

发现：

FX

主观和客观的耦合

——以科学发现和矿床发现为例

蒋志 / 著

762

地震出版社

绪 言

1996年对作者是美好的一年。在这一年里，不但召开了中国首次举办的、本世纪最后一次国际地质学盛会——第30届国际地质大会。而且，有两件事与本书有关：第一件事是拙著《统计认识论》年初在华夏出版社出版，专门讨论科学发现理论；第二件事是全国各省、市、自治区编写的《中国矿床发现史》共28卷在地质出版社先后出版，专门总结矿床发现实践。

就作者讲，关于科学发现的讨论起因于1988年第四季度《地质与勘探》杂志社的一次约稿：按编辑部的要求，作者写了一篇名为《金矿资源发展趋势预测问题》的短文，发表在1989年第2期的《地质与勘探》上。当时的想法很简单：某一类型的矿床，发现越多，认识越深，越容易发现；待发现的矿床越多，越容易发现。前者是问题的主观方面，后者是问题的客观方面，综合这两个方面，就给出了描写矿床发现过程的一组公式。这一组公式与1950年以来我国金矿储量的增长曲线一致。

后来在读赵红州的《科学能力学引论》^①一书时，发现可将15世纪以来全世界的科学发现分为七个科学发现高潮，并可用上述一组公式描写，这就构成了《统计认识论》一书下篇的主要内容。想法仍然很简单：在探索自然界的某些方面时，发现的越多，越容易做出新发现；待发现的越多，越容易发现。当然，在《统计认识论》的中篇中，还讨论了主体的认识能力问题。主体的认识能力不但与受教育程度和经历、经验有关，还与年龄有关。这一点与1996年OECD发表的《以知识为基础的经济》中关于潜在知识的论述暗合。

^① 科学能力学引论，科学出版社，1984年。

当然，比科学发现数庞大得多的乃是矿床发现数，但在写《统计认识论》时并没有相应的资料。《统计认识论》出版后，才有《中国矿床发现史》出版。这28本大书虽也是1996年先后出版的，但作者是1998年初在地学哲学委员会的一次会议上听叶天竺先生讲起才知道的。听到这个消息后，作者是非常高兴、非常激动的，“众里寻他千百度，那人却在灯火阑珊处”。这不但因为要给统计认识论派一个新用场，还因为上百万人、半个世纪的勘查活动确实需要上升到理论的高度。

在武警黄金地质研究所副所长兼总工程师白万成等一些同志的帮助下，从这28本大书中很快查出了三千多个大中型矿床的发现时间。在这个基础上，作者用了两个多月的时间，完成了由统计数字到理论公式的资料处理，形成了本书的基本内容。

应指出的是，过去关于矿床发现前景的预测，着重的是它的客观方面，根据成矿条件进行预测。本书则走了另一条路，着重在主观方面，着重在人的认识过程中所表现或所反映出的客观特征，是根据主体的认识规律进行预测。这表明，哲学中的认识论不但能够对具体的认识过程进行指导，还能通过具体认识过程发现具体的客观特征。这是哲学认识论的新方面，应当给以足够的重视。

本书共分六章，具体内容如下：

第一章针对科学发现和矿床发现这个具体过程，介绍了统计认识论的基础知识和发现函数，以及如何从统计数据获得发现函数的参数。本章所涉及的函数只给出结果，着重在其含义上的叙述，推导过程可参看附录。

第二章具体应用发现函数讨论了16世纪以来全世界的科学发现过程，同时讨论了以78年为周期、以627年为周期和以5000年为周期的科学发现过程。

第三章具体讨论了我国各省、市、自治区的矿床发现过程。对于每个地区，着重讨论了两点：第一是该区的矿种分布；第二

是该区的矿床发现过程，并根据这个发现过程指出该区的近期找矿前景。

第四章具体讨论了不同矿种的矿床发现过程。对于每个矿种，也着重讨论了两点：第一是该矿种的地区分布；第二是该矿种的发现过程。同样，根据矿种的发现过程，指出了该矿种的近期找矿前景。

