

我国主要金属矿产勘查工作特点及对当前勘查工作的启示

王全明^{1,2}, 叶天竺², 王保良², 李 龙², 方一平², 李树羽³

(1. 中国地质大学(北京)研究生院, 北京 100083;

2. 中国地质调查局, 北京 100011; 3. 辽宁省地质调查院, 沈阳 110032)

[摘 要]通过对黑色、有色、贵金属等主要金属矿产勘查程度数据的统计和分析,剖析建国 50 年以来我国矿产勘查工作在勘查矿种、勘查技术方法、投入实物工作量等方面的基本特点,分析勘查投入与勘查成果的内在联系。参照已有矿产勘查程度,探讨当前我国矿产勘查工作的原则和方法。

[关键词]黑色金属矿产勘查 有色金属矿产勘查 贵金属矿产勘查

[中图分类号]P62 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2005)02-0001-05

1 总体勘查特征

20 世纪全国地质工作程度数据库中收集黑色、有色、贵金属矿产勘查工作程度数据 37 329 条,矿区实物工作量如钻探、槽探、坑探等关系型数据 69 540 条,矿产地 27 606 处(表 1)。在整个金属矿产勘查工作中,针对有色、黑色和贵金属矿产开展的勘查工作占其中的 70%以上,发现的矿产地数占金属矿产总数的 95%。

表 1 主要金属矿产勘查工作数量、实物工作量和矿产地一览表

矿产种类	黑色金属	有色金属	贵金属	总体
调查	4 537	3 412	2 343	13 825
普查	5 369	6 056	3 857	16 882
详查	973	1 024	570	2 567
勘探	1 745	1 477	833	4 055
实物工作量(条)	24 400	27 088	18 052	69 540
矿产地(处)	9 791	11 564	6 251	27 606

注:在调查和普查阶段中,分别还有 3533 项和 1600 项属于物探、化探普查、详查或异常查证等为专题单独开展的工作。这些工作没有明确针对的勘查对象,故没有列入表内。

2 勘查对象

在针对有色、黑色和贵金属矿产开展的矿产勘查工作中,黑色金属矿产勘查占 33.8%,有色金属矿产勘查占 32%,贵金属矿产勘查占 19.2%,其他

为综合性调查和评价工作。黑色和有色金属矿产勘查在建国以来的 50 年里总体投入要高于贵金属矿产勘查。但这种比例关系在 50 年里并不是一成不变。在 20 世纪 50~70 年代,黑色金属和有色金属矿产勘查工作的数量分别是贵金属的 8.5 倍和 6.2 倍,而到了 80 年代和 90 年代,贵金属矿产勘查分别是黑色和有色金属矿产勘查的 5.1 倍和 1.7 倍(图 1)。这表明,在建国头 30 年里,黑色和有色金属矿产勘查占有主导地位,相对而言,对黑色金属矿产的勘查工作更多一些,特别是在 70 年代达到了高峰;而在这一阶段,贵金属矿产勘查才刚刚起步。进入 80 年代,黑色和有色金属矿产勘查工作开始减少,90 年代达到了历史最低点,仅占历年来对该类矿产总投入的 2.8%;相反,对贵金属矿产勘查则急速增长。

