天然气、铁、锰、铜、铅、锌、稀有、稀土、菱镁矿、磷、大理岩、硼、石英岩	铁、铜、镍、铬、锡、石棉、铅、锌、稀土、稀有	
		青白口纪	晋宁期	1000			
		蓟县纪	武陵期	1400			
		长城纪					
		?? 纪	吕梁期	1800	铁、铜、铅、锌、金、石墨、硼、菱镁矿、滑石	铁、铜、镍、金、滑石、石棉、菱镁矿	
太古代	新太古代	五台纪	前吕梁期	2500	铁、铜、金	金、铜、镍	
		阜平纪		3100			
	古太古代	迁西纪		3850	铁、金、石墨、云母	铁、稀土、硼	

(资料来源：《中国自然资源丛书(矿产卷)》，1996年)

（二）在空间上的分布特点

1. 地理上分布广泛。目前已发现的 20 多万处矿床和矿点，广泛分布于全国各地，各省（区）都发现有可供开发利用的矿产地，并均探明潜在价值不等的矿产储量。

矿产资源不仅在大陆广泛分布，而且在海南岛和台湾地区也有分布。截止 1996 年底，海南岛已探明储量潜在价值达 961 亿元，台湾地区亦发现具有工业价值的矿产 30 余种，主要为能源矿产和非金属矿产，少量为金属矿产。此外，在香港特别行政区范围内也曾开采过铁矿、铅锌矿、绿柱石、石墨、陶土和长石等矿产资源，其中马鞍山铁矿曾开采 30 年。目前仍在开采的有长石、石英和高岭土等矿产。

2. 资源总量呈不均匀分布。中国各地的矿产资源总量和单位国土面积内的资源量不尽相等，东部地区 12 个省（区）（未包括台湾地区）已探明储量潜在价值达 119161 亿元，平均每平方公里内潜在价值总值为 917.82 万元；中部地区 9 省（区）探明储量潜在价值总值达 388395 亿元，平均每平方公里面积潜在价值总值为 1361.60 万元；西部地区探明储量潜在价值总值达 477592 亿元，平均每平方公里面积潜在价值总值为 876.15 万元。中国西部地区已探明矿产储量潜在价值总值大大高于东部地区和中部地区，分别为东部和中部地区的 4 倍和 1.22 倍。

3. 不同矿产在不同地区相对集中。由于各地成矿地质条件的不同，以及不同矿产的形成又需要有不同的地质条件，因此，各种矿产在不同地区的分布丰度也不尽相同。如铁矿虽在全国各地皆有产出，但 50% 的探明储量集中在辽宁鞍（山）一本（溪）地区、河北冀东地区和四川攀枝花—西昌地区，55% 的钨矿集中在湖南和江西，50% 的锡矿集中在广西、云南，80% 的煤炭储量集中在山西、内蒙古和新疆等地区，70% 的磷矿集中在滇、黔、鄂、湘四省（区），62% 的镍矿集中甘肃金昌地区，绝大部分稀土矿分布在内蒙古和江西，青海则拥有许多盐类矿产资源。

4. 埋藏深的多，可露天开采的少。中国矿产在空间垂直分布上也很不均匀。虽然我国也有一些可露采的大矿，从总体看，仍是埋藏深的中、小规模矿产多，埋藏浅的可露天开采的大矿少。像俄罗斯、澳大利亚、巴西、印度、智利那样的一些大规模的煤矿、铁矿、铜矿、铝土矿产地，我国很少。以煤矿为例，据煤炭部门预测资料，距地表 600m 以内的煤炭资源在总量中占 26.8%，埋深在 600 ~ 1000m 之间的占 20%，埋深在 1000 ~ 2000m 之间的占 53.2%。经过地质勘查证明可露采的 13 个煤矿区，保有储量为 412.431 亿 t，仅占全国总保有储量的 4.1%。目前可露采的煤炭产量在全国总产量中不到 10%。而世界上许多矿业大国煤炭可露采量均占总量的 50% 以上，如加拿大为 88%，印度 73.8%，澳大利亚 70%，美国 61.5%，俄罗斯 56.1%。

5. 成矿空间呈区域性和分带性。中国矿床常集中产出，形成成矿区带。以大地构造单元作为划分成矿区带的背景和基础，可将我国划分为 10 个大小不等的成矿区带（图 2-1-2）。

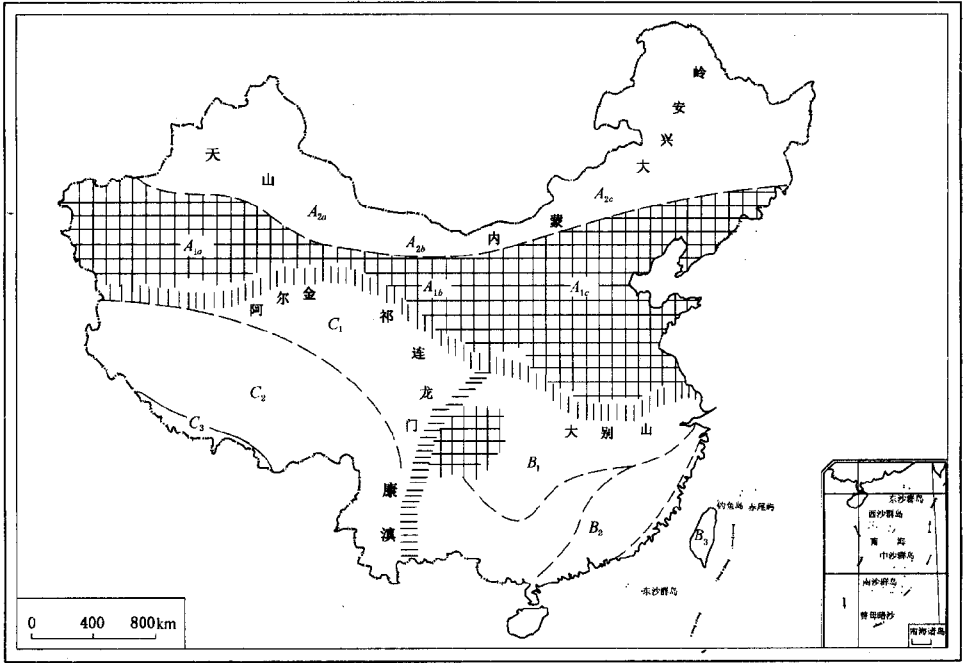


图 2-1-2 中国矿产资源成矿区带

竖线带—近纬向阿尔金及其西延—祁连山—北秦岭及其东延复褶皱断裂带分布示意图；

横线带—近经向龙门山—康滇地轴复褶皱断裂带分布示意区；

方格区—（龙门—康滇之东）基底可能为太古—早元古代岩层及四川台地。

- A. 中国北部地区： A_{1a} 塔里木地台； A_{1b} — A_{1c} 阿拉善—中朝古陆（以上方格区）； A_{2a} — A_{2b} — A_{2c} 天山—内蒙古—兴安岭地槽褶皱系；
- B. 中国东南部地区： B_1 江南隆起带； a 华南华力西—印支褶皱系； B_2 华东南加里东褶皱带； b 东南沿海华力西褶皱带； B_3 台湾褶皱带；
- C. 中国西南部地区： C_1 昆仑—甘孜褶皱系； C_2 唐古—三江褶皱系； C_3 喜马拉雅褶皱带。

①近纬向阿尔金—祁连—北秦岭褶皱断裂带：此褶皱断裂带为中国南北两大部分的分界带。在本带西部有赤铁矿、铅锌矿、石棉矿、铬铁矿、黑钨矿及白钨矿；中部有铜铅锌多金属矿床、铅锌矿床；东部有菱铁矿、铅锌矿、钼矿、铜锌矿、铁矿及硫铁矿床。

②近经向康滇地轴—龙门复褶皱断裂带：本带从北而南有陕西境内的一些小型黄铁矿型铜锌矿床，四川的攀枝花式钒钛磁铁矿床，云南境内的火山岩型铜铁矿床和层控铜矿床等。

③阿拉善—中朝准地台（ A_{1b} — A_{1c} ）：该地台区域矿产资源丰富。有煤田、高岭土、铝土矿、石膏矿、铁矿、稀土矿、铅锌多金属矿、铜矿、铅锌矿、菱镁矿、金矿、铜钼矿及大理石矿等。

④江南隆起带 (B_1): 带内有后期燕山花岗岩浆活动形成的许多工业矿床, 如斑岩铜矿、多金属矿等。

⑤华南华力西—印支褶皱系 (a)。

⑥华东南加里东褶皱系 (B_2): 这两个成矿单元中赋存着我国优势矿产资源钨、锡、锑、汞、铅、锌、铝、锰等矿床, 是我国金属矿产远景很好的地区之一。

⑦喜马拉雅 (C_3)。

⑧唐古—三江 (C_2)。

⑨昆仑—甘孜 (C_1): 这三个古生代—新生代的褶皱系是我国分布最宽的褶皱山系, 已发现第四纪和现代盐湖矿产, 第三纪斑岩铜矿及三叠纪的铅锌银矿床, 以及燕山期的铬铁矿。

⑩中国北部纬向地槽复褶皱系 (A_{2a} — A_{2b} — A_{2c}): 天山—内蒙—大兴安岭华力西褶皱带已发现的矿床较多, 如铬铁矿、稀有金属矿、铜镍矿、铁矿、铜矿、铅锌矿、铁锰矿等。除上述金属矿床外, 还有巨型煤田以及油田等。

五、资源富集区

矿产资源空间分布上的不均匀, 形成了规模不等的矿产资源富集区, 为区域经济的发展提供了各具特色的资源基础。以区域成矿条件、矿产资源潜力为基础, 综合考虑经济区位、投资环境以及我国西部大开发战略和区域经济协调发展等因素, 我国下列九个区域可作为矿产资源富集区 (见图 2-1-3)。

(一) 阿尔泰有色金属富集区

该区位于新疆北部, 是一个少数民族聚居的边境地区, 行政区域包括阿尔泰地区一市六县。西北与哈萨克斯坦、俄罗斯相邻, 东部与蒙古接壤。全区国土面积 11.7 万 km^2 , 人口 56.3 万。本区地处我国西北对外开放的前缘, 经济社会发展具有潜力。区内公路交通与新欧亚大路桥相连, 是新疆自治区经济发展的重点地区。

本区是我国重要的花岗伟晶岩型稀有金属、有色金属成矿带。目前已发现矿产 11 类 84 种, 其中探明储量的 41 种, 初步估算其潜在价值为 569 亿元。重要矿产有铜、镍、铅、锌、铍、锂、铯、钼族、铟、钽、金、白云母等。有色金属矿产主要分布在阿尔泰山南缘。重要矿床有阿舍勒铜锌矿、喀拉通克铜镍矿、索尔库都克铜钼矿、科克达拉铅锌矿等。

稀有金属铍、锂、铟、钽、铯为共生矿产, 主要分布在阿尔泰山中部。重要矿有可可托海、阿斯喀尔特、柯鲁木特、蒙库卡拉苏、群库尕、库卡拉盖等。目前主要开发的可可托海和柯鲁木特是国内外著名的稀有金属生产基地。



图 2-1-3 我国矿产资源富集区

区内已发现金矿床 26 处，保有储量 78.6t。岩金主要分布在山前，重要矿有多拉纳萨依、托库孜巴依、沙尔布拉克等；砂金主要分布在额尔齐斯河的北部支流，重要矿有克拉麦里、西岔河、红墩等。

已探明云母储量 6.26 万 t，有矿区 87 处，主要分布于阿尔泰山中部。重要矿有阿尤布拉克、那森恰、津西库威—教拉夏、阿尤赛依、齐伯岭等。

区内资源远景较好，预测铜资源量 1601.7 万 t、镍 163.8 万 t、铅 900.5 万 t、锌 2171.8 万 t、金矿资源量 819.8t。

(二) 塔里木盆地油气富集区

塔里木盆地位于新疆南部，面积 55 万 km²，是我国最大的内陆沉积盆地，也是我国重要的油气、煤炭、盐类成矿区。辖塔里木盆地的南疆五地州，是一个由维、蒙、柯尔克孜、塔吉克、汉、回等组成的多民族聚居区。地域上，西与吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、阿富汗、巴基斯坦、印度等国接壤，东南与我国甘肃、青海、西藏相邻。

塔里木盆地具有丰富的油气资源，预测油气资源量为 206 亿 t，其中石油 156 亿 t，天然气 5.3 万亿 m³，约占全国油气资源总量的五分之一，被认为是我国石油工业战略接替区。目前已发现油气田 10 多处，探明了轮南、东河塘、桑塔木、吉拉克、解放渠东、塔中 4、英买力 7、牙哈和雅克拉等油气田，达到了工业上可建成年产 500 万 t 原油和 25 亿 m³ 天然气的油气储量。

盆地北缘与西南缘侏罗纪含煤建造广布。位于北缘的塔北煤田，预测资源量 331.6

亿 t, 主要煤种为气煤、肥煤, 重要矿有俄霍布拉克、阳霞等。位于西南缘的塔西南含煤区, 主要矿床有康苏、布雅、艾格留姆、沙里拜等。

盆地盐类矿产极为丰富, 既有古代岩盐、石膏矿, 也有现代盐湖石盐芒硝矿。岩盐主要分布在库车盆地, 地表有多个盐丘分布, 岩盐层厚度达几百米以上, 预测岩盐资源量上千亿吨。石膏主要分布于塔里木西南坳陷, 面积 11 万 km^2 , 矿层厚一般 100m 以上, 最厚达 425m, 预测资源量 5000 亿 t。现代盐湖主要是罗布泊地区, 已知含盐面积 1 万 km^2 , 预测石盐资源量 50 亿 t 以上。该区经航空能谱测量发现钾异常 46 处, 圈定氯化钾远景储量 2.55 亿 t。此外, 芒硝资源也非常丰富。

(三) 柴达木盆地矿产资源富集区

柴达木盆地因矿产资源丰富而被誉为“聚宝盆”。该区地处青海省西部, 行政区划属海西自治州, 面积 25.66 万 km^2 , 人口约 25 万。区内矿产资源种类多, 储量丰富, 尤以盐类矿产最具特色, 是国家“七五”以来国土资源开发的重点地区。

该区分为三个成矿带, 即阿尔金南缘成矿带、柴达木北缘成矿带和盆地内部成矿带。盆地内盐湖成矿条件佳, 石油、天然气找矿远景好, 柴达木北缘成矿带以有色金属和煤富集为特征, 阿尔金南缘成矿带以与超基性岩有关的非金属矿引人瞩目。

区内已知有 66 种矿产, 有一定探明储量的有 45 种, 主要有: 煤、石油、天然气、铁、铬、铅锌矿、黄金、锂、黄铁矿、芒硝、天然碱、硼、铷、溴、碘、钾镁盐; 盐矿、石棉、石灰石、重晶石、云母、白云岩等 21 种。其中钾盐、锂、芒硝、盐矿、镁盐、电石用灰岩、石棉等保有储量居全国第一位, 硼、铷矿分别居全国第二、三位。

察尔汗盐湖面积约 0.6 万 km^2 , 钾、镁保有储量分别占全国的 96.4% 和 99.8%。共生矿有食盐、锂、硼、溴、碘、铷多种组分, 为我国重要的钾盐产地。

茫崖石棉矿储量居全国第一位, 属大型矿床。石棉质量好, 矿田分东西两个矿区, 东矿区含棉量 4.64%, 储量约 2000 多万 t; 西矿区含棉量 5.02%, 储量 2300 多万 t。东矿区为国家重点石棉矿山。

近年来, 柴达木盆地南北边缘黄金资源出现重大进展, 于大柴旦发现了滩间山金矿, 规模达大型; 于乌兰县五龙沟也发现中型金矿。

(四) 鄂尔多斯盆地及东缘能源富集区

该区位于我国中部地带, 其地理范围东至吕梁山, 西抵贺兰山、六盘山, 北起大青山, 南止秦岭。行政区涉及陕北、珑东、宁夏、内蒙古的伊克昭盟和晋西 18 个地(市、盟) 115 个县(市、旗), 面积 25 万多 km^2 , 是我国重要的油气、煤炭资源富集区。

鄂尔多斯盆地为一在古生代地台基础上形成的中生代大型坳陷盆地, 三叠纪、侏罗纪和石炭一二叠纪煤系地层广布, 具良好的油气生储盖条件。煤、油气资源丰富, 使该盆地成为我国重要的能源富集区。此外, 盆地及东缘铝土矿、金矿、高岭土、石膏、芒

硝、耐火粘土、石英砂、水泥灰岩等矿产也非常丰富。

石油主要集中在两个油田，长庆油田含油面积 818km^2 ，累计探明储量 4.08亿 t ；延长油田含油面积 501.6km^2 ，累计探明储量 2.29亿 t ，天然气预测资源总量 $3.29 \times 10^{12}\text{m}^3$ 。

本区煤炭保有储量约占全国的 40% 以上，其中优质动力煤占全国的 60% 以上，且煤炭资源具有分布广、地质构造简单、煤层较稳定、单层厚度大、质量优等特点。目前已探明的煤田主要有：神府、东胜、石嘴山、同心、河（曲）保（德）偏（关）柳林、华亭、子长、渭北等，是我国重要的煤炭生产基地之一。

（五）陕甘川接壤地带有色金属矿产资源富集区

陕甘川接壤“金三角”地区位于我国中部地带的中段，国土面积 $7.7 \times 10^4\text{km}^2$ ，行政区包括三个省的 6 个地区 15 个县。

陕甘川接壤地区是特提斯成矿域、秦（岭）—祁（连山）—昆（仑山）成矿域和环太平洋成矿域相互叠加的地区，是秦岭造山带、扬子地台西缘构造带、甘孜—松潘构造带的复合部位。该区复杂的地质历史背景为金、铜等有色金属矿产的形成提供了十分有利的条件。

区内累计探明的金矿储量约 300 多 t，发现金矿 170 处，其中初步探明大型金矿 6 个，中型金矿 4 个。大水、拉尔玛、东北寨、桥桥上、煎茶岭、马脑壳和坪定、石鸡坝、巴西、贡北等预测金矿远景资源量约 1100t。铜矿 8 处，铜厂、筏子坝铜矿具有大型铜矿的成矿远景，控制铜矿储量 45 万 t，预测远景资源量约 340 万 t。铁矿控制储量 3 亿 t。铅锌矿控制储量 62.28 万 t，远景资源量 1000 多万 t。锑预测远景资源量 15 万 t。

该区是金矿及有色金属矿富集区，矿产资源远景可观。

（六）西南三江有色金属矿产资源富集区

西南三江地区是指川滇藏接壤的怒江—澜沧江—金沙江地区，简称三江地区。该区包括两大成矿带，即玉树—义敦铁、铜、铅、锌、锡成矿带和三江铅、锌、锡、铁、汞、锑成矿带。行政区包括西藏的昌都地区 11 个县，云南省西部 9 个地区，流域总面积约 20万 km^2 ，人口约 1000 万，是少数民族集居区。该区既是我国新世纪找矿重点地区，也是国家“七五”以来国土开发的重点地区。

该区是有色金属极为富集的区域，已探明的矿产有近 40 多种，其中金属矿产 17 种，非金属矿产 20 种。金属矿产主要为铜、铅、锌、金、银、钼、钨、铂等，且找矿远景巨大。据不完全统计，区内已发现铜、铅、锌、金、银、锡、锑等有色金属、贵金属矿产地近 1000 处，其中大中型以上矿床 26 处，著名的有江达玉龙铜矿、江达马拉松多铜矿、白玉呷村银多金属矿、巴塘夏塞银铅锌矿、兰坪金顶铅锌矿。

区内已有铜矿大型 2 处（玉龙、马拉松多），中小型 20 余处，累计探明储量（铜金属量）超过 1000 万 t；玉龙斑岩铜矿是该区和国内重要的典型矿床，仅铜探明金属储量

就达 650 万 t。铅锌银矿大型 5 处, 中小型 35 处, 累计探明储量铅锌超过 2000 万 t, 云南金顶铅锌矿铅锌储量为铅 253 万 t、锌 1280 万 t。银矿超过 1 万 t (云南 3100t、四川 7083t)。金矿有大型 2 处, 中小型 20 余处, 近两年已探明储量 150t。锡等其他有色金属矿产也很丰富。

该地区矿产资源潜力巨大, 找矿前景良好。三江地区属藏滇板块和华南板块的结合部位, 以澜沧江结合带为界, 西为藏滇板块, 东为华南板块。板块的俯冲和碰撞为三江地区创造了极为有利的成矿地质环境, 各种资料表明本区是我国最有前景的有色金属和贵金属资源基地, 通过进一步的地质勘查可望发现和评价一批新的大型—超大型有色金属和贵金属矿床, 有望成为我国的新的原材料矿产资源基地。

(七) 兴安岭有色金属富集区

该区位于我国东北黑龙江省的北部, 处于东北亚经济圈的核心, 是我国东北地区对外开放的前缘。行政区划范围包括大兴安岭地区、伊春市、黑河市及绥化市的绥棱、庆安县。全区国土面积 $19.08 \times 10^4 \text{ km}^2$, 人口约 420 万。

该区是以山区、丘陵和山前冲积平原为主的高寒地区。水资源丰富, 林业、农业资源和矿产资源配套齐全。在大地构造方面处于古亚洲和环太平洋两大构造域的交接复合部位, 成矿条件有利。区内已探明的重要矿产储量铜约 246 万 t, 金约 240 多 t, 铅锌(金属)约 210 万 t, 铁约 1150 万 t, 岩棉玄武岩约 7000 多万 t, 压电水晶占黑龙江总储量的 99.5% 以上, 熔剂石灰岩、白云岩储量均在 2000 万 t 以上, 此外还有黑河、黑宝山附近的煤炭资源等。本区的优势资源是金、铜、铅、锌等有色金属资源, 矿产资源分布相对集中, 储量规模大, 矿石加工技术性能好, 矿床水文地质、工程地质条件简单或中等, 可利用的共伴生矿产可增加矿床的利用价值。本区重要的矿床有多宝山铜钼矿(铜 244 万 t) 黑龙江沿黑河至塔河的砂金矿、伊春的铅锌矿、金矿、大理岩矿等。

(八) 京九中段皖赣北矿产资源富集区

该区位于长江中游, 紧邻长江三角洲地区。行政区包括安徽省和江西省的九江、景德镇、南昌、宜春、上饶等地(市), 即一省五地市。国土面积约 $21 \times 10^4 \text{ km}^2$, 人口约 8200 万人。区内矿产资源丰富, 是我国中南部重要的矿产资源富集区。

区内矿产资源、水资源丰富。主要矿产有煤、铁、铜、锌、金、硫、芒硝、石膏、高岭土、水泥灰岩等, 集中分布在五个地区: 淮南淮北以煤为主的两淮地区、马鞍山—庐江—枞阳霍丘以铁为主的马鞍山—庐江带、九江市辖区(县)以铜、金、锰、非金属矿为主的综合矿产富集区、景德镇、上饶地区以铜矿、高岭土矿为主的综合区、宜春以建材非金属矿为主的建材矿产资源区。

(九) 长江三峡地区化工建材资源富集区

本区处于长江中上游交接地带, 行政区划包括重庆市、湖北省宜昌市和恩施自治

州, 面积 $12.76 \times 10^4 \text{ km}^2$, 人口 3776 万人。

由于独特的成矿地质条件, 使得三峡地区矿产资源品种多、储量丰富, 尤以非金属矿产最为特色。目前探明储量的矿产有 7 大类近 50 种, 矿产地 300 余处, 其中以天然气、铁、硫、磷、盐、水泥灰岩等最为重要。

区内天然气以气田气为主, 储量约 $850 \times 10^8 \text{ m}^3$, 其中大于 $100 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的有忠县大池子、万县高峰场和开县大天池, 是川东天然气资源重要基地之一。

铁矿主要分布在重庆市周围和鄂西地区, 保有储量约 19 亿 t。硫铁矿沿江分布广泛。磷矿主要分布于鄂西地区, 保有储量约 23 亿 t, 是我国磷矿主要生产基地之一。

盐矿已探明万县高峰场盐矿一处, 保有储量 16 亿 t, 是川东盐化工原料基地。该矿属万县盐盆的一部分, 盐盆长 100km, 宽 25 ~ 30km, 预测盐矿总量 1500 ~ 1600 亿 t。

区内水泥灰岩广布, 资源非常丰富, 为三峡工程建设、移民迁建和地区经济发展提供了充足的资源保证。

区内其它重要矿产有煤、锰、银、钒、汞、重晶石、硅石等。

第二节 各类矿产资源概述

一、能源矿产资源

中国能源矿产资源种类齐全, 资源丰富, 分布广泛。但结构不理想, 煤炭资源比重偏大, 石油、天然气资源相对较少。能源矿产的地域分布相对比较集中, 与经济发展布局不匹配, 近 80% 的能源资源分布于西部和北部地区, 而 60% 的能源消费在经济发达的东南部地区。除煤炭外, 石油、天然气已探明储量对经济建设的保证程度偏低。

(一) 煤

我国是世界上以煤为主要能源的少数国家之一, 煤炭资源已探明储量居世界第 2 位, 仅次于前苏联。截至 1996 年底, 总保有储量 10025 亿 t, 预测资源总量达 50592 亿 t。

资源分布相当广泛, 除上海市和香港特别行政区外, 其他各省(区)均有分布, 但主要集中于北方和中西部, 形成北多南少、西多东少的格局。全国煤矿保有储量的 70% 集中于山西、内蒙和陕西三省(区), 而新疆的资源远景最大。

从煤炭形成的地质时代看, 在寒武纪、石炭纪、二叠纪、三叠纪、侏罗纪、第三纪均有煤炭形成, 但以侏罗纪、石炭纪和二叠纪的煤为最丰富, 尤以侏罗纪的煤为多, 保有储量占总量的 46.2%。就煤质来说, 品种比较齐全, 在保有储量中, 烟煤占 75%、

无烟煤占 12%、褐煤占 13%。

从资源条件看，主要问题有：一是我国东南部煤资源较少，二是主焦煤不多。煤是我国长期依赖的主要能源，也是我国长期出口的重要矿产品之一。

（二）石 油

中国是石油资源较为丰富的国家之一，1997 年公布的剩余探明可采储量 22.41 亿 t，居世界第 11 位。全国共有盆地 319 个，据对其中 145 个盆地估算，资源量达 930 亿 t。至 1996 年，在陆地和海域的 32 个油区探明储量 181.4 亿 t，占资源量的 19.5%，找油的潜力还相当可观。

目前已探明储量主要分布在我国东部地区，但从长远看，中国西部和海域有相当的发展前景。预测资源量东部地区为 363.4 亿 t，西部与海域为 247.89 亿 t 和 246.75 亿 t。

从石油赋存地层的地质时代来看，自前寒武纪到第四纪的地层中均有油气发现，以新生代为最好，约占资源量的 50%；中生代次之，约占 36%；古生代最少，约占 14%。

（三）天然气

中国天然气资源分布相当广泛，在石油和煤盆地中均有不同程度的产出。资源量也比较丰富，专家预测我国天然气资源量约有 $70 \times 10^{12} \text{ m}^3$ （煤层气约占一半）。截至 1996 年底，我国天然气剩余可采储量 $0.7060 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，约居世界第 21 位。

天然气在 20 多个省（区）均有产出，主要分布在四川盆地、塔里木盆地、鄂尔多斯盆地、松辽盆地和华北盆地。从其分布的地质时代来看，与石油相反，在时代较老的地层中气多，其中古生代约占 50%，中生代和新生代分别约占 20% 和 30%。

（四）铀

中国是铀矿资源不甚丰富的一个国家。矿床规模以中小为主，占总储量的 60% 以上，矿石品位偏低，通常有磷、硫及有色、稀有金属矿产与之共生或伴生，矿床类型主要有花岗岩型、火山岩型、砂岩型、碳硅泥岩型 4 种；其所拥有的储量分别占总储量的 38%、22%、19.5%、16%。

中国铀矿成矿时代的时间跨度为距今 1900 ~ 3Ma 之间，即古元古代到第三纪之间，以中生代的侏罗纪和白垩纪成矿最为集中。空间上分南北两个大区，北方铀矿区以火山岩型为主，南方铀矿区则以花岗岩型为最重要。

（五）地 热

中国地热资源分布较广，资源也较丰富。据预测，在距地表 2000m 以内范围内，约有相当于 13711 亿 t 标准煤的地热资源量，若可采率为 1%，则有相当于 137 亿 t 标准煤的地热可采资源量。地热资源主要分布于构造活动带和大型沉积盆地之中，前者资源量较集中，如藏、滇、川带和东南沿海以及辽东—胶东一带，后者分布面广，如华北盆地京津唐地区。

以低于 150℃ 的中低温地热资源为主, 高于 150℃ 的地热资源主要分布在西藏、云南和台湾省。

二、金属矿产资源

我国金属矿产品种比较齐全。黑色金属矿产中, 铁锰矿资源较丰富, 但以贫矿为主; 钛、钒探明储量多, 居世界前列; 铬铁矿严重短缺。有色金属矿中, 铝、铅、锌、钼、镍矿资源较丰富, 铜矿以贫矿为主, 铅锌矿分布较广泛, 而镍矿却十分集中。钨、锡、钼、锑、汞等矿是我国传统出口的优势矿产, 探明储量居世界前列。贵金属矿产中, 金银矿探明储量较多, 资源远景较大, 铂族矿产却十分短缺。稀有、稀土和分散金属品种很多, 以稀土金属资源最为丰富, 居世界之首。金属矿产几乎遍布全国各省区。

(一) 铁矿

铁矿资源总量丰富, 总保有储量矿石 463 亿 t, 居世界第 5 位。以贫矿为主, 占总储量的 90% 以上。全国各地均有分布, 以东北、华北地区资源为最丰富, 西南、中南地区次之。就省(区)而言, 探明储量辽宁位居榜首, 河北、四川、山西、安徽、云南、内蒙古次之。

从铁矿成因类型来看, 主要有与铁质基性、超基性岩浆侵入活动有关的岩浆型铁矿床, 如四川攀枝花铁矿床; 与中酸性岩浆侵入活动有关的接触交代—热液铁矿床, 如湖北大冶、福建马坑、内蒙古黄岗等; 与中性钠质或偏钠质火山—侵入活动有关的铁矿, 如江苏、安徽两省的宁芜铁矿、云南大红山铁矿等; 沉积型赤铁矿和菱铁矿床如鄂西、赣西、湘东地区的赤铁矿; 变质沉积铁矿, 如鞍山铁矿、冀东铁矿等; 风化淋滤残积型铁矿, 如广东大宝山、贵州观音山等。铁矿成因类型以分布于东北、华北地区的变质—沉积磁铁矿为最重要。该类型铁矿含铁量虽低(35%左右), 但储量大, 约占全国总储量的一半, 且可选性能良好, 经选矿后可以获得含铁 65% 以上的精矿。

从成矿时代看, 自元古宙至新生代均有铁矿形成, 但以元古宙为最重要。

(二) 铝土矿

中国铝土矿资源丰度属中等水平, 总保有储量矿石 22.7 亿 t, 居世界第 7 位。山西铝资源最多, 保有储量占全国 41%; 贵州、广西、河南次之, 各占 17% 左右。

铝土矿类型主要是沉积型—水硬铝石, 其储量占全国探明储量的 95% 以上, 其余为堆积型和风化壳型铝土矿。

从成矿时代来看, 铝土矿主要产于石炭纪和二叠纪地层之中, 铝土矿的质量和厚度与地层沉积间断呈正相关关系。

(三) 铜 矿

中国是世界上铜矿较多的国家之一, 矿区几乎遍布全国各省(区), 总保有储量铜

6243 万 t，居世界第 7 位。江西铜储量位居全国榜首，占 20.8%，西藏次之，占 15%，云南、甘肃、安徽、内蒙古、山西、湖北等省铜储量均在 300 万 t 以上。

从矿床类型看，以斑岩型铜矿为最重要，其次为铜镍硫化物矿床、夕卡岩型、火山岩型、沉积岩中层状型、陆相砂岩型铜矿以及少量热液脉状铜矿等。

从形成时代来看，从太古宙至第三纪皆有铜矿形成。但从储量规模和矿床数量来看，主要集中在中生代和元古宙。中生代铜矿多与侵位浅的中酸性岩浆活动有关，元古宙铜矿多与海相火山岩岩浆活动有关。

（四）锰矿

中国锰矿资源较多，分布广泛，在全国 21 个省（区）均有产出。矿石总保有储量 5.66 亿 t，居世界第 3 位。从地区分布看，以广西、湖南为最丰富，占全国总储量的 55%；贵州、云南、辽宁、四川等地次之。

从矿床成因类型来看，有沉积型、风化型及热液型，以沉积型锰矿为主，其次为火山—沉积矿床。从成矿时代来看，自元古宙至第四纪均有锰矿形成，以震旦纪和泥盆纪最为重要。

（五）铅锌矿

中国铅锌矿资源比较丰富，铅保有储量 3572 万 t，锌 9384 万 t，均居世界第 4 位。我国铅与锌矿比例为 1:2.4，是一个突出的资源优势。全国铅锌矿产地广布于 26 个省（区），而探明储量的 76% 却集中于滇、蒙、湘、粤、甘、赣、桂、川等 8 省（区）。

从矿床类型来看，有花岗岩型、夕卡岩型、斑岩矿床；有与海相火山、陆相火山有关的矿床；有产于海相碳酸盐、泥岩—碎屑岩系、海相或陆相砂岩和砾岩中的铅锌矿等。成矿时代从太古宙到新生代皆有，以古生代铅锌矿资源为最丰富。

（六）钨矿

中国是世界上钨矿资源最丰富的国家，分布于 23 个省（区），总保有储量 WO_3 529 万 t，居世界第 1 位。产量也居世界首位，是我国传统出口的矿产品。就省（区）来看，以湖南（白钨矿为主）、江西（黑钨矿为主）为多，储量分别占全国总储量的 33.8% 和 20.7%；河南、广西、福建、广东等省（区）次之。

矿床类型有热液型、斑岩型、接触交代型。热液型以黑钨矿为主，接触交代型以白钨矿为主，斑岩钨矿集中分布于河南卢氏—架川一带。从成矿时代来看，最早为早古生代，晚古生代较少，中生代形成钨矿最多，新生代钨矿则罕见。

（七）锡矿

中国是世界上锡矿资源丰富的国家之一，总保有储量 407 万 t，居世界第 2 位。矿产地分布于 15 个省（区），以广西、云南两省（区）储量最多，分别占全国的 32.9% 和 31.4%，湖南、广东、内蒙古、江西次之，以上 6 省（区）共占全国储量的 93%。

锡矿矿床类型主要有与花岗岩类、中酸性火山—潜火山岩类、沉积再造变质作用有关的矿床。成矿时代比较广泛，以中生代锡矿最为重要，前寒武纪次之。

（八）铋 矿

中国是世界上铋矿资源最为丰富的国家，总保有储量 278 万 t，居世界第 1 位。矿产地分布于 18 个省（区），以广西省储量最多，占全国的 41.3%，其次为湖南、云南、贵州、甘肃、广东等省。

矿床类型有层控热液型及热液型两种。层控热液型铋矿床含矿岩层多为碳酸盐岩，热液型铋矿床其含矿围岩多为碎屑岩，常与汞、金、钨共生。从成矿时代来看，除侏罗纪和白垩纪地层中尚未发现有工业矿床外，自前震旦纪到第四纪都有铋矿分布，但其改造成矿的时代主要集中在中生代的燕山期。

（九）金 矿

中国金矿资源比较丰富，总保有储量 4265 万 t，居世界第 7 位。矿产地几乎分布于全国，以山东独立金矿床最多，金矿储量占全国的 14.37%；江西伴生金矿床最多，占总储量的 12.6%；黑龙江、河南、湖北、陕西、四川等省金矿资源也比较丰富。

金矿床分内生、外生两大类，内生矿床中以岩浆—热液破碎带蚀变岩型和石英脉型为最重要，沉积改造微细粒型具有较大的找矿潜力，砂金矿亦占有重要地位。成矿时代的跨度很大，从太古宙到第四纪皆有金矿形成，但 56% 的金矿集中在前寒武纪，其次为中生代和新生代，占总储量的 36%，古生代金矿相对较少。

（十）稀土矿产

中国素有“稀土王国”之称，总保有储量约 9000 万 t，居世界第 1 位，已探明的储量相当于世界总储量的 43%。矿产分布于全国 16 个省（区），以内蒙古最多，储量占全国的 95%，湖北、贵州、江西、广东省次之。我国稀土矿产不仅储量大，而且品种多、质量好，矿床类型独特。如内蒙古白云鄂博含铈—稀土铁矿，稀土储量规模巨大，为世界之冠，现已在包头建成我国最大的稀土原料基地。

稀土矿产多与其他矿产共生，南方以重稀土为主，北方以轻稀土为主。稀土矿自元古宙至新生代均有矿床形成，尤以中生代的燕山期为盛。

三、非金属矿产资源

我国探明储量的非金属矿产有 125 种（含亚种），其中化工原料 25 种、建材和其他非金属矿产 100 种。

我国化工非金属矿产资源丰富，品种齐全。硫、磷、重晶石、芒硝、钠盐的探明储量居世界前列，仅钾盐短缺。我国冶金辅助原料资源十分丰富，配套齐全，菱镁矿、萤

石、耐火粘土等探明储量居世界前列，质量上乘，为出口的优势矿产。建材和其它非金属矿产种类多、质量好、分布广，在国际市场上具有较强的竞争力，其中石墨、滑石、石棉、大理石、花岗石、水泥原料、玻璃硅质原料的矿产品或加工品均有大量出口。硅灰石、蛭石、硅藻土、膨润土、海泡石、凹凸棒石、累托石等新兴非金属矿，均发现特大型矿区，开发潜力很大。

（一）磷 矿

我国磷矿资源比较丰富，矿石总保有储量 152 亿 t，居世界第 2 位。探明储量主要集中于西南和中南两地区的鄂、滇、黔、湘、川五省，合计储量占全国总量的 77.53%。上述各省储量依次分别占全国总量的 21.96%、19.86%、16.33%、11.02% 和 8.36%，地理分布及不平衡，形成我国“南磷北调”的格局。

矿床类型以沉积磷块岩型为主，储量约占 80%，内生磷灰石矿床、沉积变质型磷矿床次之，鸟粪型磷矿探明储量极少。成矿时代主要为震旦纪和早寒武纪，前震旦纪、古生代也有磷矿产出。

（二）硫 矿

中国硫矿资源相当丰富，总保有储量折合硫 14.93 亿 t，居世界第 2 位。主要为硫铁矿，其次为自然硫和伴生硫，伴生硫多赋存于以铜、铅、锌、钼、锡等有色金属为主矿的矿床中。硫铁矿中含硫大于 35% 的富矿很少，仅占 3.6%。矿产地广布全国 28 个省（区），储量最为丰富的省份是四川、安徽、广东、内蒙古和云南，以大中型矿产地为主，其储量约占硫铁矿总储量的 95%。伴生硫储量江西第一，自然硫主要产于山东。矿石含硫品位较低，平均为 17.94%。

矿床类型有沉积型、沉积变质型、火山型、矽卡岩型和热液型，以沉积型和沉积变质型最为重要，分别占全国总储量的 41% 和 19%，成矿时代主要为古生代，其次为前寒武纪和中生代，新生代也有大型自然硫矿床形成。

（三）硼 矿

中国硼矿资源比较丰富，总保有储量 B_2O_3 4670 万 t，居世界第 5 位。产地广布 14 个省（区），90% 以上集中在辽宁、青海、湖北和西藏 4 省（区）。辽宁省储量最为丰富，勘查程度高，占全国总储量的 57.3%，青海省储量位居第二，占总量的 26%。

矿床类型以元古代沉积变质型为主，矿石储量占总量的 51%，其次为现代盐湖沉积型。我国硼矿储量就目前的开发利用经济技术水平衡量，可利用程度不高，主要由于约 90% 的储量因矿石难选或外部条件差近期难以利用。

（四）菱镁矿

中国是世界上菱镁矿资源最为丰富的国家，总保有储量 30 亿 t，居世界第 1 位。主要特点是储量相对集中，大型矿床多。矿床集中分布于 9 个省（区），以辽宁省储量最

大, 占全国的 85.6%, 该省营口大石桥矿区以规模大、质量好闻名世界; 山东、西藏、新疆、甘肃次之。

矿床类型以沉积变质—热液交代型为最重要, 沉积型、热液脉型和基性—超基性岩型不具重要意义。从成矿时代来看, 矿床主要形成于前震旦纪和震旦纪, 少数形成于古生代和中生代。

(五) 萤石

中国是世界上萤石资源最丰富的国家之一, 总保有储量 CaF_2 1.08 亿 t, 居世界第 3 位。矿产分布于全国 25 个省(区), 以湖南省储量最大, 占全国的 38.9%, 内蒙古、浙江次之, 分别占 16.7% 和 16.6%。

我国萤石矿床以热液充填型、沉积改造型为主, 伟晶岩等类型不具重要意义。矿床主要形成于古生代和中生代, 以中生代燕山期为最重要。

(六) 石墨

中国石墨资源相当丰富, 总保有储量 1.73 亿 t, 居世界第 1 位。全国 20 个省(区)有石墨矿产出, 以黑龙江为最多, 储量占全国的 64.1%, 山东和四川石墨矿也较丰富。

矿床类型有区域变质型、接触变质型和岩浆热液型三种, 以区域变质型为最重要, 不仅矿床规模大、储量多, 而且质量好。成矿时代有太古宙、元古宙、古生代和中生代, 以元古宙石墨矿最为重要。

(七) 滑石

中国滑石资源比较丰富, 总保有储量 2.47 亿 t, 居世界第 3 位。全国 15 个省(区)有滑石矿产出, 以江西最多, 储量占全国的 30%, 辽宁、山东、青海、广西次之。

滑石矿类型主要有碳酸岩型和岩浆热液交代型, 以碳酸岩型为最重要, 占全国储量的 55%。成矿时代主要为前寒武纪, 古生代、中生代次之。

(八) 高岭土

中国高岭土矿资源丰富, 总保有储量 14.3 亿 t, 居世界第 7 位。全国 21 个省(区)有高岭土矿产出, 以广东最多, 陕西次之, 分别占全国储量的 30.8% 和 26.7%; 福建、广西、江西探明储量也较多。

高岭土矿类型有风化壳型、热液蚀变型和沉积型 3 种, 以风化壳型为最重要。成矿时代主要为新生代和中生代后期, 晚古生代也有矿床形成。

(九) 水泥灰岩

中国水泥灰岩资源相当丰富, 除上海市、香港特别行政区外, 全国各省(区、市)均有产出。矿石总保有储量 489 亿 t。储量以陕西最多, 占 10%, 安徽次之, 占 6.7%, 广西、四川、山东水泥灰岩资源也较丰富。

矿床成因类型分为化学或生物化学沉积型、机械碎屑沉积型、生物沉积型和重结晶型。从太古宙到新生代各时代地层中几乎都有矿床形成，但用于生产水泥的主要是古生代形成的石灰岩。

（十）玻璃硅质原料

中国玻璃硅质原料资源非常丰富，总保有储量 38 亿 t，全国 26 个省（区）均有矿床分布。玻璃用石英岩以青海为最多，占全国总储量的 42.4%，石英砂以海南为最多，玻璃用石英砂岩山东则居首位。就矿床成因类型分，以沉积变质石英岩、沉积石英砂岩和海相沉积石英砂为主，热液型石英脉不具重要意义。玻璃硅质原料自太古宙到新生代均有形成。