第五章讨论了全国不同地区、不同矿种矿床发现过程比较，如关于成矿能力、发现程度、发现前景的比较，关于发现强度、发现峰年、发现比率和全国成矿能力的讨论，以及全国矿床发现过程和发现前景的预测等。

第六章分析了科学发现和矿床发现的高风险特点以及要采取的相应策略。

最后是结语和附录，以补充书中论述的未尽未详之处。

书中所说的地区编号是用1~28顺序表示北京（京）、河北（冀）、山西（晋）、内蒙古（蒙）、辽宁（辽）、吉林（吉）、黑龙江（黑）、江苏（苏）、浙江（浙）、安徽（皖）、福建（闽）、江西（赣）、山东（鲁）、河南（豫）、湖北（鄂）、湖南（湘）、广东（粤）、广西（桂）、海南（琼）、四川（川）和重庆（渝）、贵州（黔）、云南（滇）、西藏（藏）、陕西（陕）、甘肃（甘）、青海（青）、宁夏（宁）、新疆（新）等地区。矿种编号是用1~33顺序表示煤、油气油页岩、地热和热泉、铀、铁、锰、钛、铬、钒、铜、铅锌、钨、锡、钼、铝、汞、铋、钴镍、金、银、铂、稀土、稀有元素、冶金熔剂、耐火材料、矿肥原料、化工原料、建材和其他材料、石灰水泥原料、玻璃陶瓷原料、工艺宝石原料、地下水、矿泉水等矿种。

其中，上海、天津两市未编写相应的矿床发现史，本书不作讨论；重庆市在编写矿床发现史时尚未分立，本书仍将重庆与四川合在一起讨论；矿床发现史中缺台湾部分，本书对台湾地区也暂不讨论。矿床发现史中油气与铀矿资料不全，本书只能在全

的情况下讨论；本书把稀有、分散元素矿床合称稀有矿床；本书把冶金中需要的熔剂原料如硅石、石灰岩、大理岩、石英岩、萤石矿等归入冶金熔剂原料矿产；耐火材料类的冶金辅料专称耐火材料矿产；把化工原料中用于化肥生产的如钾盐、蛇纹石矿、泥炭、磷矿等称为矿肥原料矿（不同于用油、气生产的化肥）；其余的化工原料矿产仍称为化工原料矿产；在建材和其他非金属材料中区分出石灰水泥原料矿产、玻璃陶瓷原料矿产和工艺宝石原料矿产等。当然，这种划分不十分严格也不一定很恰当，但为了进行统计处理，又不得不进行这种划分。

应指出的是，各地区对不同的矿种甚至对同一矿种编入矿床发现史的标准是不完全一致的、势必给统计处理带来不可避免的偏差，例如稀土矿床，内蒙古白云鄂博稀土矿在世界上占有非常重要的地位，统计中只能计入一票，就是突出的一例。而油、气和铀矿床的统计，矿种分布和地区分布是不具代表性的，但其矿种发现过程是可供参考的，其对地区矿床发现过程的影响也是很小的，等等。

目 录

绪 言	(1)
第一章 统计认识论基础	(1)
1-1 客体特征	(1)
1-2 矿床概念	(2)
1-3 成矿能力	(4)
1-4 显在知识	(5)
1-5 潜在知识	(6)
1-6 发现时间	(7)
1-7 发现数量	(9)
1-8 认识积累	(10)
1-9 再发现可能性	(11)
1-10 发现速度	(12)
1-11 累积发现	(14)
1-12 半发现时间	(15)
1-13 年度发现	(17)
1-14 长期	(18)
1-15 初期	(19)
1-16 近期	(21)
1-17 平均·发现强度	(22)
1-18 k 值	(24)
1-19 t_0 值	(25)
1-20 $t_0 \rightarrow M$ 值	(26)
1-21 $M \rightarrow t_0$ 值	(26)
1-22 高潮	(27)