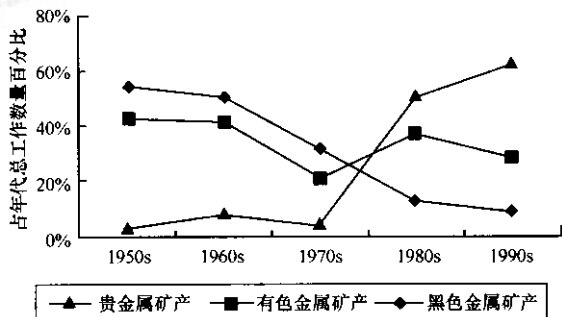


图 1 各黑色、有色和贵金属矿产在各年代工作数量的分布曲线

[收稿日期]2005-01-24;[修订日期]2005-02-01;[责任编辑]曲丽莉。

[基金项目]中国地质调查局“全国地质工作程度数据库”项目(编号:200030000146)资助。

[第一作者简介]王全明(1964 年—),男,1987 年毕业于长春地质学院,获硕士学位,在读博士生,研究员,现主要从事矿产资源调查评价管理及相关科研工作。

黑色、有色和贵金属矿产勘查中,涉及到的矿种主要有铜、铅、锌、钨、锡、铝土矿、汞、锑、钴、镍、铁、锰、铬铁矿、金(含砂金)、银、铂族等。各金属矿产勘查工作数量所占比例见图 2,其中以铁、铜、金为勘查对象的工作占总数的 65.5%,其次是铅锌,占总数的 6.7%,而其他矿产的勘查工作均在 1~2%左右。由此可见,在建国 50 年里,铜、铁、金一直是主要的勘查对象。

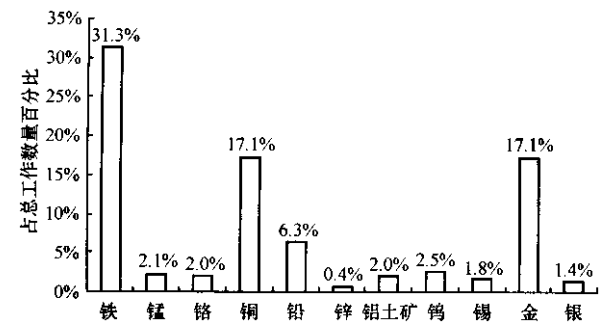


图 2 金属矿产在矿产勘查工作中所占比例

3 勘查阶段特征

三类金属矿产勘查的整体投入情况见图 3。勘查阶段在各年代的工作投入基本呈现以 70 年代为高点的似正态分布形式。即从 50 年代至 90 年代,黑色、有色和贵金属矿产勘查工作整体上是由少到多而后又减弱的态式。其中调查和普查更为明显。勘探投入在 60 年代达到最大,但在随后几十年的投入逐步降低,到 90 年代工作数量较最高点下降了 1.9 倍。详查工作从 50 年代至 80 年代逐步增加,但在 90 年代又急剧减弱。各年代工作数量的比例关系是 1 1.6 1.8 1.6 1.2。

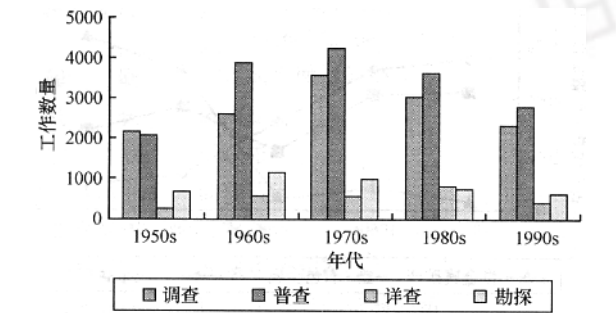


图 3 各勘查阶段工作数量的年代分布直方图

黑色、有色和贵金属在各勘查阶段的工作数量比例基本相近,即调查:普查:详查:勘探之比依次为黑色金属 36 42 8 14,有色金属 29 50 9 12,贵金属 33 47 8 12。表现为各勘查阶段的比例关系和数量

值相近,三类金属矿产各勘查阶段的总体比例关系为 37 45 7 11。比例关系显示,调查和普查阶段的工作投入要高于详查和勘探的 4.4 倍,表明找矿阶段的勘查投入具有广泛性和目标不确定性。调查略少于普查,详查少于勘探的规律的特征,表明在过去 50 年里,有色、黑色和贵金属矿产勘查在各阶段的工作比例并不具有典型宝塔模式特征,普查和勘探占有主导地位。

4 勘查方法

勘查手段主要包括探矿工程和物、化探测量。从调查到勘探,针对黑色、有色和贵金属矿产勘查完成的主要实物工作量见表 2。用于黑色金属和有色金属矿产勘查的钻探工作量基本接近(图 4),均占三类矿产总钻探工作量的 42%左右,并高于贵金属矿产勘查的钻探工作量。槽探在有色金属矿产勘查中最多(占 42%),其次是黑色金属(占 32%)和贵金属(占 26%)。