（十一）硅藻土

中国硅藻土资源丰富，全国 10 个省（区）有硅藻土矿产出，矿石总保有储量 3.85 亿 t，仅次于美国，居世界第 2 位。在地区分布上，以吉林最多，占全国储量的 54.8%，云南、福建、河北等地次之。矿床类型主要为火山物源沉积型矿床和陆源沉积型，成矿时代集中在第三纪和第四纪，以第三纪为主。

（十二）膨润土

中国膨润土矿资源丰富，分布广泛，全国 23 个省（区）皆有膨润土矿产出。总保有储量矿石 24.6 亿 t，居世界第 1 位。地区分布上以广西、新疆、内蒙古为多，分别占全国储量的 26.1%、13.9% 和 8.5%。矿床类型有沉积型、热液型和残积型三种，以沉积（含火山沉积）型为最重要，储量占全国储量的 70% 以上。成矿时代主要为中新生代，在晚古生代也有少量矿床形成。就矿石成分看，钠基膨润土和钙基膨润土在总储量中分别占约 27% 和 31%。

（十三）大理石

中国大理石品种繁多，资源丰富，全国 26 个省（区）皆有产出。总保有储量矿石 10 亿 m^3 ，以广东、河北储量最多，各占 16.6%。矿床成因类型有区域变质型、沉积型和接触变质型三类，以区域变质型为主，储量占全国总储量的 50% 以上。大理石矿自太古宙至中生代均有形成，以太古宙和元古宙为主，古生代、中生代次之。

第三节 矿产资源形势展望

本世纪初期我国处于加速推进工业化阶段，虽然产业结构将得到进一步优化，科学技术水平不断提高，但对矿产资源的需求仍然十分旺盛，预测矿产品需求量在 2050 年达到高峰，今后 30~50 年将是中国经济、社会发展对矿产资源的需求增长最快的时期。

一、供需形势严峻

（一）资源保证程度越来越低

据论证，到 2010 年现有探明储量的 45 种主要矿产中，可以保证并有部分矿种或其产品可以出口换汇的矿产有菱镁矿、钼、稀土、芒硝、钠盐、煤、钛、水泥原料、玻璃原料、石材、萤石、钨、锡、锌、铅、重晶石、锑、滑石、高岭土、硅灰石、硅藻土、石墨、膨润土、石膏等 24 种；基本保证但在储量或品种上还存在不足，需要在国内找矿或进口解决的矿产有铀、铝、锑、耐火粘土、磷、石棉等 6 种；不能保证、部分需长期进口补缺的矿产有石油、天然气、铁、锰、铜、镍、金、银、硼、硫等 10 种；资源短缺，主要靠进口解决的矿产有铬、钴、铂、钾盐、金刚石等 5 种。

在这 45 种矿产中，人均占有量小于世界人均占有量的达 27 种。对经济建设不能保证或基本保证存在不足的矿产达 22 种，占所论证矿种的 48.9%。在优势矿产中，则有相当部分是市场容量不大的非大宗使用的矿产，而不能保证的矿产相当部分是经济建设需求量大的支柱性矿产。在论证的 23 种能源、金属矿产中，不能保证和短缺矿产达 11 种，占 47.8%。还有部分矿产因过度开采或浪费严重而将成为不能保证的矿产，到 2020 年，如无新增储量，能保证需求的矿产仅有 6 种。

（二）可利用储量增长缓慢

20 世纪 90 年代以来，随着国民经济的快速发展和人口的不断增加，矿产品的消费量与日俱增。相反，地质找矿难度增大，有效找矿勘探投入不足，新增矿产储量缓慢。如石油、铁、锰、铬、铜的矿产品消费量的增长速度与矿产储量的增长速度相比，均在 10 倍以上，其中石油和铁矿的剩余可采储量甚至出现了负增长，分别为 -0.65% 和 -0.74%。

在需求预测基础上，国家对 45 种主要矿产进行了概略的矿区技术经济分析，将已探明矿区分分为已利用（含在建）矿区、可设计利用矿区、可规划利用矿区和暂难利用矿区四类，并对前三类可利用矿区进行可供性分析。结果表明，各矿种可利用矿区储量占探明总储量的比例为 30% ~ 80%，而可利用矿区中扣除设计开采境界外和设计开采损失量后的可采储量一般只占可利用矿区储量的 40% ~ 70%，这说明总体上我国矿产资源现有储量中只有 60% 左右可开发利用，35% 左右可以采出。因而，我国实际可利用的储量明显不足。

（三）已建矿山生产能力下降

我国许多大中型矿山已进入中晚期，因缺乏后备资源，产能消失正在加快。据有关资料，与 1992 年相比，到 2000 年全国煤矿和铁矿的产能将消失 10% 以上，铜矿产能将

消失 26% 左右, 铅锌矿产能将消失 40% 左右, 金矿产能将消失 70%。此外, 在各类矿产的总产量中占有很大比重的乡镇矿, 后备资源更加缺乏, 其中有 80% 的乡镇矿山服务年限不足 5 年。

以上资料表明, 在未来的一二十年内, 由于国民经济的快速发展和人口、环境的巨大压力, 以及矿山后备资源不足, 产能消失过快, 矿产资源的供需矛盾将更加突出, 形势将更为严峻。

(四) 找矿潜力较大

我国幅员辽阔, 成矿条件比较优越, 找矿潜力很大。已发现可作为进一步找矿线索的矿点、矿化点及地球物理、地球化学异常点共 20 余万处。许多矿产经多方论证分析, 预测的资源量很大, 但因工作程度低, 探明储量所占的比例还很小。如预测石油资源量 940 亿 t、天然气 $43 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 、地下 1000m 以内范围内煤的资源量 32800 亿 t, 石油、天然气、煤的探明储量仅分别为预测资源量的 18%、2.8% 和 31.4%。金矿、铜矿、锰矿等已探明储量仅相当于预测资源量的 $1/4 \sim 1/5$, 大部分非金属矿产的资源远景也很大。

二、机遇与挑战并存

(一) 世界矿业形势

20 世纪 90 年代中期以来, 随着世界经济的发展, 世界矿业出现了新的变化: 一是许多国家都加大了矿产资源的勘查和开发利用的投入, 矿产资源探明储量和矿产品产量在不断增长, 世界矿业经历了一个相对稳定的繁荣时期。但是从 1997 年下半年开始, 由于亚洲金融危机的影响, 能源矿产品市场萎缩, 价格下滑, 世界矿业开始出现萧条; 二是世界各国尤其是西方发达国家在矿业内部进行了广泛深入的结构调整, 其中包括矿业企业的现代化, 产品结构调整, 技术更新, 吸引外资, 关闭严重亏损矿山和边际矿山, 矿业企业之间合作和重新组合以及互相参股, 建立更为密切的联合形式, 并不断派生出具有市场竞争力的新企业等等, 致力于提高自身的竞争能力; 三是国际矿业合作加强, 矿业国际化愈加明显, 跨国公司的竞争日益激烈, 已出现世界资源再分配的格局; 四是发展中国家为了发展本国经济, 都在致力于改善本国的投资环境, 修改矿业法规, 修改税制, 加紧必要的基础设施建设等; 五是调整矿产品结构, 增加适销对路的深加工产品, 提高创汇率等等。

(二) 中国矿业发展趋势

当今世界矿业形势, 给中国矿业带来了前所未有的发展机遇。中国矿业自进入 20 世纪 90 年代以来, 进行了一系列改革, 取得了可喜的进展。

(1) 深化改革, 对外开放。由政府提供资金的单一投资渠道已逐步为多元化的投资

渠道所代替，多种经济成分的矿山企业越来越多，引进外资的工作也有进展，尤其是随着矿产资源法及其配套法规的修改和实施，矿业权开始进入市场，矿业结构和矿产品的结构也在逐步调整等等。

中国实行利用国内外两种资源、两个市场的政策，实行改革开放的政策，而且还将进一步扩大。目前，中国正致力于制定和完善外商来华投资勘查开采矿产资源的有关法规和中国企业到国外进行风险勘探开采矿产资源的有关政策，以及加强基础设施建设等，投资环境将得到不断改善。

矿产资源领域的双向开放，将促进中国进入国际矿业经济大循环并积极参与国际竞争。可以预见，未来一二十年，中国矿业将更加开放，进入一个与国际合作的更加美好的新时期。

(2) 结构调整，体制创新。中国矿业在实行计划经济时期，地勘单位和矿业企业都是清一色的国有企事业性质，生产计划和经营管理都得听从上级主管部门的安排，政事不分，政企不分，严重影响了企事业单位的积极性。产品规格、型号单一，产品结构不合理，粗放经营，效益低下，缺乏竞争能力。在新形势下，这种体制和管理模式已严重阻碍了矿业的发展。

为了适应社会主义市场经济的要求，跟上世界的潮流，中国矿业体制和结构，将有以下几个主要方面的发展趋势：

①中国矿业企业体制将由单一的国有经济，向具有多种经济成分的所有制方向发展。

②矿产勘查单位，将由事业单位向企业化方向发展。

③矿业企业将从政府部门的直接管理下脱钩出来，实行探采、选冶、销售、出口等纵向联合，组建探采选冶一体化，产销工贸一体化的企业集团，以及跨地区、跨省、甚至跨国的各类矿业公司，在国际矿业经济大循环中振兴和发展我国矿业和矿产品进出口贸易事业。

④矿业企业将由单一产品向多种产品结构，由单一经营向多种经营方向发展。

⑤矿产品加工企业，将由生产初级产品向生产深加工产品方向发展。

⑥矿业企业的经营方式，将由粗放型向集约型方向发展，实现规模经营，发挥国有大矿山企业的骨干作用。

第二章 矿产地质勘查

第一节 矿产勘查的概念

一、矿产勘查的概念、目的、任务

矿产勘查亦称矿产资源勘查或矿产地质勘查。它是在区域地质调查研究的基础上，根据国民经济和社会发展的需要，运用地质科学理论，使用多种勘查技术手段和方法对矿床地质和矿产资源所进行的系统研究工作。矿产勘查是矿产普查、矿产详查与矿产勘探的总称。

矿产勘查的目的在于通过地质、矿产资源的调查研究工作，发现、探明矿产资源，保证国民经济建设和社会发展的基本需要。

矿产勘查的基本任务是根据国民经济建设和社会发展的需要，寻找或查明具有经济价值的工业矿床，为国民经济建设提供矿产资源依据，为矿山企业建设提供矿物原料基地和矿产储量。

矿产勘查工作是一种特殊性质的生产劳动，是一种具有科学研究与生产实践双重性质的一项科研—生产性的工作，也是国土资源调查的一项基础工作。矿产勘查工作的意义主要取决于它在国民经济中的地位和作用两个方面。矿产勘查工作是对地质、矿产资源进行调查研究工作，目的在于发现、探明矿产资源，保证国民经济建设和社会发展的基本需要。矿产勘查所服务的方向及涉及的内容极为广泛，它既为基础产业服务又为基础建设服务，既为矿业、农业服务也为高技术产业服务。它是基础产业的基础，是基础设施建设的先导。

我国矿产勘查工作，在党和政府的关怀重视下，有了突飞猛进的发展，为建立我国的矿产体系打下了比较充足的资源基础。到目前为止，我国已发现矿产 171 种，其中探明储量的矿产资源有 156 种，在世界已探明的矿产资源中占有重要的作用。矿产勘查的丰硕成果，促进了矿业的发展，也推动了钢铁、有色金属、化工，建材、非金属材料等工业的大发展。这也说明了矿产勘查工作已成为我国现代化建设中一个极为重要的支柱。

矿产资源是经济建设和社会发展的物质基础和工业化的基本食粮，也是增强综合国力和进行国际竞争的重要筹码。矿产资源丰富及其利用程度是影响国家经济实力和潜力的重要因素，直接关系到国民经济各行各业的发展和人民的生活。对于像我们这样的大国，保证尽可能多的矿产能够自给并有足够的矿产储备更是一件有战略意义的大事。这对保证我国经济社会长期持续、稳定、协调地发展，将起着非常重要的作用。因此，必须切实加强矿产勘查工作，并且要适当地超前于国民经济发展，为建设现代化的社会主义强国提供丰富的矿产资源。

二、矿产勘查阶段划分

矿产勘查是对地质、矿产进行调查研究和获取信息的过程，是查明矿产资源或矿产储量以及矿产开发等基础地质信息的过程。这个过程不可能一次完成，需要分阶段并依次进行。矿产勘查阶段的划分是由勘查对象的性质、特点和勘查生产实践需要决定的，或者说是由矿产勘查的认识规律和经济规律决定的。阶段划分的合理与否，将影响到矿产勘查与矿山设计、矿山建设的效率与效果。它历来为世界各国勘查学者和广大从事矿产勘查与矿业开发及管理的人们所重视。

我国矿产勘查阶段的划分，从1949年10月1日以来直到1986年，全国各地质部门也未完全统一起来，基本上是划分为四个阶段或三个阶段。一直到1988年对矿产勘查阶段做了新的规定，将矿产勘查工作划分为普查、详查、勘探三个阶段。1999年我国颁布了《固体矿产资源/储量分类》国家标准（GB/T17766—1999），将矿产勘查划分为预查、普查、详查、勘探四个阶段。

1. 预查阶段：依据区域地质和（或）物化探异常研究结果、初步野外观测、极少量工程验证结果、与地质特征相似的已知矿床类比、预测，提出可供普查的矿化潜力较大地区。有足够依据时可估算出预测的资源量，属于潜在矿产资源。

2. 普查阶段：是对可供普查的矿化潜力较大地区、物化探异常区，采用露头检查、地质填图、数量有限的取样工程及物化探方法，大致查明普查区内地质、构造概况；大致掌握矿体（层）的形态、产状、质量特征；大致了解矿床开采技术条件；矿产的加工选冶性能已进行了类比研究。最终应提出是否有进一步详查的价值，或圈定出详查区范围。

3. 详查阶段：是对普查圈出的详查区通过大比例尺地质填图及各种勘查方法和手段，比普查阶段密的系统取样，基本查明地质、构造、主要矿体形态、产状、大小和矿石质量，基本确定矿体的连续性，基本查明矿床开采技术条件，对矿石的加工选冶性能进行类比或实验室流程试验研究，做出是否具有工业价值的评价。必要时，圈出勘探范围，并可供预可行性研究、矿山总体规划和作矿山项目建议书使用。对直接提供开发利用的矿区，其加工选冶性能试验程度，应达到可供矿山建设设计的要求。

4. 勘探阶段：是对已知具有工业价值的矿床或经详查圈出的勘探区，通过加密各种采样工程，其间距足以肯定矿体（层）的连续性，详细查明矿床地质特征，确定矿体的形态、产状、大小、空间位置和矿石质量特征，详细查明矿体开采技术条件，对矿产的加工选冶性能进行实验室流程试验或实验室扩大连续试验，必要时应进行半工业试验，为可行性研究或矿山建设设计提供依据。

三、矿产勘查的发展概况

矿产勘查作为一门学科是随人类社会对矿物原料需要的增长和找矿勘探、矿业开发生产实践经验的积累以及地质科学理论发展而产生和发展的。它的发展大体上可划分为三个阶段：

萌芽阶段：在 16 世纪中叶到 18 世纪末由于采矿、冶金等工业逐渐发展，找矿和采矿实践中积累起来的关于找矿的知识日益丰富，使某些学者有可能进行初步的归纳和总结，矿产勘查学就开始了它的萌芽阶段。这时对于矿床露头特点及矿床存在地面标志，追索矿床的标志等方面已有了一些见解，而且也形成了个别的找矿方法，如根据河流砾石找矿等。

“原始”的矿产勘查学形成阶段（1825 ~ 1939 年）：在这个阶段出现了对个别类型、个别矿种的找矿勘探理论与方法的著作，如《层状及脉状矿床的勘探》（1899）、《金矿的普查与勘探》（1899）、《勘探作业方法教程》（1929）等。1922 年第一次在原苏联的高等矿业学校开设了《勘探作业》课程。

“近代”的矿产勘查学形成和发展阶段（1940 至今）：1940 年原苏联学者 B.M. 克列依特在综合大量的各国矿产勘查实践经验和理论的基础上，编著了《矿床的普查与勘探》一书，从而为矿产勘查学奠定了比较完整的科学体系。之后有大量学者对矿床勘查理论和方法进行系统研究并发表了许多专著，如 B.И. 斯米尔诺夫的《矿物原料储量计算》（1950）和《找矿勘探地质学原理》（1957）、A.B. 卡日丹的《矿床勘探的方法基础》（1974）、《矿床勘探学》（1977）和《矿床的普查与勘探》（1984）。

我国的矿产勘查的发展，在旧中国由于处于半封建、半殖民地的地位，社会生产力和生产技术水平较低下，矿业发展缓慢，矿产勘查仅为矿业生产中的附设部分，仅有人撰写出一些矿种找矿或勘探的著作，尚未形成独立系统的学科。新中国成立后，在中国共产党领导下地矿事业迅速发展，为了满足国民经济建设对矿产资源的需要，在全国范围内开展了大规模的矿产普查、勘探工作，于是矿产勘查学迅速地从原苏联传入，并且很快地在我国得到发展，有力地指导了我国矿产勘查工作的实践。到目前为止，不仅根据我国自己的矿产勘查实践经验，编制了一系列有关矿产勘查规范，而且也发表了许多有重要意义的文章和专著。如北京地质学院及长春地质学院合编的《找矿勘探地质学》

(1961), 朱家珍主编的《找矿勘探地质学》(1986), 侯德义主编的《找矿勘探地质学》(1984), 赵鹏大等编著的《矿床统计预测》(1983), 侯德义等编的《矿产勘查学》(1997)等等。

目前, 矿产勘查学已成为我国各高、中等地质院校地质矿产等专业的一门主干课程, 为培养矿产勘查及矿产地质の中、高级人才起着重要的作用。

随着现代科学技术的飞速发展和人类对矿产资源需求急剧增长, 矿产勘查工作面临新的形势, 矿产勘查学必将产生重大变革而出现新的发展趋势。这就是加强成矿规律及成矿预测研究; 采用综合方法、开展立体找矿; 重视矿产勘查的经济效益分析; 加强矿床勘探理论的研究; 电子信息、遥感探测等新技术新方法应用。

第二节 矿产勘查工作程序

一、矿产勘查的基本原则

矿产勘查基本原则一直是矿产勘查讨论的一项基本内容, 不同专家、学者曾提出过不同见解。矿产勘查是一项国家建设的战略任务, 关系到国家建设的中长期规划, 影响深远, 所以要遵循一定原则进行。它们是:

1. 因地制宜原则 这个原则是矿产勘查的最基本和最重要的原则, 这是由矿床复杂多变的地质特点和勘查工作性质决定的。大量勘查实践的经验证明, 只有从矿床实际情况出发, 实事求是地决定勘查各项工作, 才能取得比较符合矿床实际的地质成果和更好的经济效益; 如果脱离矿床实际, 主观臆想地进行工作, 必然使勘查工作遭到损失和挫折。而要想做到按照客观矿床实际情况部署各项工作, 必须加强对矿床各方面特点的观察研究工作, 同时又要加强与矿山设计建设单位的联系, 以便使矿产勘查工作既符合矿床地质实际, 又能满足矿山设计建设的需要。

2. 循序渐进原则 这个原则反映了人们对矿床认识过程的客观规律。认识过程不可能一次完成, 而是随着勘查工作的逐步开展而不断深化, 故矿产勘查应本着由粗到细、由表及里、由浅入深、由已知到未知的这一循序渐进原则。矿产勘查工作不可任意超越程序阶段的规定。

3. 全面研究原则 这是由矿产勘查的目的决定的, 反映在对矿床进行地质、技术和经济全面的研究评价, 克服矿产勘查的片面性, 实现全面阐述矿床的工业价值。

4. 综合评价原则 自然界的矿床几乎没有单矿物矿石存在, 它们都含有或多或少的有益组分, 因此涉及矿产的综合利用, 它对矿床的价值起到至关重要的影响, 使矿床

由单一矿产变为综合矿产，使无意义的贫矿变为可供开发利用的工业矿床。

5. 经济合理原则 经济合理原则是矿产勘查的基本原则中非常重要的原则。矿产勘查本身就是一项经济活动，它受经济规律的制约，因此在矿产勘查过程中自始至终都要重视经济合理的原则。在保证矿产勘查程度的前提下，用最合理的方法，最少的人力、物力、财力的消耗，在较短时间内取得最好的地质成果和最大的经济效果。

二、矿产勘查的工作程序

进行任何一个矿产勘查项目的工作，一般应遵循立项论证、设计编审、组织实施、报告编审四个程序。

1. 勘查项目的确立和论证（立项论证） 矿产勘查工作在实际上总是以勘查项目为基本的工作对象的。所谓勘查项目是指：凡根据经济建设和社会发展需要纳入计划的，或接受委托的，在指定地区，以客观地质体或矿体为研究对象，完成特定的勘查任务，独立编制设计，进行地质作业，并提交勘查报告的矿产地或工作地区，即为勘查工作项目，简称勘查项目。矿产勘查项目按工作阶段分：预查、普查、详查、勘探工作项目。矿产勘查项目的立项论证是勘查项目管理过程中首要环节，也是重要的环节，矿产勘查工作的社会效益就取决于立项论证。立项论证的中心是解决矿产勘查项目正确确立的问题，要全面收集、分析勘查项目的各种地质矿产资料，进行技术、经济论证，提出立项建议。

2. 勘查设计的编制和审批（设计编审） 矿产勘查项目确定之后就要制定勘查工作的活动方案——勘查设计。各类勘查项目设计编制均大同小异，各有所重。一般要求做到任务明确、部署合理、方法得当、措施有力、技术可行、经济合理。设计编写完毕要上交主管部门审批，只有经过上级批准之后才能具体实施。

3. 勘查工作的组织与实施（组织实施） 勘查工作的组织与实施，必须严格按照设计进行。在实施过程中要协调好各项工作，取全、取准基础资料，加强质量监控和综合研究，发现问题及时处理，必须时可根据实际情况修改设计，涉及重大问题要报原审批单位批准。各类勘查项目工作组织与实施，具体应参照 1992 年国家颁布矿产勘查的有关规范执行。

4. 勘查报告的编制和审批（报告编审） 矿产勘查报告是矿产勘查工作的总结和最终成果。勘查报告是为勘查区是否进一步进行工作、矿区总体规划或矿山建设设计提供依据。勘查报告编写工作必须在取全、取准第一性资料并符合相应勘查项目规定的工作程度基础上进行；报告要做到客观、真实，全面地反映勘查工作成果；报告内容要讲究针对性、实用性和科学性，重点突出、内容清晰、结论明确。勘查报告编制完成应按有关规定呈报上级主管部门审批和汇交。

第三章 矿产预测、探矿及矿床勘探

第一节 矿产预测

一、矿产勘查地质条件

矿产勘查的工作对象是矿床和矿体。找矿是矿产勘查的简称。矿床的形成是地壳历史发展某一阶段中的产物。一个矿床的形成往往是各种地质因素综合作用的结果。那么矿床的形成和分布规律是受到一定地质因素所控制。因此,在矿产勘查工作中,把这些控制矿床形成和分布的各种地质因素称为找矿地质条件。

在矿产勘查中对找矿地质条件的研究,可以掌握成矿规律,从而指导矿产勘查工作。因为不同成因类型的矿床,其找矿地质条件不同;不同的地区也具有不同找矿地质条件,其形成矿床类型及分布也不相同。所以在矿产勘查的实际工作中,认真分析和研究找矿地质条件,进行矿产预测,合理选择、使用矿产勘查方法,正确评价矿产,这是矿产勘查的一项首要工作。

找矿地质条件主要有:岩浆岩、地质构造、地层、岩相、古地理、岩性,变质作用、地球化学、风化、地貌条件等。

(一) 岩浆岩条件

矿床的物质来源(特别是内生矿床)的重要方面是由岩浆活动所提供的。岩浆岩与内生矿床之间存在较复杂的成因、空间和时间联系。一定类型矿床的形成及分布与一定类型的岩浆活动有关。所以,在勘查区分析各种岩浆活动对矿化的控制作用,来预测和指导岩浆岩区的矿产勘查工作有着重要的意义。

1. 岩浆岩成分特征与成矿关系

由于岩浆岩成分和地球化学特征不同。其成矿专属性也各不相同,它反映出一定类型的矿床专属于一定的类型的岩浆岩(图2-3-1)。因此,在矿产勘查中,某些岩浆岩体的存在,可以作为预测与其有关的矿床的地质条件。

(1) 与基性、超基性岩有关的矿床

基性岩、超基性岩是组成地球的主要岩石之一,它在大陆上常以小侵入体和层状杂岩沿构造带分布。与其有关的金属矿产主要有 Cr、Mn、Co、Pt、Ti、Cu、Fe 等;非金属

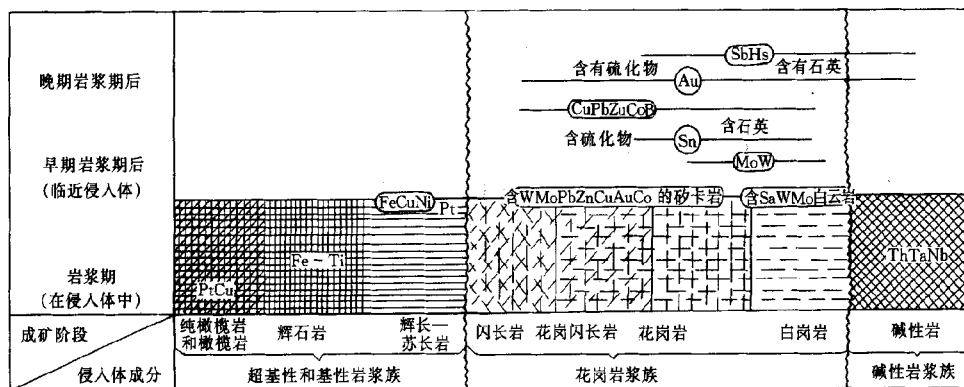


图 2-3-1 各类岩浆岩与金属矿床的关系 (据 B.И. 斯米尔诺夫)

矿产有金刚石、石棉、滑石、冰洲石等；与碱性超基性岩有关的矿产有 Nb、Ta、Ce 族稀土、磷灰石、金云母等。

在预测、找寻与超基性、基性岩体有关矿床中，研究岩体化学成分和地球化学特征，可以帮助评价岩体的含矿性。如我国多数具有工业价值的铬铁矿矿床及铂矿床，常与 m/fn 比值 ($m/f = [Mg^{2+} + Ni^{2+}] / [Fe^{2+} + Fe^{3+} + Mn^{2+}]$) 大于 6.5 含镁质较高的纯橄榄岩，斜辉橄榄岩有关；铜镍硫化矿床则多产于 m/f 比值为 2~6.5 含铁质较高的橄榄岩、辉长岩和紫苏辉长岩中。

(2) 与中酸性、酸性岩有关的矿床

中酸性、酸性岩是组成地壳硅铝层的主要岩石。以花岗岩来说，在我国出露约占全国面积的 9%。与中酸性、酸性岩有关的矿产种类很多，如 W、Sn、Mo、Cu、Pb、Zn、Au、Ag、Fe、U 等砂卡岩矿床或热液矿床。

据已有资料研究说明，不同成因的花岗岩有着不同的演变历史，不同的物质来源，其成矿专属性也不一样。目前一般认为大体可归纳为二类成因花岗岩，它们各自具有相关的矿产。一类为壳源型 (S 型) 花岗岩，为地壳上部硅铝层重熔再生而形成的中酸性—超酸性交代侵入杂岩体，与其有关的矿产主要是 W、Sn、Bi、Mo、Be、Nb、Ta、放射性铀等，大多数成矿元素以亲氧元素为特征。另一类幔源型花岗岩 (I 型)，为来自地壳深部或上地幔岩浆源形成的中酸性—弱酸性岩浆岩或潜火山杂岩，与其有关矿产主要是 Cu、Mo、Pb、Zn、Au、Ag 等，成矿元素以亲硫元素为特征。

由于中酸性岩浆岩与成矿关系复杂，因此着重中酸性岩的化学成分的研究，对成矿预测起着重要作用。如我国上个世纪 50 年代一些研究成果证明，随 SiO_2 、 Al_2O_3 等增加，依次出现的石英闪长岩—花岗闪长岩—斜长花岗岩—黑云母花岗岩—白岗岩，相应的矿产是 Fe—Cu—Mo—W—Sn。随后，进而注意到碱度及其与矿化的关系，特别是 K_2O 、 Na_2O 及其比值的变化，对指示岩体成矿专属性有着重要意义。如富 Na 成铁，富

K 成铜；Be、Nb、Ta 则与强碱性花岗岩有关；富 Sn 的花岗岩 K 远高于 Na，并含有大量的 B。此外，对岩石中挥发分成分和成矿元素的研究，也可以揭示岩体的含矿性。如云南个旧锡矿的花岗岩，锡矿好的岩体，含 F 量一般大于 2000×10^{-6} 。又如赣南与钨矿有关的花岗岩体含钨量为 $2.2 \times 10^{-6} \sim 212 \times 10^{-6}$ ，高出正常平均含量 (1.5×10^{-6}) 的 0.5 ~ 140 倍；鄂东与铜矿有关花岗闪长岩体含铜量，普遍高于克拉克值的 10 ~ 100 倍。

(3) 与碱性岩有关的矿床

岩浆岩富含钾、钠，特别是钠质，反映在岩石化学成分是 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} > \text{Al}_2\text{O}_3$ ，即为碱性岩。碱性岩体岩性复杂，出露不广泛，通常产于深断裂带中。与碱性岩有关的矿产有 Nb、Ta、Zr、Hf、U、Th、Al 和稀土等，且多为岩浆矿床。

碱性岩中，已知与稀有金属矿化最密切的为碱性正长岩和霞石正长岩。其矿化作用与岩浆结晶分异作用和晚期交代作用有关。结晶分异作用表现在岩体分带性明显，矿物分离成带，矿化局限一定的岩相带中，稀有金属矿物在岩体中呈浸染状分布。交代作用主要有钠长石化、霓石化和钠闪石化，其次为碳酸盐化和萤石化。钠交代作用与 Nb、Zr 矿化关系密切；碳酸盐化常与 Nb、稀土矿化关系密切。因此，霓石、钠闪石大量出现，可以作为找锆石及铌铁矿的有利标志；碳酸盐、重晶石的大量出现，可以作为寻找氟碳铈矿等铈组稀土矿床的有利标志。

2. 岩浆活动时代与成矿时代关系

我国地质历史上岩浆活动是多期次、多旋回的。大的岩浆活动与大的地壳运动有关。因此，不同时代的岩浆活动，产生不同类型的矿产（表 2-3-1）。

表 2-3-1 我国各期侵入岩及一般内生矿产一览表

侵入期			距今年龄 (亿年)	主要分布地区	岩石类型	有关矿产
新生代	喜马拉雅期		0.30	西藏、台湾等地	超基性岩、石英闪长岩及花岗岩	铬矿及金、铜、铅、锌
中生代	燕山期	晚期	1.40	中国东部地区及滇西、西藏、喀喇昆仑山	花岗岩、闪长岩、二长岩及与成矿有关的火山岩	锡、钨、钼、铅、锌、铜、汞、锑、脉金、萤石、明矾石、叶蜡石、重晶石、压电石英、水晶
		早期	1.95	中国东部地区及滇西、西藏	黑云母花岗岩、花岗闪长岩、基性-超基性岩及与成矿有关的火山岩	钨、锡、铋、钼、铁、铜、铅、锌、铍、铬、镍、钛、铂、石棉、叶蜡石、明矾石
		未分		东北北部、内蒙古北部及秦岭	花岗岩、白岗岩、斜长花岗岩、花岗斑岩、基性岩	钼、铜、铅、锌、金、萤石、水晶、钒钛磁铁矿
	印支期		2.30	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	铁、云母、稀有金属、并有铜、铁矿化

续表

侵入期			距今年龄 (亿年)	主要分布地区	岩石类型	有关矿产
晚古生代	化力西期	晚期	2.70	东北北部、内蒙古北部、天山、昆仑山、滇西、川滇边区及台湾	花岗岩、基性超基性岩	铁(伴生稀有元素)、钨、锡、钼、铅、锌、金、云母、铍、水晶、铬、铜、镍、钒钛磁铁矿、石棉
		中期	3.20	大小兴安岭、内蒙古北部、天山及川滇边区	黑云母花岗岩、花岗闪长岩、基性 – 超基性岩	铁、铜、铅、锌、云母、水晶、压电石英、铬、镍、钴、菱铁矿、钒钛磁铁矿
		早期	3.75	阿尔泰、准噶尔地区、天山、川滇地区、内蒙古北部、祁连山、昆仑山	基性 – 超基岩性、花岗岩、花岗闪长岩	铬、铜、镍
早古生代	加里东期	晚期	4.40	南岭、内蒙古北部、天山	黑云母花岗岩、花岗闪长岩	与金矿关系密切
		早期	6.20	北祁连山、北山及贺兰山	基性 – 超基性岩及变质火山岩	铬、铂、铜、镍及铁
震旦纪			约 16	秦岭、华北等地	花岗岩、闪长岩等	
早元古代			20	辽东、华北及华南	花岗岩、花岗闪长岩、花岗斑岩、基性 – 超基性岩	铜、铅、锌、金、铬、镍、铁、滑石、石棉、菱铁矿
太古代				东北及华北地区	花岗岩类、基性 – 超基性岩	云母、稀有元素、金、铜、镍、铬及铁、硼

这在环太平洋成矿带以及我国岩浆岩时代研究中均已得到证实。我国华南主要是燕山期花岗岩，与其有关的有铜、铁、钨、锡、铍、铌、钽、铅、锌、锑等有色和稀有金属矿产。在南美环太平洋东岸则主要是新生代的岩浆岩，与其有关的则是驰名世界的铜矿等金属矿产。

此外，岩浆活动往往是长期演化多阶段作用的结果。同期不同阶段其富集成矿元素往往也不相同。如我国华南燕山期，早阶段为 W、Sn、Be、Mo、Ta 等成矿；到晚阶段，W 变少，而 Sn、Be、Nb、Ta、U、Cu、Pb、Zn 等则更重要。

3. 岩浆岩的空间分布与成矿关系

岩体的规模及形态、形成深度和剥蚀程度的分析对指示有利矿化部位、矿床保存程度等都极为重要。

(1) 岩体的规模及形态

对基性、超基性和碱性岩体来说,通常岩体规模越大矿床可能越大;其形态以分异完善交代作用强烈的岩盆、岩床或似层状岩体对成矿有利。如我国西北、西南等地的铜镍硫化矿床就反映该特征。中酸性侵入岩体的规模往往是中小型的与成矿关系密切。其形态凹凸不平极不规则,在凸起处和凹入处,岩体“超覆”于围岩之上,岩体下盘、岩株边缘以及大侵入岩周围小岩枝、岩脉分支处等最有利于成矿。如我国华南大中型钨矿床主要与中小型岩体有关。

(2) 岩体形成深度

岩体形成深度不同,其物理、化学环境也不一样,这对岩浆分异,矿质的析出、聚集却起着重要作用。例如:中酸性、酸性的侵入岩体不同的冷凝深度,就有不同的矿化情况。深成相以伟晶岩矿床为主,浅成相则以矽卡岩型矿床及热液矿床形成为主。

(3) 岩体剥蚀深度

为数众多的热液矿床和矽卡岩型矿床,产于中酸性侵入岩体的顶部及其附近的围岩中,所以岩体剥蚀程度在一定意义上意味着与其有关矿床出露和保存程度。当剥蚀程度浅,未及岩体顶部时,可达到低级变质作用产物和一些岩脉分布,是找 Pb、Zn、Hg、Sb 等低温矿床有希望地区。当剥蚀程度中等,达到岩体顶部,岩体呈岛状分布时,各种变质作用较强烈,是找寻各种热液矿床和矽卡岩型矿床的有利地区,中酸性岩体大面积出露,剥蚀深度很深时,对找矿一般不利。

4. 矿床与岩体的空间关系

矿床在岩体内外空间分布规律,为历来地矿工作者所重视。有三种情况:

(1) 产于岩浆岩体内部的矿床(图 2-3-2)这主要是分布于超基性、基性、碱性岩体中的矿床,也有一些铜、钨、锡矿床分布于中酸性岩体中。例如我国许多镍矿产于基性、超基性岩体内部,华南的钨工业矿体往往富集于花岗岩的顶部。此类矿床的矿化富集程度往往与岩体的大小、分异程度及交代作用发育情况有关。

(2) 产于岩体与围岩接触带及其附近矿床(图 2-3-3)多为在成因上与中酸性岩体有关的矽卡岩型矿床、高温热液矿床。其矿体一般分布在岩体接触带及附近的构造或岩性有利部位。矿种繁多,如 Fe、Cu、Pb、Zn、W、Sn、Li、Be 等黑色金属,有色金属和稀有金属矿床。

(3) 远离岩体的矿床 主要有各种类型的中、低温热液矿床。矿产远离岩浆岩体,其距离可达数百米至数十千米,与岩浆活动无直接联系,主要受有利的岩性和构造控制。

5. 火山岩与成矿关系

火山岩为岩浆岩条件的一个特殊条件。在地质历史中,火山活动也形成不少矿床。如火山岩型铁矿仅决于沉积变质和风化壳型而位于第三,其中富矿多达 60%。我国火山岩型矿床众多,显示出广泛的找矿远景。与火山有关的矿产有 Fe、Cu、Pb、Zn、Au、

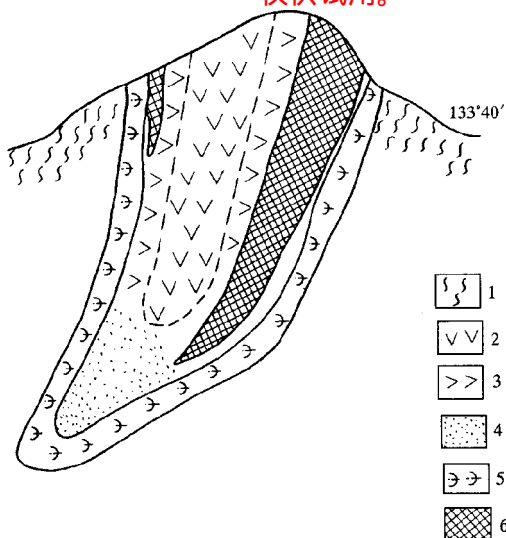


图 2-3-2 产于岩体内部的矿床

(据北京市地矿局 101 队剖面资料简化)

1—片麻岩；2—纯橄岩；3—辉橄岩；4—橄辉岩；5—辉石岩；6—铬铁矿体

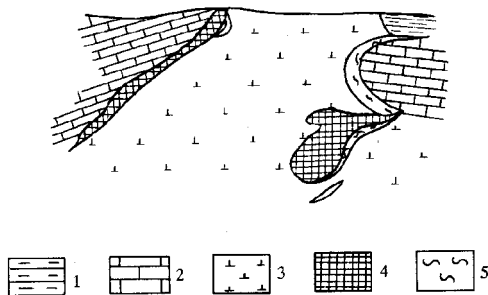


图 2-3-3 产于岩体接触带及其附近的矿床

1—中石炭统；2—中下奥陶统；3—闪长岩；4—铁矿体；5—矽卡岩

Ag、Hg、U、稀土、金刚石、沸石、明矾石、叶蜡石等等。

火山活动中形成的矿床，就火山岩本身来说，它既是成矿的母岩，又是成矿的围岩；同时火山活动所产生的各种构造，对矿床的分布起着一定的控制作用。因此，研究火山岩与成矿关系，主要从火山岩的岩性和火山构造等方面进行综合分析。

(1) 火山岩岩性控制 在火山岩地区，火山岩类型及其岩石化学特征，特别是富碱程度和基性程度，对成矿有明显控制作用。如金刚石主要产于爆发岩筒中的超基性的火山岩—金伯利岩中；黄铁矿型矿床产于海底喷发基性到酸性含钠质的细碧—石英角斑岩系中；“玢岩铁矿”产于富钠的中基性火山岩中；斑岩铜矿产于富钾的中酸性次火山岩和火山岩中等等。因此说，火山岩的成矿专属性是十分明显的。

(2) 火山构造控制 火山活动及火山岩的分布与地壳构造变动带有关。它们常受到板块之间和板块内的深断裂带, 大陆断陷盆地等区域构造所控制。据遥感资料研究表明, 古火山和现代火山往往在空间展现环状构造的特征。从局部地质构造上说, 火山穹隆、火山口、火山通道:(图2-3-4)以及围绕火山活动中形成的环状、放射状断裂; 次火山岩与围岩的接触带; 火山岩中的各种断裂等, 这些构造部位都有利于矿床的形成。此外, 火山活动附近的凹地, 常是火山喷发沉积矿床或火山喷溢矿床赋存的场所。

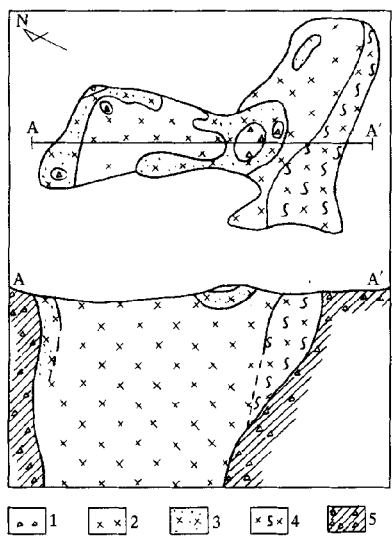


图 2-3-4 火山颈控制的含金金刚石金伯利岩筒

- 1—金伯利角砾岩; 2—斑状金伯利岩; 3—含金伯利岩球的(我国华东)斑状金伯利岩;
4—含片麻岩碎屑的斑状金伯利岩; 5—太古界片麻岩

(二) 地质构造条件

矿床的形成及其分布规律, 在不同程度上受到一定的地质构造的控制。在矿产勘查中查明矿化与地质构造的关系, 对矿产预测和评价矿床都具有重要的意义。

地质构造按规模可分为全球性的(即大地构造)、区域性的和局部的(即褶皱、断裂和裂隙)构造。一般来说, 全球性、区域性的构造控制了成矿带分布, 而局部的构造与成矿关系最为密切。

1. 断裂构造与成矿关系

不同性质和规模的断裂构造, 往往是岩浆、矿液活动的通道与聚集的场所, 既控岩又控矿, 沿着断裂带或主要断裂形成矿带、矿田或矿床。如我国秦岭地区多金属矿产以及长江中下游多金属矿产分布等。

在矿产勘查中对断裂构造的研究, 应从断裂构造控矿的机制出发, 查明成矿有利的构造部位。根据大量已知矿床、矿体构造控制特征, 从断裂控矿角度出发, 一般认为下

列构造部位值得重视。

- (1) 不同方向断裂交叉处 (图 2-3-5)。主干断裂与次级断裂产生的交叉处。
- (2) 断裂产状变化处。在平面上断层走向发生变化扭曲转弯处; 在剖面上张性断裂倾角由缓变陡处 (图 2-3-6 (a)), 压扭性断裂倾角由陡变缓处 (图 2-3-6 (b))。

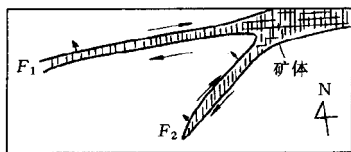


图 2-3-5 广西某金矿二组断层交叉形成矿体 (据陈国达)