1-23 阶梯	(29)
第二章 科学发现	(31)
2-1 科学发现资料	(31)
2-2 以意大利为中心的科学研究	(32)
2-3 以英国为中心的科学研究	(34)
2-4 以英法为中心的科学研究	(35)
2-5 以法国为中心的科学研究	(37)
2-6 以德国为中心的科学研究	(38)
2-7 以欧美为中心的科学研究	(40)
2-8 以美国为中心的科学研究	(41)
2-9 78 年的科学发现周期	(43)
2-10 627 年的科学发现周期	(44)
2-11 5000 年的科学发现周期	(46)
第三章 矿床发现·区域	(49)
3-1 北京	(49)
3-2 河北	(50)
3-3 山西	(51)
3-4 内蒙古	(52)
3-5 辽宁	(54)
3-6 吉林	(55)
3-7 黑龙江	(56)
3-8 江苏	(57)
3-9 浙江	(58)
3-10 安徽	(59)
3-11 福建	(60)
3-12 江西	(61)
3-13 山东	(62)
3-14 河南	(64)
3-15 湖北	(65)

3-16	湖南	(66)
3-17	广东	(67)
3-18	广西	(68)
3-19	海南	(69)
3-20	四川和重庆	(70)
3-21	贵州	(71)
3-22	云南	(73)
3-23	西藏	(74)
3-24	陕西	(75)
3-25	甘肃	(76)
3-26	青海	(77)
3-27	宁夏	(78)
3-28	新疆	(79)
第四章	矿床发现·矿种	(81)
4-1	煤	(81)
4-2	油、气、油页岩	(82)
4-3	地热和热泉	(83)
4-4	铀	(84)
4-5	铁	(85)
4-6	锰	(86)
4-7	钛	(87)
4-8	铬	(88)
4-9	钒	(89)
4-10	铜	(90)
4-11	铅锌	(91)
4-12	钨	(92)
4-13	锡	(93)
4-14	钼	(94)
4-15	铝	(95)

4-16	汞	(96)
4-17	铋	(97)
4-18	钴镍	(98)
4-19	金	(99)
4-20	银	(100)
4-21	铂	(101)
4-22	稀土	(101)
4-23	稀有	(102)
4-24	冶金熔剂矿产	(103)
4-25	耐火材料矿产	(104)
4-26	矿肥原料矿产	(105)
4-27	化工原料矿产	(106)
4-28	建材原料矿产	(108)
4-29	石灰水泥原料矿产	(109)
4-30	玻璃陶瓷原料矿产	(110)
4-31	工艺宝石原料矿产	(111)
4-32	地下水	(112)
4-33	矿泉水	(113)
第五章	矿床发现·全国	(115)
5-1	成矿能力·地区	(115)
5-2	成矿能力·矿种	(117)
5-3	矿床发现·地区	(118)
5-4	矿床发现·矿种	(119)
5-5	找矿前景·地区	(120)
5-6	找矿前景·矿种	(121)
5-7	第一发现强度	(122)
5-8	第一发现峰年	(124)
5-9	第二发现强度	(126)
5-10	第二发现峰年	(129)

5-11	发现比率	(131)
5-12	全国成矿能力估计	(133)
5-13	全国矿床发现	(134)
第六章	发现策略	(136)
6-1	小概率事件	(136)
6-2	科学发现·保险	(137)
6-3	矿床发现·避险	(138)
6-4	矿床发现·降险	(140)
6-5	矿床发现·分险	(141)
附录 I	发现函数	(143)
附录 II	矿床发现统计表	(148)
附录 III	不同地区矿床发现统计 (累计值)	(150)
附录 IV	不同矿种矿床发现统计 (累计值)	(151)
附录 V	$2n+5$ 认识过程	(152)
结 语		(154)