表 2 黑色、有色和贵金属矿产勘查主要实物工作量一览表

实物工作量名称	黑色金属矿产	有色金属矿产	贵金属矿产
钻探(10 ⁴ m)	5079.79	5166.71	1825.08
槽探(10 ⁴ m ³)	2784.25	3649.27	2225.39
综合物探测量(10 ⁴ km ²)	0.94	2.30	7.26
地面磁测(10 ⁴ km ²)	216.08	53.53	7.63
地面电法(10 ⁴ km ²)	5.73	14.01	15.74
地面重力测量(10 ⁴ km ²)	0.40	0.43	0.07
综合化探测量(10 ⁴ km ²)	1.03	1.63	0.80
岩石地球化学测量(10 ⁴ km ²)	0.63	6.16	4.12
土壤地球化学测量(10 ⁴ km ²)	2.68	10.18	8.58
水系沉积物地球化学测量(10 ⁴ km ²)	1.25	7.63	8.18

注:钻探工作量中包含了 2 倍折算后的坑探工作量。

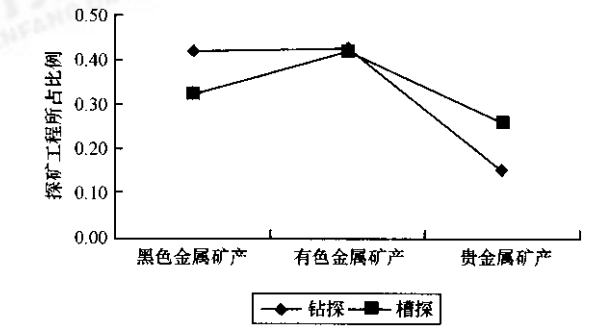


图 4 金属矿产勘查中探矿工程工作量变化曲线

物探和化探测量在黑色、有色和贵金属矿产勘查中均得到了应用。物探勘查技术方法手段主要有磁法、电法、重力和综合物探测量等。其中以磁法和电法为主,两者分别占总物探勘查数量的 86%和 11%;重力和综合物探测量两项仅占 3%。针对不

同类型的矿产,物探方法选用具有较大差异(图 5)。79%的磁法用在黑色金属矿产勘查,87%的电法应用于有色和贵金属矿产勘查,92%的重力测量用在黑色和有色金属矿产勘查,69%的综合物探测量应用于贵金属矿产勘查中。

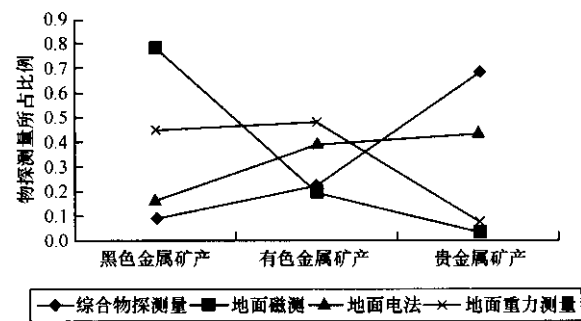


图 5 金属矿产勘查中物探工作量变化曲线

化探勘查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和综合化探测量。其中应用水系沉积物测量的数量最多(占总数的 41%),以下依次是土壤测量(占 32%)、岩石测量(占 21%)和综合化探测量。在针对不同矿产类型的勘查中,化探测量在有色金属和贵金属矿产勘查中应用广泛。图 6 中表明化探测量应用在有色金属矿产勘查中的比例最大,岩石、土壤和水系沉积物测量所占比例分别是 57%、48%和 45%;次之是应用在贵金属矿产勘查。黑色金属矿产勘查中采用化探较少。