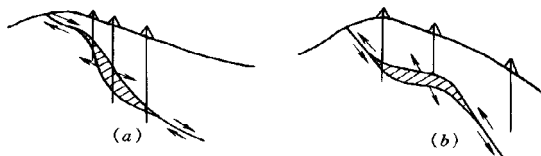


图 2-3-6 断裂产状变化与矿化

(a) 正断层在倾角变陡的地方; (b) 逆断层在倾角变缓的地方

- (3) 断裂构造与有利岩层交汇处或其他构造交切处等。

2. 褶皱构造与成矿关系

各种褶皱构造对矿床都有明显的控制作用, 成矿前和成矿过程中的褶皱及其有关伴生和派生构造 (断层、节理、劈理等) 均可成为内、外生矿床的有利成矿空间。一般来说, 褶皱构造对内生矿床的形成起控制和改造作用, 而对外生矿床则主要起改造作用。

对内生矿床而言, 应注重成矿前的褶皱。在背斜和向斜两类褶皱中, 背斜较向斜更为有利, 其主要成矿部位是背斜轴部 (图 2-3-7) 倾伏背斜的倾伏端、背斜轴线沿走向弯曲转折处、倒转背斜翼部、与背斜伴生的断裂和破碎带、开阔向斜中次一级背斜、背斜与其他有利构造交汇复合处。如鄂东的 Fe—Cu 矿床, 云南个旧锡矿床等。

向斜构造由于构造变形时所处位置较深, 围压较大, 伴生构造不及背斜发育, 不易形成圈闭构造, 故对内生矿床控制作用相对较差, 而对外生矿床控制则很多, 如世界上大型风化壳富铁矿多产于向斜构造中心部分以及地下水资源赋存于向斜中。

3. 裂隙构造与成矿关系

各种节理、劈理等裂隙构造常是断裂和褶皱的派生产物, 它们之间存在共生组合的力学联系。节理与劈理分布很广, 是重要的一类容矿构造。如我国赣南不少钨矿受节理裂隙控制 (图 2-3-8)。节理裂隙对外生矿床有时也起控制作用。如我国东部某第三纪油田, 部分油藏即储存于节理等裂隙之中。

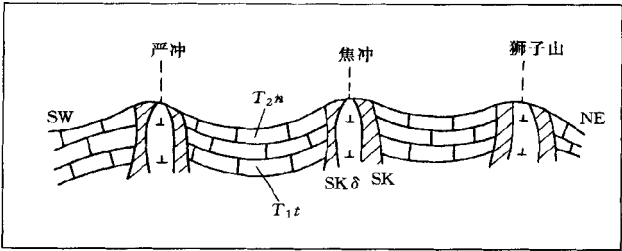


图 2-3-7 驼峰式背斜枢纽与矿化示意剖面
(据 321 地质队)

T_1t —三叠系下统塔山组条带状灰岩； T_2n —三叠系中统南陵湖组薄层状灰岩； δ —闪长岩；SK—砂卡岩

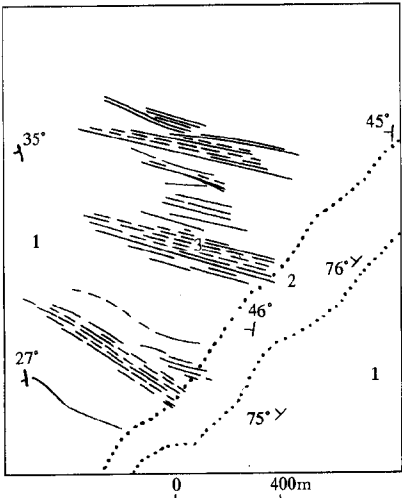


图 2-3-8 节理控制的江西某钨矿床
(据 205 地质队)

1—变质砂岩、砂质权岩、千枚岩互层；2—变质砾状砂岩；3—矿脉

(三) 岩性条件

岩性通常指岩石的化学性质与物理性质。无论是内生矿床或外生矿床的形成，都与围岩的岩性有着一定的联系。对前者是提供适宜成矿的岩层或岩系，对后者则主要是提供成矿物质来源。在矿产勘查中，对岩性条件的研究具有重要的指导意义。

岩石的化学性质是由岩石的类型，成分和结构构造所决定的。就内生矿床来说，岩层能否为气液所交代矿化，除与其所处的地质构造位置，深度等因素有关外，还与其本身的化学性质有关。一般化学性质活泼的岩石易与含矿的气液发生反应而引起矿质的沉淀和聚集。如凝灰岩与熔岩互层，则凝灰岩易于交代；而凝灰岩与灰岩互层时，矿化多集中于灰岩内。此外，还需注意岩石是否有利于矿化，除决定于岩石原始的化学性质

外，往往还决定于经过早期蚀变后的岩石化学性质。如灰岩本身易交代，但经过早期硅化作用以后形成硅化灰岩，其交代作用不如原岩，而干枚岩不易交代，但经过碳酸盐化后，则比原岩易于交代。而外生矿床则是岩石的成分起决定作用，其矿质来源是岩石，所以岩石是否含有矿质成分是外生矿床的成矿物质基础。

岩石的物理性质，如脆性、塑性等对矿化也起一定作用。如页岩与灰岩组合岩层，灰岩表现为脆性特征，易破碎、裂隙度高，利于矿液的流通和交代，是矿液富集的好场所，而页岩表现为塑性，不易破裂，又具不透水性质，阻挡矿液渗漏，使矿液在有利岩层中聚集沉淀成矿。所以岩石物理性质对内外生矿床形成也起到一定的控制作用。

(四) 地层、岩相、古地理条件

为了预测和寻找外生成矿作用形成的各种矿床，深入研究分析调查区的地层、岩相、古地理条件是十分重要的。

1. 地层与成矿关系

地层是一定时代内形成具有一定岩相特征的沉积物。许多沉积矿床的形成与地层有关(表2-3-2)。地层主要反映在对成矿时代和成矿空间分布的控制。因此在有关矿床的预测和寻找中，应注意在某些特定时代的地层中，按层位进行找矿。多年来，我国

表 2-3-2 中国沉积矿床成矿时代

代(界)	纪(系)	世(统)	距今年龄 (亿年)	造山运动 (未按比例尺)	海水进退	几种主要沉积矿床含矿层位、成矿期、成矿序列							
						铁	锰	磷	铝	铜	煤	盐类	
新生代	第四纪	全新世	0.03	喜马拉雅运动			×	×	×	×		●	
	新第三纪	上新世	0.23			×		×	×	●	×	×	
	老第三纪	渐新世	0.40	燕山运动			●				×	●	
		始新世	0.60						IV	●		●	
中生代	白垩纪	晚白垩世	1.40	印支运动		×	×			×	●	×	
		早白垩世	1.40			×	×		(D)	●	×	×	
	侏罗纪	晚侏罗世	1.95			×	×			●	×	●	
		早侏罗世	1.95	华力西运动		×	×	×		●	×	●	
	三迭纪	晚三迭世	2.30			×	●	×	(C)	×	×	●	
		早三迭世	2.30			×	●	×		×	×	●	
古生代	二迭纪	晚二迭世	2.70	加里东运动		×	×	×	×	●	×	×	
		早二迭世	2.70			×	×	×		●	×	×	
	石炭纪	晚石炭世	3.20			×	×	×	×	●	×	×	
		早石炭世	3.20	海		●	●	●		×	×	×	
	泥盆纪	晚泥盆世	3.75			●	●	●	(II)	×	×	×	
		早泥盆世	3.75			●	●	●		×	×	×	
	志留纪	晚志留世	4.40	陆		×	×	×		×	×	×	
		早志留世	4.40			×	×	×		×	×	×	
	奥陶纪	晚奥陶世	5.00			×	×	×	(II ₂)	×	×	×	
		早奥陶世	5.00	(荆县运动)		×	×	×		×	×	×	
元古代	震旦纪	晚震旦世	6.20			×	×	×		×	×	×	
		早震旦世	6.20			×	×	×		×	×	×	
	早元古代	晚早元古代	18(约)	吕梁运动		●	×	×		×	×	×	
太古代	晚太古代	早晚太古代	24	五台运动		●	×	×	(I)				
	早太古代	早早太古代	30以上	鞍山运动		●	×	×					

(据叶连俊1976年资料简化)

● 矿床 × 矿化

矿产勘查经验总结表明，绝大多数矿床都是受一定地层或一套地层控制的。例如铁、锰、铝、磷、煤、盐类矿床都具有一定的富集时代和地层层位。世界上 50% 以上的铁矿储量集中在前寒武纪。锰储量也较集中于前寒武纪和二迭纪。最主要的铝土矿集中于石炭二迭纪中。煤主要集中分布于石炭，二迭、三迭、侏罗、第三纪中。所以根据地层预测发现沉积矿产，实际中沿一定地层去找矿，在目前矿产勘查工作是极为重要的。

2. 岩相与成矿关系

岩相是指在一定沉积条件下沉积分异作用结果的产物。从已有资料表明，许多重要的沉积矿床均受特定的岩相控制，存在一定的相变规律，形成特有的沉积矿床分带，这不仅反映了成因特征，而且指出了空间分布规律。如各种沉积铁矿可以具有四个不同的矿物相带（图 2-3-9）；沉积锰矿也有类似的相变特征，A.I. 别捷赫琴将锰矿分为三个相带（图 2-3-10）。上述相变分带，在矿产勘查中极为重要。当首先发现了某一相带时，应考虑到其他相带的方向和位置，有时开始发现的可能不具有工业意义，但却可导致其后有更重大的发现。

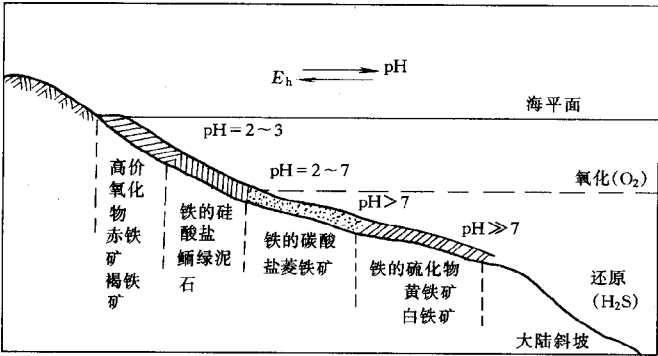


图 2-3-9 沉积铁矿相变示意图

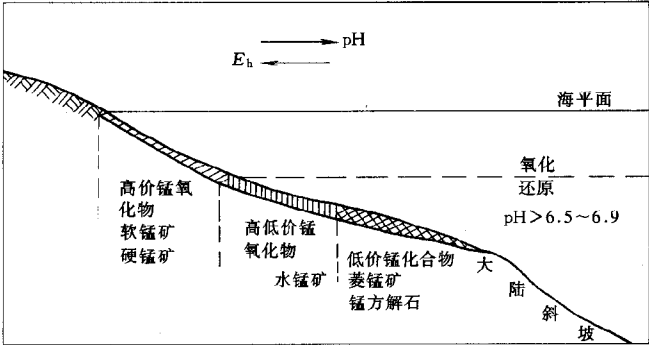


图 2-3-10 沉积锰矿相变示意图

同一矿种表现为相变的矿床分带，不同矿种间则是成矿序列规律。如上述铁、锰等一组矿化，均形成温湿气候下的陆源浅海区，大致分布是从海岸向浅海，依次为铁—锰

一磷的沉积。在矿产勘查中应充分注意这些规律。

3. 古地理与成矿关系

古地理是指某个地质时期的海、陆、水系分布，地势及气候等自然地理情况。它标志着物质沉积时的外在环境。古地理的分析是以岩相研究为基础，从不同的岩组分布和变化来分析当时海陆分布、海水深浅变化、海水进退方向、海水含盐度、古气候变化以及沉积物的来源等。

古地理对沉积矿产控制主要表现为：

(1) 重要沉积矿床多分布在沉积区与剥蚀区的中间地带（古陆边缘、滨海、浅海、泻湖、三角洲等地）。如我国北方震旦纪下部的宣龙式铁矿分布在内蒙古陆南缘（图 2-3-11 (b)）；我国南方泥盆系的宁乡式铁矿产于江南古陆的边缘（图 2-3-11 (a)）。

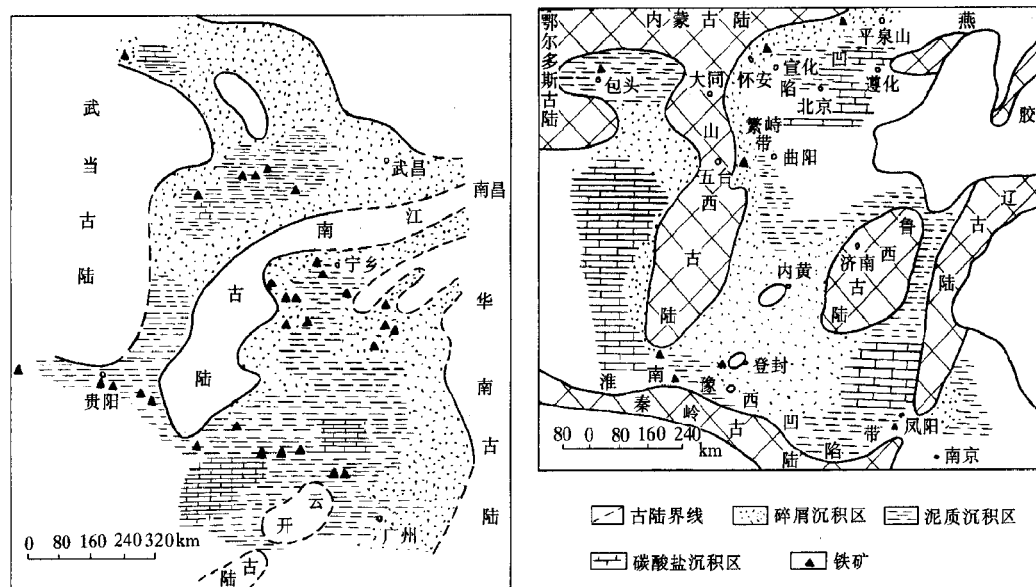


图 2-3-11 我国北方（宣龙）和华南地区沉积铁矿的分布与古地理的关系

(a) 宁乡式铁矿的分布与泥盆纪古地理图；(b) 宣龙铁矿古地理位置示意图

(2) 沉积矿床的形成与气候密切相关。按气候条件主要分温湿和干旱两大类，前者以 Fe、Mn、P、Al、煤等成矿序列为代表，各种膏盐矿为干旱气候的代表。两者中间还有些过渡类型的矿种。

(3) 地壳运动也控制外生成矿。因地壳运动引起海、陆变迁，而产生海侵和海退两个不同的序列。海侵阶段形成 Fe、Mn、P 等矿床，多分布于海侵岩系的底部；而海退阶段形成 Cu、盐等矿床；Al、煤为共同过渡产物；稳定阶段则有灰岩、硅藻土等非金属矿床的形成。

(五) 变质作用条件

在矿产勘查中，对变质作用条件的研究也很重要。因为在变质岩中蕴藏着十分丰富的矿产。它不仅有非金属矿产，而且还有较多的金属矿产，其中特别是 Au、U、Fe、Mn、Cu、Ni、Co、Cr、云母、石棉、石墨、菱镁矿以及 Li、Be、Nb、Ta 等矿床，它们大部分集中于前寒武纪变质岩中。

在变质岩区开展矿产勘查时，研究变质作用条件主要应从以下方面着手：

1. 变质程度研究

区域变质程度深浅不同，其成矿作用和形成的矿床类型往往不同。如浅变质地区形成的矿床以受变质矿床为主，矿种和类型一般较少；深变质地区则包括受变质矿床、变成矿床以及混合岩化所形成的矿床，矿种和类型较多。研究区域岩石变质程度深浅，通常以岩石中所含（OH）矿物多少，岩石的结构、构造来作为地质压力计和地质温度计，进而按变质程度将其划分为浅、中、深三个变质带。

2. 原岩与含矿变质建造的研究

对许多变质矿床来说，原岩的物质成分及其地球化学特性（含矿性）是影响矿化类型的主要因素。因此，在着重考虑工作地区具体地质特征的情况下，应查明变质建造的含矿特征，从而深入掌握变质矿床的分布规律。在矿产勘查中，一定的含矿变质建造可以作为预测、寻找某些矿种或矿床类型的找矿条件。我国几种常见的含矿变质建造及其岩石组合类型见表 2-3-3。

表 2-3-3 我国几种常见的含矿变质建造及其岩石组合类型

含矿变质建造	变质岩石组合	原 岩 成 分
含铁质建造（鞍山式变质铁矿建造）	1 千枚岩—片岩—磁铁铁矿石英岩； 2 角闪质岩石—变粒岩—磁铁铁矿石英岩	安山岩—英安质凝灰岩或黏土质沉积岩、基性火山岩
含硫化物变质建造	1 黑云母斜长片岩、变粒岩、斜长角闪岩、角闪石片岩； 2 变质火山岩、片岩、绢云母石英片岩、千枚岩	中酸性凝灰岩、角闪质岩石、玄武岩、安山质凝灰岩、黏土质半黏土质沉积岩、富钠质的火山喷发岩、细碧角斑岩
含磷变质建造 1. 金云母—透辉石型含磷变质建造 2. 白云母片岩—大理岩型含磷变质建造	黑云母片麻岩、辉石斜长片麻岩、紫苏辉石变粒岩、斜长角闪岩等夹大理岩透镜体； 白云母片麻岩、大理岩、变粒岩、片岩、磷灰岩	黏土质沉积岩（夹碳酸盐岩石）。基性凝灰岩、凝灰质沉积岩 海侵沉积碳酸盐岩石及含磷岩石

续表

含矿变质建造	变质岩石组合	原 岩 成 分
含硼钠长变粒岩建造	电气石变粒岩、钠长变粒岩、斜长角闪岩、大理岩及硅酸盐岩石互层	富钠质角斑岩、细碧玢岩；粗面岩、安山岩等似细碧角斑岩系
富铝含矿变质建造	富铝片麻岩、紫苏辉石麻粒岩、长英质麻粒岩等互层	高岭石黏土、砂质黏土、铝土矿等

（六）地貌和风化条件

地貌、风化条件对于砂矿床和风化矿床的形成与分布有直接的控制作用。

砂矿床及其围岩，都是第四纪沉积物的一部分，它们构成的沉积地貌及其成矿过程，与区域地貌条件和风化作用密切相关。因此，在砂矿床寻找、评价中分析研究地貌形态和第四纪沉积物特征极为重要。例如，湖南某地金刚石砂矿床，主要是阶地砂矿、冲沟—细谷砂矿。阶地砂矿存在于砂砾层中。冲沟—细谷砂矿变化大，若阶地上冲沟未切割到砂砾层，则冲沟、细谷中的金刚石砂矿少，相反则冲沟、细谷中金刚石砂矿就很富集。此规律说明研究地貌单元和第四纪沉积物不仅能查明砂矿分布规律和贫富情况，而且可进一步推测砂矿床来源及破坏情况，提供寻找原生矿床的线索。

风化矿床的形成与分布同样与风化作用和地貌条件有关。原岩（矿）在潮湿气候下，风化作用以化学风化为主；在干旱气候下，则以物理风化为主。对于风化矿床来说，强烈的化学风化作用是有用组分富集成矿的必要条件。但是在强烈侵蚀的地区，地表水径流流失量大，地下水排泄也快，不利于形成风化矿床，即使成矿也极易侵蚀。如果地形平坦，存在着盆地式地带、阶梯式平台，地表水不易流失，地下水也较丰富，这就加速化学风化作用的进行，利于风化矿床的形成。此外这样地区浮土较厚，局部长有植被，风化壳剖面保存完整，其含矿远景也就越大。如我国东南各省花岗岩风化壳高岭土矿。所以对气候、地貌、风化条件研究分析对寻找风化矿床是极其重要的。

（七）区域地球化学条件

区域地球化学特征，主要指区域中化学元素的分布和分配情况，以及迁移、富集的活动史。它是控制内外生成矿的重要因素，在矿产勘查中越来越被人们所重视。分析区域地球化学条件，一般应注意以下几个方面：

1. 元素的丰度 元素在地壳上分布是不均匀的，首先反映元素区域含量与地壳克拉克值对比上，表现出某一元素或某些元素在某地区或某个地质体中相对富集，构成“地球化学区（省）”，即区域地球化学异常。根据元素丰度资料，联系区域地质构造特征和成矿作用分析，所进行的地球化学分区，对区域成矿分析和类比具有重要意义。一般在成矿区中，主要成矿元素在有关岩石中的丰度都比较高。如我国华南钨、锡、稀有

金属成矿区，各时代花岗岩侵入体中 W、Sn、Be、Nb、Ta 等元素的平均含量，普遍高于地壳酸性岩中该元素的平均含量。

2. 元素分布的区域性 元素分布的区域性，构成“矿化集中区”或“矿带”，这些均与区域地质构造特点、地质发展历史密切相关。如我国华南南岭地区大片花岗岩分布，集中不少 W、Sn、Be、Ni、Nb、Ta 等矿床；而在湘中南一带酸性侵入体侵入于碳酸盐岩中，形成 W、Sn、Pb、Zn 等元素富集；到湘西、黔东一带大片碳酸盐岩分布，则是 Hg、Sb 的富集区。根据地球化学研究资料表明，某些区域岩石中含有一定数量的金属元素，在地质作用下，分散在岩石中的金属元素可以反复迁移富集成矿。如山西式铁矿分布区内的一些矽卡岩型铁矿床，其中铁质主要来源之一，即为山西式铁矿层中的铁。

3. 元素的共生组合 由于某些元素地球化学性质近似，所以在地质作用过程中使某些元素常组成同一矿物，如 Nb 与 Ta 形成铌钽铁矿；或者形成共生矿物，如方铅矿、闪锌矿共生，黑钨矿、锡石共生。这些共生组合关系，在矿产勘查中对于确定矿化标志、选择化探指示元素，矿床综合评价等方面都有重要意义。

综上所述，矿床的形成分布均与各种找矿地质条件有关。一般来说对寻找内生矿床侧重于岩浆岩、地质构造、岩性条件；寻找外生矿床侧重于地层、岩相、古地理条件；而寻找变质矿床侧重于变质条件。但是自然界中成矿的因素是复杂的，这就要求我们在矿产勘查时，对各种找矿地质条件进行综合研究、全面分析，以取得最佳的工作效果。

二、矿产勘查标志

（一）找矿标志的概念及意义

任何矿床的存在，总要以不同的特征显示到地表上来。所以在找矿中，凡是能够直接或间接指示矿产存在或可能存在的现象和线索，称为找矿标志。

研究找矿标志，在矿产预测和找寻中都有其重要意义。找矿标志比矿体分布范围广，易于被人们发现，通过对它的研究，就能使我们有效而迅速地找到矿床，评价区域含矿性，同时为合理选择和运用找矿方法提供地质依据。实践证明，一个矿床的发现往往是从找矿标志认识开始的，如我国赣南含钨石英脉矿床中云英岩化的围岩蚀变，就是寻找该类钨矿的重要找矿标志。随着找矿深度和难度加大，除加强进行地球物化探方法研究外，最根本的还是对各类常见找矿标志的深入研究。其他找矿信息研究能否有成效的关键，仍在于和地质信息的有机结合及查明各种信息与矿床的内在联系。为此在预测、找矿时，应重视找矿标志的识别和研究。

（二）找矿标志的种类

找矿标志的种类很多，常见的找矿标志有：

1. 矿体露头

矿体露头俗称矿苗，它是矿体出露于地表的部分。按其氧化程度不同，可分为原生矿体露头和氧化矿体露头。对找矿来说，发现矿体露头并不等于发现具有工业价值的矿床，还必须做一系列的工作来确定新发现矿体露头的实际意义。

(1) 原生矿体露头 原生矿体露头是指出露在地表，但未经或微弱的风化作用的矿体露头。其矿石的物质成分和结构构造基本保持原来状态。一般来说，物理化学性质稳定，矿石和脉石较坚硬的矿体在地表易保存其原生露头。如含钨石英脉、含金石英脉、铝土矿等。

(2) 氧化矿体露头 氧化矿体露头是指出露于地表，经风化作用，使矿体的矿物成分，结构构造发生不同程度破坏和变化的矿体露头。此类露头多为物理化学性质不稳定的矿体。如各种金属硫化物的矿体，经风化形成色彩鲜艳的氧化露头。从地质找矿角度看，在矿体氧化露头中以铁帽和风化壳两类较为重要，它们不仅是某些矿床的找矿标志，有时其本身也具有工业价值。

① 铁帽

出露于地表的一些金属硫化物矿体，经风化作用后多数的金属硫化物变为易溶的硫酸盐、碳酸盐等被淋滤、流失，而变化后生成难溶的褐铁矿等却覆盖在矿体氧化带上部，构成多孔状的集合体，这就是铁帽。铁帽实际上是一种特殊类型的氧化矿体露头，是寻找金属硫化物矿床的重要标志。如含铁高及规模大的铁帽可作为铁矿开采利用，但更重要的是指示其深部有原生硫化物矿体。在找矿中，对铁帽的研究主要有以下几个方面：

a. 从铁帽的颜色（表 2-3-4）、结构构造（图 2-3-12）、矿物成分（表 2-3-5）和元素组合入手，来推测原生矿体的物质成分。

表 2-3-4 铁帽的颜色

铁帽的颜色	铁帽下的硫化矿物	铁帽的颜色	铁帽下的硫化矿物
砖红色	黄铁矿	赭橙色	方铅矿
深褐色及黄褐色	黄铜矿	淡褐色	闪锌矿
赭橙至栗色	斑铜矿	黄褐至栗色	辉钼矿
深栗色	辉铜矿		

表 2-3-5 几种硫化矿床氧化带中常见矿物

矿 种	原 生 矿 物	次 生 矿 物
铜	黄铜矿、黝铜矿、斑铜矿	孔雀石、黄铜矿、自然铜、赤铜矿
铅	方铅矿	白铅矿、铅矾、硫酸铅矿
锌	闪锌矿	菱锌矿、水锌矿
钼	辉钼矿	钼华、钼铅矿
硫	黄铁矿	褐铁矿

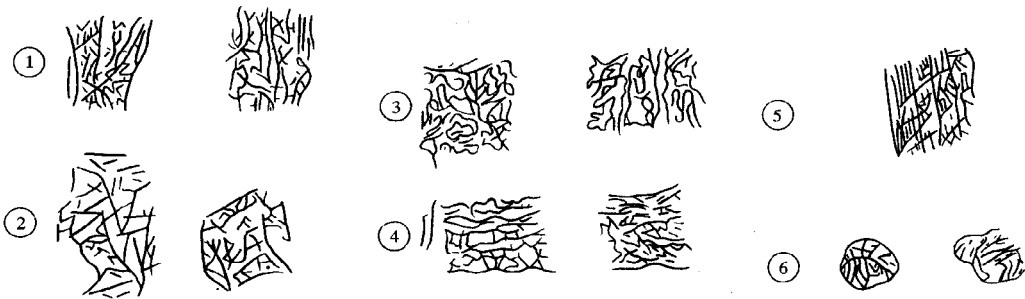


图 2-3-12 铁帽蜂窝状构造

1—黄铁矿铁帽的粗细胞状结构；2—斑铜矿铁帽的三角状屈曲结构；3—黝铜矿铁帽的高线状结构；4—方铅矿铁帽的不规则平行板状、菱状结构；5—闪锌矿铁帽的粗细胞状结构；6—辉钼矿铁帽的薄片状结构

南京地矿所李文达等人对长江中下游内生金属矿区研究的结果指出，铁帽的元素组合和含量特征可以作为找寻不同类型硫化矿床的标志。如铁帽中一般含铜在 0.2% 以上者，多为铜矿床；含铅锌大于 1% 者，一般为铅锌矿床。原生为铜矿石，铁帽中主要元素组合为 Cu、Bi、Mo、Ag、Au，次要 Pb、Zn、As；原生为铅锌矿石，铁帽中含 Pb、Zn、Mn、Ag、Ba、Sr 组合，As、Cu、Sb 次之；原生为黄铁矿矿石，铁帽中主要为 Co、As、V、Ti 组合，Cu、Pb、Zn 次之。

b. 从铁帽分布特征上来推测原生矿床的类型。如分布于岩体接触带矽卡岩中的铁帽，多为高中温热液铜钼、铜（锌）、黄铁矿和中温热液多金属等矿床的找矿标志；分布于岩枝接触带和岩体外围断裂中的铁帽，是寻找中温热液多金属和中低温热液铅锌矿床的标志；岩体外围硅化破碎带中脉状，团块状褐铁矿及褐铁矿化的蜂巢状、炉渣状次生石英岩，可作为金矿的找矿标志；岩体内部硅化破碎带中脉状，团块状褐铁矿，可作为找铜矿的标志。此外，对含铜铁帽研究，应特别注意其次生富集作用发生情况，寻找铜次生富集带。

c. 正确区分真、假铁帽。对铁帽的观察研究中，要注意区分真假铁帽（表 2-3-6），一些被迁移后形成的铁帽均无找矿意义。

表 2-3-6 真假铁帽的区别

铁帽特征	真 铁 帽	假 铁 帽
颜 色	基本为褐色，但随矿种而异	皆为褐色
结构构造	蜂窝状或海绵状	皮壳状、钟乳状等
矿物成分	矿物成分复杂	矿物成分单一（只是褐铁矿）
元素组合	元素组合复杂	元素组合单一
分布与产状	产出于成矿有利部位，不受地形影响	常产于地形低洼地段

②风化壳

由于风化作用使原来矿床或岩石中一些有用元素残留堆积成矿，如铁、铝、锰、镍、钴、高岭土以及某些稀土元素等。风化壳既是上述这些矿产的氧化露头，也是它们的直接找矿标志。目前已知较重要的有以下几类：

a. 与超基性、基性岩有关的风化壳 主要与镍矿、铝土矿有关。如云南等地风化残余硅酸镍矿床，闽南玄武岩形成的残余铝土矿床等。

b. 与酸性岩有关的风化壳 主要与高岭土矿床、稀土矿床有关，如江西的残余高岭土矿床和离子吸附型的重稀土矿床。

c. 与碳酸盐岩有关的风化壳 主要与铁矿、锰矿有关，如山西式铁矿，云贵一带菱铁矿床上部褐铁矿风化壳和广西、湖南，贵州的风化残余锰矿床等。

在找矿工作中，对风化壳进行研究和评价是：原生带及氧化带的物质成分，以及它们相互间的关系；通过剖面测量及工程的揭露，了解氧化矿物在剖面中的分布情况及风化壳的深度；找出有用矿物在各带富集的规律。

2. 围岩蚀变

在成矿作用过程中，围岩同样遭受到岩浆热液的作用而产生蚀变现象。由于蚀变岩石的分布范围比矿体大，而容易被发现，它间接指示着有矿的存在。对寻找气—热液矿床及其矿体具有重要意义。不同的围岩蚀变，其标志的矿化作用也各不相同（表 2-3-7）。所以在找矿中应详细研究围岩蚀变种类及与矿关系，初步推断矿体及矿化类型。此外，在分析围岩蚀变中应注意以下几个方面：

表 2-3-7 围岩蚀变与有关的主要矿产

含矿溶液 的温度	围岩蚀变 类型	围 岩 条 件					矿 种	
		沉积岩和变质岩		岩 浆 岩			金 属	非 金属
		碳酸盐质	硅铝质	超基性 基性	中性	酸性		
气 化 - 高 温 热 液	云英岩化		++			+++	钨、锡、钼、铋	金 云 母
	钠长石化					+++	锂、铍、铌、钽	
	矽卡岩化	+++			++	++	铁、铜、锌、铅、钼、锡、钨	
	方柱石化	++				++		
	电气石化					++	锡	

续表

含矿溶液 的温度	围岩蚀变 类型	围 岩 条 件					矿 种	
		沉积岩和变质岩		岩 浆 岩			金 属	非 金属
		碳酸盐质	硅铝质	超基性 基性	中性	酸性		
中低温热液	次生石英 岩 化				++	+++	铜、钼、金	明矾石、 叶蜡石
	黄铁绢英 岩 化					+++	金、铜、铅、锌	
	硅 化	++	++		++	++	金、铜、汞、锑	
	绢云母化		+++		++	+++	铜、钼、金、铅、锌、砷	石棉
	绿泥石化		++	++	+++	+	金、铜、铅、锌、锡、铬	
	蛇纹石化	++		+++			铬	
	碳酸盐化		++	+++	++	+	金、铜、铅、锌、铌钽、稀土	
	青盘岩化		+	++	+++		金、银、砷、锑	
	滑石菱镁 片岩化			++			镍、钴	
	重晶石化	++					铅、锌	重晶石 滑石

注：“+++”最主要；“++”主要；“+”次要。

1. 联系成矿作用分析，查明不同蚀变的成因及其与矿化关系。岩浆自变质、区域变质、动力变质、热液作用均可产生多种蚀变，但其找矿意义不同，有的蚀变具有找矿意义，有的则无或具次要的意义。因此研究蚀变成因，对找矿十分重要。

2. 查明蚀变的时空分布与矿化关系。有的蚀变具有分带性，不同矿化存在于某一特定的蚀变带内。

3. 研究蚀变的不同组合、蚀变围岩的成分变化和强度变化及其矿化关系。

4. 在深入系统研究的基础上，建立蚀变模式，指导预测找矿。

3. 近矿围岩的特殊颜色

由于热液蚀变或表生作用的结果，往往使矿体周围的岩石呈现出一些特殊颜色，如赭色、绿色、白色等，在找矿中也作为一种标志。例如江西找斑岩铜矿时，就利用“火烧皮”作为找矿标志（“火烧皮”为黄铁矿化岩石，风化后变成褐黑色，如同皮肤被火烧伤后一样）。特别是遥感技术在找矿中应用，这一标志显得尤为重要，它可直观而迅速地发现有价值的围岩颜色变化的地区，从而提供详细找矿的靶区。

4. 指示矿物

在矿床形成过程中，往往伴生有一些典型矿物，这些矿物也可以作为找寻某些矿产

的指示。如接触交代作用形成的矽卡岩矿床，其最常见的典型矿物有石榴子石，辉石、绿帘石、阳起石等；金刚石矿床中，以含铬镁铝石榴石和含铬尖晶石为主要标志矿物。

5. 物探与化探异常

矿体与围岩物理性质差异会产生各种地球物理异常（简称物探异常）。矿床形成或风化过程中，成矿元素及伴生元素迁移，改变矿体附近围岩、土壤、水系沉积物、水、大气和生物（指植物）中元素的正常分布，使其含量增高，这种元素增高现象，即为地球化学异常（简称化探异常）。与矿有关的物探异常和化探异常，也是重要的找矿标志，特别是在岩石出露不好的地区或寻找地下隐伏矿体，这一标志就显得更为重要。

6. 旧矿遗迹

我国自古以来采冶事业发达，老硐、废石堆、炼渣等旧矿遗迹遍及各地，它们既是矿产分布的可靠指示，也是很好的找矿标志。由于古代采矿技术落后，不能继续开采或是对矿产共生组合缺乏识别能力，用现代的技术及经济条件重新评价，有时会发现非常有工业价值的矿床。我国不少矿区是在此基础上发展起来的。如广东石碌铁矿、凡口铅锌矿、大宝山多金属矿等矿区。所以我们对旧矿遗迹要深入细致地调查，通过对成矿规律、找矿地质条件的研究而找到更为重要的矿体。

7. 特殊地形与地名

由于矿体与围岩的矿物组成和物理化学性质的差别，抗风化能力不同，往往构成一些特殊地形。抗风化能力强的矿体，如含钨石英脉、含金石英脉等常呈正地形；抵抗风化能力弱的矿体，如煤层，金伯利岩等常呈负地形。这在应用遥感找矿或地表追索矿体也是一种有效的找矿标志。

特殊地名标志是指某些地名是古代采矿者根据当地矿产性质、名称、颜色、用途以及矿产的形状等来命名的。对我们选择找矿地区（段）有参改意义。如安徽铜官山（铜矿）、江西德兴铜厂（铜矿）、金山（金矿）、银山（铅锌矿）、湖南锡矿山（锑矿）等等。

8. 指示植物

植物都能对它们所处的地质环境做出反映，表现在植物种类的分布或者植物的外形、大小、颜色以及生长速率等生态的变化。植物这些生长习性的改变、均可作为找矿的指示标志。如我国长江中下游各铜区，普遍见有铜的指示植物——海州香薷，俗称铜草（图2-3-13）。

上述各种找矿标志，往往不是孤立出现的，在找矿中应将发现的各种标志进行综合研究，并与地质特征联系起来分析，查明原因及其与成矿的关系，提高找矿工作效率。



图 2-3-13 海州香薷（铜草）

三、成矿预测

（一）成矿预测的概念与意义

成矿预测是在成矿地质理论指导下，总结成矿规律（或成矿模式）和找矿方式，对预测区的潜在矿产资源做出预测，圈定成矿远景区段，并提出进一步的找矿工作部署意见。

成矿预测的目的任务是：运用成矿理论总结区域成矿规律（或成矿模式）和找矿方式，圈定成矿远景区并做出评价，并编制相应的各种矿产预测图件。

根据预测的目的、任务和要求，整个成矿预测工作大体上可划分为大、中、小比例尺三类（表 2-3-8）。

成矿预测是矿产勘查的理论依据，又是重要的技术手段，随着找矿对象的改变，找矿难度的加大，成矿预测的作用日趋重要。目前国内外的矿产勘查工作证明，地质找矿工作已由直接阶段转变为以间接推断为主的理论找矿阶段。另一方面，各种矿产在地壳中的分布是极不均匀的。在许多的物化探异常、矿（化）点、矿化带或成矿带中，具有工业意义的矿化只是其中很少一部分，相当一些地段客观上就不存在矿床。因此，如何根据成矿规律和成矿信息，正确判断成矿远景区就成为找矿成败的关键。成矿预测的重要意义就在于它是实现科学性找矿的重要途径。其科学性表现为：成矿预测必须以深刻认识已知矿床为基础；必须以深入研究和总结区域成矿规律为前提；必须全面使用地质、地球物理、地球化学、遥感资料，使它们处于最佳的组合状态；找矿效果与经济效益是衡量成矿预测成败的关键。

表 2-3-8 成矿预测工作分类简表

预测工作分类			研究范围	预测目的	预测详细程度要求	
性质分类	尺度分类				定 性	定 量
资源总量预测	小比例尺	1:1000000 ~ 1:4000000	全国或数省范围，Ⅰ级成矿区带	全国或数省的资源比较评价，为地质找矿工作的总体规划提供依据	圈出成矿区（带）或不要求	资源潜力评价或资源总量预测
找矿靶区预测			1:500000 ~ 1:1000000	Ⅱ、Ⅲ级成矿区带	区域远景比较评价，为中比例尺地质测量及找矿工作提出靶区	圈出次级成矿区（带）
	中比例尺	1:100000 ~ 1:200000	Ⅲ、Ⅳ级成矿区带	区域远景比较评价，为大比例尺地质测量和找矿工作提出靶区	圈出矿带、矿区	预测 G 级资源量
	矿床立体预测	大比例尺	1:50000 或更大	V 级成矿区带	矿区成矿远景比较评价，为部署详细找矿工作提出靶区	圈出矿田及矿床预测区
1:10000 或更大			矿田或矿床范围	矿田或矿床深边部立体定量预测，为地质勘探及生产探矿提供验证部位	预测盲矿体或富矿部位，提供验证工程方案或设计	预测 F 级或 E 级资源量

（二）成矿预测的一般程序和方法

1. 成矿预测的一般程序

成矿预测工作程序，大致可归纳为：

（1）明确成矿预测要求

成矿预测工作开始，就应明确预测的目的和任务、预测的范围、预测的主要矿种、比例尺大小和原有的工作程度等。一般来说，中比例尺成矿预测是编制 1:200000 ~ 1:100000 比例尺的预测图，为普查找矿的地区选择、工作设计和远景规划提供依据。

（2）全面收集资料

全面收集研究地区的各种地质报告和图件、物化探、重砂测量等工作成果以及有关专著。并尽可能将成矿预测所必需的地层、构造、岩浆岩、矿床等各项地质资料，加以系统整理，使之条理化和图表化（如编制研究程度图、构造图、岩相图、古地理图、矿产图等等），为进一步研究成矿规律和预测奠定基础。

（3）研究成矿规律，建立成矿模式，编制成矿规律图和成矿预测图

在进行上述工作后,即可综合分析地质资料,全面地研究区域成矿规律,建立成矿模式(系指对一组相似矿床基本特征系统整理),编制相应的成矿规律图。然后根据已掌握的规律或模式,确定预测的准则,以成矿规律图为底图,突出各种控矿因素和矿化信息,编制成矿预测图,圈定矿产预测区,并划分远景级别,以反映预测的可靠程度。

2. 成矿预测的方法

矿产预测的方法很多,但概括起来大致可分为以下四类。

(1) 经验模式预测

经验模式预测方法是建立在类比理论上,一般通过模式类比来实现。该方法以矿床描述(存在)模式为基础,通过地质工作者的实践经验实施。

类比理论是成矿预测的基本理论,类比方法是成矿预测首要的或主要的方法,其他成矿预测方法都建立在类比方法基础之上。

相似地质环境下应有相似的矿床产出,相同的地质范围应有相近或等同的资源量。据此,应用成矿模式指导成矿预测成为首要方法,也是地质类比的基本依据。

(2) 理论模型预测

理论模型预测方法是以矿床成因(概念)模式为基础,应用现代地质理论进行预测。目前,由于地质理论尚处于发展阶段,因此在预测的实践中还存在一定的困难,该方法还处在探索之中。一旦地质理论出现较大突破,理论预测必将随之出现较大突破性进展。

(3) 统计分析预测

统计分析预测方法是以采用数理统计方法建立的基本统计模型为基础,然后进行外推预测。通常是在已勘探地区,以已知矿床为标准统计样品,建立统计模型。外推预测是在未知区进行的。未知区一般只具有普查工作程度。

(4) 综合方法预测

综合方法预测又称综合信息成矿预测法(王世称,1986),是根据预测普查模式的理论和找矿的技术方法所获得的成矿信息,建立综合信息找矿模型,进行成矿预测的方法。

综合信息预测法是以找矿模型为基础,运用矿床的地质、地球物理、地球化学、遥感地质等综合信息开展预测工作。它着眼于矿床成矿条件的分析、实际找矿标志的研究和成矿规律的总结,确定典型地质体、矿床或矿体与各种信息的相关联系,建立找矿模型,以指导相似和邻近地区的预测评价。综合信息成矿预测图也是以成矿规律图为底图,并圈定不同级别的找矿靶区,进行成矿预测。

(三) 成矿规律图与成矿预测图的编制

1. 成矿规律图的编制

成矿预测的中心环节,是成矿规律研究,只有规律抓住了,下一步预测远景评价才

能迎刃而解。因此加强成矿分析,编好成矿规律图意义重大。

(1) 底图选择 因矿床成因不同而有所差别。内生矿床的成矿控制因素主要为岩浆活动、构造及围岩岩性等,因而一般以构造图(构造岩性图)作为成矿规律的底图。外生矿床通常用岩相—古地理图为底图,变质矿床则可用构造岩性图为底图。

(2) 图面内容 包括控制成矿的各种主要地质因素、矿床、矿点及有关蚀变等矿化现象,以及重要的物化探异常和重砂异常分布等。

(3) 区域成矿规律与矿化信息的综合分析 在综合有关基础图件、辅助图件的资料(如地质图、构造图、岩相—古地理图、矿产图等)和编图基础上,深入分析本区整个地质历史过程中沉积作用、岩浆活动及构造变动等与成矿的关系;了解整个地区地质发展各个阶段中的成矿作用特征;了解不同地段主要成矿控制因素;并选择产出条件比较典型的矿床(矿点)进行重点分析,总结其成矿控制因素及找矿标志,以了解与掌握各个成矿单元中各种矿产的形成规律及成矿特点。