第一章 统计认识论基础

1-1 客体特征

在统计认识论中，不但认为客体是客观实在，是主体的认识对象，而且，待认识的客体同时具有至大无外、至小无内、无限可分的特点。因为客体除了其最根本的特性——客观实在性外，其最重要的特性是矛盾特性。

矛盾特性是至大无外的，任何一个客体都具有矛盾，都处在矛盾之中。所谓科学发现，实际上是发现客体的具体矛盾特征。

客体的具体矛盾特征具有无限可分性，这是能够进行科学发现的根本所在。因为每一个具体的发现或认识都只是对应客体或事物的某一个具体的层次，对客体或事物具体层次的认识会因实践的不断深入而不断进入到更深的层次。问题是有没有更深的层次？由于客体或事物是普遍联系、普遍发展的，客体或事物之间的矛盾数目是相当庞大的，无限可分性的现实意义是无论什么情形下总有更深的物质层次等待我们去认识。

但是，无限可分并非纯数学意义上的无限可分，在分的过程中，会遇到质变的问题。在允许质变的情况下是无限可分的，在保持事物质的规定性时，就不是无限可分的。“一尺之棰，日取其半，万世不竭”的论点，既对又不对。对，是因为确实可分下去；不对，是因为分到一定限度时，难于再保持棰的特性了。作为物质一般性，棰是无限可分的；作为棰的特性，棰就不是无限可分的。

特别是，无论怎么分，矛盾的双方总是存在着的，由于矛盾的双方互为依存条件，不但一方被分得改变了性质，使另一方也

不复存在；而且，只要矛盾存在，矛盾双方的任何一方就不应再分；再分的话，就使原来的矛盾层次不存在了，而进入新的矛盾层次。因此，为了保持质的规定性，就要有至小无内的特性。

在统计认识论中，我们把中国最古老的哲学——易中的卦与事物中的矛盾组合状态联系起来，从而使这古老的哲学有了新意，使最先进的哲学关于矛盾组合的问题有了古解。简述如下：

如果事物中共有 n 对矛盾，并已按其在事物中的重要程度排了序，如第一位矛盾，第二位矛盾，第三位矛盾，…，第 n 位矛盾，等等。同时，这 n 对矛盾中的每一对矛盾，都已区分了主要矛盾方面和次要矛盾方面，如以刚阳一方为主还是以阴柔一方为主，等等。

由于矛盾的性质是由主要矛盾方面决定的，因此，某一矛盾可用其主要矛盾方面代表，如，以刚阳方面为主要矛盾方面时，可用阳爻表示该矛盾；以阴柔方面为主要矛盾方面时，可用阴爻表示该矛盾。则由 n 个矛盾构成的事物，一个 n 卦恰恰表示该事物的一种矛盾状态，如 ☰ 表示事物中共有 3 对矛盾，第一位矛盾以刚阳为矛盾的主要方面；第二位矛盾以阴柔为矛盾的主要方面；第三位矛盾又是以刚阳为矛盾的主要方面。众所周知，这样的卦共有 8 个，构成所谓八卦，其实是含有 3 对矛盾的事物共有 8 种矛盾状态。由此可以推知，含有 n 对矛盾的事物，当矛盾已排序后，其共有的矛盾组合状态数为 2^n ；如果矛盾未排序，应共有矛盾组合状态数 $2^n n!$ 。

所谓发现，无非是通过实践逐一认识具体的矛盾组合状态，无论科学发现，还是矿床发现，皆如此（详见附录 V）。如果取 $M = 2^n$ 或 $M = 2^n n!$ ， M 就是关于科学或关于矿床的可发现数。