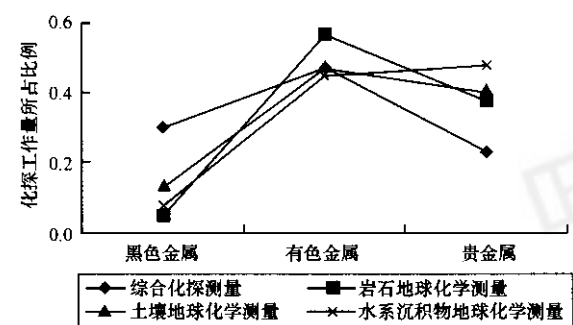


图 6 金属矿产勘查中化探工作量的变化曲线

除了上述在矿产勘查各阶段完成的钻探、槽探、物探和化探等工作量以外,还存在一定数量以物探、化探普查或异常查证等为专题单独开展的工作。包括大于等于 1 5 万—小于等于 1 2.5 万的化探(水系、岩石、土壤地球化学测量),累计完成面积 175×10⁴km²;物探(重、磁、电等),累计完成面积 734×10⁴km²;综合物化探测量,累计完成面积 47×10⁴km²。其中化探测量占 29%,物探占 39%,综合

物化探测量 19%。化探方法中以水系沉积测量和土壤测量为主,物探则以地面电法和磁法(航空和地面)测量为主。物探工作主要在 60~80 年代完成,其中在 70 年代完成的数量最多,是 50 年代和 90 年代的近 4 倍(图 7)。化探工作完成时间集中在 80~90 年代,而 50~70 年代工作数量极少。综合物化探测量工作在各年代完成情况与物探相近。

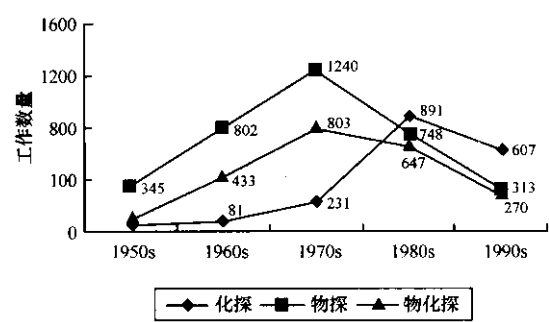


图 7 中大比例尺物探和化探专题工作年代变化曲线

5 勘查程度与矿产地

建国 50 年,在黑色、有色和贵金属矿产勘查中共发现 27 606 处矿产地(表 3)。与表 1 的数量相结合,黑色金属矿产勘查找矿阶段(调查与普查之和)工作数量与发现小、中、大矿产地的比例关系是 100 28 8 2.8。同理相对应,有色金属矿产勘查找矿阶段与矿产地规模的关系是 100 31 9.5 3.3,贵金属矿产勘查与矿产地规模的比例关系是 100 33 7.8 3。表明从找矿开始到大型矿床发现的成功率分别是黑色金属矿产为 2.8%,有色金属矿产为 3.3%,贵金属矿产为 3%。即找矿阶段投入 100 个项目中,可能发现大型以上矿床的数量在 3 个左右。

表 3 黑色、有色和贵金属矿产勘查
钻探工作量与矿产地规模对应表

矿产种类	矿产地规模	大型以上	中型	小型
黑色金属矿产	矿产地(处)	281	823	2822
	钻探(10 ⁴ m)	1843. 97	1229. 83	739. 77
有色金属矿产	钻探/矿产地	6. 56	1. 49	0. 26
	矿产地(处)	315	903	2893
贵金属矿产	钻探(10 ⁴ m)	1065. 50	1420. 58	1204. 19
	钻探/矿产地	3. 38	1. 57	0. 42
贵金属矿产	矿产地(处)	177	449	1896
	钻探(10 ⁴ m)	395. 40	397. 78	519. 33
贵金属矿产	钻探/矿产地	2. 23	0. 89	0. 27

钻探工作量与所发现矿产地规模具有一定的对应关系(图 8)。在发现一个大型矿产地所需要的平

均钻探工作量方面,黑色金属矿产最大(6.56×10^4 m),其次是有色金属和贵金属。发现一个中型规模的矿产地需要的钻探工作量平均在 $0.89 \times 10^4 \sim 1.57 \times 10^4$ m,而勘查一个小型规模的钻探工作量平均在 2600m 左右。