(4) 划分区域成矿单元(或称成矿区划) 成矿单元是指在矿床类型及成因上具有一定的内在联系及共同特征的区域。它是根据成矿规律分析结果划定的。划分成矿单元的依据是:各区的地质特征及地质发展史;各区成矿作用特征;与上述条件相应的各区地球化学场及地球物理场的特征。成矿单元有大有小,具体命名可参考以下名称(线型分布的称“带”,面型分布的称“区”):

- ① 构造成矿带(区) 大致与一级构造单元的规模相适应;
- ② 成矿带(区) 大致与二级构造单元的规模相适应;
- ③ 成矿亚带(亚区) 大致与三级构造单元的规模相适应;
- ④ 矿带(区) 大致与四级构造单元的规模相适应;
- ⑤ 矿田 低于四级构造单元的。

成矿规律图应根据区域矿化作用特征,按不同矿种分别编制或综合编制。与成矿规律图像对照,应编写文字说明书,简要叙述区域成矿规律、各成矿单元的成矿特征及单元划分的依据、典型矿床的例证等。

2. 成矿预测图的编制

在成矿规律图的基础上,可进行矿产预测,指出成矿远景区。显然,所研究的区域并不是全部都有远景,必须根据控矿因素、矿化信息和成矿规律深入分析,确定其中最具有远景的某些成矿单元或其中局部地段,并将这些地段按其远景大小圈定不同级别的预测区。

① 底图的选择 通常以成矿规律图为底图,或以画有坐标网和水系的透明纸蒙在成矿规律图上进行分析。

② 图面内容 一般包括含矿岩系或有利成矿岩层;成因上或空间上与矿产有关的侵入体;控制成矿的构造(如断层、不整合、接触带等等);已知矿床(矿点)成矿特征

及矿化信息；成矿单元及预测区。

③预测区圈定的依据 一般根据矿床（矿点）的分布情况；与矿化有关的侵入岩；构造层的含矿性；控矿构造分析；重砂、物探、化探资料；有利于矿化的地层（岩性）分布情况；围岩蚀变资料；矿床共生和矿化带特征。综合分析来圈定成矿预测区。

④预测区的远景级别划分 各种矿产的预测区都要根据地质条件有利程度，已知含矿情况（矿床及矿点的工业意义、工业类型等）和矿化信息的可靠性等来划分远景的级别。预测区按其成矿有利程度，一般划分为三级。

一级预测区：有重要工业类型的矿床（矿点），有优越成矿地质条件，矿化标志明显，为已有少量深部工程验证的地段。可布置大比例尺的综合找矿工作。

二级预测区：有较好的成矿地质条件，矿化标志明显，尚未发现工业矿床或只有少数矿点等。该级地段应加强物化探和综合研究工作，力求新的突破。

三级预测区：具有一定的成矿地质条件，尚未发现直接矿化标志。可适当安排物化探扫面和专门性普查找矿。

在图件完成之后，须编写文字说明书。主要论述各预测区的圈定依据、远景评价和进一步工作的建议。

第二节 找矿方法

一、找矿方法概述

找矿方法是为了寻找矿产所采用的工作方法和技术措施的总称。实质上各种找矿方法是对找矿地质条件和各种找矿标志进行调查研究，以便达到找矿目的。由于调查研究找矿地质条件和找矿标志所采用的工作方法和技术措施不同，便产生了不同的找矿方法。

目前我国矿产勘查中经常采用的找矿方法，主要有如下几种：

（一）地质测量法

在实地观察和分析研究的基础上，或在航空像片地质解释并结合地面调查的基础上，按一定的比例尺，将各种地质体及有关地质现象填绘于地理底图之上而构成地质图的工作过程。这一过程称地质测量，它是地质调查的一项基本工作，也是研究工作地区的地质和矿产情况的一种重要方法。因为通过地质测量能查明工作地区的地质构造特征和矿产形成、赋存的地质条件，为进一步的找矿或勘探工作提供资料。因此，矿产地质

工作的各个阶段都需要按工作的目的和任务，分别测制不同比例尺的各种地质图。如为普查找矿而进行的地质测量，其比例尺为 1:50000 至 1:10000；勘探矿区所进行的地质测量，比例尺一般为 1:10000 至 1:1000。

（二）重砂测量法

它是沿水系、山坡或海滨等，从松散沉积物（包括冲积、洪积、坡积、残积、滨海沉积等）中系统地采集样品，通过对重砂矿物的鉴定分析和综合整理，结合工作区的地质、地貌和其他找矿标志，发现并圈定有用矿物（或与矿产密切相关的指示矿物）的重砂异常，再依次追索原生矿床或砂矿床的方法。

（三）地球化学探矿法

地球化学探矿法，简称化探。它是以地球化学理论为基础，以现代分析技术和电算技术为主要手段，从各种天然物质。（如岩石、土壤、水系、沉积物、植物、水和空气等）中系统采集样品，分析测试样品中某些地球化学特征数值（如指示元素的含量，元素比值等），对获得的数据进行分析处理，以便发现地球化学异常，并通过对地球化学异常的解釋评价而进行的找矿方法。常用的化探方法主要有：岩石地球化学测量、土壤地球化学测量、水系沉积物地球化学测量、植物地球化学测量、气体及水化学测量等。

（四）地球物理探矿法

地球物理探矿法简称物探。它是以各种岩石和矿石的密度、磁性、电性、弹性和放射性等物理性质的差异为研究对象，用不同的物理方法和物探仪器，探测天然的或人工的地球物理场的变化，发现物探异常，通过解釋评价物探异常而进行找矿的方法。常用的物探方法有：磁法勘探、电法勘探、重力勘探、地震勘探和放射性物探等。

（五）遥感地质测量法

遥感地质测量是综合应用现代的遥感技术来研究地质规律，进行地质调查和资源勘察的一种方法。它是从宏观角度，着眼于由空中取得的地质信息，即以各种地质体和某些地质现象对电磁波辐射的反应作为基本依据，综合其他各种地质资料，以分析判断一定地区内的地质构造和矿产情况。它具有调查面积大、速度快、成本低、不受地面条件限制等优点。目前主要用于地质测量，发现和研究与矿产有关的地质构造现象等方面。

（六）工程揭露法

工程揭露法，又称探矿工程法。它是利用各种探矿工程揭露被松散沉积物掩盖的或地下深处的各种地质体（特别是矿体）和地质现象，以便查明地质矿产情况的一种找矿方法。

二、重砂测量法

重砂测量是一种经济、简便、有效的找矿方法。利用重砂测量进行找矿时，主要是通过对水系沉积物中重矿物的鉴定分析，根据矿床或含矿岩石中某些有用矿物及伴生矿物在松散沉积物中所形成的机械分散晕（流），来追索、寻找矿床的。

（一）重砂测量法的基本原理

1. 重砂矿物分散晕（流）的形成

地壳表面，由于长期遭受风化、剥蚀、搬运和沉积等外力地质作用，暴露在地表的原生矿体和矿化围岩在外动力地质作用下，不断地受到破坏。在这个过程中某些化学性质不稳定的矿物由于风化而分解，而某些化学性质较稳定的矿物，则成单矿物颗粒或矿物碎屑保留在机械分散晕中成为砂矿物。当砂矿物相对密度大于3时，称为重砂矿物。这些重砂矿物除一小部分能保留在原地外，大部分在重力和地表流水作用下，被搬运迁移而离开母体，沿着山坡迁移到坡积层中，再由坡积层经搬运进入水系沉积物中。

重砂矿物在水流中呈滚动、跳动和机械悬浮运动，是在重力和流水的搬运能力处于动力平衡状态下进行的。在一般情况下当水流速度减慢、重力超过流水的搬运能力时，则重砂矿物逐渐沉积，并在有利的条件下富集。在这种风化、搬运、沉积和富集的地质作用过程中，在残坡积层中形成了重砂矿物的分散晕；而在水系沉积物（冲积层）中成为重砂矿物的分散流。

2. 重矿物分散晕（流）的分布规律

（1）重砂矿物分散晕（流）的形态与矿源母体的形态、产状及其所处的地形位置有直接关系，等轴状矿体所形成的分散晕呈扇形；脉状及层状矿体顺地形等高线斜坡分布，形成梯形的重砂分散晕；如与地形等高线垂直，则形成狭窄的扇形重砂分散晕。

（2）重砂矿物分散晕（流）中重砂矿物含量，与其迁移距离有直接关系，距矿源母体较近，重砂矿物含量高，距矿源母体较远，则重砂矿物含量低。

（3）重砂矿物分散晕（流）中重砂矿物的粒度及磨圆度，与其原始的物理性质及迁移距离有关。矿物稳定性越强，迁移距离越小，则矿物颗粒较大，磨圆度差，呈棱角状。反之，粒度小，呈浑圆状（表2-3-9）。

（二）重砂测量法的野外工作方法

重砂测量的野外工作主要包括重砂（样品采集）和重砂样品的淘洗与编录二个方面。

1. 重砂样品的采集

重砂取样是重砂测量的重要一环，取样质量的好坏直接影响到重砂测量的效果。根

据重砂取样的种类、目的、任务及地形地貌特征，重砂取样总体布置分为 3 种。

表 2-3-9 机械分散流分布规律

矿物名称	矿床类型	辰砂、白钨矿沿水系变化											搬运距离	
		矿床附近			1 ~ 2km			2 ~ 4km			4 ~ 7km			
		颗粒数	粒度 (mm)	形态	颗粒数	粒度 (mm)	形态	颗粒数	粒度 (mm)	形态	颗粒数	粒度 (mm)		形态
辰砂	裂隙充填型	200 ~ 1000 g/m ³	< 0.1 ~ 2	棱角状	10 ~ 100 g/m ³	< 0.1 ~ 0.5	次棱角状	8 ~ 40 粒/m ³	< 0.1 ~ 0.25	次浑圆状	1 ~ 5 粒/m ³	< 0.1 ~ 0.15	浑圆	7km左右
白钨矿	砂卡岩型	> 1000 g/m ³	2 ~ 4	四方双锥	100 ~ 500 g/m ³	0.5 ~ 1	棱角状	> 1000 粒/m ³	0.1 ~ 0.5	次浑圆状	80 ~ 150 粒/m ³	< 0.1 ~ 0.3	浑圆	7km以上

(1) 水系法

水系法是目前应用较广的一种重砂取样布置方法。通常对调查区二级以上水系进行取样。样点的布置可依照下述原则：

- ①大河稀，小河密，同一条水流则上游密下游稀，越近源头，取样密度越大；
- ②河床坡度大，跌水崖发育，流速大流量小的溪流应密，反之应较稀；
- ③主干溪流的两侧支沟发育且对称性好，则样点可放稀，反之应加密；
- ④垂直岩层主要走向的溪流应密，而平行岩层主要走向的溪流可放稀；
- ⑤对矿化、围岩蚀变发育地段，岩体接触带，岩性发生重大变化处的溪流冲积层应加密取样。

水系法取样间距可根据不同河流的级别加以确定（表 2-3-10）。

表 2-3-10 不同长度的河流中重砂取样间距

河流长度（km）	沟谷性质	取样间距（m）	河流长度（km）	沟谷性质	取样间距（m）
< 3	冲沟、切沟 ^①	200 ~ 300	10 ~ 20	小河	400 ~ 500
3 ~ 10	小溪	300 ~ 400	> 20	大河	500 ~ 700

①切沟系冲沟发育的初期阶段，长度小，宽度等于或小于其深度。

(2) 水域法

水域法是按着汇水盆地中各级水流的发育情况进行布样。取样前应对汇水盆地的水域进行划分，然后将取样点布置在各级水域中主流与支流汇合处的上游，以控制次级水域中有用矿物含量和矿物组合特征（图 2-3-14）。

取样时应逆流而上，对各级水域逐一控制，对没有出现有用矿物的水域逐个剔除，

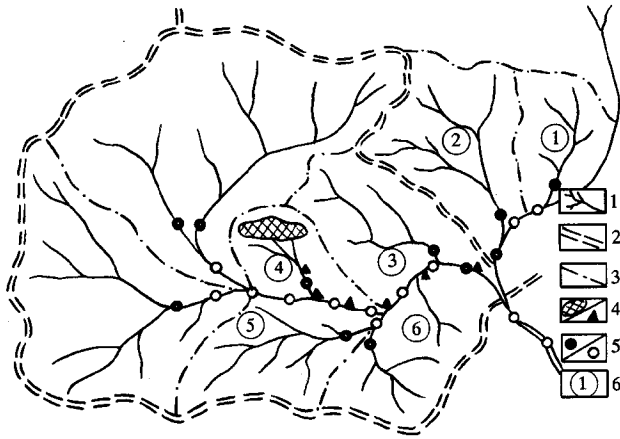


图 2-3-14 水域划分及采样点分布示意图

1—河流；2—三级水域界线；3—四级水域界线；4—矿体/矿物碎屑；

5—最小水域法采样点水系法等距离采样点；6—水域编号

（注：原图以最小的汇水盆地中的水系划为一级水系，但以

主干河流划为一级水系，更符合实际和便于划分）

对出现有用矿物的水域逐级追索，直至最小水域，达到追索寻找矿源母体的目的。水域法取样每个样品的控制面积视地质构造复杂程度和地貌条件而异，地质构造复杂，成矿有利地段，四级支流和微冲沟的每个样品控制在 $1.5 \sim 2\text{km}^2$ 为宜，地质条件中常地区，三级支流中每个样品控制面积可为 $3 \sim 4\text{km}^2$ ，地质条件简单地区每个样品控制面积可为 $5 \sim 8\text{km}^2$ 。

（3）测网法

测网法是以重砂取样线距和点距组成纵横交叉的网格，样点布在“网格”的结点上。测网法取样目的是为了圈定有用矿物的重砂分散晕，进而寻找原生矿床，或者为了对砂矿进行勘查，从而进行远景评价。取样时线距应小于晕长的一半，点距应小于晕宽的一半。

由于重砂样品采取的对象不同，可有下列方法：

①浅坑法 它是以冲积物、坡积物和残积物为采取对象。以寻找原生矿床为主要目的。目前多采用在一个取样点运用“一点多坑法”的方式进行采样，以增强样品的代表性。取样深度视取样对象而定，一般对冲积层取样深度以 $20 \sim 50\text{cm}$ 为宜；坡积层取样深度可在腐殖层以下 $20 \sim 50\text{cm}$ ；残坡积层取样深度决定于残积层厚度，样深均应达到基岩顶部。取样原始重量要求为 $20 \sim 30\text{kg}$ ，以保证获得 20g 灰砂为准。

②刻槽法 主要用于阶地重砂取样，在阶地剖面上进行，首先要除去表面的松散物质，然后从顶部到基岩垂直其厚度，以 50cm 长的样槽按层分段连续取样，样槽规格以保证取得一定数量的原始样品重量为准。

③浅井法 当冲积层、坡积层、残积层及阶地等松散沉积物厚度较大时采取的取样方法,目的是勘查现代砂矿或古砂矿。在浅井施工过程中,用刻槽、剥层或全巷法采集样品。其中剥层法应用较多,它是沿砂矿可采部位将整个剖面取样,开采时沿掌子面取样。剥层规格为:深度5、10、15、20cm不等,宽度一般为0.5~1m。

④砂钻法 在松散沉积物很厚时采用,主要用于砂矿勘探。将钻孔中所取得的砂柱作为样品,样品长度0.2~1m不等,应视具体矿产种类而定。如砂金矿以0.2~0.5m为好,砂锡矿以0.5~1m为好。砂钻法取样主要运用大口径冲击钻。

2. 重砂样品的淘洗与编录

(1)重砂样品的淘洗是重砂测量工作方法中的一道重要工序。淘洗质量的好坏,直接关系到重砂法找矿的效果。原始重砂样品一般在野外就地淘洗。淘洗工具主要有圆形淘砂盘和船形淘砂盘两种(图2-3-15)。

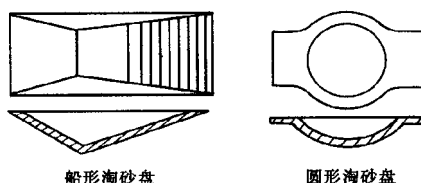
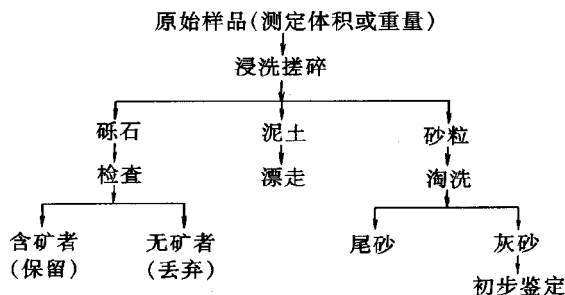


图2-3-15 淘砂盘示意图

原始重砂样品一般淘洗至灰色为止,重量应在10~15g左右,以满足对样品分析的要求。若淘至黑砂,会使浅色的相对密度大的一些重要矿物如黄玉、锆石、磷灰石等,因淘洗过分而流失。总之,重砂样品的淘洗以不漏掉有用矿物为基本原则。为保证与提高回收率,可先在野外粗淘,回室内再精淘。原始样品的淘洗一般按下列流程进行。



原始重砂样品淘洗时应注意的几点要求:

①对于含泥质较多的样品,在淘洗时,应先将泥洗净,以免重砂随泥浆漂走。

②风化壳砂矿及某些残坡积砂矿中,有用矿物常与其他矿物胶结在一起,为了避免有用矿物在淘洗时被其他矿物带走,应先把样品中各种胶结的碎块搓碎,使重砂矿物和其他矿物分离开来。

③硬度小的矿物,粒细容易流失,呈片状的以及解理发育的矿物,容易漂走,淘洗

时动作要轻要慢。

(2) 重砂样品的野外编录与初步鉴定

重砂取样的野外编录是重砂测量工作方法中必不可少的一项重要内容。在野外不但要重视重砂取样的实际操作，同时也要注意取样路线和取样点附近的地质观察，做简单的记录和描述，并将取样点标绘在地形图上，注明点号。记录描述的内容见表 2-3-11。

表 2-3-11 重砂取样野外记录表

取样日期	取样点编号	取样地址	取样沉积物的类型	被淘洗的沉积物	取样点附近的地质情况	取样方法及其深度	原始样品重量	重砂重量(灰砂)	有用矿物及其含量(g/m^3)	其他矿物	取样层内的转石成分	附注
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5月13日	102	三道岔	砂咀冲积物	砂砾石	斜长角闪岩大面积分布	浅坑深 0.4m	25kg	15g	自然金 0.23g/t	黄铁矿、石英、角闪石、绿泥石、绢云母	斜长角闪岩、角闪岩、角闪斜长片麻岩，混合质角岩和石英等	重砂矿物具棱角状

在重砂测量工作中，应当对重砂矿物进行野外鉴定。初步鉴定时应注意发现指示性的有用重砂矿物，并掌握其粒度、晶形、磨圆度的变化和重砂矿物组合的大致情况。

(三) 重砂样品鉴定与重砂资料整理

1. 重砂样品鉴定

野外淘洗的重砂样，一般都含几种或几十种不同矿物，但有用矿物只占很小部分。因此，在镜下鉴定之前，样品必须按一定的流程进行分离，以利于有用重矿物的分析与鉴定。常用的分离方法有：精淘、重液分离、重熔分离、浮选法等。

重砂矿物的室内鉴定，其目的一般是为了确定重砂矿物的名称和含量、矿物的共生组合与标型特征，通常采用的鉴定方法有：

(1) 双筒显微镜鉴定 将砂矿物放在双目镜下直接观测矿物外部特征与某些物理性质，是常用的最基本的鉴定方法。鉴定内容包括：矿物晶体形态、砂矿物的表面特征、砂矿物的颜色、条痕、光泽、透明度、硬度、磨圆度、解理与断口、延展性，包体与连

生体等。

(2) 油浸法 主要用浸油来测定透明及半透明砂矿物的光性和折光率。

(3) 微化分析 应用化学分析的某些原理和方法，用 1~2 粒砂矿物和少量试剂，迅速确定矿物中某些特征元素是否存在。

(4) 反光镜鉴定 将砂矿物磨成砂光片，测不透明矿物的反光性、反射率等。

(5) 发光分析 利用某些砂矿物在外能作用下产生一定强度和颜色的光（磷光和荧光）的发光性，来鉴别某些矿物。

2. 重砂资料整理

所谓重砂资料整理就是根据重砂样品的详细鉴定成果，按矿种或矿物组合以不同方式编制成图，结合地质地貌特征圈定重砂异常区，编绘重砂成果图。重砂成果图的底图应采用同比例尺或较大比例尺的地形地质图或矿产地质图。

重砂成果图表示方法有圈式法、符号法、带式法及等值线法 4 种。

(1) 圈式法 为常用的一种图示方法，可同时表示多种矿物含量，并可指出重砂矿物的搬运方向及其共生组合的变化情况。圈式法是以取样点为圆心，以 5mm（1:50000 重砂图）或 3mm（1:200000 重砂图）为直径画圆圈，再将以直径分成若干“弧底等腰三角形”，每个三角形用不同彩色或花纹符号表示不同矿物，并以涂色或花纹符号所占面积来表示各矿物的含量。究竟分成几等份，要视矿种多少而定。有 4 等份的，即 4 个象限；也可分 8 等份或 12 等份。如果取样点太密集致使圆圈重叠，可将圆圈画在取样点的上、下两侧的任一侧（图 2-3-16）。

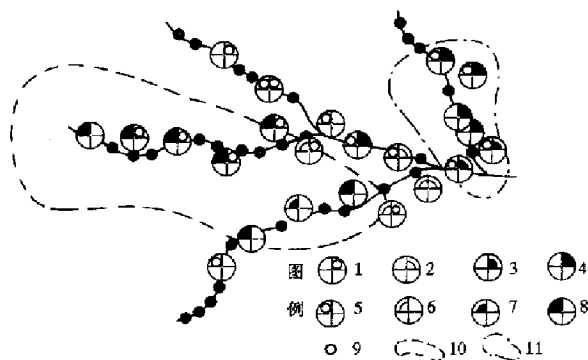


图 2-3-16 圈式重砂图

1—锡石含量数粒；2—锡石含量数十粒；3—锡石含量 $1 \sim 10\text{g}/\text{m}^3$ ；

4—锡石含量 $> 10\text{g}/\text{m}^3$ ；5—钛铁矿含量 $100\text{g}/\text{m}^3$ ；6—钛铁矿含量

$100 \sim 500\text{g}/\text{m}^3$ ；7—钛铁矿含量 $> 1000\text{g}/\text{m}^3$ ；8—钛铁矿含量

$> 1000\text{g}/\text{m}^3$ ；9—采样位置；10—钛铁矿异常区；11—锡石异常区

(2) 符号法 将有用矿物的主要元素符号标注在取样点旁侧（图 2-3-17）即可。

此法简单方便，制图快。但不能表示有用矿物含量，同时当矿种较多时，符号排列拥挤，图面不清晰。这种表示方法只适用于以单一或少量矿种为寻找对象的野外定性分析之草图。

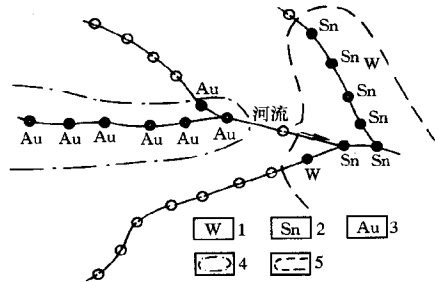


图 2-3-17 符号式重砂图

1—黑钨矿；2—锡石；3—自然金；4—自然金异常区；5—锡石异常区

(3) 带式法 将同一种矿物的相邻取样点连接成条带，并以条带的颜色或花纹、宽窄、长轴方向分别表示矿物种类、含量和搬运方向(图 2-3-18)。此法能明确表示出有用矿物的富集地段，并直观地指示找矿方向。如果矿物种类较多，图面就不清晰。此图适用于砂矿普查与详细重砂测量。

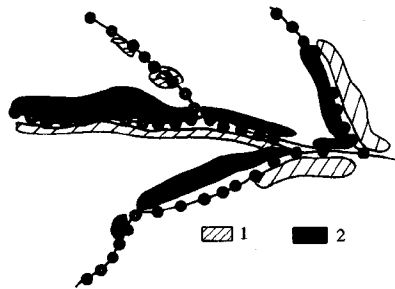


图 2-3-18 带式重砂图

1—锡石；2—钛铁矿

(4) 等值线法 以有用矿物含量做分散晕等值线，即将相同含量的相邻点连接成曲线即可(图 2-3-19)。此法用于 1:10000、1:2000 的大比例尺残坡积重砂找矿或砂矿勘探(用测网法部署取样点)一般按单矿物编制，效率较低。但随着数理统计和电算方法的应用，在中小比例尺(1:200000)的重砂测量中也可用此法表示重砂成果，以求得到更多醒目的信息和资料。

(四) 重砂异常的解釋评价与检查

1. 重砂异常的解釋评价

目前常从以下几方面评价异常区：有用矿物含量、矿物共生组合、矿物标型特征、

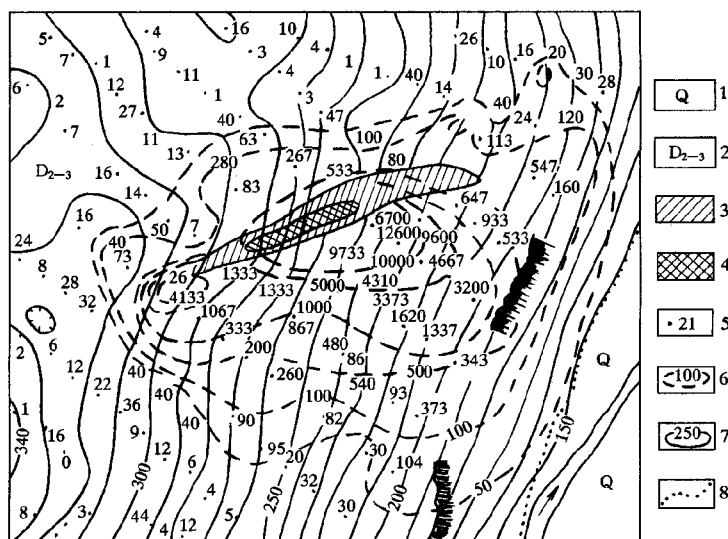


图 2-3-19 某矿区辰砂含量等值线图

1—第四系残、坡积层；2—中—上泥盆统；3—含矿带；4—矿体；

5—取样点位置及辰砂含量的颗粒数；6—辰砂等含量线；

7—等高线及高程；8—地质界线

重砂矿物搬运的可能距离、重砂矿物空间分布特征以及异常区地质地貌条件等。

(1) 有用矿物含量

它是评价异常区的基本依据。它表明重砂异常的强度。连续的高含量点的出现，表明异常不是偶然的，由矿化引起的可能性极大；而那些孤立高含量点则很可能是由偶然因素引起的。考虑高含量时必须研究一切可能影响含量的因素：矿源母体中的该矿物含量特征、取样处疏松沉积物类型、取样点所处的地质条件和地貌特征及矿床类型和产状等。只有这样，才能真正做到由表及里、去伪存真。

(2) 重砂矿物标型特征

矿物标型特征能反映矿物及其“母体”形成时的物理和化学条件，表现在形态、成分、物理性质、化学性质、晶体结构等方面的特点。重砂矿物的标型特征对评价异常区具有特殊意义。它可提取一些难得的成矿信息，特别对判断原生矿床的成因类型更能提供可靠依据。

(3) 重砂矿物共生组合

从找矿角度出发，利用重砂矿物共生组合可分辨真假异常及作为找矿标志。还可利用重砂矿物共生组合判断原生矿的成因类型。

(4) 重砂矿物搬运的距离

分析重砂矿物搬运的距离，对于确定原生矿床的位置及评价砂矿床具有重要意义。

影响重砂矿物搬运距离的因素,一方面是重砂矿物的稳定程度,另一方面是迁移环境,根据经验数据,锡石砂矿距原生矿床一般不超过 5~8km,自然金搬运距离可达数百千米,但具工业意义的砂金矿富集在距原生矿床不远的地方。在判断重砂矿物搬运距离时,必须注意其磨圆度及矿物的形态特征。

(5) 重砂矿物空间分布特征

重砂矿物的空间分布严格受区内各地质体控制,在进行异常区评价时,应将重砂矿物的分布与成矿的地质、地貌条件联系起来,以便追索寻找原生矿。

2. 重砂异常的检查

重砂异常检查的目的在于检查分析引起“异常”的原因,对“异常”的找矿意义做出评价。它是在异常区评价的基础上,采用必要的技术手段,进一步实地进行的地质调查工作。具体做法有以下几种:

对异常区加密重砂取样。取样密度视工作目的要求而定,可以是 $20\text{m} \times 50\text{m}$, $50\text{m} \times 100\text{m}$,也可以是 $100\text{m} \times 100\text{m}$ 。

为了查清有用矿物的矿源母体,对异常区的各种岩石和矿化蚀变等地质体,采取一定数量的人工重砂样品。

残坡积层的重砂取样,当发现有用矿物的高含量带且其粒度、形态及伴生矿物等方面都具有接近原生矿床的特征时,应在取样点附近施以剥土或布置槽、井探工程,进而查明异常的空间分布,圈定原生矿体的范围。

当经过调查研究而判断是由矿体或与矿体有关的地质体所引起的异常时,应对此有希望地段采用必要的钻探或坑探工程进行揭露、验证,查明有用矿物在垂直方向上的变化规律及与原生矿床的关系。

(五) 重砂测量报告的编写及应用

1. 重砂测量报告的编写

通常重砂测量报告的基本内容如下:

(1) 工作的目的与要求,完成任务情况。

(2) 工作区的地质概况:简述区内主要岩石类型,矿化蚀变特征、构造、接触带、地形和地貌、水系分布等。

(3) 工作概述:应包括工作方法(野外及室内),样品的分离流程,工作成果简述等。

(4) 有用重砂矿物组合及特征:

① 矿物组合及其特征变化。

② 有用矿物的种类,物理化学特征及含量变化。

(5) 对重砂矿物异常的解释与评价意见。

① 有用矿物异常的特征:

a. 异常下限值的确定。

b. 矿物含量统计及异常值的分级，说明异常值的分级及其与原生矿床（体）空间分布的关系。

c. 重砂矿物异常分散晕特征：如数量、矿种、搬运距离和空间分布规律等。

②对重砂矿物异常或分散晕特征的认识。

综合工作区内自然重砂和人工重砂资料，结合区域地球化学和地质特征，初步指出有用矿物的来源，原生矿床的可能类型，工程检查验证情况，明确寻找原生矿床和砂矿床的方向。

2. 重砂测量的应用

重测量最适用于寻找金属和稀有金属（包括分散元素及其有关的矿产）。如：金（自然金）、铂（自然铂）、锡（锡石）、钨（黑钨矿、白钨矿）、汞（辰砂）、钛（钛铁矿、金红石）、铬（铬铁矿）、钽（钽铁矿）、铌（铌铁矿）、铍（绿柱石）、锆（锆石）、铈（独居石）、钇（磷钇矿）等；也可用于寻找某些非金属矿产，如：金刚石、刚玉、黄玉、磷灰石等。有时在条件有利的情况下，还可为寻找铜、铅、锌等有色金属矿产提供线索。

重砂测量不仅可以追踪原生矿床，而且可以寻找砂矿床（包括风化壳型矿床）。根据重砂矿物的特征、矿物共生组合，可以预测矿床的类型和岩石的分布及追索圈定与成矿有关的侵入体等，直接或间接地指导找矿。

三、工程揭露法

工程揭露法即通过探矿工程揭露松散覆盖的和地下深处的地质体（包括矿体）进行地质观察研究，从而取得地质矿产资料的方法。

（一）探矿工程种类

1. 坑探工程

在岩石或矿石中挖掘坑道以便勘查揭露矿体或者进行其他地质勘查工作，这些坑探工程以其使用的条件和作用可以分为如下主要类型：

（1）探槽（TC）它是在地表挖掘的一种槽形坑道（图 2-3-20），其横断向为倒梯形，探槽深度一般不超过 3~5m，探槽断面规格见表 2-3-12，视浮土性质及探槽深度而定，以利于工作，保证施工安全。

表 2-3-12

探槽断面规格参考表

覆盖层性质	深度 (m)	底宽 (m)	口宽 (m)	边 坡
风化十分强烈	1~3	1	1.6~6.0	65°~73°
风化厉害，较松散	1~3	1	1.4~5.8	73°~78°
风化不强烈，浮土微密	1~5	1	1.3~7.0	73°~87°
风化较轻，紧密结实	1~5	1	1.2~5.0	78°~84°

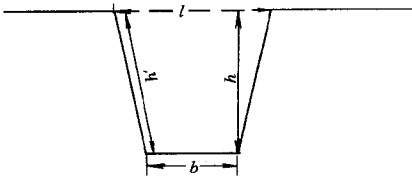


图 2-3-20 探槽断面图

h —探槽深度； h' —槽壁斜深； l —探槽口宽； b —探槽底宽

探槽的布置应垂直矿体走向或矿体平均走向来布置。探槽有两种，即主干探槽和辅助探槽。主干探槽应布置在工作区主要的剖面上或有代表性的地段，以研究地层、岩性、矿化规律、揭露矿体等。而辅助探槽是在主干探槽之间加密的一系列短槽，用于揭露矿体或地质界线，可平行主干探槽，也可不平行。

所有探槽适用于浮土厚不大于 3m。当地下水面低时，覆盖层厚达 5m 时也可使用探槽。

(2) 浅井 (QJ) 它是由地表垂直向下掘进的一种深度和断面均较小的坑道工程。浅井深度一般不超过 20m，断面形状可为正方形或圆形，断面面积为 1.2~2.2m²。浅井的布置由于矿体规模产状不同，其布置形式也不同。当矿体产状较陡时，可在浅井下拉石门或穿脉，当矿体产状较缓时，浅井应布置在矿体上盘 (图 2-3-21)。

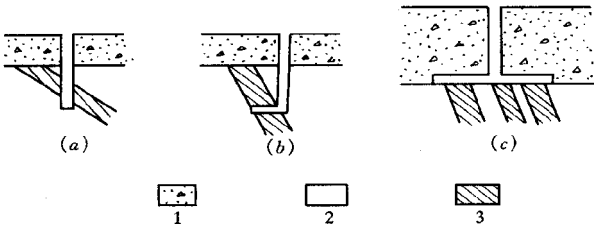


图 2-3-21 浅井布置形式图

(a) 缓倾斜浅井布置；(b) 陡倾斜浅井带石门；

(c) 陡倾斜带岔浅井；1—残积层；2—围岩；3—矿体

浅井主要用于揭露松散层掩盖下的矿体，深度一般不超过 20m。对某些矿床如风化

矿床，浅井是主要的勘探手段，对于大体积取样的金刚石砂矿或水晶砂矿来说，只能用浅井来勘探。

(3) 平窿 (PD) 从地表向矿体内部掘进的水平坑道 (图 2-3-22 中的 *a*)。断面形状为梯形或拱形。主要用于揭露、追索矿体，也是人员出入、运输、通风、排水的通道。在地形条件有利时应优先使用平窿坑道。

(4) 石门 (SM) 在地表无直接出口与含矿岩系走向垂直的水平坑道 (图 2-3-22 中的 *b*)。石门常用来连接竖井和沿脉，揭露含矿岩系和平行矿体等。

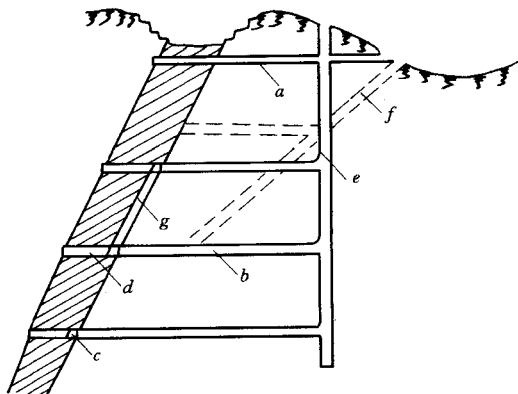


图 2-3-22 地下坑探工程

a—平窿；*b*—石门；*c*—沿脉；*d*—穿脉；
e—竖井；*f*—斜井；*g*—上山（或下山）

(5) 沿脉 (YM) 在矿体中沿走向掘进的地下水平坑道 (图 2-3-22 中的 *c*)，用以了解矿体沿走向的变化，在矿体之外的沿脉坑道，可供行人、运输、通风、排水之用。

(6) 穿脉 (CM) 垂直矿体走向并穿过矿体的地下水平坑道 (图 2-3-22 中的 *d*)。穿脉用以揭露矿体厚度、圈定矿体，了解矿石组分及品位，查明矿体与围岩的接触关系等。

(7) 竖井 (SJ) 是直通地表且深度和断面都较大的垂直向下掘进的坑道 (图 2-3-22 中的 *e*)。竖井是人员出入、运输、通风、排水的主要坑道，竖井在矿床勘探和采矿时均可应用，采矿竖井有主井、副井及通风井之分。竖井应布置在矿体的下盘，以确保采矿时使用安全，即可减少矿量损失，保证其他地下坑道的稳固。竖井断面面积有 4、4.5、5.5、6、6.5、7m² 等。一般情况，设计竖井不宜过多，一个矿床设计 1~2 个就可以了。

(8) 斜井 (XJ) 是在地表有直接出口的倾斜坑道 (图 2-3-22 中的 *f*)。适用于勘探产状稳定且倾角小于 45° 的矿体。斜井与竖井相比，可减少石门长度，但斜井长度比竖井深度大。

(9) 暗井 (AJ) 在地表没有直接出口的垂直或倾斜的坑道 (图 2-3-22 中的 g)。断面一般为长方形, 面积为 $1.5\text{m} \times 2.5\text{m}$ 。垂直暗井又称天井, 倾斜暗井又称上山或下山。暗井的作用为: 在地下坑道中向上或向下勘探矿体, 追索圈定被错断的矿体、贯通相邻的中断水平坑道。

各水平坑道的断面规格: 其形状一般为梯形或拱形, 坑道净高不小于 1.8m , 矿车与坑道一侧的安全间隔为 $0.2 \sim 0.25\text{m}$, 人行道宽度为 $0.5 \sim 0.7\text{m}$, 水平坑道应有 $0.3\% \sim 0.7\%$ 的坡度, 弯道曲率半径应为小于矿车轴距 $7 \sim 10$ 倍。斜井断面形状有梯形和矩形, 净高不低于 1.6m 。

坑道工程特别是地下坑道工程, 由于成本高, 施工困难, 因此多用于矿床勘探阶段, 在使用时应考虑矿床开采时的需要。

2. 钻探工程

钻探工程是通过钻探机械向地下钻进钻孔, 从中获取岩芯、矿芯借以了解深部地质构造及矿体的赋存变化规律, 其钻进深度, 对于固体矿产多为 $100 \sim 1000\text{m}$ 。钻探工程是主要的矿产勘查手段。

(1) 浅钻 垂直钻进的浅型钻, 其钻进深度多在 100m 之内, 用以勘查埋深较浅的矿体。当涌水量大而无法用浅井勘探时, 可采用浅钻。浅钻在矿点检查及物探化探异常的验证时经常使用。

(2) 岩芯钻 是机械回转钻, 备有一整套的机械设备如钻塔、钻机、水泵、柴油机或电动机、钻杆及套管等。钻进深度 $300 \sim 1000\text{m}$ 。用以勘查深度较大的矿体, 可垂直钻进, 也可倾斜钻进。在矿产勘查的不同阶段均可使用, 但较多的是在详查及勘探阶段使用。在普查阶段也可布置少量的普查验证钻孔。

(二) 探矿工程在矿产勘查中的应用

探矿工程虽然是揭露被松散沉积物掩盖和地下深处的各种地质现象, 取得地质矿产资料的基本手段, 但由于其成本较高和施工复杂, 所以只有当利用其他手段无法达到地质目的时才使用。因此选择和应用探矿工程时, 要充分考虑地质与经济效果, 将探矿工程布置在最需要的地方, 以期用最少的工作量取得最多的地质矿产资料。

在矿产勘查中, 利用探矿工程主要解决的地质矿产问题是: 揭露、追索和圈定矿体、矿化带, 并进行采样; 验证各种重要的物、化探异常; 揭露实测地质剖面线上被松散沉积物掩盖的部位; 揭露被松散沉积物掩盖的各种地质体及其相互接触关系。

四、地球化学探矿法

(一) 地球化学探矿法的基本原理

地球化学探矿主要是通过发现异常、解释评价异常的过程来进行的, 所以说研究地

球化学异常是化探的最基本问题，而地球化学异常又是相对于地球化学背景而言的。弄清这些概念，对化探至关重要。

1. 地球化学背景与背景含量

在无矿或未受矿化影响的地区，区内的地质体和天然物质没有特殊的地球化学特征，且元素含量正常，这种现象称为地球化学背景，简称背景。正常含量也叫背景含量。元素呈正常含量的地区称背景区。

背景区内，元素的分布是不均匀的，故背景含量不是一个确定的值，而是在一定范围内变动的值。背景含量的平均值为背景值。用公式表示为：

$$C_o = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n} \quad (2-3-1)$$

式中 C_o ——背景值；

C_i ——各点的含量值；

n ——样品的数目。

背景含量的最高值称为背景上限值，或称背景上限。高于背景上限值的含量就属于异常含量。因此，也可以称背景上限值为异常下限。

2. 地球化学异常与异常值

在广大背景区中，往往有一部分天然物质及地球化学特征与背景区有显著不同，这就是地球化学异常。

如果用数值来表达异常的特征，则该值叫地球化学异常值。其对应的地区称为地球化学异常区，简称异常区。

计算异常值下限的公式如下：

$$C_a = C_o + (2 \sim 3) \sigma \quad (2-3-2)$$

式中 C_a ——异常下限值；

C_o ——背景值；

σ ——标准差。

3. 地球化学异常的分类与地球化学找矿

(1) 地球化学异常的分类

地球化学异常可以分为原生地球化学异常（原生异常）和次生地球化学异常（次生异常）。前者为基岩中形成的异常；后者为岩石、矿石遭表生风化破坏后，在现代疏松沉积物、水及生物中形成的异常。

根据与介质形成的时间关系，地球化学异常也可以分为两类：同生地球化学异常（同生异常）和后生地球化学异常（后生异常）。同生异常与介质同时形成，后生异常则是在介质形成后，异常物质以某种方式进入介质而形成的。

根据规模大小,又可将地球化学异常分为三类:地球化学省、区域地球化学异常(区域异常)和局部地球化学异常(局部异常)。

(2) 地球化学找矿

根据地球化学找矿取样介质的不同可以分为下列五类:

- ①岩石地球化学测量;
- ②土壤地球化学测量;
- ③水系沉积物地球化学测量(即分散流测量);
- ④水化学测量;
- ⑤气体地球化学测量。

上述各类地球化学找矿方法中,以前三种最常用,比较成熟且找矿效果也较好。

(二) 地球化学探矿法的野外工作方法

野外工作中定点、采样及编录等各环节的质量好坏,直接影响异常的推断解释,故需特别注意。

1. 定点及编号

将采样点的位置准确地标定在相应的图件上称为定点。测区用规则测网采样时,将测量结果换算成坐标落在图件上就行了。采样点的误差最好不超过点线距的 $1/20 \sim 1/10$ 。若用不规则测网采样时,定点的误差要大些,一般要求定点的误差在相应图中不超过 1mm。

编号即将所采样品按顺序编号,依工种不同方法分别进行连续编号。若同一方法但取样对象不同则需分别编号,以免混淆。如水化学测量时,取的泉水、井水、钻孔水、坑道水、地表水等等,则应分别编号为泉_{1,2,3,……},井_{1,2,3,……},坑_{1,2,3,……}等等。