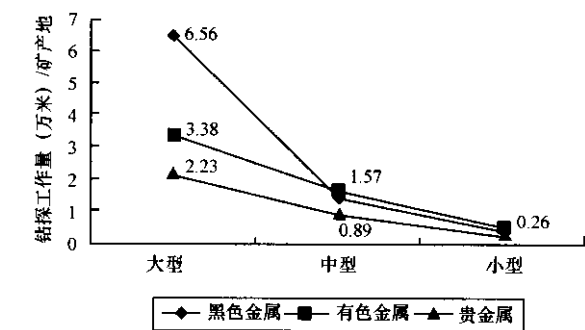


图 8 各类矿产发现一个矿产地的平均钻探工作量

利用全国第二轮成矿远景区划二、三级成矿带范围^[1,2],选择我国主要成矿集中区,统计大型以上黑色、有色和贵金属矿床在 10 000km² 范围内的产出率见表 4。华北地台北缘东段、太行—吕梁—熊耳山、长江中下游和扬子地台西缘等成矿集中区

10 000 km²范围内的产出大型以上矿床的比例为 3.5~4.3,山东、华南褶皱系产出比例约为 2.1~2.9,华北地台北缘中段、秦岭—大别为 1.16~1.6。统计结果表明,在目前我国相对勘查程度较高的地区,大型以上黑色、有色、贵金属矿床的产出具有一定的比例,平均为 2.62 个/10 000km²。

大型矿产地产出密度与勘查工作数量相对应,具有勘查工作数量密度平均是矿产地产出密度的 41.32 倍,即 100 项勘查工作中可产出大型矿产地 2.4 处,这也与前述讨论的找矿成功率 3%的结果相近。选出区域的勘查程度较高,其单位万 km² 的工作数量密度在 64~280 之间,平均为 108 个左右,而在全国低于这个平均值的成矿区带占了近 80%,表明需要提高勘查程度的地区仍然较多,但同时也预示着在低程度区找矿的潜力巨大。其中西部地区成矿区带的勘查程度的密度很低,属程度极低地区(约占 45%)。如西藏的成矿区带勘查工作数量密度在 1.11~8.3,新疆的成矿区带在 6.55~25 之间。这些地区是提高我国矿产资源保障程度的有利区域。

表 4 我国主要成矿区黑色、有色、贵金属大型以上矿床产出特征

成矿集中区名称	大型以上矿床数	面积/km ²	勘查工作数量	10 000km ² 内勘查 工作数量密度	10 000km ² 内大型 以上矿床产出率
华北地台北缘东段	57	146 997	1320	89.80	3.88
华北地台北缘中段	16	138 338	1689	122	1.16
太行—吕梁—熊耳山	97	226 181	3482	153.95	4.29
山东	40	139 503	1970	141.22	2.87
秦岭—大别	33	204 055	2380	116.64	1.62
华南	165	801 679	6214	77.51	2.06
长江中下游	37	93 391	2623	280.86	3.96
扬子地台西缘	56	160 168	1022	63.81	3.50
合计及平均	501	1 910 312	20 700	108.36	2.62

6 对当前矿产勘查工作建议

从我国对黑色、有色和贵金属矿产勘查工作的特点出发,结合目前我国矿产勘查形势和任务,提出当前及今后矿产勘查工作的一些建议如下。

1) 找矿阶段(调查和普查)矿产勘查工作由于存在风险性和对目标的不确定性等因素,投入工作数量比例较大,但找矿成功的比率却较小(3%),这也是世界矿产勘查史上具有共性的方面^[3],也是矿产勘查必须要遵循的科学程序。对于我国目前主要立足于国内解决资源保障的战略任务形势下,加大我国矿产资源调查和普查工作投入,特别是对我国

西部地质工作程度较低地区的找矿工作投入,非常迫切和急需。

2) 建国 50 年,对黑色金属矿产勘查中,90%的工作是在上世纪 50~70 年代完成,即表明在近期 20 多年里,对黑色金属矿产勘查的工作投入降到了历史最低时期。工作投入降低是否表明我国黑色金属矿产勘查的投入不需过去那么大?但事实是尽管我国目前铁矿石的查明储量有 458 亿 t^[4],但可供利用储量仅占 19.34%,主要原因是矿石品位低,难选,开采技术条件和交通条件不便等问题未解决^[5]。导致近年我国铁矿石的进口量逐年增涨。纵观黑色金属矿产勘查程度的地理分布,我国中、东部地区勘查程度较高,但西部,特别是青藏高原地区程度仍然

很低,也是今后在我国黑色金属矿产新增资源量的地区^[6]。

在 20 世纪 50~80 年代,对有色金属矿产勘查工作各年代的投入基本保持稳定,近几年实施的国土资源大调查中,对有色金属矿产资源调查评价的投入比例逐年增加,一般保持在年投入的 60% 以上。表明我国一直将有色金属矿产的勘查作为主要勘查对象,但目前仍然面临的铜矿资源保障严重不足的局面,说明我国找铜的难度很大。

3) 钻探、槽探、中大比例尺物探和化探等主要实物工作量是矿产勘查并发现矿床的必要保障。建国 50 年针对有色、黑色和贵金属矿产的勘查中,主要实物工作量每年平均数是:钻探 $241\times10^4\text{m}$,槽探 $173\times10^4\text{m}^3$,大比例尺物探测量近 $22.4\times10^4\text{km}^2$,化探测量 $5.07\times10^4\text{km}^2$ 。钻探工作量与所发现矿床规模具有一定对应关系,发现一个小型矿床需要的平均钻探工作量是 2600~4200m,发现一个大型矿床需要平均钻探工作量则为 $2.2\times10^4\sim6.6\times10^4\text{m}$ 。而目前国土资源大调查每年投入非油气金属矿产的钻探工作量不足 $12\times10^4\text{m}$ 。因此,加大勘查投入是提高资源保障能力的前提。

随勘查对象不同,勘查技术手段的应用也各有特点,表现为黑色金属矿产勘查多采用磁法,有色和贵金属矿产勘查多采用电法和化探的特征。物探方

法中 86% 是采用的是磁法,11% 采用的是电法,其他方法仅占 3%。这表明物探技术方法在以往的勘查工作中应用比较单一,这可能与当时的物探技术和设备所局限。目前我国引进了除航空重力、航空电磁以外国际上主要的先进物探仪器设备。已拥有基本上处于国际一流水平的地面物探方法技术;地下物探方法技术除物理取样技术和井中三分量磁测外,也达国际一流水平。当前拥有的物探方法在技术种类、探测精度和分辨率等方面均优于建国初期 30 年。因此,物探勘查技术在当前找矿勘查中应大力加强使用,以提高找矿效率和效果。

[参考文献]

[1] 陈毓川,等编. 中国主要成矿区带矿产资源远景评价[M]. 北京:地质出版社,1999.

[2] 朱裕生,王全明,张晓华,等. 中国成矿区带划分及有关问题[J]. 地质与勘探,1999,35(4):1~4.

[3] 戴自希. 矿产勘查百年[M]. 北京:地震出版社,2004,18~20.

[4] 刘江,等. 中国资源利用战略研究[M]. 北京:中国农业出版社,2003.

[5] 赵一鸣,吴良士,等. 中国主要金属矿床成矿规律[M]. 北京:地质出版社,2004,13~60.

[6] 余中平,宋雄,胡达骥,等. 我国西部地区矿产资源态势及黑色金属矿产勘查规划建议[J]. 地质与勘探,2001,37(4):32~35.

CHARACTERISTICS OF THE MAJOR METALLIC MINERALS EXPLORATIONS
IN CHINA AND IT MAY GIVE AN INDICATION FOR PROSPECTING IN FUTURE

WANG Quan—ming^{1,2}, YE Tian—zhu², WANG Bao—liang², LI Long², FANG Yi—ping², LI Shu—yu³
(1. China University of Geosciences, Beijing 100083; 2. China Geological Survey, Beijing 100011;
3. Liaoning Institute of Geological Survey, Shengyang 110032)

Abstract:Based on statistics and analysis of reconnaissance degree data of ferrous, nonferrous and precious metal exploration, prospecting targets, exploration techniques and input wokloads in mineral resource prospecting of China in recent 50 years are introduced. Relations between the exploration workloads and prospecting results are analyzed. According to existing mineral exploration degree, principle and methods of mineral prospecting at present are discussed.

Key words:ferrous metal exploration, nonferrous metal exploration, precious metal exploration