2. 采样

每个样品在一定条件下代表了采样点的情况,全部样品则反映测区的全貌。为了使样品有代表性,采样时必须注意各种方法的特点和要求。

(1) 岩石测量采样

①地表岩石测量采样有三种方式:采新鲜基岩、采半风化基岩和风化基岩的残积碎块。采集时一般在直径 1m 范围内,敲取 3~5 块组成一个样品,分别包装不得混淆。要注意避免样品的人为富集和贫化。

②钻孔岩石测量采样。对岩芯自上而下按一定间距采样,每个样品在点距 $1/10$ 范围内采 3~5 块组成。点距一般为 0.5~5m,近矿加密,远矿放稀。

浅井、探槽、坑道内的采样大致与钻孔岩芯采样相同。

③岩石背景测量采样(即正常区的岩石采样)

在采样点 1m^2 的范围内,均匀采取无矿化现象的新鲜基岩 3~5 块组成一个样品。

为了有代表性,同种岩性样品数一般不得少于 30 件。所有岩石测量的样品重量一般为 100~200g。

(2) 土壤测量采样

其对象为正常发育的残坡积层,而不是冲积、塌积、冰碛形成的土壤。样品应当采自最富含指示元素的层位层,一般采自 B 层(即残积层)。A 层(即腐植殖层)因含大量植物根系等有机质对分析工作不利,故不予采集。一般说样品采自残积层中的砂质土、黏土、细砂土、粉砂土等等,混入的岩石碎块、植物根系应予除掉。每个样品的原始重量为 100~150g。

(3) 水系沉积物测量采样

采样对象为水系中的淤泥、细砂、粉砂等。由于水系沉积物中元素分布的不均匀性,因而样品不能简单地按点距要求随意采集,必须采自富含指示元素的沉积物才能发现异常。

在水流湍急的河溪中采样,采样位置要取水流变缓停滞处、大转石背后以及河溪转弯内侧,因为这些地方有较多的细粒物质。为了保证样品的代表性,可在采集点附近一定范围内(10~30m)采集若干个组合成一个样品,样品的原始重量应能满足过 60~80 目筛后还有 20~30g。

3. 记录与编录

这是化探的基本文字依据,也是资料整理和异常解释的重要原始依据。

(1) 记录内容 除编号、位置、重量、性质等内容外,遇到矿化、污染等特殊现象都要记录。要求重点突出,简单明了。

(2) 野外记录工具 一律用铅笔书写,禁止用钢笔、圆珠笔或其他化学铅笔,这样便于保存。

(3) 编录的其他注意事项 每天的样品要在当天收工后进行统一编录,以之作为加工及送样分析的依据。当天不整理完毕,容易与第二天的样品混淆,影响成果的准确性。

4. 样品的初步加工

岩石测量样品是块状,土壤、分散流测量的样品粒度大小不一且含有杂质,故不能立即送去分析,需要加工,使之达到适合的元素富集粒度,让样品有代表性和均匀性。

各种样品加工方案:

(1) 岩矿测量样品 原始样(100~200g)→干燥→粗碎→过 20 目筛孔→研磨→全部过 30 目筛孔→缩分至 40g→研磨→过 80 目筛孔→取 20g 送分析→剩余部分留作副样。

(2) 土壤、分散流测量样品 原始样(100~150g)→干燥→搓碎→过 60 目筛孔→缩分取 20g 送分析→剩余部分留做副样。

(三) 地球化学探矿的资料整理与异常解释评价

地球化学找矿中,在野外完成了样品采集后,都要对样品进行分析,对分析的成果进行综合整理,对所谓得到的地球化学异常进行解释和评价。

1. 资料的整理

地球化学找矿的资料,包括各种原始资料、各种地球化学图表及有关文字报告。

(1) 原始资料的整理

地球化学找矿的原始资料,包括采样记录本、地质观察记录本、各种送样单、分析及鉴定报告,现场测定记录、有关照片等。这些原始资料应登记造册,清理审核并应有专人负责。

(2) 化探成果图的编制

化探图件通常包括实际材料图和化探成果图两类。

① 实际材料图

这种图件在中小比例地质矿产调查、普查过程中,一般是单独编制的。图的内容应真实反映化探工作的全部实际材料,其中包括采样线或采样水系、采样点位及编号,并在采点旁边标上指示元素含量。

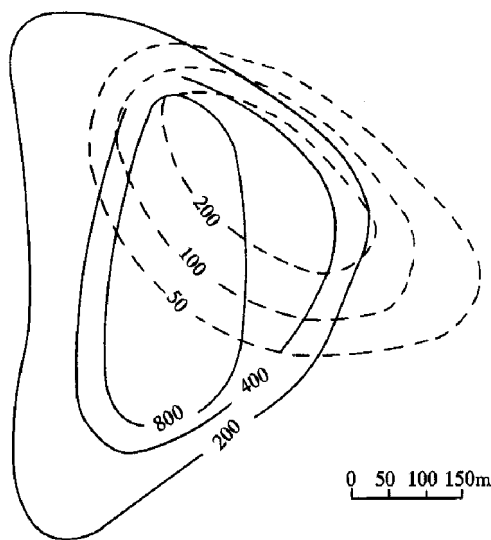


图 2-3-23 原生异常铜、铅等值线图

实际材料图的底图一般采用与野外工作实际用图相同或大一倍比例尺的简化地质图或水系的平面图。前者用于岩石地球化学测量和土壤地球化学测量,后者用于水系沉积物测量。

② 化探成果图

主要有平面图和剖面图两类:

- a. 地球化学平面图：从平面上表达工作地区各种化探成果的图件。编制这类图件的出发点就是在平面上如何用各种图示去正确地表达化探异常（图 2-3-23）。
- b. 地球化学剖面图：这是地质剖面与指示元素含量变化曲线相结合的一种图示方法（图 2-3-24、图 2-3-25）。

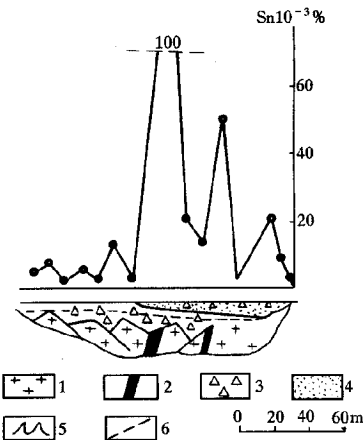


图 2-3-24 地球化学剖面图

1—花岗岩；2—矿体；3—碎屑质残—坡积物；4—细土质残坡积物；
 5—成矿元素含量曲线；6—季节性变化界线（引自 В. М. ПИТЛЬКО 等）

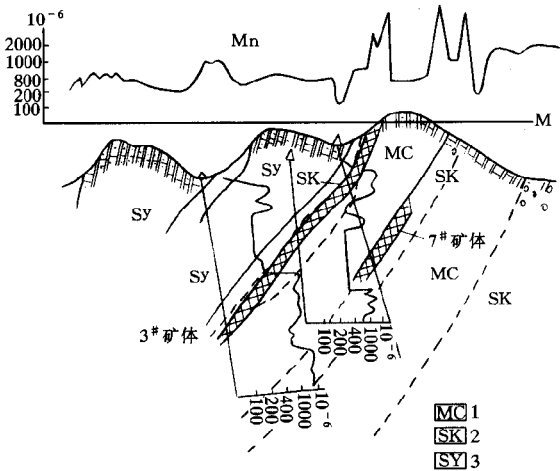


图 2-3-25 某砂卡岩型铁矿地表及钻孔岩芯中的锰异常
 1—大理岩；2—砂卡岩；3—变质泥砂岩

五、异常的解析与评价

化探工作概括起来，不外乎发现异常和解释异常。解释评价异常的目的是更有效地

找矿。地质上的规律往往是复杂的，异常解释评价工作必须要有充分的依据。因此，异常解释评价必须以矿产地质为基础，以地球化学理论为指导，深入研究对比异常的特征，参考并综合分析各种找矿方法成果，只有这样才能获得良好的找矿效果。如某地土壤中发现一个形态近似椭圆形的铜、铅、银、钼等多元素组合的异常，根据当地地质情况推断，可能为花岗闪长岩体与灰岩接触带的异常，后经探槽揭露，证实了上述推断是正确的。但是，通过探槽壁底的详细地质观察、编录和化学取样，未发现工业矿体（铜品位仅为 $0.05\% \sim 0.15\%$ 之间）。为确定所发现异常的性质，便进行槽底基岩的岩石地球化学测量，所发现的原生异常特征与已知有矿异常对比，相当于工业矿体的前缘异常，这表明深部可能隐伏盲矿体。接着开展物探磁法详查，推断接触带的深部存在凹形部位，为有利成矿构造部位，经钻探验证，确实打到铜的工业矿体（图2-3-26）。

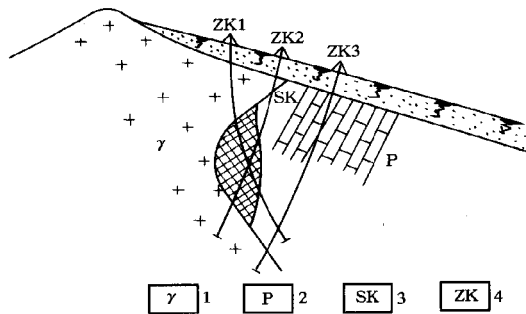


图2-3-26 物化探资料的钻探验证示意图

1—花岗闪长岩；2—二迭系灰岩；3—砂卡岩；4—钻孔

六、地球物理探矿法

（一）地球物理探矿法的基本原理

物探的基本特点是研究地球物理场或某些物理现象。如地磁场、地电场、放射性场等，而不是直接研究岩石或矿石，它与地质学方法有着本质上的不同。通过场的研究可以了解掩盖区的地质构造和产状。它的理论基础是物理学或地球物理学，系把物理学上的理论（地电学、地磁学等）应用于地质找矿。因此具有下列特点和工作前提：

1. 物探的特点

（1）必须实行两个转化才能完成找矿任务。先将地质问题转化成地球物理探矿的问题，才能使用物探方法去观测。在观测取得数据之后（所得异常），只能推断具有某种或某些物理性质的地质体，然后通过综合研究，并根据地质体与物理现象间存在的特定关系，把物探的结果转化为地质的语言和图示，从而去推断矿产的埋藏情况与成矿有关的地质问题，最后通过探矿工程验证，肯定其地质效果。

(2) 物探异常具有多解性。产生物探异常的原因,往往是多种多样的。这是由于不同的地质体可以有相同的物理场,故造成物探异常推断的多解性。如磁铁矿、磁黄铁矿、超基性岩,都可以引起磁异常。所以工作中采用单一的物探方法,往往不易得到较肯定的地质结论。一般情况应合理地综合运用几种物探方法,并与地质研究紧密结合,才能得到较为肯定的结论。

(3) 每种物探方法都有要求严格的应用条件和使用范围。因为矿床地质、地球物理特征及自然地理条件因地制宜,从而影响物探方法的有效性。

2. 物探工作的前提

在确定物探任务时,除地质研究的需要外,还必须具备物探工作前提,才能达到预期的目的。物探工作的前提主要有以下几方面:

(1) 物性差异,即被调查研究的地质体与周围地质体之间,要有某种物理性质上的差异。

(2) 被调查的地质体要具有一定的规模和合适的深度,用现有的技术方法能发现它所引起的异常。若规模很小、埋藏又深的矿体,则不能发现其异常;有时虽然地质体埋藏较深,但规模很大,也可能发现异常。故找矿效果应根据具体情况而定。

(3) 能区分异常,即从各种干扰因素的异常中,区分所调查的地质体的异常。如铬铁矿和纯橄榄岩都可引起重力异常,蛇纹石化等岩性变化也可引起异常,能否从干扰异常中找出矿异常,是方法应用的重要条件之一。

(二) 地球物理探矿法的应用及其地质效果

1. 应用物探找矿的有利条件与不利条件

(1) 物探找矿有利条件:地形平坦,因物理场是以水平面做基面,越平坦越好;矿体形态规则;具有相当的规模,矿物成分较稳定;干扰因素少;有较详细的地质资料。最好附近有勘探矿区或开采矿山,有已知的地质资料便于对比。

(2) 物探找矿的不利条件:物性差异不明显或物理性质不稳定的地质体;寻找的地质体或矿体过小过深,地质条件复杂;干扰因素多,不易区分矿与非矿异常等。

2. 物探方法的种类、应用条件及地质效果简要列于表 2-3-13。

物探方法的选择,一般是依据工作区的下列三方面情况,结合各种物探方法的特点进行选择:一是地质特点,即矿体产出部位、矿石类型(是决定物探方法的依据)、矿体的形态和产状(是确定测网大小、测线方向、电极距离大小与排列方式等决定因素);二是地球物理特性,即岩矿物性参数,利用物性统计参数分析地质构造和探测地质体所产生的各种物理场的变化特点。如磁铁矿的粒度、品位、矿石结构等对磁化率的影响,采用方法的有效性等;三是自然地理条件,即地形、覆盖物的性质和厚度及分布情况、气候和植被土壤情况等。

表 2-3-13 物探方法的种类、应用条件及地质效果简要表

方法种类	优 缺 点	应 用 条 件	应用范围及地质效果
放 射 性 测量法	方法简便效率高	探测对象要具有放射性	寻找放射性矿床和与放射性有关的矿床，以及配合其他方法进行地质填图、圈定某些岩体等。对放射性矿床能直接找矿
磁 法 (磁 力 测 量)	效率高、成本低、效果好。航空磁测在短期内能进行大面积测量	探测对象应略具磁性或显著的磁性差异	主要用于找磁铁矿和铜、铅、锌、铬、镍、铝土矿、金刚石、石棉、硼矿床，圈定基性超基性岩体进行大地构造分区、地质填图、成矿区划分的研究及水文地质勘测。如南京市梅山铁矿的发现，北京市沙厂铁矿远景的扩大；甘肃省某铜镍矿，西藏某铬矿床、辽宁省某硼矿床应用此法，地质效果显著
自 然 电 场法	装备较简便，测量仪器简单，轻便快速、成本低	探测对象是能形成天然电场的硫化物矿体或低阻地质体	用于进行大面积快速普查硫化物金属矿床、石墨矿床；水文地质、工程地质调查；黄铁矿化，石墨化岩石分布区的地质填图。如辽宁省红透山铜矿、陕西省小河口铜矿及寻找黄铁矿矿床方面、应用此法地质效果显著
中 间 梯 度 法 (电 阻率法)		探测对象应为电阻率较高的地质体	主要用于找陡立、高阻的脉状地质体。如寻找和追索陡立高阻的含矿石英脉、伟晶岩脉及铬铁矿、赤铁矿等效果良好，而对陡立低阻的地质体如低阻硫化物多金属矿则无效
中 间 梯 度 装 置 的 激 发 极 化 法	不论其电阻率与围岩差异如何均有明显反映，对其他电法难于找寻的对象应用它更能发挥其独特的优点	在寻找硫化矿时石墨和黄铁矿化是主要的干扰因素，应尽量回避	主要用于寻找良导金属矿和浸染状金属矿床，尤其是用于那些电阻率与围岩没有明显差异的金属矿床和浸染状矿体，效果良好。如某地产在石英脉中的铅锌矿床及北京延庆某铜矿地质效果显著
电 剖 面 法 按 装 置 的 不 同 分 为：			在普查勘探金属和非金属矿产以及进行水文地质、工程地质调查中应用相当广泛，并在许多地区的不同地电条件下取得了良好的地质效果
联 合 剖 面 法	其装置不好移动，工作效率低	探测对象应为陡立较薄的良导体	主要用于详查和勘探阶段，是寻找和追索陡立而薄的良导体的有效方法，如某铜镍矿床应用效果良好。当矿脉与围岩的导电性无明显差别时，利用视极化率 η_s (或 s) 曲线也能取得好的效果

续表

方法种类	优 缺 点	应 用 条 件	应用范围及地质效果
对 称 四 极剖面法	对金属矿床不如中间梯度和联合剖面法的异常明显		主要用于地质填图，研究覆盖层下基岩起伏和对水文、工程地质提供有关疏松层中的电性不均匀分布特征，以及疏松层下的地质构造等。如某地用它圈定古河道取得良好的效果
偶 极 剖 面法	主要缺点在一个矿体可出现两个异常；使曲线变得复杂		一般在各种金属矿上的异常反映都相当明显，也能有效地用于地质填图划分岩石的分界面。在金属矿区，当围岩电阻率很低，电磁感应明显，而开展交流激电法普查找矿时往往采用。如我国某铜矿床用此法找到了纵向叠加的透镜状铜矿体
电 测 深 法	可以了解地质断面随深度的变化，求得观测点各电性层的厚度	探测对象应为产状较平缓电阻率不同的地质体，且地形起伏不大	电阻率电测深用于成层岩石的地区，如解决比较平缓的不同电阻率地层的分布，探查油、气田和煤田地质构造，以及用于水文地质工程地质调查中。它在金属矿区侧重解决覆盖层下基岩深度变化，表土厚度等，间接找矿。而激发极化电测深主要用于金属矿区的详查工作，借以确定矿体顶部埋深以及了解矿体的空间赋有情况等。如个旧锡矿采用此法研究花岗岩体顶面起伏，进行矿产预测起到了良好找矿效果
充 电 法	能迅速迫索矿体延伸，或连接矿体，节省探矿工程	要求：矿体至少有一小部分出露地表或被工程揭露，以便对矿体充电；矿体必须是良导体；矿体有一定的规模，并且埋深不大。 以找盲矿体为主的围岩充电法其应用条件：1. 存在能于地下充电的探矿工程；2. 被寻找的矿体与围岩有明显的电性差异；3. 被寻找的矿体有一定规模，且埋深不太大	1. 用以确定已知矿体的潜伏部分之形状、产状、大小、平面位置及深度；2. 确定几个已知矿体之间的连接关系；3. 在已知矿体或探矿工程附近寻找盲矿体和进行地质填图 主要用于金属矿的详查和勘探阶段 如在青海某铜钴矿应用充电法的结果，无论在解决矿体延伸、矿体连接及在充电矿体附近找盲矿，都取得了良好效果

续表

方法种类	优 缺 点	应 用 条 件	应用范围及地质效果
重力测量	受地形影响大，干扰因素多。但在深部构造研究上，是电法、磁法不可比拟的	探测的地质体与围岩间存在密度差才可用此法	可用此法直接找富锈矿、含铜黄铁矿；配合磁法找铬铁矿、磁铁矿；及研究地壳深部构造、划分大地构造单元、研究结晶基底的内部成分和构造，确定基岩顶面的构造起伏，确定断层位置及其分布、规模，圈定火成岩体，以达到寻找金属矿床的目的。及用于区域地质研究，普查石油、天然气有关的局部构造。此外，还可应用它找密度小的矿体。如找盐类矿床取得显著地质效果
地震法	优点：准确度高 缺点：成本高	要求地震波阻抗存在差异	主要用于解决构造地质方面的问题，在石油和煤田的普查及工程地质方面广泛应用。如在大庆油田、胜利油田的普查勘探中发挥了重要的作用

（三）地球物理探矿法的图件及异常解释评价举例

例一：在内蒙古某地玄武岩上发现了极大值为 11000 γ 的 Z_a 异常，由于玄武岩有磁性，因此人们起初认为该异常由玄武岩引起。但用公式 $Z_{a\max} = 2\pi J_z$ 计算，玄武岩至多只能引起 4300 γ 的异常。露头测定进一步表明，玄武岩的异常不过 $\pm 500 \sim 600\gamma$ 。再从异常形态比较规整以及测区外围曾发现铁矿点来推断，剩余异常很可能由玄武岩下面的磁铁引起。钻探结果证实，该异常对应着一个规模较大的鞍山式铁矿（图 2-3-27）。这个例子说明，对异常性质的判断要做过细的工作，否则就会造成较大的失误。

例二：我国某热液交代型铜矿位于变质岩系分布区，地表出露为元古界大理岩、云母片岩及变粒岩。断裂发育。矿石以黄铜矿、闪锌矿、黄铁矿为主，一般呈星散状，细脉状，局部富集成斑块状。虽然本区铜矿及其矿化岩石的极化率高，但区内石墨化和黄铁矿化岩石分布比较广泛，对激电法形成了严重干扰。

图 2-3-28 为该区第 12 号异常的剖面曲线。 η_s 值一般在 14% 以上，最高可达 26%。 η_s 曲线梯度较缓，宽度约 200 多米。其 η_s 平面等值线较规则，沿走向长约 1000m。该异常位于河漫滩上，地表全为第四纪覆盖。

由于本区矿石多呈星散状或细脉状，硅化程度较高时，矿化较好。故一般矿体对应高极化率和高电阻率。而富含石墨和黄铁矿的矿化岩石，虽然极化率也高，但电阻率仅几十欧姆·米。据此推断 12 号异常为矿异常。并在 η_s 异常较高处布置了 ZK1 号钻孔，见到了多层矿体。以后又沿矿带倾斜方向布置了三个钻孔，均打到多层厚度较大的矿体，有的孔内见矿总厚度达 46m。12 号异常的见矿使整个矿区储量扩大了一倍。

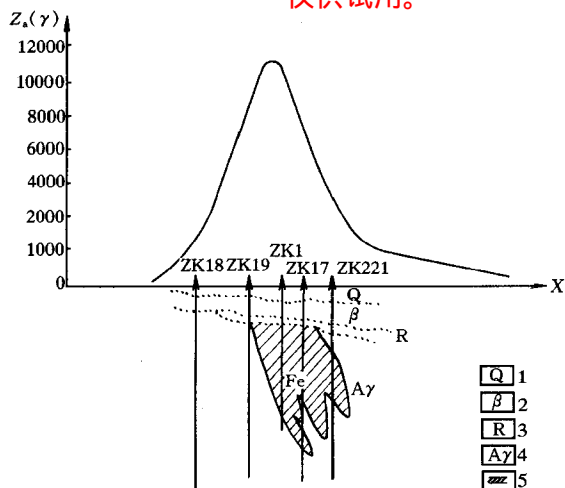


图 2-3-27 内蒙古某地铁矿磁异常

1—第四系；2—第三系玄武岩；3—第三系砂质黏土；
4—五台群片麻岩类；5—磁铁矿体

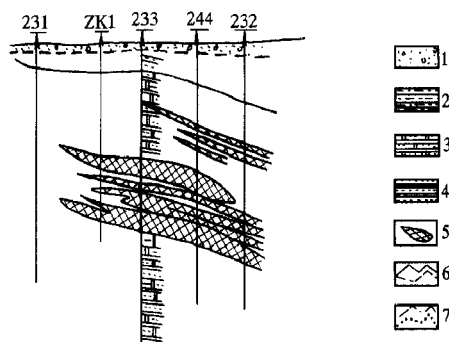
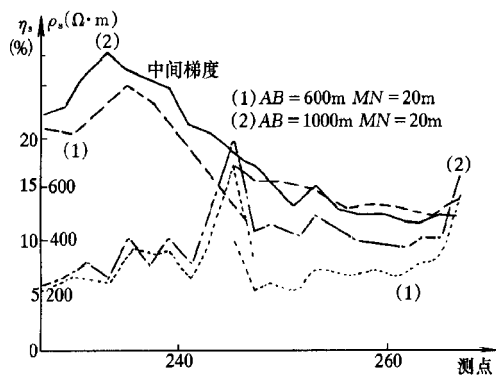


图 2-3-28 我国某铜矿床的综合剖面图

1—第四纪浮土；2—云母石英片岩；3—硅化石墨大理岩；
4—变粒岩；5—铜矿体；6— η_s 曲线；7— ρ_s 曲线

例三：滇南岩盐产于白垩系上统勐野井组，密度为 $2.18\text{g}/\text{cm}^3$ 。上覆的第四系、第三系地层密度为 $2.07 \sim 2.24\text{g}/\text{cm}^3$ ；下伏的侏罗、白垩系地层密度为 $2.6 \sim 2.70\text{g}/\text{cm}^3$ 。岩盐与其下地层有 $0.42 \sim 0.52\text{g}/\text{cm}^3$ 的密度差，是利用重力找盐的良好条件。通过比例为 $1:100000$ 的重力普查工作，发现勐野井区的布格重力异常，为一近于等轴状的重力低，幅度达 -7mgal 异常。北侧重力梯度大，推测北侧含盐盆地陡，异常外围向西南和东南方向突出，反映矿体由中心向四周变薄（图 2-3-29）。

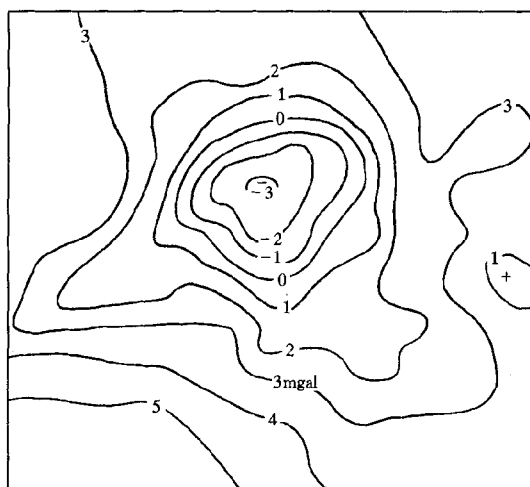


图 2-3-29 勐野井布格重力异常图

将重力异常与根据钻井资料绘制的岩盐视厚度图和顶板深度图对比表明，矿体等视厚度线与重力异常图形态非常相似，但岩盐厚度最大地段与负异常中心略有偏移。

根据钻井已揭示的矿层厚度及含盐盆地形态进行了重力剖面正演计算，结果如图 2-3-30 所示。计算理论曲线与实测曲线大体符合，尤其在岩盐厚度最大部位吻合甚好，说明引起重力异常的岩盐体已被钻井所控制。

第三节 矿床勘探

一、概述

（一）矿床勘探的概念、目的、任务

矿床勘探是在矿产详查评价基础上，利用各种有效的技术手段和方法查明矿床工业

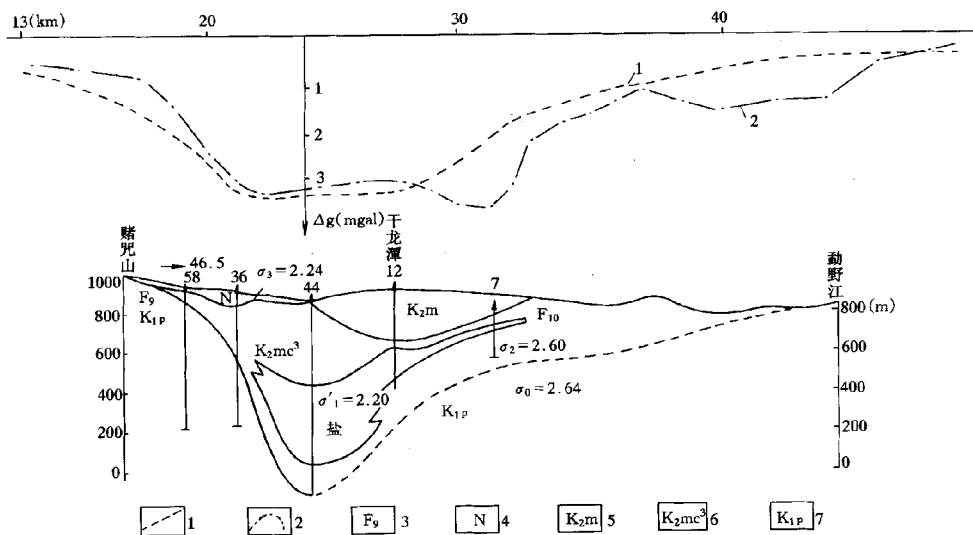


图 2-3-30 赌咒山—勐野江地质剖面重力正演计算结果与实测重力异常曲线对比图

1—正演计算重力异常曲线；2—实测重力异常曲线；3—断裂编号；4—上第三系；
5—白垩系上统曼岗组；6—白垩系上统勐野井组；7—白垩系下统扒沙河组

价值及地质、经济技术条件所做的各项工作。主要包括矿床勘探地区的选择，矿床勘探设计的编制、矿床勘探施工及矿床勘探报告的编写。

矿床勘探的目的是对矿床进行工业评价，为了达到这一目的需要完成如下几项任务：

1. 探明矿石的数量、质量及空间分布；
2. 进一步查明矿床地质条件，矿体的形状、产状及赋存规律；
3. 查明矿床开采的技术条件，为矿山设计提供各种基础资料。

矿床勘探是一项探索性很强的工作，所面临的情况复杂多变。需要遵循客观规律，全面、深入、综合地进行研究，以便为矿山建设提供客观、有用的各种资料。

(二) 矿床勘探工作的内容与程序

矿床勘探工作内容较多，按其先后次序（程序）主要有以下几方面：

1. 矿床勘探地区的选择

矿床勘探地区应在矿产详查评价的基础上，根据经济建设和社会发展需要，选择其中经济合理、易于开采的矿区进行勘探。要把国家建设需要和矿床的地质条件及开采的技术经济条件结合起来，以提高矿床勘探工作的经济效益。

2. 矿床勘探设计的编制

矿床勘探设计包括矿床勘探设计说明书和各种附图。设计说明书包括设计的指导思想、目的任务、设计的地质依据、各项工作的布置和工作量、施工顺序、技术经济指标

和主要技术措施,所需人力、物力、财力概算及预期工作成果等内容。附图主要包括矿床地质图、勘探工程布置图、勘探设计剖面图等。

矿床勘探设计的编写要以上级下达的任务为依据,在充分研究被勘探矿区成矿地质条件、矿床地质特征的基础上,合理有效地选择勘探方法,使所编写的设计有充分的地质依据,使各项工作部署得当、彼此紧密配合。

3. 勘探施工

勘探施工是在矿床勘探设计基础上,按照设计布置的各项工作组织实施。其工作内容主要有矿区大比例尺地质测量、地形测量、物化探工作、各种探矿工程的施工、水文地质及工程地质工作、各种样品的采集、各种探矿工程的编录、阶段性储量计算、矿床开采地质条件和矿石技术条件的研究等。

4. 矿床勘探报告的编写

矿床勘探报告是对矿床地质研究及矿床勘探成果的总结,是矿山建设的依据。矿床勘探报告包括文字说明部分及附表和附图。文字说明包括前言、矿区地质、矿床勘探工作、水文地质、矿床开采技术条件和矿石加工特性、储量计算及结论等内容。附表及附图主要有储量计算表、样品分析登记表、矿区地质图、矿床勘探剖面图等。

(三) 矿床勘探工作阶段的划分

矿床勘探是一个逐步进行的过程,为了提高矿床工作的成效、避免盲目勘探或建设,必须依据地质条件、对矿床的研究和控制程度以及采用的方法、手段,将矿床勘探工作划分为若干阶段,称为矿床的勘探阶段。

矿床的勘探阶段一般可分为初步勘探阶段、详细勘探阶段和开发勘探阶段。

1. 初步勘探阶段

初步勘探阶段是矿床勘探的第一阶段。其主要任务是:初步查明矿床的赋存条件、矿体的规模大小、矿产的质和量,以及矿床开采和利用的技术条件,对矿床做出初步工业评价,为确定详细勘探地段和矿山设计提供依据。

初步勘探阶段的主要工作是通过矿区大比例尺地质测量,利用探槽、浅井、浅钻等工程,并配合物化探对矿床进行地表地质研究,揭露、追索和圈定矿体;并用稀疏的钻探或坑探对矿体变化情况作大致了解,计算矿床初级储量。

2. 详细勘探阶段

在初步勘探基础上对国家计划建设和开采的矿床进行比较全面、深入的调查研究工作,其目的在于对矿床做出工业评价,为矿山建设提供必须的矿产储量和地质、技术、经济资料。

详细勘探阶段的主要任务是查明矿山建设范围内矿体总的分布情况、矿体的形状、产状、内部结构、矿石的物质成分和加工技术性能、研究和评价可供综合开采利用的共生矿产或伴生有用成分、研究矿床的水文地质条件和开采条件,为矿山建设提供资

料。

详细勘探阶段的主要工作是通过钻探和坑探等勘探工作，对矿体进行详细的深部揭露与研究，采集必要样品深入研究矿石质量和加工技术特性；绘制各种勘探工程剖面图和平面图，比较精确地计算矿产储量，进行水文地质观察和试验，研究水文地质条件；研究矿床开采条件，对矿床进行综合评价，编写矿床勘探报告。

3. 开发勘探阶段

开发勘探是为矿山建设的顺利进行和矿山持续、正常生产以及合理开发和充分利用矿产资源全面进行的深入研究和探矿工作。

开发勘探阶段的主要任务是为矿山建设和采矿提供更加准确、可靠的地质资料及矿产储量，探明过去尚未发现的隐伏矿体，扩大矿床储量、延长矿山寿命。

开发勘探阶段所进行的工作基本类似于详细勘探阶段，其重点是为生产提供足够数量的矿产储量。

矿床勘探阶段的划分阶段是相对的，有时并无明显界线。如对一些地质构造简单，工业价值和开采利用条件易于查明的矿床，为了加快勘探速度可将初步勘探和详细勘探结合起来；而对某些地质构造复杂、规模小的矿床则可进行边探边采、探采结合。

在矿床勘探的三个阶段中，一般前两个阶段由地质部门进行，习惯上称为“地质勘探”或称为“矿床勘探”；后一阶段一般由矿山部门进行，常称为“矿山勘探”。

（四）矿床勘探的原则

为了搞好矿床勘探，取得更好的地质经济效果，在矿床勘探中需要遵循如下原则：

1. 理论与实践相结合的原则

由于矿床本身的形成过程复杂多变、影响因素较多，因此在矿床勘探中既要注重在一定理论指导下开展矿床勘探，又要从所勘探矿床实际出发。没有理论指导的矿床勘探就会走很多弯路，只照搬理论不顾实际情况同样不能取得好的勘探效果。因此只有在理论指导下，从矿床实际出发才能使各项勘探工作符合客观规律，取得良好的勘探效果，否则就会造成损失。

2. 循序渐进原则

矿床勘探是一项探索性很强的工作，因此必须按照循序渐进的原则进行，由表及里、由浅入深、由粗到细、由已知到未知逐步开展。矿床勘探阶段的划分正是体现了这一原则。

在矿床勘探中遵循这一原则是为了提高矿床勘探工作的成效，避免进行盲目勘探和施工造成的损失。但也不能机械套用，要根据实际情况灵活加以应用。

3. 全面研究、综合评价的原则

全面研究是指在矿床勘探进程中尽可能收集各方面资料。对矿床地质条件，矿体形状、产状，内部结构，矿石质量、数量和选冶性能，开采条件和水文地质条件进行全面

研究，以便为矿山建设服务提供全面资料。

综合评价是指在矿床勘探过程中要综合评价各种有用组分的工业价值。因为在大多数矿床中不只存在一种有用组分，往往有若干有用组分。如果对这些伴生和共生的有益组分不进行综合评价则有可能造成损失和浪费，反之则可能取得巨大效益。如加拿大马尼托巴伟晶岩矿床，原来作为锡矿勘探、开采。后来进行综合评价发现此矿床是一个巨大的钽、铍、铯多种有色金属矿床，使加拿大由一个缺钽国家成为著名的钽生产国。又如我国浙江东部一铅锌矿床，由于铅锌含量不高，其经济效益不好。后来经综合评价发现其中银含量很高，使之成为一大型铅锌银矿床。从国内外很多矿床勘探经验来看，综合评价可以明显降低矿床勘探成本，提高经济效益，缩短勘探周期。

4. 经济合理原则

在矿床勘探中投入的工程量越多，所获得的资料越多。但是随着工程量的增加，其勘探成本也愈高、周期愈长。因此在矿床勘探中要根据国家建设需要，从矿床的地质、开采条件出发选择合理的勘探手段和方法，提高各项工作效率、降低勘探成本。在保证必要的勘探程度前提下，力求用最合理的方法和最少的人力、物力，取得最好的成果和经济效益。这就是经济合理原则。

二、储量分级、勘探程度与勘探深度

（一）矿产储量分级

矿产储量，简称储量或矿量，是指有用组分或矿石在地下的埋藏量。矿产储量是矿床勘探的主要成果之一，也是制定国民经济计划、进行矿山建设和生产的重要依据。

1. 储量分级的意义

在矿床勘探过程中，人们对矿床的研究和认识是随着勘探工程控制的程度而逐步深入的，不同类型的矿床、不同勘探阶段、工程的控制程度不同，所计算的矿产储量的可靠程度不同，提供资料的作用也不同。因此有必要将矿产储量按其控制和可靠程度分为不同的等级，称为矿产储量分级。

矿产储量的分级对储量的计算、审批和利用，更加合理地做好矿床勘探工作，明确各级储量的工业用途都有重要意义。

2. 储量分级的依据

储量分级的主要依据是储量的可靠程度及其相应的工业用途。具体包括以下几个方面：

（1）矿体的形状、产状和空间位置的控制与研究程度。

（2）矿石质量和数量的控制与研究程度。

(3) 影响矿体的地质构造的控制与研究程度。

这些问题的控制与研究程度取决于探矿工程的种类、间距、施工质量及地质研究程度。

3. 矿产储量分级

根据经济技术条件和远景发展需要,根据《固体矿产地质勘探规范总则》(1992年)一般将矿产分为能利用储量和暂不能利用储量。

(1) 能利用储量 一般也称为表内储量,是指在当前经济技术条件下能开采利用的储量。根据储量的控制程度和工业用途,将矿产储量分为 A、B、C、D 四个等级。

①A 级储量是指用做矿山编制采掘计划的储量,由矿山部门探求。要求比较准确地控制矿体形状、产状和空间位置,矿石的工业类型和品级及其变化规律。

②B 级储量是矿山建设依据的储量,是地质勘探阶段的高级储量。要求比较详细地控制矿体的形状、产状和空间位置以及矿石品级及变化规律。

③C 级储量是矿山建设初步设计依据的储量。要求基本控制矿体的形状、产状和空间位置,基本确定矿石工业类型和品级及其变化规律。

④D 级储量是作为矿山远景规划依据的储量,也是进一步布置矿床勘探工作的依据,部分复杂矿床的 D 级储量也可作为矿山设计的依据。要求大致控制矿体的形状、产状和分布范围,大致确定矿石工业类型及品级。

(2) 暂不能利用储量 一般称为表外储量,是指在当前经济技术条件下还不能利用的矿产资源。

为了适应市场经济的需要,更好地与国际接轨,在综合考虑经济、可行性和地质可靠程度的基础上,采用符合国际惯例的分类原则。我国于 1999 年颁布的《固体矿产资源/储量分类》(GB/T17766—1999)对矿产储量重新进行了分类。

①分类依据:矿产资源经过矿产勘查可获得的不同地质可靠程度和经相应的可行性评价可获不同的经济意义,是固体矿产资源/储量分类的主要依据。据此,固体矿产资源/储量可分为储量、基础储量、资源量三大类十六种类型(表 2-3-14(a)和表 2-3-14(b))。

②分类:

a. 储量:是指基础储量中的经济可采部分。

b. 基础储量:是查明矿产资源的一部分。它能满足现行采矿和生产所需的指标要求(包括品位、质量、厚度、开采技术条件等)。

c. 资源量:是指查明矿产资源的一部分和潜在矿产资源。

表 2-3-14 (a) 固体矿产资源/储量分类

地质可靠程度 分类类型 经济意义		查明矿产资源			潜在矿产资源	
		探明的	控制的	推新的	预测的	
经济的	可采储量（111）					
	基础储量（111b）					
	预可采储量（121）					预可采储量（122）
	基础储量（121b）					基础储量（122b）
边际经济的	基础储量（2M11）					
	基础储量（2M21）					基础储量（2M22）
次边际经济的	资源量（2S11）					
	资源量（2S21）					资源量（2S22）
内蕴经济的	资源量（331）	资源量（332）	资源量（333）	资源量（314）?		

说明：表中所用编码 (111 ~ 334)，

第 1 位数表示经济意义：1——经济的；2M——边际经济的；2S——次边际经济的；3——内蕴经济的；?——经济意义未定的。

第 2 位数表示可行性评价阶段：1——可行性研究；2——预可行性研究；3——概略研究。

第 3 位数表示地质可靠程度：1——探明的；2——控制的；3——推新的；4——预测的；b——未扣除设计、采矿损失的基础储量。

表 2-3-14 (b) 矿产资源储量套改表

储量种类	地质研究程度		套改编码	归类编码
	储量级别	勘查阶段		
1. 正在开采、基建矿区的单一、主要矿产储量及其已 (能) 综合回收利用的共、伴生矿产储量以及因国家宏观经济政策调整而停采的矿产储量	A + B	勘探	111	111
			111b	111b
	C	勘探	(112)	111
			(112b)	111b
		详查	(112)	122
			(112b)	112b
	D	勘探、详查、普查	(113)	122
			(113b)	122b
			333	333

续表

储量种类	地质研究程度		套改编码	归类编码
	储量级别	勘查阶段		
2. 计划近期利用、推荐近期利用、可供边探边采矿区单一、主要矿产储量及其可综合回收利用的共、伴生矿产储量及 1993 年 10 月 1 日以后提交的勘探报告中属能利用（表内）a 亚类矿产量储量	A + B	勘探 详查 普查	121	121
			121b	121b
	C		122	122
			122b	122b
	D		（ 123 ）	122
			（ 123b ）	122b
			333	333
3. 因经济效益差、矿产品无销路、污染环境等而停建、停采，将来技术、经济及污染等条件改善后可能再建再采的矿区单一、主要矿产储量及其已（能）综合回收的共、伴生矿产储量	A + B	勘探 详查	2M11	2M11
	C		（ 2M11 ）	2M22
	D		（ 2M13 ）	2M22
		普查	（ 2M13 ）	333
	4. 因交通或供水或供电等矿山建设的外部经济条件差确定为近期难以利用、近期不宜进一步工作，但改善经济条件后即能利用的矿区的单一、主要矿产储量及其可综合回收的共、伴生矿产储量	A + B	勘探 详查	2M21
C		2M22		2M22
D		（ 2M23 ）		2M22
		普查	（ 2M23 ）	333
5. 由于有用组分含量低、或有害组分含量高、或矿层（煤层）薄、或矿体埋藏深、或矿床水文地质条件复杂等而停建、停采的矿区的单一、主要矿产储量及其已（能）及未（不能）综合回收利用的共、伴生矿产储量及闭坑矿区储量		A + B	勘探 详查 普查	2S11
	C	（ 2S12 ）		2S22
	D	（ 2S13 ）		2S22
6. 由于有用组分含量低、或有害组分含量高、或矿层（煤层）薄、或矿体埋藏深、或矿床水文地质条件复杂等确定为近期难以利用和近期不宜工作矿区的单一、主要矿产储量及其共、伴生矿产的储量，及表外矿	A + B	勘探 详查 普查	2S21	2S21
	C		2S22	2S22
	D		（ 2S23 ）	2S22

续表

储量种类	地质研究程度		套改编码	归类编码
	储量级别	勘查阶段		
7. 未能按上述要求确事实上编码的矿产储量	A + B	勘探	331	331
	C	详查	332	332
	D	普查	333	333

（二）矿床勘探程度

矿床勘探程度是指对矿床的地质和开采加工技术性能研究的详细程度。具体包括：对矿床成矿地质条件、矿体分布规律和矿体边界、矿体外部形态和内部结构、矿石的物质成分和技术加工性能、共生矿产及伴生有益组分、矿床开采技术条件及水文地质条件等方面的勘探和研究程度。在矿床勘探中矿床勘探程度表现为已经探明储量的级别、比例和分布情况。一般而言，在矿床地质勘探中 B 级储量越多、比例越大，说明矿床的勘探程度越高，反之表外储量越多、表内储量越少，则说明矿床勘探程度低。

合理的勘探程度主要决定于矿产的急需程度、矿床地质条件的复杂程度、勘探工程的投入程度以及矿区自然经济、地理条件等综合因素。如果勘探程度确定过高，不仅会超出矿山建设对地质资料和矿产储量的需要，而且勘探技术水平也可能达不到、经济上也不合理，还可能延长勘探时间、推迟矿山建设。反之如果勘探程度定得过低，又不能满足矿山建设需要，还有可能造成矿山设计方案产生错误、造成重大损失。因此矿床勘探程度既要满足矿山建设需要，又不能脱离矿床实际进行过高或过低程度的勘探。

（三）矿床勘探深度

矿床勘探深度是指矿床勘探后作为矿山建设设计依据的矿产储量的分布深度。一般指矿体最高标高至地下的垂直距离。目前矿床的勘探深度多在 400 ~ 600m 以内，矿体规模越大，矿石品质越好，矿床的勘探深度则可适当加大，反之则宜浅。同一矿体或同一矿区的勘探深度应控制在大致相同的水平标高，以便合理确定开采标高。矿床的勘探深度是衡量矿床勘探程度的因素之一。

合理的勘探深度取决于国家对矿产的需要程度，当前的开采技术和经济水平、未来矿山建设生产的规模、服务年限和逐年开采的下降深度以及矿床的地质特征等。一般对矿体延深不大的矿床最好一次勘探完毕，对矿体延深很大的矿床勘探深度应与未来矿山首期开采深度一致，在此深度以下可打少量深孔控制其远景，为矿山总体规划设计提供资料。

三、矿床勘探类型

（一）矿床勘探类型的概念及划分依据

1. 矿床勘探类型的概念

在研究和总结以往矿床勘探经验基础上,根据影响矿床勘探难易程度的主要因素(如矿体规模及复杂程度等)对矿床所进行的分类称为矿床的勘探类型。矿床的勘探类型既不同于矿床的成因类型,也不同于矿床的工业类型,它是一定期限矿床勘探经验的总结,在一定程度上可作为类似矿床勘探工作的借鉴,如在确定矿床勘探方法、探矿工程密度、勘探程度等方面进行参考。所以研究和划分矿床勘探类型是矿床勘探的重要内容之一。

2. 矿床勘探类型划分的因素

矿床勘探类型划分的因素很多,涉及地质、勘探、水文地质条件等多方面。但主要是矿体的规模大小以及矿体形状、产状、有用组分及其变化程度、地质构造的复杂程度。因此矿床勘探类型划分的主要依据包括以下几个方面:

(1) 矿体规模大小 矿体规模大小是影响矿床勘探类型最主要的因素。一般情况下矿体规模越大,形态越简单,越容易进行勘探;反之越难勘探。规模大、形态简单的矿体(如层状矿体)用较稀的探矿工程即可控制,而规模小、形态复杂的矿体要使用较密的探矿工程才能控制。

应当注意矿体规模与矿床规模之间的区别与联系,矿床规模是以矿床中有用组分的储量为依据,主要侧重经济意义,一个矿床可以由一个或多个矿体组成。矿体规模是指矿体的空间大小,侧重于矿体的几何意义。矿体规模没有明确的划分标准,不同矿种有所不同。一般而言,延长及延深超过 1000m,厚度数十米的矿体可称为大矿体,而延长及延深小于 100~200m,厚度不超过数米的矿体称为小矿体。

(2) 矿体中有用组分的分布均匀程度 有用组分的分布均匀程度也可称为矿石品位的变化程度,常用变化系数(V_c)表示,根据变化系数可将有用组分的分布均匀程度分为四类:

均匀分布	$V_c < 40\%$
较不均匀分布	$V_c = 40\% \sim 100\%$
不均匀分布	$V_c = 100\% \sim 150\%$
很不均匀分布	$V_c > 150\%$

变化系数在经济学中可称为变异系数,可通过下列公式计算:

$$V_c = \frac{\delta_c}{C} \quad (5-1)$$

式中 V_c ——变化系数;

$$\delta_c \text{——品位均方差;} \quad \delta_c = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_i - C)^2}{n}} \quad (5-2)$$

C ——矿石品位算术平均值;

C_i ——某一样品的矿石品位；

n ——参加计算品位的样品数。

一般情况下变化系数越大，表示有用组分含量的变化程度越大，矿床勘探难度越大。因此可利用品位变化系数确定矿床的勘探类型，为合理进行矿床勘探提供依据。

(3) 矿化连续程度 是指有用组分分布的连续程度。一般情况下，矿化连续的矿体比矿化不连续的矿体更易于勘探。矿化的连续程度可用含矿率 (K_p) 表示。

$$K_p = \frac{l}{L} \text{ 或 } K_p = \frac{s}{S} \text{ 或 } K_p = \frac{v}{V} \tag{5-3}$$

式中， l 、 s 、 v 分别为矿体中可采部分的长度、面积、体积， L 、 S 、 V 分别为矿体的总长度、总面积、总体积。

根据矿化系数可将矿化分为以下几种：

- 连续矿化 $K_p = 1$
- 微间断矿化 $K_p = 1 \sim 0.7$
- 间断矿化 $K_p = 0.7 \sim 0.4$
- 不连续矿化 $K_p < 0.4$

(4) 矿体形态、产状及地质构造复杂程度 是影响矿床勘探难易程度的基本因素，对矿山建设设计、生产起着重要作用。

矿体形态简单、产状变化小勘探就比较容易，反之矿体形态复杂、产状变化大就不容易勘探。矿体的产状还影响勘探方法、勘探工程间距等方面。

矿区地质构造影响矿体的形状、产状，特别是成矿后的地质构造对矿床勘探有很大影响，如成矿后断裂往往会破坏矿体的连续性，增加了矿床勘探的难度。所以地质构造的复杂程度也是影响确定矿床勘探类型的因素之一。

(二) 矿床勘探类型的划分

根据矿床勘探类型的划分依据，结合矿床勘探的实践经验，地质主管部门颁布了部分矿床的勘探类型，现将几种矿床的勘探类型列表如下（表 2-3-15 ~ 表 2-3-18）。

1. 铁矿床的勘探类型

表 2-3-15 铁矿床勘探类型

勘探类型	矿 体 特 征	实 例
I	矿体分布范围广，长达数千米以上，呈层状、似层状，厚度、产状和矿石质量稳定，构造简单到较简单。有的矿体中有少量夹层	本溪南芬，鞍山王家堡子等受变质沉积铁矿床；河北庞家堡海（湖）盆地沉积铁矿床等

续表

勘探类型	矿 体 特 征	实 例
Ⅱ	矿体沿走向长达 1km 以上，矿体形状较规则，常为层状、似层状或大型透镜体状，厚度、产状和矿石质量较稳定，构造较简单；或规模巨大，但受后期断层、岩脉切割穿插的矿体。矿体中常见夹层	河北迁安水厂、山西尖山和四川攀枝花等钒钛磁铁矿；江苏梅山、广东连平大顶、安徽凹山等接触交代型和与火山—侵入活动有关的铁矿床；内蒙古白云鄂博，海南石碌等铁矿床
Ⅲ	矿体规模一般为中型，形状不够规则，常呈似层状、透镜状和扁豆状，厚度、产状变化较大，矿石质量不够稳定，矿床构造中等或较复杂，矿体中夹层或包体较多	湖北大冶铁山、山东金岭铁山，河北邯邢的矿山村、玉泉岭、西石门、安徽马鞍山的姑山等铁矿床
Ⅳ	矿体规模小，形状复杂，一般呈中小型的透镜状，脉状、囊状、扁豆状和不规则状，厚度、产状变化大，矿石质量不够稳定。矿体多不连续，常组成矿体群	河北大庙、邯邢符山、江苏凤凰山、安徽马鞍山的大东山、吉林大栗子等铁矿床

2. 铜矿床的勘探类型

表 2-3-16 铜矿床勘探类型

勘探类型	矿 床 特 征	实 例
I	规模巨大，形态简单，厚度稳定至较稳定，主要组分分布均匀至较均匀的层状，巨大透镜状矿体	江西德兴铜厂斑岩铜矿
Ⅱ	规模大到巨大，形态简单至较简单，厚度较稳定，主要组分分布较均匀的似层状、大透镜状矿体	云南易门狮山变质岩层状铜矿
Ⅲ	规模中等到大，形态较简单至复杂，厚度较稳定至不稳定，主要组分分布较均匀至不均匀的似层状，透镜状、脉状矿体	甘肃白银厂火山岩黄铁矿型铜矿
Ⅳ	规模小到中等，形态复杂至很复杂，厚度较稳定至不稳定，主要组分分布较均匀至不均匀的透镜状、脉状、扁豆状、囊状矿体	安徽狮子山矽卡岩型铜矿
V	规模小，形态很复杂，厚度较稳定至很不稳定，主要组分分布较均匀至很不均匀的小透镜状、小囊状、小扁豆状、筒状矿体	辽宁华铜矽卡岩型铜矿

3. 磷矿床的勘探类型

表 2-3-17 磷矿床勘探类型

勘探类型	矿 床 特 征
I	矿层稳定，矿区（段）构造简单的大、中型沉积磷块岩矿床。其规模沿走向一般长达数十千米，沿倾向可达近千米至数十千米
II	矿层较稳定、矿区（段）构造简单，或矿层稳定，构造中等的沉积磷块岩矿床。其规模沿走向一般长达数千米至数十千米，沿倾向可达近千米至数千米
III	矿层（体）较稳定、矿区（段）构造中等，或矿层（体）不稳定、构造简单的沉积磷块岩和沉积变质磷灰岩矿床；或部分呈似层状产出的正变质磷灰石岩矿床。矿层（体）沿走向长一般在千米至数千米，沿倾向为数百米至近千米
IV	矿层不稳定、矿区（段）构造中等，或矿层（体）较稳定、构造复杂的各种成因类型的矿床，矿层（体）沿走向长数百至千余米，沿倾向常为数百米
V	矿体不稳定，构造复杂，或矿体不稳定至极不稳定、构造简单至中等的岩浆型及其他成因类型矿床。矿体规模小，沿走向和倾向一般均为数百至数十米

4. 煤矿床的勘探类型

表 2-3-18 煤矿床勘探类型

勘探类型	矿 床 特 征
I	构造简单，煤系地层沿走向及倾向产状变化不大，断层稀少，且对煤层影响很小，没有或者很少受岩浆岩影响
II	构造中等。煤系地层沿走向倾向产状有一定变化，断层较发育，有时受岩浆岩侵入的影响
III	构造复杂，煤系地层沿走向、倾向产状变化很大，断层发育，有时受岩浆岩的严重影响
IV	构造极复杂，煤系地层产状变化极大，断层极发育，有时受岩浆岩严重破坏

（三）确定矿床勘探类型的方法

矿床勘探类型的划分是为了指导新矿区的矿床勘探。对新矿区而言，属于哪一种勘探类型，这就需要根据矿产详查资料采用类比的方法加以确定。但是在类比确定矿床勘探类型时要注意以下几个方面：

1. 矿床勘探类型是前人对矿床勘探工作的总结，只能为类似矿床勘探提供参考和借鉴。在矿床勘探中应加强对所勘探矿床自身地质特征和变化规律的研究，从实际出发

进行有效勘探。

2. 在确定矿床勘探类型过程中, 各种因素既互相联系、又互相区别, 因此既要分析各种因素, 又要抓住主要因素, 以地质特征为基础、参考某些变化系数来确定矿床的勘探类型。

3. 在确定矿床类型过程中会出现一个矿床由多个矿体组成的情况, 有时一部分矿体属于一种勘探类型, 而另外一些矿体则属于另外一种勘探类型, 在此情况下应分清主次。如果主要矿体和次要矿体在同一地段重叠, 则以主要矿体为主; 若主要矿体和次要矿体分属不同地段, 可单独构成系统, 则主要矿体和次要矿体分别确定矿床勘探类型。

4. 确定矿床勘探类型的过程是人们对矿床认识逐渐深化的过程, 在矿床勘探过程中必须及时研究所获得的资料, 并试验、检查所确定的矿床勘探类型是否合适, 从而修正初期的结论, 如果不注意研究所确定的矿床勘探类型是否符合客观情况, 对勘探工作将会带来难以挽回的损失。

四、探矿工程的布置

(一) 探矿工程及其选择

1. 探矿工程

对矿床进行勘探必须通过一定的技术手段, 包括钻探、坑探、物化探等, 这些技术手段常称为探矿工程。钻探是矿床勘探时使用最广的一种技术手段, 主要用于追索和圈定矿体, 了解矿体与围岩的埋藏条件及矿石质量, 目前广泛使用岩芯钻。坑探是指用掘进方式挖掘坑道来揭露、观察和研究矿体, 并采集样品; 坑探所用的坑道包括水平坑道、垂直坑道、倾斜坑道及剥土、浅井及探槽等。物化探是利用矿体与围岩的物理性质及化学成分差异来研究矿体, 在一定条件下使用物化探配合地质工作可以大大提高勘探工作质量, 加快勘探速度, 降低勘探成本。在这几种勘探工程中, 坑探、钻探所花费的人力、物力、时间和经费远远超过地质、物化探。因此合理选择和布置勘探工程是矿床勘探的重要环节。

2. 探矿工程的选择

合理选择探矿工程可以从以下几方面考虑:

(1) 根据勘探任务选择探矿工程 在初步勘探阶段以地质、物化探以及浅井、探槽等探矿工程为主, 对矿体深部追索一般采用少量钻探工程。而在详细勘探阶段往往以钻探和坑探工程为主, 配合物化探及其他工作。

(2) 根据地质条件选择探矿工程 一般矿体规模大、矿体形态简单、有用组分分布均匀, 矿床构造简单, 矿体没有大的错断、缺失现象用钻探工程即可正确圈定矿体。如果矿体规模小、形态复杂, 则需采用钻探与坑探相结合或用坑探工程才能圈定矿体。

(3) 根据地形条件选择探矿工程 地形切割强烈地区的矿床有利于使用水平坑道勘探。而地形平缓地区的矿床则利用钻探工程更好, 如果矿体形态复杂, 矿化不够均匀, 所需储量级别又高, 则可利用垂直坑道或倾斜坑道工程勘探。

(4) 根据矿区自然条件选择勘探工程 如高山区搬运钻机困难, 可利用坑探工程探矿。严重缺乏水时也只好采用坑探。反之地下水涌水量很大的矿区, 只能利用钻探工程探矿。

(二) 探矿工程的布置原则

矿床勘探的目的是为了追索和圈定矿产详查中所发现的矿体, 从而确定它们的形状、产状和分布情况, 以及它们的质量和数量。为了达到上述目的, 探矿工程的布置需要遵循以下原则:

1. 探矿工程必须按一定的间距, 由浅入深、由已知到未知, 由稀而密的布置, 并尽量使各工程间互相联系, 以便获得各种参数和绘制勘探剖面图。
2. 探矿工程应尽量垂直矿体或矿带走向布置, 以保证沿厚度方向揭穿整个矿体或矿带。
3. 布置探矿工程时要充分利用原有工程, 以节约勘探费用和时间。
4. 采用平硐、竖井等坑探工程进行勘探, 则应使探矿坑道尽可能为将来开采时所利用。

(三) 探矿工程的总体布置

探矿工程的总体布置是指在探矿工程布置原则指导下, 将所选择的探矿工程按一定方式在所勘探矿床中进行布置的形式。为了使矿床勘探的总体布置能反映地质成果, 满足矿山建设需要, 常采用一系列相互平行的剖面系统。其基本形式有如下三种:

1. 勘探线

将探矿工程布置在一组与矿体走向垂直的剖面内, 从而构成一组相互平行的直线称为勘探线 (如图 2-3-31)。

勘探线是目前矿床勘探中应用最广的一种探矿工程总体布置形式。适用于产状清楚、缓倾斜的脉状、层状、似层状及透镜状等矿体的勘探。此外勘探线形式还受探矿工程种类限制, 除钻探外槽探、井探等都可布置在勘探线上 (如图 2-3-32)。

在布置勘探线时应注意:

- (1) 勘探线通常垂直矿体走向或基本垂直矿体走向布置, 当矿体走向有显著改变时 (如走向大于 20°), 可分区、分段布置。
- (2) 同一矿床勘探线的间距应基本一致。若矿体形态, 矿石品位变化较大时也可不一致。
- (3) 为便于综合作图, 同一勘探线上的工程, 应尽可能保持在该铅直剖面内, 如果

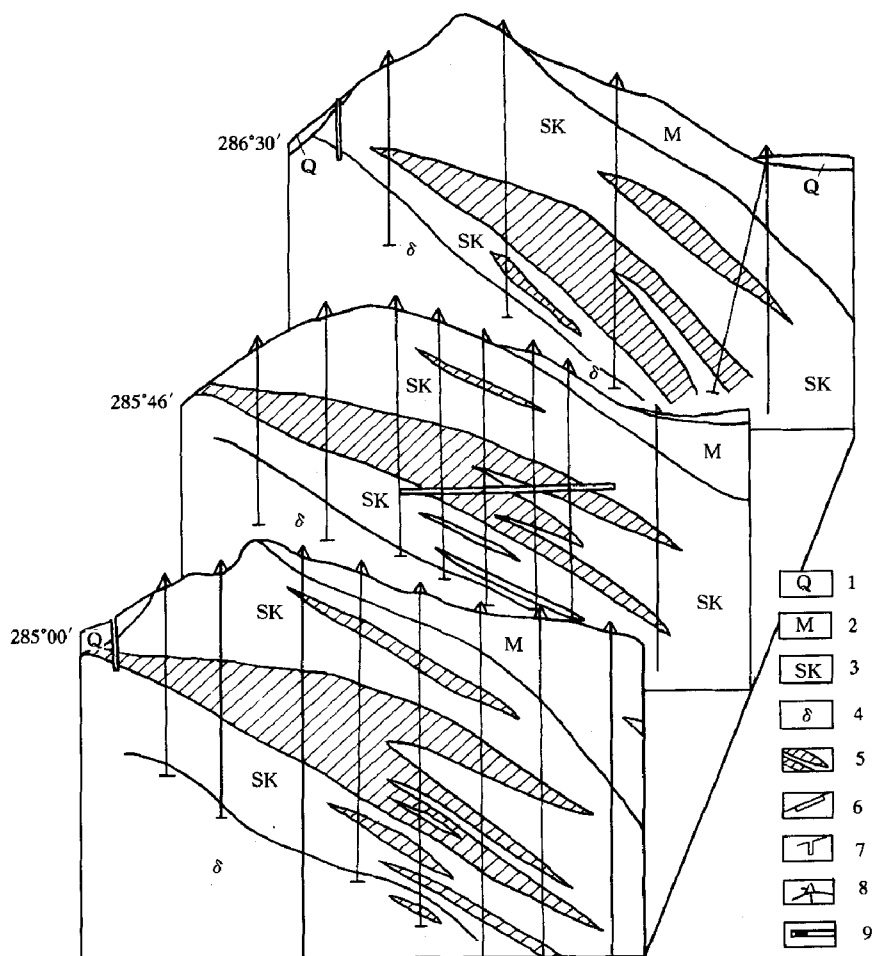


图 2-3-31 勘探线示意图

1—第四系；2—震旦系变质灰岩；3—砂卡岩；4—闪长岩；

5—矿体；6—探槽；7—浅井；8—钻孔；9—检查坑道；

限于地形、地物等影响施工时，在地质精度许可下也可适当地移动。

2. 勘探网

将勘探工程布置在两组不同方向勘探线的交点上组成网状的勘探工程总体布置形式称为勘探网。勘探网多用于产状水平或缓倾斜的层状、似层状及大型网状矿体的勘探。可获得 2~4 组不同方向的勘探剖面，便于揭示矿体在纵横两个方向的变化情况。勘探网上勘探工程的布置受到一定限制，只适用于垂直的勘探工程，如直孔钻、浅井等，当用斜钻孔勘探时不能构成勘探网。

常用的勘探网形式有正方形网、长方形网及菱形网（如图 2-3-33 ~ 图 2-3-34）。

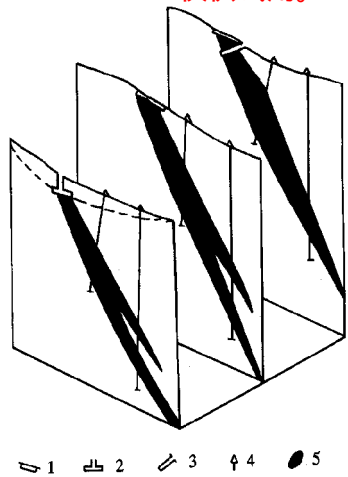


图 2-3-32 按照勘探线布置工程立体示意图
1—探槽；2—带叉子的浅井；3—小斜井；4—钻孔；5—矿体

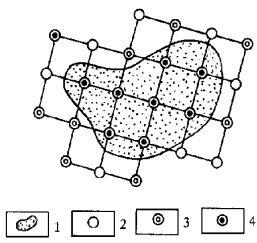


图 2-3-33 正方形勘探网
1—矿体在水平面上的投影；2—设计钻孔；
3—施工未见矿钻孔；4—施工见矿钻孔

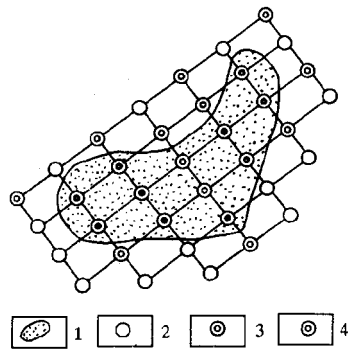


图 2-3-34 长方形勘探网
1—矿体在水平面上的投影；2—设计钻孔；
3—施工未见矿钻孔；4—施工见矿钻孔

正方形网常用于矿体平面大致为等轴状，矿石品位无明显方向性变化的矿体；长方形网常用于产状较平缓，呈条状分布的矿床。如果将长方形网各勘探线上的工程错开间距的二分之一则成为菱形网（或三角形网）。国外有人曾论证过三角形网最能发挥工程的控制作用，但由于所受限制较多，所以较少应用。

在矿床勘探中勘探网的形式并非是固定不变的，随着勘探工作的逐渐深入，采用不同的加密方式往往会改变网形及疏密方向。如用正方形勘探网进行勘探，发现某一方向变化较大时则可在该方向加密，从而将正方形勘探网变为长方形勘探网。所以在矿床勘探初期常采用正方形勘探网进行试探，然后再根据试探情况作进一步处理。

3. 水平勘探

用水平勘探坑道沿不同深度揭露和圈定矿体，构成若干层不同标高的水平勘探剖面。这种勘探工程的总体布置形式称为水平勘探。主要适用于陡倾斜的层状、脉状、透镜状、筒状矿体。

水平勘探坑道的布置应随地形而异。当地面比较平坦时，通常在矿体下盘开凿竖井，然后从不同深度开凿石门、沿脉、穿脉等坑道（如图 2-3-35）。当地形陡峭时可利用山坡从不同高度开凿平硐，在平硐中再开掘沿脉、穿脉等坑道以揭露和圈定矿体。水平勘探也可以与勘探线、勘探网配合使用。如水平勘探与钻探配合在铅直方向也构成成组的勘探剖面时，则成为水平勘探与勘探线相结合的工程布置形式。

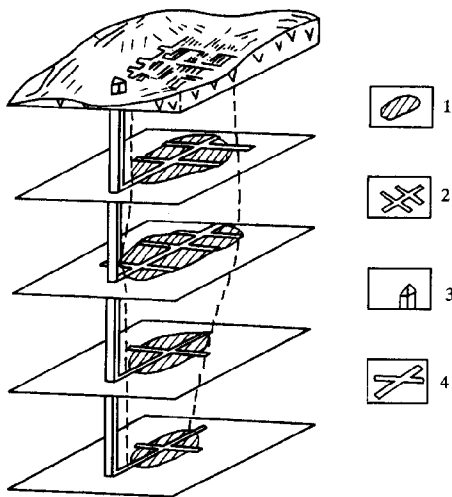


图 2-3-35 水平勘探筒状矿体

1—矿体；2—探槽；3—竖井；4—沿脉与穿脉坑道

(四) 探矿工程的间距

探矿工程的间距是指探矿工程之间的水平距离。常用“勘探网度”表示，如勘探网度 100m×50m，是指勘探工程沿矿体走向的距离为 100m，沿矿体倾斜方向的距离为 50m，当矿体倾角较大时也可表示为斜距 50m。合理的勘探网度决定于矿体的规模、形态和产状的变化程度，矿体内部结构，地质构造的复杂程度和预期探明储量的精度要求，勘探工程的类型。

在矿床勘探中确定工程间距的方法主要有以下两种：

1. 类比法

类比法是根据类似矿床的勘探经验确定勘探工程的网度。类比时主要从成矿地质条件、矿床地质特征等方面进行。类比法常用于矿床勘探初期。这种方法只是一种推理，是否符合所勘探矿床实际，还需要根据勘探过程中得到的资料验证。要根据新的资料对所确定的勘探网度进行修正，防止生搬硬套。

为了统一类比标准，全国储量委员会曾颁布各种矿产不同勘探类型矿床探明各级储量所用勘探工程间距。现以铁、铜、磷、煤矿床为例将其勘探工程间距列表（表 2-3-19~表 2-3-22）。

表 2-3-19 铁矿床探矿工程间距表

勘探类型	探矿工程间距（m）			
	B 级		C 级	
	沿走向	沿倾斜	沿走向	沿倾斜
I	200	100 ~ 200	400	200 ~ 400
II	100	50 ~ 100	200	100 ~ 200
III	50	50	100	50 ~ 100
IV	-	-	50	50

表 2-3-20 铜矿床探矿工程间距表

勘探类型	探矿工程间距（m）			
	B 级		C 级	
	沿走向	沿倾斜	沿走向	沿倾斜
I	100	100	200	100 ~ 200
II	50 ~ 60	40 ~ 50	100 ~ 120	80 ~ 100
III	40 ~ 50	30 ~ 40	80 ~ 100	60 ~ 80
IV			40 ~ 60	40 ~ 60

表 2－3－21

磷矿床探矿工程间距表

勘探类型	探矿工程间距（m）			
	B 级		C 级	
	沿走向	沿倾斜	沿走向	沿倾斜
I	400	200	800	400
II	200～400	100～200	400～800	200～400
III	100～200	50～100	200～400	100～200
IV	50～100	50	100～200	50～100
V			50～100	50

表 2－3－22

煤矿床探矿工程间距表

勘探类型	探矿工程间距（m）		
	A 级	B 级	C 级
I	750	1500	3000
II	375～500	750～1000	1500～2000
III		250	250～500
IV			

2. 稀空法

稀空法是指按一定方法将原有勘探网度放稀（即增加勘探工程间距），然后分析、对比放稀前后的勘探结果，从中选择合理勘探网度的方法称为稀空法。

应用稀空法时首先选择矿床中有代表性的地段，以较密的间距进行勘探，根据所获得的资料进行圈定矿体，计算储量等。然后将勘探工程密度放稀一倍或二倍，再进行矿体圈定、计算储量等，通过分析对比稀空前后的各种资料，从而得出较合理的勘探网度，再将此勘探网推广到所勘探矿床的其他地段。稀空法多用于矿床勘探后期或详细勘探阶段。

（五）探矿工程的地质设计

探矿工程地质设计是从地质角度出发，根据成矿地质条件、矿床勘探类型、布置原则，确定探矿工程的种类、空间位置以及有关技术问题。主要包括钻探工程设计及坑道工程设计。

1. 钻探工程设计

钻探工程设计包括确定钻孔截穿矿体的部位、开孔位置及钻孔的技术要求和钻孔理

想柱状图的编制。

(1) 钻孔截穿矿体部位的确定 要确定钻孔截穿矿体的部位，首先要根据勘探线（或勘探网）和详查资料编制矿体的理想剖面图，然后以地表矿体出露位置或已实施的探矿工程截穿矿体的位置为起点，沿矿体倾斜方向按选定的工程间距，根据矿体倾角大小，以水平距离（或斜距）沿矿体底板（或矿体中心线）量出钻孔将截穿矿体的位置。当矿体缓倾斜时（ $<30^\circ$ ），该工程多为水平间距（图 2-3-36（a））；当矿体倾斜较大时（ $>30^\circ$ ），该工程间距为斜距（图 2-3-36（b））。

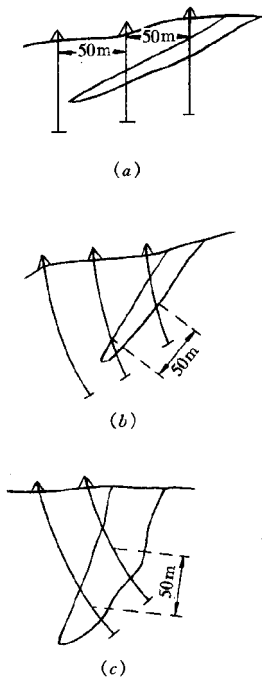


图 2-3-36 沿矿体倾向（斜）布置探矿工程示意图

若矿体成群分布，钻孔穿过矿体的位置则以含矿带的底板边界为准；若有数个彼此并行、大小不等的矿体时则以其中主要矿体为依据；若为盲矿，则以第一个见矿钻孔位置为起点，按所选定的工程间距沿矿体的上下两端定出钻孔截穿矿体的位置。所选定的工程间距沿矿体倾斜的上下两端定出钻孔截穿矿体的位置。

(2) 钻孔的孔口位置和钻孔倾斜角度及孔深的确定 孔口位置一般根据勘探网度及截穿矿体的位置确定。在此基础上还应考虑钻孔施工的技术条件，首先要求孔位附近要有较平坦的地形以便安置机场和施工材料；其次孔口应避开陡崖、建筑物、道路等。若孔口与地质设计要求矛盾时，允许在一定范围内适当移动。移动的距离应根据所探明储量的级别确定，一般在勘探线上可移动 10~20m，在勘探线两侧可移动数米。

钻孔倾角是指钻孔轴线与垂线之间的夹角。为了使钻孔尽可能垂直矿体厚度方向，

可根据矿体产状将钻孔设计成直孔，而对陡倾斜矿体常设计成斜孔。

孔深，一般根据地质要求确定，钻孔穿过矿体后在围岩中再钻进 1~2m 即可。如果矿体与围岩界线不清楚，应根据有关沿矿体倾向（斜）矿化、蚀变情况适当加大设计孔深。

（3）钻孔技术要求 设计钻孔的技术要求有：岩芯和矿芯采取率、钻孔倾斜角漂斜和方位角偏离、孔深验证测量、简易水文观测、物探测井和封口要求等。

（4）编制钻孔理想柱状图 钻孔理想柱状图是钻孔技术设计和施工的地质依据。它是根据勘探线设计剖面编制的。比例尺一般为 1:500~1:1000。其内容包括由上至下的岩性分层、各层钻进起止深度、矿层（矿体）起止深度、钻孔的技术要求及钻孔施工中应注意的事项（如岩石破碎、坍塌、掉块、涌水、流砂层、溶洞等）。

钻孔地质设计完成后，再将钻孔编号、坐标、方位角、开孔倾角、设计孔深，施工目的等列表归总，连同施工通知书提交钻探部门。

2. 坑道设计

坑道工程主要包括平硐、竖井、沿脉、穿脉等深部探矿工程。此类工程施工技术条件复杂，投资费用高，因而在设计时必须有明确的目的和充分的地质依据。同时为了使坑探工程能为今后开采所利用，应与开采部门共同研究，了解开采方案以及开采块段和中段的高度，以便正确进行地质设计。

在坑道地质设计中，新勘探矿区与生产矿山外围和深部不同情况的要求有所不同。在新勘探矿区坑道设计主要包括坑道系统的选择、坑道的布置等，而生产矿山则往往借助探采资料有针对性地进行坑道设计。

（1）勘探坑道系统的选择 坑道系统主要有平硐坑道系统、斜井坑道系统及竖井坑道系统。平硐系统主要用于地形起伏较大地区，斜井、竖井系统主要用于地形较平缓地区。平硐坑口位置应选择有较开阔的场地，岩层比较稳固，有较大面积堆放废石的凹地。坑口标高在历年洪水位之上。竖井一般多布置于矿体下盘的矿区近中心部位，井口位置地形应平坦，在历年洪水位之上，井筒应避开断裂带、流砂层和溶洞地带。

（2）探矿坑道的布置 探矿坑道主要指沿脉和穿脉。沿脉坑道一般布置在主矿体中，穿脉坑道用来圈定矿体范围及次要矿体。沿脉坑道设计长度大致与矿体长度一致或视需要而定，穿脉只需穿过矿体或含矿带即可。同一矿区内的穿脉坑道应布置在勘探线上，这样有利于编制剖面图。

探矿坑道设计好后，应在中段地质图和勘探线设计剖面图上标出坑道的方位、坑道长度以及坑道断面规格和坑道坡度等。坑道设计被批准后还应将坑道地质情况和水文地质情况等方面的资料送交施工部门，以保证施工安全。

第四章 地质编录和矿产取样

在矿床揭露之后，应对所有的探、采工程（探槽、浅井、坑道、钻孔等）进行全面认真的现场地质调查工作，并且仔细地、客观地收集矿床中矿石的数量、质量以及各种地质特征的全部资料。无论在地质勘探和矿山地质工作中都要进行此项工作，它是整个矿床地质研究工作的基础。此项工作包括原始地质编录和矿产取样工作。

第一节 原始地质编录简介

一、原始地质编录的概念与内容

地质人员到现场对各种探、采工程所揭露的矿体及各种地质现象进行仔细观察，并用图表和文字将矿体特征和各种地质现象如实素描和记录下来的整套工作，称之原始地质编录工作。它是收集第一手地质资料最基本的方法。所收集的资料是编制各种综合地质图件的基础，是进行综合研究的前提，也是评价矿床的重要依据。原始地质编录具体包括坑探工程地质编录和钻孔地质编录（或称岩心编录），编录的主要内容如下：

1. 素描图：用简易的皮尺、钢卷尺和罗盘等工具，测绘各种以矿体为中心的地质现象并将其画到坐标纸上，各种勘探工程的素描图见后述。

2. 文字描述：在野外记录簿上用规定的格式记录各种地质现象，如矿体产状、形状、厚度；矿石的物质组成及矿物共生组合、结构构造；矿体与围岩接触关系；围岩类型及其蚀变作用；地质构造及其控矿关系等。

3. 实物标本：采集有代表性的矿石、蚀变岩和各种围岩标本，以便进行综合研究。对一些特殊的标本，如化石、构造岩也要注意收集。

4. 照相：有条件情况下，对一些特殊地质现象，如矿体与围岩接触带、各种矿化穿插关系和地质构造现象进行拍摄，并附以简要文字说明。照相与素描图可互相取长补短。

二、原始地质编录的要求

为了提高编录的质量，使收集的资料真实可靠，并能客观反映矿床地质特征，要求在编录过程中，做到如下几点：

1. 编录的格式要统一、简明：如图表格式、工程编号与坐标、样品与标本的编号、岩石名称、地层划分标准、图例等都应统一、简明，便于对获取的资料进行分析对比。
2. 素描图要求重点突出：素描图及其文字记录均要求突出矿体或矿化部位。
3. 素描图的比例尺：可根据具体地质情况和要求而定，但一般情况下都要求为 1:50 ~ 1:200。
4. 文字描述：内容要求简单、明了、说明问题。
5. 编录工作：应及时经常地进行，并尽量简化一些不必要的手续，避免内容重复。

三、几种常见的原始地质素描图

在原始地质编录中，采用地质素描图来收集资料是使用最广泛而且也是最基本的一种方法。将各种探、采工程中所揭露的以矿体为中心的主要地质特征按照一定比例尺绘制而成的地质图件，称之为地质素描图。如探槽素描图、浅井素描图、坑道素描图、钻孔柱状素描图等就是几种常见的原始地质素描图。一般情况下，每个工程都要求绘制一张素描图。图上除详细表示以矿体为中心的各种地质现象外，还应有下列内容：矿区名称、工程名称及编号、工程方位及坐标、比例尺、样品及标本的位置与编号、样品分析结果表、工程平面位置图、图例、责任制表等等。采矿工作者虽然一般不直接参加现场地质素描工作，但常需查阅和利用这些原始资料，如到现场了解矿床地质条件，核对综合地质资料的可靠性。

（一）探槽素描图

此图是表示探槽所揭露的各种地质现象的图件。一般素描探槽的一底与一帮，只有当地质条件特别复杂时，才素描一底与两帮。实地的槽底与槽帮并不在同一平面上，而制图时则要求绘在同一平面上，为了把空间上两个位置不同的平面绘到同一平面上去，就需要将空间图形展开成平面图。

探槽素描图展开的方式有两种：即坡度展开法与平行展开法。其中坡度展开法使用较多，展开的步骤是：以槽帮所在的平面为基准，将槽底投影到水平面上；再把槽底的水平投影面沿着底和帮交线的投影线旋转到槽帮所在的平面上；最后将槽中的各种地质现象根据所需比例尺缩绘上去，即成一张一帮和一底的探槽素描图（图 2-4-1）。

从图 2-4-1 中可见，槽帮的底线与水平线的夹角就代表了该探槽的坡度角。此

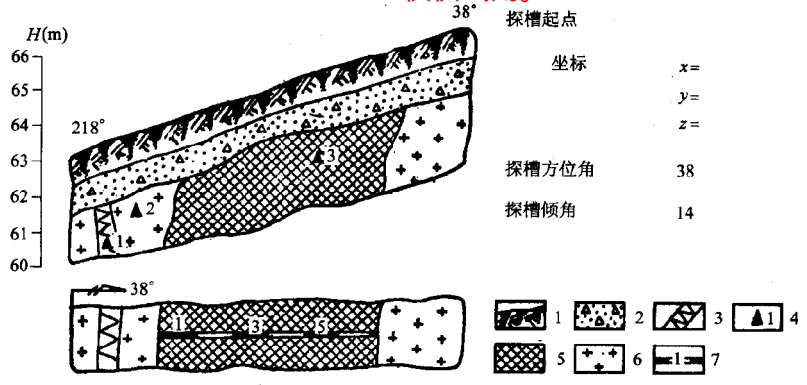


图 2-4-1 探槽素描图实例

1—腐殖土；2—山坡堆积；3—石英脉；4—标本采集位置与编号；
5—矿体；6—花岗岩；7—取样位置与编号

外，还会发现槽底比槽帮要短些，这是由于一定坡度的探槽，槽帮是原样的缩影，而槽底却是投影于水平面后的缩影，所以在素描图中槽底比槽帮显得短了些。

(二) 浅井素描图

此图是表示浅井（包括圆井和方井）所揭露的地质现象的图件。当地质情况简单时，一般只素描垂直矿体走向的一壁；当地质情况复杂时，则要求素描浅井的四壁，常采用四壁展开图。其展开的方式多用四壁平行展开法：就好像拿一个直立的火柴盒，从接头的地方把它撕开，按顺序展开成一个平面，每壁标上方位；并将浅井中所揭露的各种地质现象，按一定的比例尺缩绘在平面展开图上，即成一张浅井素描图（图 2-4-2）。只要掌握了它的展开方式，读图也就比较容易了。其他垂直坑道（如天井、溜井等）素描图的绘制方法均与浅井素描图相同。

(三) 水平坑道素描图

此图是表示各种水平坑道（如石门、沿脉、穿脉等）所揭露的地质现象的图件。绘制这种图伞的关键也是要把空间上三个位置不同的平面，通过展开的方式缩绘到同一个平面上去。其展开的方式也有两种：即外倒式和内倒式，如图 2-4-3 所示。目前大多数矿山都采用内倒式展开，只有某些矿脉细少，变化复杂的有色和贵重金属矿山采用外倒式展开。

坑道素描图的形式较多，如一帮一顶素描图、二帮一顶素描图、顶板及掌子面素描图、矿床特征素描图等。在实际素描时必须根据具体的地质情况和要求来确定。当地质情况较简单时，穿脉坑道中可用一顶和一帮素描，图，沿脉坑道中则常用顶板及掌子面素描图，如图 2-4-4 所示。当地质情况较复杂时，则多采用二帮一顶素描图，如图 2-4-5 就是一张内倒式展开的水平穿脉坑道素描图的实例。它的展开方法相当于顶板

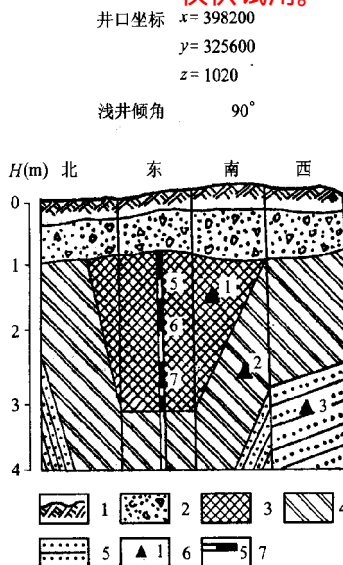


图 2-4-2 浅井素描图实例

1—腐殖土；2—山坡堆积；3—富矿体；4—贫矿体；5—围岩；

6—标本采集位置与编号；7—样品采集位置与编号

不动，以两帮与顶板的交线为轴，将两帮向上翻转至顶板所在的平面内，同时将坑道中所有地质现象按一定的比例尺缩绘到平面图上，即成为一张完整的坑道地质素描图。阅读这种图时，就好像是人站在坑道顶上向下看坑道的顶板和翻转后的两帮。

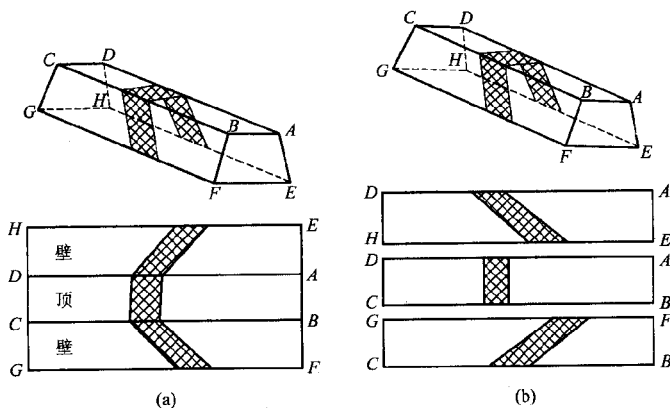


图 2-4-3 水平坑道展开示意图

(a) —内倒式展开；(b) —外倒式展开

此外，还需简单说明一下在素描时对拐弯坑道的处理方法：当坑道弯度不大时（即坑道方位角的改变小于 10° ），仍可按直线坑道进行素描；当坑道弯度较大时（即坑道方位角的改变大于 10° ），有两种处理方法：一是分段素描，二是采用展开图的形式进行素描。

描。

拐弯坑道所采用的展开图的形式又有两种：一是以坑道的一帮为基准，将顶板和另一帮按坑道拐弯角度的大小拉开，具体如图 2-4-6a 所示；另一形式是以顶板为基准，将一帮拉开，另一帮重叠，如图 2-4-6b 所示。目前矿山上多采用后一种形式。

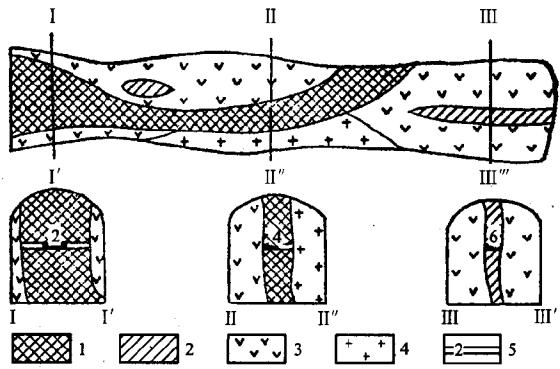


图 2-4-4 沿脉坑道顶板及掌子面素描图实例

1—富矿体；2—贫矿体；3—角斑岩；4—花岗岩；5—取样位置与编号

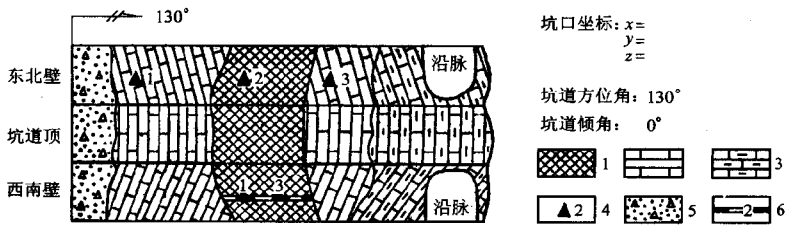


图 2-4-5 水平穿脉坑道内倒式展开素描图实例

1—矿体；2—石灰岩；3—硅质灰岩；4—标本采集位置与编号；
5—山坡堆积；6—样品采集位置与编号

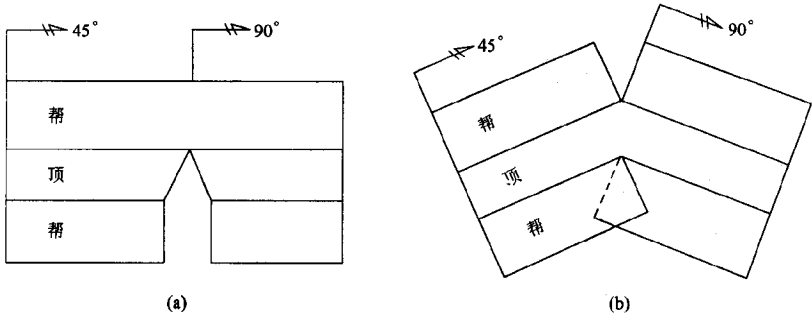


图 2-4-6 拐弯坑道展开示意图

（四）钻孔柱状素描图

此图是记录钻孔所揭露的地质现象的图件。其绘制方法是，根据在钻进过程中所提取出来的岩（矿）心，以自上而下的顺序，在图上采用各种符号将不同的岩性或矿体，以一定的比例尺，缩绘成一个柱状，这就是钻孔柱状图的主要部分。钻孔柱状图的格式和应表示的主要内容如图 2-4-7 所示。这种图（及表格）比较简单，容易看懂，故不详述其制图和读图的方法了。

钻 孔 柱 状 图

开孔日期：
 终孔日期：
 终孔深度：

勘探线号：
 孔 号：

孔口坐标：
 x =
 y =
 z =

钻孔倾角：
 钻孔方位：

回次进尺 m			岩心采取		换层深度 / m	层位	柱状图 1:200	岩性描述	取样情况				化验结果 / %			钻 孔 结 构
自	至	进尺	岩心长 / m	采取率 / %					编 号	自	至	样长 / m	TFe	S	P	

孔深测量结果

钻孔弯曲度测量结果

图 2-4-7 钻孔柱状图示意图

第二节 矿产取样

一、矿产取样的概念

在矿体的一定部位，按一定的规格和要求，采取一小部分具有代表性的矿石或近矿围岩，作为样品，用以确定矿产质量、某些性质和矿体界线的地质工作，称之为矿产取样。它的全过程包括：从矿体（或某些近矿围岩）上采取原始样品、样品的加工、样品的化验、化验资料的整理与研究等阶段。矿产的取样工作也同原始地质编录一样，在矿床地质研究的各个阶段（找矿、地质勘探、矿山地质工作）都要进行。假若矿石的质量是完全均匀的，那末取样工作可以很简单，只需任意采取少量样品就可以了。但实际上，自然界中任何矿体的矿石质量都是不均匀的，它们总是在空间上（即沿着矿体的走

向、倾向及厚度方向)有着不同程度的变化,所以在取样过程中,一定要注意样品的代表性、全面性和系统性。

二、矿产取样的种类

矿产取样的种类很多,但根据取样的目的,可分为化学取样、矿物取样、技术取样、技术加工取样四种。

(一) 化学取样

化学取样的目的,是通过对采集的样品进行化学分析,确定其有用及有害组分的含量,据此可以圈定矿体的界线、划分矿石的类型和品级、了解开采矿石的贫化和损失。从而为研究矿石综合利用的可能性,确定合理的采矿、选矿方法,做好采场矿石质量的管理等工作提供可靠的依据。化学取样的数量最多,应用最广,在矿床地质研究的全过程中,对绝大部分矿种以及各种探、采工程都要进行这类取样工作。

(二) 矿物取样(或称岩矿取样)

在矿体中系统的或有选择性的采取部分矿石(有时也包括近矿围岩)的块状标本,进行矿物学、矿相学及岩石学方面的研究,从而达到如下两方面的目的:一是确定矿石或岩石的矿物组成与共生组合、矿物的生成顺序、矿石的结构与构造,用以解决与成矿作用有关的理论问题;二是鉴定矿石中有用矿物及脉石矿物的含量、矿物的外形和粒度、某些物理性质(如硬度、脆性、磁性、导电性等)以及有用组分和有害杂质的赋存状态,用以确定矿石的选矿和冶炼加工性能。

(三) 技术取样(即物理取样)

其目的是研究矿石或近矿围岩的各种物理机械性质和技术性质。根据矿种的不同,又有两种情况:对于一般矿产来说,技术取样是为了确定矿石(有时也包括部分近矿围岩)的体重、湿度、松散系数、强度、块度等性质,为储量计算和采掘设计提供依据;对于某些非金属矿产来说,技术取样是确定矿产质量的主要方法。例如对云母矿来说,主要是确定云母片的大小、透明度、导电系数、耐热强度;对石棉矿则是确定其纤维长度、韧性、耐火强度;对压电石英则是确定其晶体的大小、颜色、压电性能等;建筑石料则要确定它的瞬时抗压强度、吸水性、导热系数、摩擦阻力等。技术取样的特点一般是以单矿物或矿物集合体为样品,采集时要特别注意其完整性,尽量避免损伤。

(四) 技术加工取样

其目的是通过对相当重量的样品进行选矿、烧结、冶炼等性能的试验,了解矿石的加工工艺和可选性质,从而确定选矿、烧结、冶炼的生产流程和技术措施,对矿床做出正确的经济评价。

技术加工取样可分为：实验室试验、半工业试验、工业试验等三种。实验室试验所需样品重量较小，可初步确定矿石的提取方法、回收率以及试剂的消耗量，评定矿产被利用的可能性；半工业试验和工业试验，则需采集大量样品，并尽可能在接近正式生产条件下进行试验，为选矿、冶炼设备的选择和工艺流程的确定提供可靠依据。技术加工取样虽在找矿、地质勘探、矿山地质工作等各阶段均可进行，但主要是在地质勘探阶段中，对于已经确立了工业价值，并用足够工程控制了工业储量的矿床，进行该类取样工作。在生产矿山，只有当改变选、冶方法或发现新的矿石类型（如大冶铁矿深部发现菱铁矿）时，才要求重做技术加工试验。

三、矿产取样的方法

人们在长期的取样实践工作中，总结出了各种取样种类的不同取样方法，其中尤以技术取样（物理取样）的取样方法繁多，几乎每个矿种都有不同的取样方法，只有矿物取样的方法较简单。现仅对化学取样和技术加工取样中常用的几种方法进行简要介绍。

（一）刻槽法

此法是在需要取样的矿体部位，开凿一定规格的槽子，将槽中凿取下来的全部矿石或岩石作为样品，它是取样中使用最广泛的方法之一。在使用此法的过程中，应注意以下几点：

- 1. 刻槽的基本原则：样槽应沿着矿体变化最大的方向布置，通常是垂直矿体走向而沿着矿体厚度方向，且样槽应从矿体的顶板刻到底板，并尽可能做到在刻槽前将矿（岩）表面弄平，槽子要直，断面规格要一致，从而避免造成系统误差。
- 2. 样槽的具体布置：在布置样槽的具体位置时，一方面要注意上述刻槽的基本原则，另一方面还要考虑施工的方便。在不同的探、采工程中样槽布置的具体位置一般是：探槽中样槽多布置于槽底中心线上（图 2-4-1）；浅井中多铅直布置于井壁上（图 2-4-2）；沿脉坑道中多布置于掌子面上（图 2-4-4）；穿脉坑道中多布置于坑道一帮的腰线附近（图 2-4-5）。
- 3. 样槽的断面形状及规格：样槽断面的形状有矩形和三角形两种，一般多使用宽度大于深度的矩形。断面的大小主要取决于矿化的均匀程度和矿体厚度。表 2-4-1 是在取样实践工作中所积累的样槽规格经验数字。

表 2-4-1 样槽断面规格参考表

<div>矿体厚度/m</div> <div>断面规格宽 × 深 / cm</div> <div>矿化均匀程度</div>	厚大矿体	中厚矿体	薄矿体
	2.5 ~ 2	2 ~ 0.8	0.8 ~ 0.5
均 匀	5 × 2	6 × 2	10 × 2

续表

矿化均匀程度	矿体厚度/m 断面规格宽 × 深 / cm	厚 大 矿 体 2.5 ~ 2	中 厚 矿 体 2 ~ 0.8	薄 矿 体 0.8 ~ 0.5
	不 均 匀	8 × 2.5	10 × 2.5	12 × 2.5
	极 不 均 匀	10 × 3	12 × 3	15 × 3

4. 样品的长度：样槽的长度一般是以切穿整个矿体为准，而单个样品的长度，多数情况下是以 1m 长为一个样品。当矿体厚度小于 1m 或 1m 左右时，样品的长度可与矿体的厚度相同；当矿体厚度很大且矿化均匀或矿山采场取样时，可放宽到 2 ~ 3m 或更长。

用此法取样时，单个样品的质量变化范围很大，可以从 0.5 ~ 50kg，一般为 2 ~ 5kg。它的优点是：代表性较强，取样工具简单。缺点是：劳动强度大，效率低，矿尘大，影响工人健康。为了克服其缺点，有的矿山已采用机械化刻槽取样，有的矿山采用了简易刻槽法（又称为直线刻槽法），即对于矿化均匀的矿床，可沿一直线刻取 1.5 ~ 3cm 深的小沟（样槽断面规格没有严格要求），将所刻出的全部矿石和夹石作为一个样品；对于矿化不均匀的矿床，则采用缩小样槽断面，加多样槽并列数目的办法，从而克服了上述缺点，并基本保证了样品的代表性。

（二）拣块法

是用一定规格的绳网，铺在所需采样的矿堆上，从每个网眼中间拣出大致相等的小块矿石，合并在一起，作为一个样品。每个样品的质量一般为 1 ~ 3kg。其优点是：效率高，操作简便，并具有一定的代表性。缺点是：对不同类型的矿石不能分别取样。这种取样方法常用于矿点（区）检查、在矿体中掘进的坑道、采矿掌子面以及矿车中的取样。在矿车中取样时，还常采用简化的五点梅花状或三点对角线的形式布置拣块取样点。

（三）方格法（即网格法）

是在需要采集样品的矿体出露部位，布置一定形状的网格，如正方形、长方形、菱形等，在网格交点处凿取大致相等的小块矿石，合并为一个样品。每个样品可由 15 ~ 100 个组成，总质量一般为 2 ~ 5kg。其优点是：效率高、比较简便，不同类型的矿石可分别取样。缺点是：薄矿体不适用此方法，只适用于厚度较大的矿体。

（四）打眼法

是在坑道掘进或采场回采时，收集炮眼中所排出来的矿、岩泥（粉），作为化学分析样品。使用时虽有某些局限性，并对生产进度有凶定的影响。但由于它具有效率高、

成本低、样品不用加工、代表性较强、可实现取样机械化等突出优点，所以在生产矿山取样中使用比较广泛，而且目前正在改进与推广之中。

（五）剥层法

是在需要取样的薄矿体出露面上，每隔一定距离剥取一定厚度（5~10cm）的矿体作为样品。每个样品的长度一般为1m。其优点是：代表性强；但因劳动强度大，效率低，故一般只用于检查上述几种取样方法的可靠性和矿化极不均匀的稀有或贵金属薄矿脉的取样。

（六）全巷法

是把在矿体内掘进的某一段坑道中爆破下来的全部（或在现场进行初步缩分后的部分）矿石作为样品，每个样品长度一般为1~2m，重量可达数吨至数十吨。其优点是代表性最强。但因其成本高，效率低，劳动强度大，所以一般只用于检查其它取样方法的可靠性、技术取样和技术加工取样等情况下。

（七）钻探取样

岩心钻机中的取样是将钻机中提取出来矿心用劈岩机劈成两半，取其一半作为样品，每个样品长度一般为1~2m，另一半保留下来，以备检查和地质研究用。当矿心采取率小于70%时，还要求补采矿泥（粉）作为样品。

（八）实测统计法

首创于我国某钨矿山，其方法是在坑道顶板或天井帮上，取2m长作为一实测统计单位（即一个样品的范围），用小钢尺测出矿体暴露的总面积和其中黑钨矿所占的面积，可用下式换算出黑钨矿体的矿石品位：

$$C = \frac{\sum S_w \times Q_w \times C_w}{(\sum S_q - \sum S_w) Q_q + \sum S_w \times Q_w} \times 100\%$$

式中 C ——黑钨矿体的矿石品位；

$\sum S_w$ ——一个样品范围内黑钨矿面积之和；

Q_w ——黑钨矿密度（6.7~7.5）；

C_w ——黑钨矿中 WO_3 的平均含量（74%）；

$\sum S_q$ ——一个样品范围内矿脉面积的总和；

Q_q ——石英密度（2.65）

上式仅适用于脉石矿物只有石英的黑钨矿脉，且假设其深度为1。

这种方法的优点是将样品的采取、加工和化验简化为一个步骤。但它们只适用于有用组分单一、有用矿物颗粒粗大、有用矿物与脉石矿物种类单一且易于区分的矿床。目前仅少数钨、锑矿山使用，至于其它类似这些条件的矿山，是否可以使用此法，有待今

后进一步研究。

（九）物理仪器测定法

是目前国内外正在大力研究和试用的直接在现场测定矿石品位的方法。例如：利用放射性测定仪器直接测定放射性元素矿产的质量；用电测法确定某些金属矿产的质量；使用较广泛的还是最近几年新出现的同位素 X 射线荧光分析仪，它能测出几十种元素的含量。手提式的此种仪器携带方便，可用于掌子面爆下矿石堆、岩（矿）心、岩（矿）泥（粉）的品位测定，加一个特制的探头后，还可将探头伸入到钻孔内测定品位。可以预计不久的将来，这些物理仪器测定法将会得到大量的推广。

必须说明一点，为了保证取样工作既经济又可靠，各个矿山应根据具体的情况，通过反复多次的科学试验，确定出最合理的取样方法。

四、化学样品的加工与化验种类

（一）样品的加工

所采集原始样品的质量是比较大的，常为 0.5 ~ 50kg。一般为 2 ~ 5kg。且样品的块度也是比较大的，而进行化学分析的样品，最终重量只需 1 ~ 2g。颗粒直径也要求小于 0.1mm。所以在进行样品的化学分析之前，必须对样品进行加工处理。它的具体步骤是：破碎→筛分→拌匀→缩分。将这一过程反复进行数次，直达到化学分析的要求为止。一般来说，原始样品的重量愈大，则加工的过程也就愈繁杂，愈慢，成本也愈高。为此，样品加工时必须遵守这样的原则：即过程要简单、速度要快、成本要低、缩减后样品的代表性要强。

（二）样品的化验种类

样品的化验种类主要有如下四类：

1. 基本分析（又名单项分析或普通分析）：只要求分析矿石中主要有用组分的含量，它是用来评价矿石质量最常用的一种分析，其样品数目最多，差不多每个样品都要进行这类分析。例如：铅、锌矿床中分析 Pb、Zn、Cu；铁矿床中分析全铁和可溶铁，当掌握了全铁和可溶铁之间关系的规律后，也可只分析全铁。

2. 多元素分析及组合分析：多元素分析是检验矿石中伴生的有用及有害元素的情况，借以提供组合分析的项目。组合分析则是为系统地研究伴生有用元素提供资料，其样品是由相邻的 8 ~ 12 个基本分析副样所组成的，而且必须按同一矿体的同一类型或同一品级矿石进行组合。

3. 合理分析：其目的在于区分矿石的类型和品级界线。如硫化矿床可划分为：氧化矿石、混合矿石、原生矿石等。样品的采取是以肉眼鉴定为基础的，在分界处附近采

集 5~20 个样品，作为进行合理分析的样品。

4. 全分析：就是将矿床中由光谱分析所确定的全部元素（只有痕迹者除外）作为分析项目，了解矿床中可能存在的全部化学成分及其含量，为研究成矿规律和矿石的综合利用提供资料。全分析样品可采用具代表性的组合样品，其样品数目视矿床的规模和复杂程度而定，一般为数个即可，最多不超过 20 个，并要求各种元素分析结果的总含量应接近于 100%。

第五章 矿山地质工作

矿山地质工作是矿山基建和生产过程中继续对矿床进行勘探和研究并进行生产管理的地质工作。矿山地质工作的主要内容包括两大部分，即生产勘探（有时还包括基建勘探）和矿山地质管理工作。

第一节 生产勘探

生产勘探是地质勘探及基建勘探的继续，其工作目的和意义包括：

①提高储量级别，为矿山生产设计、编制采掘进度计划、指导施工和生产提供依据；

②由于储量升级，可间接保证（回采、采准、开拓）三级矿量平衡；

③保证合理开发资源，开展矿产综合利用，减少矿石损失贫化；

④使矿山生产技术部门能更合理地选择开采方法、开采工艺措施；

⑤扩大矿床储量，延长矿山服务年限。

我国的矿山地质工作者，根据所工作矿区的地质特点、开采特点及开采的不同阶段所进行的不同生产勘探工作，给予生产勘探以不同的命名，例如：

①升级勘探：这是使低级储量升级所进行的生产勘探，是一种最普遍的生产勘探。

②二次圈定勘探：当矿块进入采准或矿房进入回采阶段，回采设计要求更准确地圈定矿体边界时所进行的一种生产勘探。

③“探边摸底”勘探：这是当矿体两端或延深边界不清时所专门进行的一种生产勘探。

④生产找矿：这是在开采范围内或其附近探找盲矿体、断失矿体或新矿种的勘探工作，有的矿山把此工作也归入“探边摸底”勘探。

一、生产勘探揭露矿体的工程手段

生产勘探所采用的揭露矿体的工程手段，与地质勘探比较，有很多共性，即地质勘探所用的各种勘探工程在生产勘探中仍然被采用，但各种工程采用的比重或目的则不尽相同，这就是说生产勘探在使用工程手段方面也有其特殊性，这是因为生产勘探工程手

段的选择要充分考虑矿山开采的实际情况。

(一) 露天开采矿山常用的生产勘探工程手段

在露天开采矿山的生产勘探中，探槽、浅井、穿孔机和岩心钻等是常用的技术手段。

1. 探槽

主要用于露天开采平台上揭露矿体、进行生产取样和准确圈定矿体。当地质条件简单，矿体形状、产状及有用组分含量稳定而又不要选别开采的矿山，用探槽探矿更为有利。

平台探槽的布置，一般应垂直矿体或矿化带走向，并尽可能与原勘探线方向一致。为节省工程可采用主干探槽与辅助探槽相间布置（图 2-5-1）。

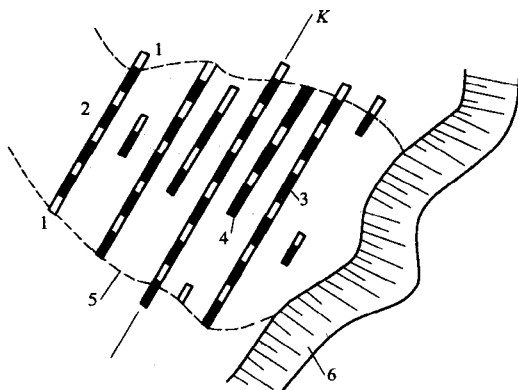


图 2-5-1 露采平台探槽布置

1—围岩；2—矿体；3—主干槽；4—辅助槽；

5—矿体边界；6—露天采边坡

2. 浅井

常用于探查砂矿或风化矿床的矿体，其作用是取样并准确圈定矿体，测定含矿率，检查浅钻质量。

3. 钻探

岩心钻是露天采场生产勘探的主要技术手段，一般孔深取决于矿体厚度及产状，常选用中、浅型钻孔。如矿体厚度在中等以下，可以一次打穿；如矿体厚度大、倾角陡时，一般孔深为 50~100m，只要求打穿 2~3 个台阶，深部矿体可采用阶段接力的方法勘探。为弥补上下层钻孔不能紧接的缺点，上下层孔间应有 20~30m 的重复部位（图 2-5-2）。

4. 潜孔钻或穿孔机

当矿体平缓时，可采用潜孔钻或牙轮钻，通过收集岩（矿）粉取样以代替探槽的作

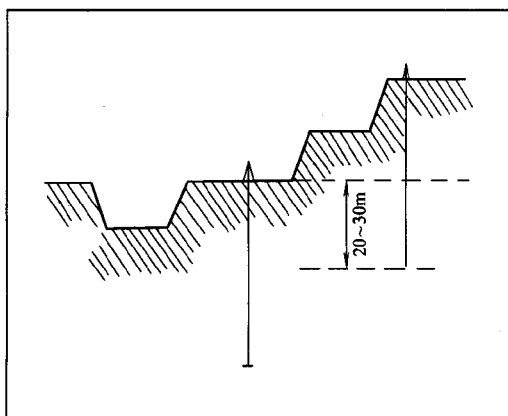


图 2-5-2 露采钻孔布置剖面示意图

用。样品的收集应分段进行，可在现场缩分后送去化验。

(二) 地下开采矿山常用的生产勘探工程手段

目前，我国地下开采的矿山中，普遍采用坑道勘探或坑道配合坑内钻进行生产勘探。在可能的情况下，中深孔或深孔凿岩也可以用于生产勘探，特别是二次圈定勘探。

1. 坑内钻（地下钻）探矿

坑道钻探是指在勘探坑道或生产坑道内进行的钻探工作，是地下采矿广泛采用的生产勘探手段，主要用于追索和圈定矿体深部延深情况，寻找深部和旁侧的盲矿体，也可以多方向准确控制矿体的形态和内部结构以及探明影响开采的地质构造等。坑内钻具有地质效果好、操作简便、效率高、成本低、无炮烟污染等优点，所以在我国矿山，使用坑内钻的范围已较广泛。目前常用的坑内钻的钻进深度一般为 100m，150m，300m 几种规格，钻杆直径一般为 33~43mm。

坑内钻在生产勘探中具有非常广泛的用途，例如：

(1) 探明矿体深部延深，为深部开拓工程布置提供依据（图 2-5-3）。

延展情况及产状示意剖面图

(2) 用坑内钻指导脉外坑道掘进。为控制矿体走向和赋存位置，先打超前孔，指导脉外沿脉坑道的施工（图 2-5-4）。

用坑内钻代替天井及副穿控制两个中段之间矿体形态与厚度的变化（图 2-5-5）。

(4) 用水平坑内钻代替副穿，圈定矿体工业品级界线（图 2-5-6）。

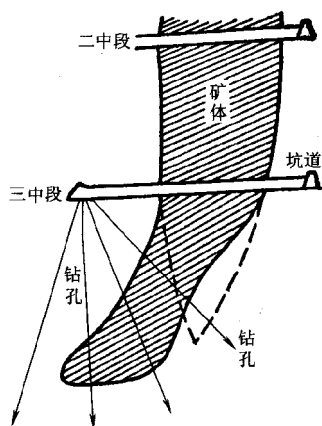


图 2-5-3 用坑内钻探明矿体

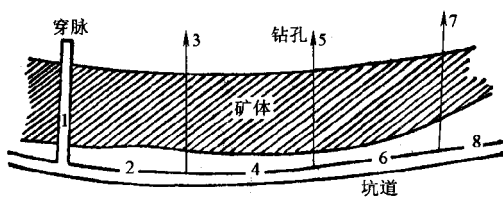


图 2-5-4 用坑内钻代替穿脉探矿以指导脉外平巷掘进示意平面图

1~8—表示施工顺序

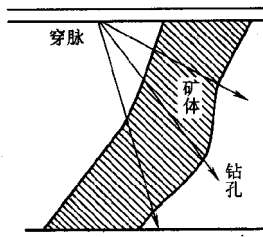


图 2-5-5 用坑内钻代替天井及副穿探矿示意剖面图

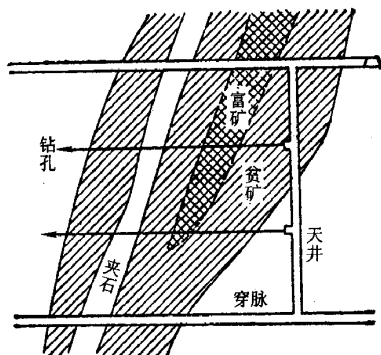


图 2-5-6 用坑内钻代替副穿探矿示意剖面图

(5) 用坑内钻代替穿脉加密工程, 提高储量级别 (图 2-5-7)。

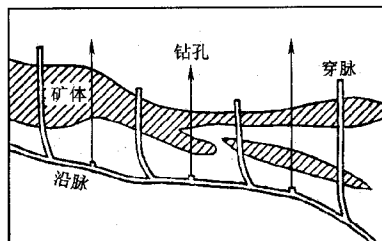


图 2-5-7 用坑内钻代替穿脉加密工程示意平面图

(6) 用坑内钻探明矿体下垂及上延部分, 圈定矿体边界 (图 2-5-8)。

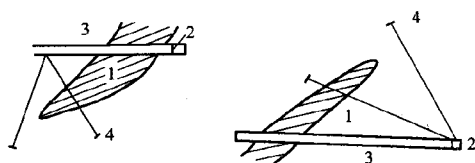


图 2-5-8 坑内钻探下垂和上延部分剖面图

1—矿体; 2—沿脉坑道; 3—穿脉坑道; 4—钻孔

(7) 探找构造错失矿体 (图 2-5-9)。

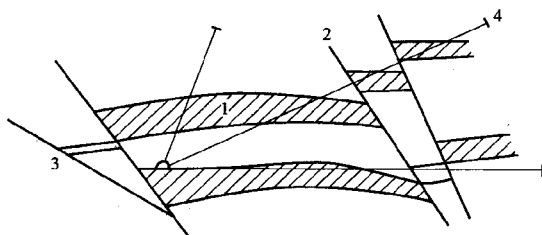


图 2-5-9 坑内钻探构造错失矿体剖面图

1—矿体; 2—断层; 3—沿脉; 4—钻孔

(8) 探矿体边部或空白区寻找盲矿体。

(9) 用扇形坑内钻控制形状复杂不规则矿体 (图 2-5-10)

(10) 探老洞或岩溶, 并可利用此种钻孔进行地下水疏干 (图 17-11)。如某有色金属矿 500m 中段大巷, 位于水库下面, 该地段暗河、溶洞发育, 为探清地下水情况, 当大巷施工到一定位置时, 先施工一个 200m 深的超前探水孔, 避免地下水患, 保证坑道施工安全。

近年来, 国内外在坑内钻探方面已广泛采用金刚石或人造金刚石钻头钻进, 它具有钻进速度快、岩(矿)心采取率高、可钻进特别坚硬岩石等优点。

2. 中深孔或深孔凿岩设备探矿

近二十几年来, 我国一些配有中深孔或深孔凿岩设备的矿山, 经常利用矿山已有的

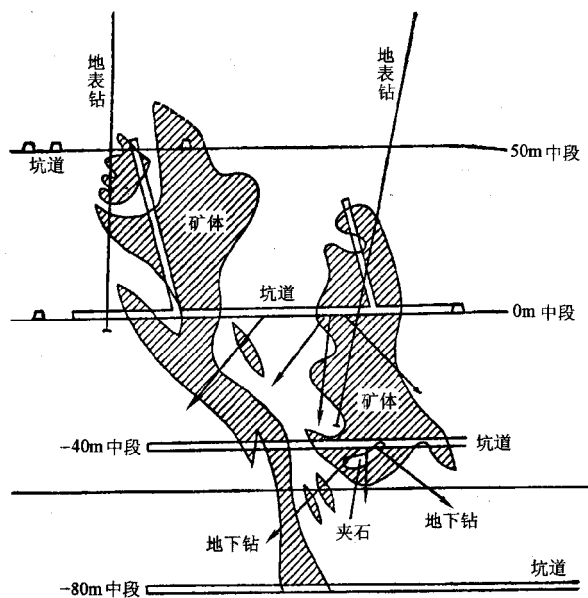


图 2-5-10 用坑内钻探形状复杂矿体示意剖面图

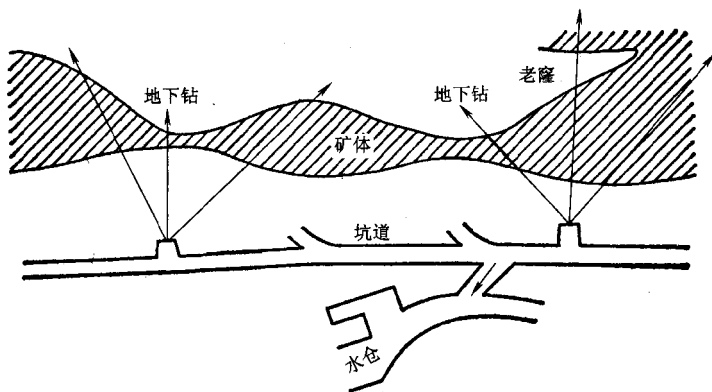


图 2-5-11 用坑内钻探老窿并疏干其中积水示意平面图

凿岩机进行探矿，也取得了良好效果。某铜矿近年来每年完成 2000 ~ 3000m 的深孔取样探矿工程量，可以代替 1000m 以上的坑探工程量。目前此种手段也亦成为矿山生产探矿的重要手段之一。

使用凿岩机进行探矿的作用是寻找附近的盲矿体，代替部分穿脉进行生产勘探，用于进一步加密工程控制，探矿体尖灭端和用于回采前对矿体的最后圈定等（图 2-5-12、图 2-5-13）。

凿岩机探矿的优点是设备的装卸、搬运比坑内钻更为方便，而且要求的作业条件也更为简单，特别是利用它在采场内进行生产勘探，其优越性更显著；比一般坑内钻更适于打各种上向孔；与坑内钻相比具有更高的效率和更低的成本，其效率可比坑内钻高 1

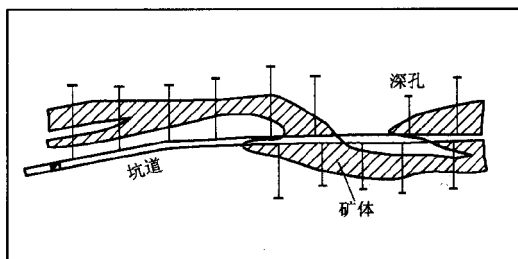


图 2-5-12 用深孔凿岩设备代替穿脉探矿示意平面图

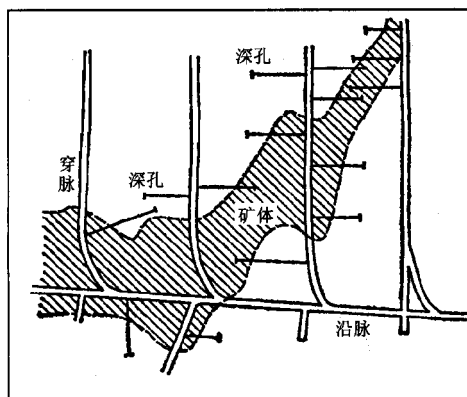


图 2-5-13 用深孔凿岩设备加密探矿工程控制示意平面图

~2 倍，而成本却更低；许多情况下可以实行探采结合，往往通过爆破用的炮眼孔取样，就可使此炮孔起探矿作用。凿岩机探矿的缺点是不适于打下向孔，所取样品不易鉴定岩性、岩层产状及地质构造等，当地质体之间成过度关系时，不易划准界线。

在使用此种探矿手段时有两种情况：一种是当岩泥与矿泥颜色不同时，可根据孔中流出泥水颜色的变化来确定矿体边界；另一种是当岩泥与矿泥从颜色上不易区分时，则必须分段取样经过化验来确定矿体边界。当然，如果必须确定矿石品位，则尽管用泥水颜色可以确定矿体界限，也必须进行取样和化验。

近年来，有些矿山还试验采用某些物理方法确定探孔中是否见矿及见矿位置，例如荡坪钨矿创造光电测脉仪以测定深孔中所见钨矿脉，取得良好效果。此外，加上适当探头的手提式同位素 X 射线荧光分析仪，也可用于此种探孔中对某些矿石品位的测定和确定矿体边界。

3. 坑道探矿 坑道探矿虽然成本高、效率低，但由于它具有某些特点，所以在生产勘探中，在一产定条件下，仍然要使用。坑探的特点是：

(1) 坑探对矿体的了解更全面，特别是对矿化现象及地质构造现象的观察均较钻探或深孔取样更为全面。

(2) 坑探可以及时掌握地质情况的变化，便于采取相应的措施，如改变掘进方向

等，以达到更准确地获得地质资料的目的。

(3) 钻探或深孔取样的勘探成本虽然比坑探低，但若利用开采坑道来探矿，则不存在成本高低问题。

(4) 假如使用坑内钻或深孔取样探矿，仍然必须有坑道接近矿体，这些坑道也是间接的坑探工程。

综上所述，坑探仍然是地下开采矿山生产勘探重要手段之一，但在生产矿山使用坑探时，应尽可能实行探采结合。

必须指出，以上各种探矿手段必须根据具体地质条件及开采条件综合运用，才能获得最好效果。

生产探矿时期所使用各种工程主要技术特征和适用条件，如表 2-5-1 所示。

表 2-5-1 生产勘探工程技术特征

工程种类	工程名称		主要技术规格	工 效	基 本 作 用
槽 井 探	探槽	山地探槽	底宽 0.5 ~ 1.0m，壁坡度 70° ~ 80°；长度等于矿体或矿带宽度	0.5 ~ 1.0	揭露埋深小于 5m 的矿体露头
		平盘探槽	断面 1.0 (宽) m × 0.5 (深) m；长度等于矿体或矿带宽度	5 ~ 10	剥离露天采场工作平盘上的人工堆积物
	浅井		断面 (0.6 ~ 1.0) m × (1.0 ~ 1.2) m；深度一般小于 20m	0.5 ~ 1.0	揭露埋深大于 5m 的矿体；多用于砂矿或风化堆积矿床
钻 探	砂矿		孔径 130 ~ 335mm； 孔深 15 ~ 30m	10 ~ 15	探砂矿
	露天炮孔		孔径 150 ~ 300mm； 深度 10 ~ 30m	15 ~ 20	取岩泥、岩粉、控制矿石品位
	地表岩心钻		孔径 91 ~ 150mm； 深度一般 50 ~ 200m，最大 600m	3 ~ 5	探原生矿床，多用于露天采矿
	坑内钻	岩心钻	孔径 91 ~ 150mm； 深度一般 50 ~ 200m，最大 600m	5 ~ 10	配合坑道探各类原生矿床
		爆破深孔	孔径 45 ~ 100mm； 深度 15 ~ 50m	15 ~ 20	探各类原生矿床

续表

工程种类	工程名称	主要技术规格	工 效	基 本 作 用
坑 探	平 巷 (穿脉、沿脉)	断面、坡度、弯道与生产坑道一致。纯勘探坑道断面(1.5 ~ 2.0 (宽)) m × (1.8 ~ 2.0 (高)) m; 坡度可达5%	0.2 ~ 0.8	在阶段、分段平面上, 沿脉控制矿床走向, 穿脉控制控制矿体宽度
	上、下山	断面同平巷、坡度 15° ~ 40°	0.2 ~ 0.8	用于缓倾斜矿体, 在阶段间控制矿体沿倾斜变化
	天 井		0.2 ~ 1.0	用于急倾斜矿体, 在阶段间控制矿体变化

注：工效单位探槽为 m³/工班，浅井为 m/工班，钻探及坑道为 m/台班

二、生产勘探工程的总体布置

在生产勘探中，除了必须根据具体条件选用合适的工程手段外，还必须细致地研究这些工程的合理布局，以便充分发挥各工程的作用。

(一) 生产勘探工程总体布置的原则

生产勘探工程的总体布置，除了应考虑地质勘探工程总体布置的那些原则外，还必须考虑下述原则：

1. 连续性原则：生产勘探是地质勘探的继续和深化，其工程的总体布置应尽可能保持与地质勘探的连续性，这样才便于充分利用原来已有的地质资料。因此，生产勘探工程所形成的剖面系统应尽可能与原有系统在总的方向上保持一致，而在此基础上加密工程，并根据新获得的资料修改原有资料，使之更准确地反映客观实际地质条件。
2. 生产性原则：生产勘探工作与整个矿山生产是紧密相连的，因它既应很好地与生产结合，又应很好地为生产服务。为此，它的工程布置应充分考虑采矿生产工程布置的特点。例如，地下开采矿山各勘探水平面间的垂直间距应与各开拓中段的间距一致，或在此基础上加密；而且加密工程的标高应充分考虑各种采准工程（如电耙道、凿岩道等）的分布标高，以利实行探采结合。又如，地下开采矿山各勘探剖面的水平间距应尽可能与采场划分长度一致，或在此基础上加密。再如，露天矿山当采用探槽进行生产勘探时，各勘探水平就是各开采平台，因此各勘探水平之垂直间距就是开采平台的高度。
3. 灵活性原则：尽管对一个矿体进行生产勘探的工程，最好能按一定的方向和系统进行布置，但是由于生产勘探要深入到矿体的各个部位，其中某些部位矿体的形状和

产状可能有较大的变化,因此在局部地段生产勘探工程的布置应有较大的灵活性。这样才能因地制宜地适应矿体的局部较大变化。在这些局部地段,不仅工程系统的方向或间距可以有所改变,甚至个别工程可以脱离总的布置系统而单独布置在某些必要的地点。

(二) 生产勘探工程总体布置的方式

根据初步总结,在生产勘探中,目前有下列几种总体布置方式:

1. 水平面式布置:即把勘探工程系统地布置在不同标高的水平面上,相当于地质勘探中的“水平勘探”式布置。

单纯的水平面式布置,在地下开采矿山,主要用于矿体走向长度不大,而且矿体在水平断面上形状及产状复杂的条件下。在该条件下,无论水平钻孔或水平坑道往往无法平行布置,因而要在不同标高的水平面上布置水平扇形钻孔(图2-5-14)或方向多变的坑道来追索和圈定矿体。此外,地下开采矿山当利用水平扇形深孔取样进行二次圈定勘探时,也往往在局部地段采用此种布置方式;露天矿山当单纯使用探槽对各个开采平台进行生产勘探时,也采用此种布置方式。

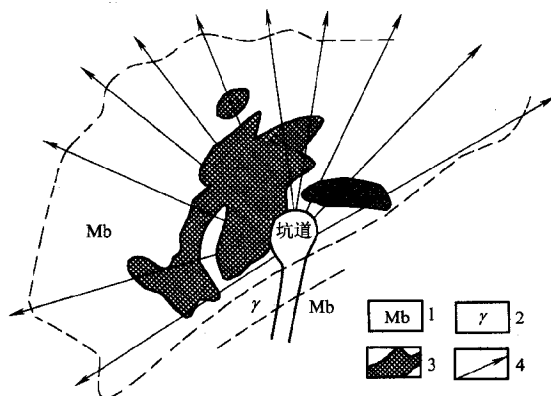


图2-5-14 用水平扇形钻孔进行生产勘探示意平面图

1—大理岩;2—花岗岩;3—矿体;4—钻孔

2. 垂直面式布置:即把勘探工程系统地布置在互相平行的垂直面上,各垂直面均垂直矿体走向。这种布置就相当于地质勘探中所谓的“勘探线”式布置,但“勘探线”这个名称是名不符实的,因为勘探工程实际上不是布置在线上,而是系统地布置在一些垂直面上。

单纯的垂直面式布置常用于生产勘探地段尚未有开采巷道工程条件下。例如,地下开采矿山对深部尚未开拓地段进行生产勘探时;露天矿山利用岩心钻对深部进行生产勘探时;个别地下开采矿山由于特殊原因主要采用地表岩心钻进行生产勘探时等。此外,地下开采矿山当利用垂直扇形深孔取样进行二次圈定勘探时也往往在局部地段采用此种布置方式。

3. 格架式布置：这种布置实际上是上述两种布置方式的结合。多适用于具有一定厚度的矿体正在进行开采地段的的生产勘探。例如某些地下开采的厚矿体，当上、下中段采用穿脉探矿，而上、下中段间又采用天井及副穿探矿时，这些工程系统就形成了格架式的布置方式（图 2-5-15），这只是最简单的格架式布置。如果矿体的外部形态和内部结构都很复杂，则可能还要利用电耙道（或电耙联络道）、凿岩道、切割道（或切割天井）或采矿进路等探采结合工程以及钻孔等进行生产勘探，这样就可以出现各种复杂的格架式布置。又如，露天矿山当采用探槽与钻孔（或爆破深孔取样）相结合进行生产勘探时，也属此种布置方式。这是生产勘探最常用的布置方式，因为用此布置方式可以取得更多有工程控制的地质剖面图和平面图。

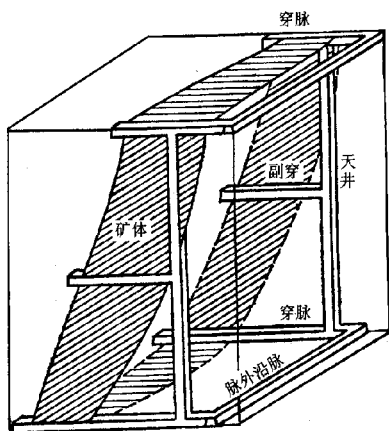


图 2-5-15 最简单的格架式生产勘探工程总体布置示意图

4. 棋盘式布置：这种布置是利用沿脉、天井或上山等坑道工程揭露矿体。这些工程把矿体分割成长方形（或方形）的矿块，而这些工程本身组成了状如棋盘式的坑道系统。这种布置方式主要适用于矿体厚度可被这些工程全部揭露的薄矿体。例如，某些急倾斜薄矿脉可用矿块上、下的脉内沿脉和两侧的天井包围揭露矿块进行探采结合的生产勘探；某些缓倾斜薄矿层可用矿块上、下的脉内沿脉和两侧的上山进行探采结合的生产勘探（图 2-5-16）。

必须指出，在同一个矿山，生产勘探的不同时期或不同地段往往要使用不同的布置方式。例如，有的地下开采矿山，对正在开采的地段进行探采结合的生产勘探采用格架式布置；对深部进行“探边摸底”勘探采用垂直面式布置；而对采场中某些地段采用深孔取样进行的二次圈定勘探则采用水平面式布置（或垂直面式布置）。因此，同一矿山应根据不同矿体和同一矿体中不同地段的地质及开采特点，因地制宜地灵活运用上述各种布置方式。

三、生产勘探工程的间距（网度）

生产勘探工程间距的正确制定，是既保证质量而又经济地进行生产勘探的关键。虽然在地质勘探时期已进行过勘探工程间距的分析研究，但是，由于当时勘探程度较低和缺乏开采资料作为对比，故其研究程度往往不足。因此，在矿山地质工作时期，有必要也有条件对勘探工程的合理间距作进一步的研究，以鉴定过去地质勘探资料的可靠性，并找出符合本矿特点的生产勘探工程间距。

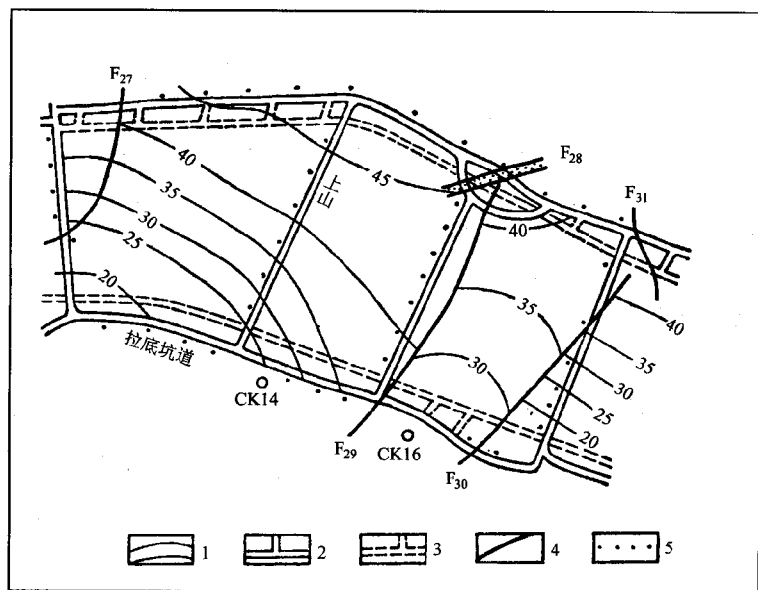


图 2-5-16 某矿棋盘式生产勘探工程总体布置示意水平投影图

1—矿层底板等高线；2—矿层中坑道；3—矿层底板中坑道；4—断层；5—厚度测点

（一）影响生产勘探工程间距选择的因素

生产勘探工程间距的选择不仅要考虑矿床的地质特点，而且还要充分考虑矿山的开采特点和探矿费用。

1. 在生产勘探中，选择工程间距所要考虑的地质因素是：

矿体规模的大小；

矿体的形状及厚度在走向及倾向上变化的复杂程度；

矿体的产状在走向及倾向上变化的复杂程度；

矿体内矿石品位在走向及倾向上变化的复杂程度；

矿体内不同矿石类型、品级以及夹石等分布的复杂程度；

矿体受地质构造变形、破坏的复杂程度等。

2. 在生产勘探中，选择工程间距所要考虑的开采因素是：

矿床的开采方式及开拓系统；

矿床的采矿方法以及对矿石损失、贫化的要求；

各种开采工程的具体布置及间距等。

3. 经济因素：生产勘探网度加密将增加探矿费用，但却可减少采矿设计的经济风险。当两者综合经济效益处于最佳状态时的网度应为最优工程网度。此外，生产勘探工程网度与矿产本身的经济价值大小亦有一定关系，价值高的矿产与价值低的矿产比较，勘探程度可以较高，相应的工程网度允许较密。

一般情况下，往往地质因素是基本因素，开采因素亦取决于地质因素，但开采因素常常也决定了地质因素中哪些因素应为主要考虑因素。

在考虑以上各种因素时，应具体分析，抓住主要因素来分析生产勘探工程的合理间距。例如，某沉积铁矿床，分布面积可延展数公里，显然此时控制矿体边界成为次要问题；在此情况下，如果地质构造对矿层破坏严重，对开采影响很大，则地质构造将成为选择合理工程间距的主要考虑因素；如果地质构造简单，而品位或厚度变化复杂，则品位或厚度的变化将成为主要考虑因素。

（二）生产勘探工程间距的确定方法

在矿山开采的初期，当还没有大量实际开采资料可作为对比资料时，生产勘探工程间距的确定往往还是应用地质勘探时期所常用的抽稀法。但是，生产勘探中最常用的确定工程间距的方法还是探采对比法，即利用开采中所取得的某地段实际地质资料，与该地段不同工程间距所取得的地质资料进行对比，以确定合理的工程间距。探采对比法应以最终开采资料为对比的标准和基数，但是某些采矿方法的回采过程不易获得系统而精确的地质资料，此时可采用生产勘探和所有开拓、采准、切割以至深孔取样等工程所获得的地质资料作为对比基础资料，实际上这种对比法也可以算是介于抽稀法与探采对比法之间的一种对比方法。

无论是抽稀法还是探采对比法，都不仅仅是对矿产储量的误差进行对比，而还应该对矿体的形状、产状、空间位置、地质构造及矿石质量等一系列地质因素进行全面对比与综合衡量。尤其是在生产矿山，这些因素中的某些因素的误差，可能比矿产储量误差对矿山开采设计及生产有更大的影响。

在上述因素的误差对比中，多数可以通过一定的误差允许范围来衡量，但也有某些因素的对比仅有定性的意义，而无具体的误差允许范围。关于误差的允许范围，有的在过去国家有关部门颁布的有关文件中有所规定，有的则尚处于探索之中。现仅能根据过去有关文件的规定及某些文献的见解，提供一些参考资料。

1. 矿产储量误差的对比 应进行不同储量级别、不同矿石类型及品级的矿石储量、金属储量或矿物储量的误差对比。有些部门认为，勘探储量与实际开采真实储量对比的

允许误差为：A 级储量 $\leq \pm 20\%$ ；B 级储量 $\leq \pm 30\%$ ；C 级储量 $\leq 45\%$ 。但是，有些矿山设计部门认为这种允许误差应为：A 级 $\leq \pm 10\%$ ；B 级储量 $\leq \pm 20\%$ ；C 级储量 $\leq \pm 40\%$ 。

如果进行抽稀法对比时，由于最密工程所圈定的储量其本身也不是非常准确的，所以对比时允许误差的要求应更严格些。一般认为，其允许误差应为：A 级储量 $\leq \pm 5\%$ ；B 级储量 $\leq \pm 10\%$ ；C 级储量 $\leq \pm 15\% \sim 20\%$ 。

2. 矿体厚度及形态误差的对比 可以从矿体厚度误差、矿体平面及剖面面积的总体误差及形态歪曲误差分别衡量对矿体形态的控制程度。

所谓面积总体误差，是指一定间距工程所圈定的面积与矿体较真实面积相比较的误差。所谓较真实面积就是根据最密工程或开采实际资料圈定的矿体面积。计算此种误差的公式为：

$$\text{面积总体误差} = \frac{S_u - S_c}{S_u} \times 100\% \quad (2-5-1)$$

式中 S_u ——矿体较真实的面积， m^2 ；

S_c ——一定间距工程所圈定的矿体面积， m^2 。

面积总体误差在其他因素不变的情况下，可采用各级储量误差的允许范围作为它的误差允许范围。

所谓形态歪曲误差，是指一定间距工程所圈定的矿体平面或剖面的形态与矿体较真实形态相比较，所有歪曲面积总和（不考虑其正负号）的误差。计算误差的公式为（参看图 2-5-17）。

$$\text{形态歪曲误差} = \frac{\sum S_n + \sum S_p}{S_u} \times 100\% \quad (2-5-2)$$

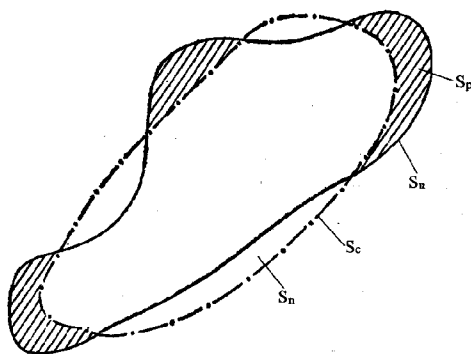


图 2-5-17 矿体圈定的形态歪曲示意图

（图中符号同公式（2-5-17）、（2-5-18））

式中 S_n ——圈定出来的比真实面积多出的局部面积， m^2 ；
 S_p ——圈定出来的比真实面积少的局部面积， m^2 ；
 S_u ——同前式。

形态歪曲误差是正负歪曲误差绝对值之和，可以储量允许误差的倍数为其允许范围。

3. 矿体空间位置误差的对比 可从矿体底（顶）板边界线的水平位移误差和垂直位移误差两方面进行衡量。一般说来，矿体底板边界线位移误差比顶板边界线位移误差对开采工程布置有更大的影响；但顶板边界线对深孔设计有影响，都应引起重视。这方面的误差允许范围，应根据各矿山开拓系统和采矿方法等特点具体确定。

4. 矿体产状及地质构造误差的对比 包括对矿体产状、破坏矿体的褶曲及断层、对矿体有影响的岩浆侵入体以及缓倾斜层状矿体底板等高线的了解及控制程度的对比。

矿体产状的允许误差，应根据其是否影响开拓系统及采矿方法的设计及施工，是否影响露天开采境界线的确定等因素而定。

地质构造方面的误差，主要应检查有无未被勘探工程控制的较大断层（在矿山一般指断距在 10~20m 以上的断层）；对已控制的断层还要检查所确定的断层的类型、空间位置和断距等是否正确。

5. 矿石质量误差的对比 主要通过以下各点衡量其误差的大小：

- 1) 矿石的品级及类型的圈定界线有无重大变化；
- 2) 矿石的平均品位有无重大变化；
- 3) 伴生有益及有害组分的控制程度。

某些矿山生产勘探工程间距列于表 2-5-2。

表 2-5-2 某些矿山生产勘探工程间距表

矿床特征及工程间距 矿山名称	矿床特征	地质勘探时 钻探间距	生产勘探时工程间距/m						备 注
			钻 探	穿 脉	中段或分段高	天井	槽 探	爆破孔 取 样	
庙儿沟铁矿	大型沉积变质矿床	$A_2 200 \times 100$ $B200 \times (150 \sim 180)$					A_1 (25~50) 下推台阶高 (12~14)	5×6	露 采
某铁矿	大型特种高温热液交代矿床	A_2 100×100 $B200 \times 100$ $C_1 200 \times 200$	$A_2 100 \times (100 \sim 120)$ $B200 \times (100 \sim 200)$				25		露 采

续表

矿床特征及 工程间距 矿山名称	矿床特征	地质勘探时 钻探间距	生产勘探时工程间距/m						备 注
			钻 探	穿 脉	中段或 分段高	天井	槽 探	爆破孔 取 样	
大冶铁矿	大中型接触交代矿床	A ₂ (100 ~ 150) × (70 ~ 75) B150 × (50 ~ 75) C ₁ > 150 × (50 ~ 75)	A ₂ 或 B (25 ~ 35) × (20 ~ 30)					开采中 进行穿 孔取样	露 采
大庙铁矿	中型晚期 岩浆矿床	B50 × (30 ~ 60) C ₁ 50 × 50 (B 级为坑探)		A ₂ (20 ~ 30) (辅以水 平钻) K (20 ~ 30)	A ₂ 30 B60				坑 采
凹山铁矿	中型气成 高温热 液矿床	B50 × 50 C ₁ 100 × 100	A ₂ 50 × 25 B50 × 50						露 采
青山冲铁矿	小型、复 杂淋滤型洞 穴充填矿床	较密间距亦 仅能求 得 C ₂ 级	控制边界	10 ~ 20	30	30 ±			因形状很复 杂工程间距 常有变化
铜绿山铜矿	中型较复 杂接触交 代矿床	C ₁ 50 × (50 ~ 70)	25 × 25						露 采
东江铜矿	小型较简 单沉积层 状矿床	C ₁ 50 × 50			40(斜距)	20			坑 采
力马河镍矿	中小型复 杂岩浆矿床	B50 × 50 C ₁ 100 × 50		12 ~ 25	30				坑采地质勘 探网度太稀
水口山 铅锌矿	大型复杂 接触—热液 交代矿床	C ₁ 80 × 25		15	40(20m 拉 盲中段)				坑 采
黄沙坪 铅锌矿	中型、复杂 交代矿床	C ₁ 东部 100 × 50 其他 50 × 50		25 ~ 50	30(18m 拉 盲中段)	50			坑 采
焦家金矿	大型破碎 带蚀变 岩型金矿	C100 × 120 D240 × 120		B30 × 10 C30 × 40 D60 × 80					坑采 + 露采
金 厂 峪	大型变质 热液金矿	C40 × 40 , 40 × 80 (C 级为坑探) D160 × 120		A6 × 7 ; B20 × 13 C40 × 40 ; D80 × 80					坑 采

四、生产勘探中的探采结合问题

实行探采结合是生产勘探技术发展方向之一，近年来在我国许多矿山已取得丰富经验。特别是地下开采矿山，有大量开采工程可以与生产勘探结合使用，探采结合更是有大可为。本节着重介绍地下开采矿山探采结合中的有关问题。

（一）探采结合的意义

实行探采结合具有重大意义：它不仅可将生产勘探与开拓、采准及回采密切结合起来，减少单纯探矿坑道的掘进量，而且节省大量人力、物力和资金；又可使矿山坑道系统的布置更为合理。例如，图 2-5-18 与图 2-5-19 是胡家峪铜矿实行探采结合前后开拓水平坑道系统的对比。由图中可看出，在实行探采结合前，单纯探矿工程量很大，而且探矿坑道与开拓坑道各成一套，造成坑道系统的紊乱、互相干扰和复杂化；而实行探采结合后，中段水平探矿工程大部分利用了开拓工程，整个中段水平的坑道布置也更合理了。

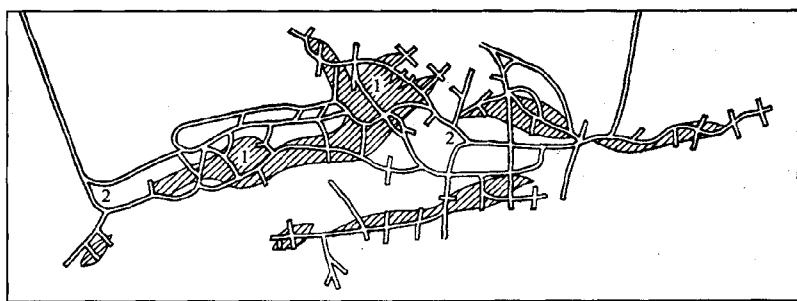


图 2-5-18 胡家峪铜矿探采结合前 3~5 号矿体二中段的开拓与探矿工程
1—矿体；2—坑道

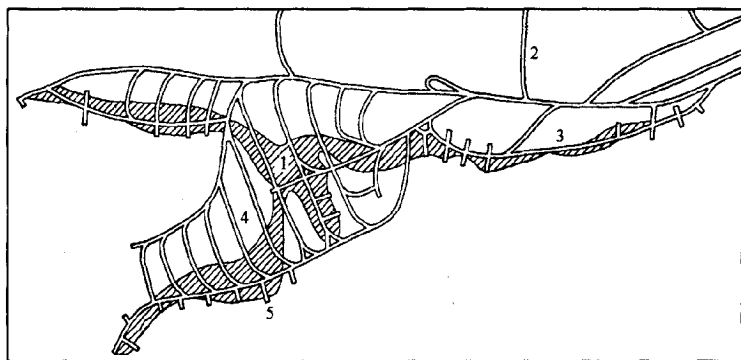


图 2-5-19 胡家峪铜矿探采结合后 3~5 号矿体五中段的开拓与探矿工程
1—矿体；2—石门；3—沿脉运输道；4—穿脉循环运输道；5—专门探矿穿脉

（二）探采结合的方法和步骤

根据一些矿山的经验，要搞好探采结合，首先，采矿人员和地质人员必须从各自的业务小圈子中跳出来，树立全局观点，从思想上重视探采结合。只有思想上先结合起来，统一起来，才能做好技术上的结合。

其次，从技术上的结合来看，从开拓、采准到回采，从设计到施工，矿山地质人员和采矿人员在各个工作程序中都要紧密配合。

1. 生产勘探与矿山开拓的结合 在生产勘探与开拓的结合中，一般先由矿山地质人员根据地质勘探队提供的地质资料和上一中段的地质资料，提出新开拓中段的初步地质资料。然后根据开拓方案和探矿方案的要求，由采矿人员编制开拓设计，再由地质人员补加生产勘探设计，并共同选择可进行探采结合的工程，相互照顾这些工程能为探采两方面所用。同时，矿山地质和采矿人员还要共同研究确定合理的施工顺序。其原则是优先掘进探采结合工程和专门探矿工程，并使其适当超前于其他开拓工程，以便及早掌握该中段矿体的形态。等到基本掌握了该中段平面矿体的形态后，可适当修改开拓设计，再掘进其它开拓工程。这样才能防止由于矿体形态的变化，而使其他开拓工程的掘进方向发生过多的摆动。

在开拓工程的施工中，一般以地质人员为主，采矿人员配合掌握施工方向。此时，为了适应矿体形态及位置的变化，有时需要适当改变坑道掘进方向，但是应该注意不要使坑道拐弯过多或打得过于弯曲，以免不利于以后的运输使用。当上述开拓和生产勘探工程施工全面结束后，对于矿体形态或地质构造复杂而控制不够的地段，还可采用坑下钻探或深孔取样加密工程密度，为转入采准时期的探采结合作好准备。

2. 生产勘探与采准的结合 在生产勘探与采准的结合中，一般先由矿山地质人员根据上、下中段水平生产勘探所获得的地质资料，提出将要进行采矿方法设计地段的初步地质资料，作为采矿方法方案选择和探采结合设计的依据。根据这个资料，由采矿人员初步确定采矿方法和采准方案，然后由矿山地质和采矿人员联合研究提出探采结合方案，并联合进行采场的探采结合施工设计。探采结合的采准工程可以采矿人员为主进行设计；补加的专门探矿工程以地质人员为主进行设计。同时，矿山地质人员与采矿人员还要共同研究确定合理的施工顺序。在确定施工顺序中，应以保证尽快探清矿体为原则，以便为全面的采准施工设计及施工创造条件。特别应优先施工那些探矿意义大的工程，以及那些即使矿体有变化也不影响其在采矿中使用的工程。例如，某些用沿脉电耙道开采的采场，矿体底板界线的变化，对电耙道位置的选择影响很大，而对穿脉切割道的布置却影响不大。据有的矿山报道，电耙道位置如与矿体底板界线不相适应，相差一米距离即可能增加矿石损失率5%~11%。在此种情况下，就必须优先施工上一分层的穿脉切割道，以查清矿体底板界线，指导下一分层电耙道位置的选择及施工。

在上述采准的探采结合工程和专门探矿工程竣工后，由地质人员整理出采场地质资

料,采矿人员据此再进行全面的采准施工设计。

采准工程施工全部结束后,如果某些地段对矿体的控制程度尚不能满足回采设计的要求,还可以补加一些专门的简易探矿工程或利用探采结合的深孔炮眼,对矿体作最后圈定,以作为回采的依据。

必须强调指出,在上述探采结合的设计过程中,必须注意尽可能使探矿工程系统与开采工程系统相协调,以利探采结合。例如,勘探剖面方向应尽可能与开采穿脉坑道方向一致,探矿工程间距应尽可能与开采工程间距一致或成简单比例关系等。此外,还必须注意所设计的探采结合工程,其断面规格、弯道系数及坡度等都必须满足开采使用要求。

(三) 可供探采结合的工程

在探采结合的各种设计工作中,必须认真选择可供探采结合的工程。根据编者初步总结,不同条件下可供探采结合的工程有:

1. 地下开采条件下

(1) 薄矿体:当坑道断面能揭露矿体全厚度时,所有脉内沿脉性质的坑道(如沿脉运输平巷、拉底坑道等)和脉内天井或上山均可作为探采结合工程。当上述坑道断面不能揭露矿体全厚度时,这些坑道仍然可以作为探采结合工程,但必须辅以某些简便的探矿工程,如打眼法取样或短穿脉等。当沿脉运输平巷布置于矿体底板围岩中时,当然此平巷不能直接起探矿作用,但有时可起间接探矿作用,如探查破坏矿体的地质构造,或从此平巷打坑下钻、探采结合的安全口等。

(2) 中厚矿体或厚矿体:在此条件下,所有穿脉性质的坑道都可作为探采结合工程,包括:开拓水平的各种穿脉性质的运输道(或运输联络道);采场中各种穿脉性质的工程,如电耙道(或电耙联络道)、进风道、回风道、凿岩道(或穿脉进路)及切割工程等。此外,凡是能切过矿体边界的采准天井、上山、溜井及切割天井等也可起一定的探采结合作用;部分爆破用中深孔或深孔取样也可用于探矿。

如上所述可见,可以作为探采结合的工程是很多的,但在地质条件简单或工程密度足以控制矿体变化时,不见得把所有可以作为探采结合的工程都用于探矿,只要选择部分工程实行探采结合即可,但对不起探矿作用的开采工程,仍然要进行地质编录工作。

2. 露天开采条件下

当矿体倾角不太陡时(小于 60° 时),爆破用深孔(通过牙轮钻或潜孔钻凿岩过程的取样)可用于探采结合。但潜孔钻干凿岩时岩(矿)粉易飞扬,取样可靠性尚较差,有待进一步研究解决。此外,在某些情况下,台阶坡面、爆破硐室或浅井、某些堑沟等也可起一定的探采结合作用。

第二节 矿山地质管理

矿山地质部门与矿山其他生产、技术部门共同参加的生产管理，称矿山地质管理。该项工作主要有以下几方面的管理工作。

一、矿量管理

在矿山生产中，矿石产量是完成生产任务的主要指标之一。矿石产量指标的完成与原矿石储藏量有关，同时也和生产勘探程度以及开拓、采准和回采工作的衔接情况有关。而这些工作都要通过矿量管理工作以保证其协调进展。此外，为了减少开采中矿石的损失，也必须开展矿量管理工作。矿量管理工作的主要内容有：

（一）储量变动的统计

任何一个生产矿山，随着矿石的不断采出，开采过程中矿石的损失，以及生产勘探过程中对矿体边界、品位等的修改，新矿体的发现等等，矿石的储量数字经常处在变动状态之中。为了对矿石储量的变动做到心中有数，矿山地质部门必须开展下列的储量变动统计工作：

1. 以采场为单位建立矿量台账。其目的在于掌握该采场从采准到开采结束，各时期矿量的采出、损失及结存的变化情况。
2. 按年度（必要时按季度）统计全矿山开采的矿量变动，编制矿量变动报告表。
3. 每年向国家有关领导部门呈报矿产储量平衡表。

（二）高级储量保有程度的检查

矿山保有一定数量的 C 级以上的矿产储量是确保矿山正常生产的基本条件之一，但直接保证生产与提供采矿准备工程设计用的是高级储量（即 B 级以上的储量）。因此，每个矿山企业除了要求保有足够数量的工业储量外，还特别要求保有一定数量的高级储量。高级储量的保有程度，以能保证生产衔接为原则。在此基础上，可根据具体的地质及采掘条件，制定合理的保有期限。矿山地质部门应对高级储量的保有程度进行定期的检查。

（三）三级矿量保有期限的检查与分析

三级矿量（露天矿山一般分为二级，称二级矿量）是指矿山在米掘过程中，依据不问的开采方式和采矿方法的要求，用不同的采掘工程所圈定的矿量。它包括开拓矿量、采准矿量和备采矿量。

“采掘（剥）并举，掘进（剥离）先行”是我国矿山重要采掘技术方针之一。划分三级矿量并确定一定的保有期限，就是保证实现这个方针的重要手段。执行这个方针，就能保证矿山生产能力的持续，保证开拓、采准与回采的衔接，这样才能顺利完成生产任务。矿山地质部门有责任对三级矿量的保有情况进行经常的检查与分析，并督促有关部门及时采取措施、保证达到保有期限指标要求。

（四）矿石损失的管理

矿山生产中应尽可能降低矿石的损失，以充分回收国家矿产资源。开采中矿石的损失，有的与矿床的地质条件有关，有的则与采矿工作有关，因此必须由矿山地质部门和采矿部门共同参加矿石损失的管理工作。在此项工作中，矿山地质部门一般要参与（或负责）统计矿石的损失率，并从地质角度提出降低损失率所应采取的措施的建议。

二、矿石质量管理

矿山生产的矿石必须在产量和质量两方面都达到国家规定的要求。在这方面数量和质量是统一的整体。生产矿山除了要做好矿量管理工作之外，还要做好矿石质量管理工作。这项工作的主要内容有：

（一）矿石质量计划的编制

矿山的采掘计划，除了其他的有关活动安排之外，最主要的是于争矿石产量与质量的安排。通常是采矿技术部门及计划部门负责矿石产量计划的编制；矿山地质部门负责矿石质量计划的编制。但在具体工作中，地质部门与采矿技术部门必须密切配合，在保证实现上级质量指标（包括有益、有害及造渣组分的含量规定）要求的前提下，按矿石质量在矿床中的分布特点，结合采掘技术政策，编制出矿石回采作业的进度、顺序以及各地段出矿数量的计划。

矿石质量计划的编制时间，随矿山采掘计划的编制时间而定，一般可编年、季、月计划，必要时可编旬及当班计划。

通过质量计划的编制，应当解决如下几方面的问题：

1. 明确地得出各时期所生产的各品级、各类型矿石能够达到的质量指标；
2. 根据计划采矿地段内矿床的具体条件，提出保证矿石质量指标实现的具体措施；
3. 进行矿石质量均衡（配矿）工作的具体安排。

矿石质量计划也就是围绕上述问题编制的。以上第一个问题由矿山地质部门具体计算得出；后面两个问题应当在采矿技术部门参与下共同讨论拟定。

应当指出，矿石质量计划编制的最终结果必须达到矿石质量指标要求，否则各地段采矿量、开采顺序及进度等均必须重新安排，直到满足质量指标要求为止。

(二) 采出矿石质量的预计及预告

由上述可知,在编制矿石质量计划过程中,必须首先预计采出矿石的质量。采出矿石质量的预计不仅是为了编制矿石质量计划的需要,同时还为了向采矿生产部门提出预告,以便他们事先采取措施,以保证规定指标的实现;此外还为了向矿石加工利用部门提出预告,以便他们及时掌握矿石质量波动情况,并据此及时修改加工技术措施。因此,采出矿石质量的预计及预告工作是矿石质量管理工作中的一个重要组成部分。

采出矿石质量的预计,不同情况下可采用不同的计算方法,但其最基本的公式是:

$$C_n = C(1 - P) \quad (2-5-3)$$

式中 C_n ——预计的采出矿石的品位;

C ——原矿石的地质平均品位;

P ——预计贫化率。

在计算以上公式时必须先求得预计贫化率。如果将要开采地段的矿石质量稳定,而且开采条件和地质条件都和已往开采地段相近,那么预计贫化率可参考历年经验数据加以确定;但是一般情况下还是用下列公式进行计算:

$$P = \frac{Q'(C - C')(1 - K)}{C[Q + Q'(1 - K)]} \quad (2-5-4)$$

式中 P ——预计贫化率;

Q' ——预计开采时将混入的夹石(或围岩)的重量;

Q ——原矿石的重量;

C ——原矿石的地质平均品位;

C' ——夹石(或围岩)的地质平均品位;

K ——预计废石挑选率,即 $K = \frac{R'}{Q'}$;

R' ——预计可能挑选出来的废石的重量。

以上 Q 与 Q' 系根据地质图件上资料,用储量计算的方法求得; C 与 C' 系根据原矿石和夹石(或围岩)化学取样资料计算求得; K 一般根据本矿生产中经验数据确定。

根据式(17-4)求出 P 后,将其代入式(17-3),即可得出预计的采出矿石品位 C_n 。

(三) 矿石质量的均衡

各地段、各品级、各类型矿石的地质品位,是矿石本身所固有的,为了满足规定指标的要求,同时为了充分利用矿产资源和减少输出矿石品位的波动,必须开展矿石质量均衡工作。

矿石质量均衡工作(又名配矿工作或矿石质量中和工作),是指利用矿山设计、开采、运输以及装卸等各个环节,有计划有目的地使不同品位矿石互相混合所进行的工

作。其目的是为了使矿山所生产的矿石质量稳定，并达到选、冶部门所要求的质量指标，以利矿石加工；同时，它也是使某些不合工业要求的矿产资源得到充分利用所采取的措施和手段，例如，某石灰石矿中有部分含 MgO 稍高但含 SiO_2 很低的石灰石，本来其质量与工业要求有一定差距（ MgO 含量超过工业指标允许范围），但经过与其他矿石搭配后完全可成为可以利用的矿石。因此，矿石质量均衡工作是保证矿石加工使用部门生产方便和充分利用矿产资源的有效措施。

矿石质量均衡工作贯穿于从开采设计到矿石输出等一系列生产过程中。矿山地质部门对此不但要拟定质量均衡方案，而且要进行检查和督促，但质量均衡方案的实现却主要由采矿技术部门和生产部门负责进行，因此采矿工作者必须懂得下列有关质量均衡的知识。

1. 矿石质量均衡的原则 矿石质量均衡工作一般是针对矿石中有益组分的含量进行的，但有时也对有害组分进行均衡。究竟要对哪些组分进行均衡，主要看原来矿石质量和矿石加工利用的需要而定。

虽然矿石质量均衡工作对许多矿山是必要和有益的，然而因加工利用要求和原来矿石性质的不同，某些矿石之间是不能进行质量均衡的。矿石之间究竟能否进行质量均衡必须考虑下列原则：

（1）不同工业类型的矿石不能进行质量均衡。例如，需要进行选矿处理的贫铁矿和可以直接入炉的高炉富铁矿间不能进行质量均衡。

（2）可选性不同矿石不能进行质量均衡。例如，铁矿石中的赤铁矿贫矿与磁铁矿贫矿间，有色金属矿石中的硫化矿与氧化矿间，都不能进行质量均衡。

（3）耐火材料和某些应用其物理性质的矿石一般不能进行质量均衡。例如，耐火黏土中有益组分含量不同则有不同耐火度和用途，因此不能进行质量均衡；云母和石棉等应用其物理性质的矿物原料也不能进行质量均衡。不仅这些矿石中有益组分不能进行均衡，而且其中有害组分同样也不能进行均衡。例如，黏土矿中的菱铁矿和黄铁矿，以及菱镁矿中的滑石、白云石小包体，即使少量混入制品，也会造成耐火材料的严重弱点而影响成品质量，因此不能用含有这些有害杂质的矿石与其他矿石进行质量均衡。

2. 矿石质量均衡的环节和方法 根据矿石质量均衡对象和时期的不同，质量均衡可以分为两个阶段，即原矿均衡阶段和输出矿石均衡阶段。前者是从开采设计至矿石加工破碎前的均衡，一般由矿山地质部门与采矿技术部门共同负责进行；后者是指从矿石破碎至矿石输出前的均衡，一般由采矿技术部门与质量检查部门负责进行。

矿石的质量均衡工作主要通过下列各环节进行：

（1）设计时的质量均衡工作：在进行矿床开采设计时就必须了解矿石质量分布特点，并且根据其特点考虑有利于质量均衡的设计方案。例如，露天开采矿山在进行设计时，应考虑矿床品位分布特点，使设计的采掘带方向能够保证开采时便于不同品位矿石

进行搭配。例如,某石灰石矿由于不同层位矿石质量不同,因此把采掘带方向和矿层走向设计成 30° 交角,以使采矿和出矿时便于不同品位矿石进行搭配(图 2-5-20)。

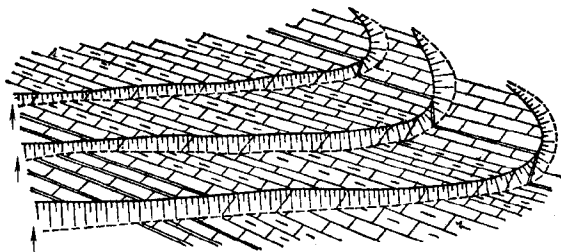


图 2-5-20 某石灰石矿把采掘方向设计成与矿体走向斜交来进行质量均衡示意图

(2) 编制采掘计划时的质量均衡工作:在编制矿山年、季、月采掘计划时,均应充分考虑保证输出矿石质量指标符合要求而且质量较均匀,根据各掌子的矿石质量特点,合理地、按比例地安排各采场的出矿顺序及出矿量。

(3) 生产时的质量均衡工作:设计和编制采掘计划时安排的质量均衡方案,可在下列某个或某几个生产工序中予以实现:

① 爆破均衡:合理地安排不同品位各掌子的爆破量及爆破顺序,使爆破下来的矿石自然混合或经电铲倒堆混合,以便混合后的矿石能达到上级要求的指标。

② 采场(或露天掌子)出矿均衡:即根据各采场(或掌子)矿石质量特点,合理安排搭配其出矿顺序及出矿量,把装载各采场(或掌子)不同品位矿石的矿车重新编组进行质量均衡。

③ 栈桥翻板(在坑下为溜井翻笼)均衡:根据各掌子(或采场)品位和产量计划进行安排,在翻板(或翻笼)处进行搭配,搭配的方法是把各掌子(或采场)调来的矿车搭配其翻车数量和顺序,以控制其质量指标。

④ 贮矿槽天桥皮带移动式卸矿车均衡:在矿石破碎后由皮带输入贮矿槽前利用移动式卸矿车往复移动,把矿石均匀地撒在贮矿槽内,以实现质量均衡。

⑤ 贮矿槽输出均衡:在贮矿槽输出矿石时,把不同品位矿石加以搭配,以达到质量均衡。

3. 矿石质量均衡的计算 为了使不同质量矿石搭配后能满足一定的质量指标的要求,必须进行一定的计算,不同情况下采用不同计算方法:

(1) 多种不同品位矿石均衡时的计算:在采矿场出矿或栈桥翻板等配矿场合中,有时要把几种不同品位矿石加以搭配,此时需先计算每个采区(或采场、台阶、中段)的均衡能力系数。均衡能力系数可采用下列公式计算:

$$D_i = (C_i - C) = F_i \quad (2-5-5)$$

式中 D_i ——各采区(或采场、台阶、中段)的计划采出矿石量;

C_i ——各采区（或采场、台阶、中段）的预计采出矿石平均品位；

C ——要求达到的品位指标；

F_i ——各采区（或采场、台阶、中段）的均衡能力系数。

上式中，如果 F_i 为正值时，则可搭配一部分低品位矿石；而如果为负值时则需搭配一部分高品位矿石。最后必须使各采区（或采场、台阶、中段）的均衡能力系数之和满足下列要求：

①当进行有益组分均衡时必须：

$$\sum F_i = F_1 + F_2 + \dots + F_n \geq 0 \quad (2-5-6)$$

式中 F_1 、 F_2 …… F_n ——各采区（或采场、台阶、中段）有益组分的均衡能力系数。

②当进行有害组分均衡时必须：

$$\sum F'_i = F'_1 + F'_2 + \dots + F'_n < 0 \quad (2-5-7)$$

式中 F'_1 、 F'_2 …… F'_n ——各采区（或采场、台阶、中段）有害组分的均衡能力系数。

如果不能满足上述要求，则必须重新调整其中某一采区（或采场、台阶、中段）的产量。

2) 两种矿石均衡时的计算：在贮矿槽输出矿石进行质量均衡等场合中，往往是两种矿石进行搭配，此时可用下列简便公式直接计算可能被搭配的低品位矿石量（ x ）：

$$x = \frac{D(C_1 - C)}{C - C_2} \quad (2-5-8)$$

式中 D ——较高品位的矿石量；

C ——要求达到的品位指标；

C_1 ——较高品位矿石的预计采出矿石平均品位；

C_2 ——低品位矿石的预计采出矿石平均品位。

必须指出，以上只是最简单条件下的计算；如果要考虑更复杂的配矿条件，则需要用矿业系统工程学的方法进行计算。

（四）矿石贫化的管理

矿石贫化的管理工作也是矿石质量管理工作的一个重要内容。矿山开采中矿石不合理的贫化，将增加采矿及矿石选矿或冶炼生产的成本，有时甚至可使矿石转化为废石。矿石的贫化有的与矿床的地质条件有关，有的则与采矿工作有关。因此，与矿石损失的管理工作一样，必须由矿山地质部门和采矿部门共同参加其管理工作。在此项工作中，矿山地质部门一般要参与（或负责）统计矿石的贫化率，并从地质角度提出降低贫化率所应采取的措施的建议。对于矿石损失及贫化问题，国家有关上级领导部门并赋予矿山地质部门以进行监督的职权，例如，审批开采设计中有关损失及贫化问题的职权；制止生产中因违章作业而引起严重损失或贫化的职权等。

三、现场施工生产中的地质管理

矿山现场施工和生产的重要特点之一是工作面和工作对象处于不断变动之中，无论是井巷掘进的工作面或是采场的工作面每天都在推进。随着工作面的推进，总是不断地出现新的地质条件，而且有许多新情况可能是生产勘探中未发现和采掘设计中未考虑到的，对于这种情况，地质人员和采矿人员必须密切配合，搞好施工生产的管理，必要时甚至修改原设计。此时地质工作应该起到施工生产中“眼睛”的作用。

（一）井巷掘进中的地质管理工作

在井巷掘进过程中，矿山地质部门除了要及时进行地质编录及取样等工作之外，还要进行经常的地质管理工作。

（1）掌握井巷的掘进方向 例如，一搬情况下沿脉巷道要沿矿体或紧贴矿体底板掘进，而运输大巷一般不能离开含矿层底盘，如果因矿体界限与原来预计的有变化而使巷道有所偏离，则地质人员应及时指出，并和采矿人员一起研究解决。

（2）掌握井巷掘进的终止位置 例如，多数穿脉要求穿透矿体顶底板后即终止掘进，地质人员应经常到现场观察，及时指出掘进终止地点；又如，有的沿脉在掘进中发现矿体尖灭了，地质人员应到现场调查并判断矿体是否可能再现或侧现，以决定是停止掘进还是继续掘进。

（3）掌握地质构造变动情况 例如，有的矿山在掘进中经常碰到对掘进影响很大的断层，地质人员应经常到现场调查了解，一旦发现断层标志或接近断层的标志，则应及时判断断层的类型、产状、破碎带的可能宽度、破碎带的胶结程度以及两盘相对位移方向等情况，以便掘进施工部门及时采取有效的过断层措施；如果是矿体被错断了，而且断距较大，还要确定错失矿体位置，以便采矿人员及时修改设计；如果发现生产勘探中尚未发现的褶曲构造，亦应及时判明情况，提请有关部门采取适当措施。

（4）参加安全施工的管理 矿山生产安全工作虽然有专门人员管理，但是有许多安全问题直接与地质条件有关，地质部门应参与管理。例如，井巷中的冒顶、片帮或突水等事故都与地质条件有关，地质人员应及时发现其征兆，及时向生产部门发出预告，并会同有关部门商讨预防事故的措施。

（5）参加井巷工程的验收工作 井巷掘进施工告一段落后，地质部门还要会同掘进队及采矿、测量人员对井巷工程进行验收。验收的主要项目是：工程布置的位置、工程的方向、工程的规格质量及进尺等是否达到原设计的要求。有的矿山在验收中还同时测算掘进中副产矿石的矿量。

（二）采场生产中的地质管理工作

在采场生产过程中，矿山地质部门除了要进行地质编录和取样等工作外，还要进行

经常的地质管理工作。

(1) 进行开采边界管理 对于形态变化复杂或构造变动大的矿体,在回采工作中往往发现矿体的实际边界与生产勘探所圈定的边界有出入。此时,如果开采边界不正确,就会造成矿石的损失或贫化。在这种情况下,对于用深孔采矿的地下采场,常利用打深孔时取矿(岩)泥的方法对矿体进行二次圈定以保证开采边界的准确(前已述及此工作属生产勘探工作之一)。但是,对于用浅孔采矿的地下采场,则地质人员应与采矿人员密切配合,管理好开采边界。其办法可及时用油漆或粉浆等标出开采边界,以指导生产;对采场两帮残留矿石也应及时标出及时扩帮。

露天矿的开采边界管理也很重要。在此项工作中,除了要掌握剥离境界外,更要指导矿、岩分别爆破及分别装运。为了指导分爆、分装及分运,矿山地质部门应提供“爆破区地质图”之类的图件,并用一定标志(如小旗、木牌等)在现场直接标出矿、岩分界。

(2) 进行现场矿石质量管理 矿石的质量管理工作在上一节已作介绍,这里主要是指现场管理。实际上,上述开采边界管理也包括部分矿石质量管理,即通过掌握开采边界而减少矿石的贫化。除此之外,在现场管理中主要是保证矿石质量计划和质量均衡方案的实现。例如,指导不同类型、不同品级矿石的分爆、分装及分运;指导现场矿石质量均衡工作等。

(3) 参加安全生产的管理 在地下采场中也可能碰到在井巷中碰到的那些与地质条件有关的安全问题,尤其是采场往往有比井巷更大的暴露面,当然更要加强这方面的管理工作。

在露天采场,矿山地质人员还要经常注意边坡稳定情况,及时发现因断层、软夹层或水文地质条件等引起的不稳定地段,与采矿人员共同研究预防边坡滑动或垮落的措施。

以上只是矿山现场施工生产中常遇见的一些地质管理问题。各矿山的地质条件不同,所遇到的问题可能是多种多样的,但凡是与地质条件有关的施工生产问题,矿山地质部门都要参与管理。

四、采掘单元停采或结束时的地质管理工作

采场、中段(或露天矿平台)、采区(或坑口)或整个矿山均可泛称采掘单元。在采掘单元停采或结束时,矿山地质部门都要与测量及采矿部门一起,共同进行管理,其中矿山地质部门所进行的管理工作亦属地质管理工作之一。

(一) 采掘单元停采中的地质管理工作

一个大型采掘单元(如矿山或坑口)的停采,是一个不常有的情况,一般是由于发

现了开采或利用条件更优越的矿床，或由于原来生产的矿石品种不再需要，或由于技术经济政策上的原因等。而小型采掘单元（如地下采场或中段）的停采，则可以由于矿山采掘顺序的调整或矿石产量的调整等原因所造成。

在采掘单元停采中地质管理工作的目的总的说来是为了给以后重新恢复生产打下基础。具体说来，一方面是为了给复产提供必要的地质资料，另一方面则是为了便于以后复产时地质工作的衔接。其主要工作内容有：

- （1）完成停时已有采掘工程的地质调查与原始地质编录工作；
- （2）系统整理出停采地段的综合地质图件及其他地质资料；
- （3）统计出已采矿量和尚存储量。

（二）采掘单元结束时的地质管理工作

采掘单元的结束，大部分是由于已无继续可开采的矿石，但是也可能是由于发生了重大事故（如大面积岩体移动）破坏了继续开采的条件，或由于地质条件与设计时所掌握的地质资料有了极大差异，以致在现有技术经济条件下已不具备继续开采的价值。

在采掘单元结束时，都要报销矿量和拆除设备，因此，必须极为慎重。在此工作中地质管理工作的主要目的在于确保充分回收国家矿产资源，其次也是为了系统积累已采地段的矿床地质资料存档备查和总结工作经验教训以指导未采地段以后的工作。

小型采掘单元（如地下采场）结束时的管理工作较为简单，在正常开采结束情况下地质管理的主要内容有：

- （1）检查设计中的应采矿石是否已全部采完；
- （2）检查采下矿石是否已全部出完；
- （3）确定残矿是否需补采或补出；
- （4）重新核实原始储量，统计采出矿量与开采中的损失及贫化；
- （5）系统整理出有关该单元的地质资料归档。

小型采掘单元因重大事故等原因而被迫结束等情况下，地质管理工作的主要内容为：

- （1）会同采矿及安全技术等部门检查鉴定是否确属已无法复产；
- （2）统计已采矿量与残存矿量，计算其损失及贫化；
- （3）系统整理出有关该单元的地质资料归档。

大型采掘单元结束中的地质管理工作与上述工作相似，不过若属正常开采结束，尚应着重检查应采的矿柱或矿体分支等是否已全部回采，以及在结束地段范围内或其附近是否已确无再发现盲矿体的可能。除此之外，对于大型采掘单元的结束，地、测、采部门应共同提出正式的采掘单元结束的总结资料，并报送有关部门审查和批准。