1-2 矿床概念

一辈子从事矿产勘查的老地质学家徐思寿先生有一次激愤地

说，什么叫工业矿床？有不被工业利用的矿床吗？事实上认为有不被工业利用的矿床的大有人在，例如有工业矿床类型课，自然就应有不加“工业”两个字作形容词的矿床类型课。

作者是赞成徐恩寿先生的看法的，矿床就是可被工业利用的，不能被工业利用的就不能称为矿床，至多只能称某种或某些元素或矿物的聚集体。为此，作者在《矿床效益估计的理论和方法》^①一书中专门对这个问题进行了讨论。在作者看来，矿床的概念必须包含如下几个方面：

(1) 矿床是元素、矿物或岩石的聚集体。这是矿床的客观物质基础，是矿床的根本，是矿床学家关注矿床的基本方面。一切严密的关于矿床的概念都应首先对这个基础进行界定。

(2) 矿床中的元素、矿物或岩石，经过开采、选矿或冶炼，预计要能够形成有一定使用价值和交换价值的矿产品。这是对矿床的经济要求，是矿业学家关注矿床的基本方面。没有这一点，就不能称其为矿床。

(3) 矿床要有边界，矿床边界是一个闭曲面。对被边界所包围的矿床，要求被采矿、选矿、冶炼后能够产生一定的预计经济效益。矿床边界是矿床的自然基础和对矿床的经济要求两个方面的综合反映。

(4) 上述三点是矿床概念的内涵。还必须限定矿床概念的外延。矿床是在一定地质体中一定空间范围内的，并非存在于其他任何空间中；矿床要有足够的体积和矿石数量，而不能任意小；矿床既有固体的，也有液体的，还有气体的；矿床是天然形成的；或虽有人工影响，却非人工特意制造的。

根据这些考虑，作者认为：矿床是一定地质体中在一定空间范围内、预计经过开采、选矿或冶炼能够形成具有使用价值和交换价值的特定矿产品、有足够的体积和数量并被预计能够保证其

^① 矿床效益估计的理论和方法，地质出版社，1995年。

经济效益的边界闭曲面包围的特定元素、矿物或岩石的天然的或虽有影响却非特意制造的固体、液体或气体聚集体。

关于矿床的这个概念是本章以下讨论的基础，是以后各章立论的出发点，例如关于矿床的发现时间，就不能再理解为发现矿化的时间，而应该理解为确立为矿床的时间或理解为判定工业可利用的时间，等等。

1-3 成矿能力

矿床的形成能力或成矿能力通常的理解是由地质成矿条件决定的，根据前节关于矿床概念的讨论，这只是成矿条件之一，实际上是形成元素、矿物或岩石聚集体的条件。这种聚集体转变为矿床还有三个条件：

第一，是技术条件，即这种元素、矿物或岩石的集合体在技术上是是不是可开采的、是不是可选矿的、是不是可冶炼的？只有在技术上是可采、可选、可冶的才能满足矿床的技术条件。这表明在技术落后条件下不是矿的在技术先进条件下可以是矿，在技术先进条件下是矿，在技术落后条件下又可能不是矿。

第二，是地理条件，如矿床所处的气候带、矿床的埋藏深度、矿区的交通条件、选厂的距离等等。在技术上可行不一定在经济上可行，如气候影响作业天数，埋深和交通条件、选厂距离影响成本。同样的矿床在一种地理条件下是可利用的，在另一种地理条件下就是不可利用的而不成其为矿。

第三，是社会条件，技术条件要以社会环境为背景，地理条件也受社会环境影响。采、选、冶过程需要配套的能源、设备、材料条件，这种条件是由当地社会发展程度决定的，当地的市场发达程度、市场准入程度都直接间接地影响矿床开采的效益。

一个内在的条件、三个外在的条件综合决定了是矿还不是矿，因此，估计一个地区的成矿能力单纯根据地质成矿条件是远

远不够的，还必须考虑技术的、地理的和社会的条件。这表明矿床确实是个经济概念。当然，在矿产勘查工作中，人们大都自觉或不自觉注意到了这些方面，例如，关于边界品位的问题，就是这些方面的一种综合考虑。所谓富、近、浅、易和贫、远、深、难就是这个问题的通俗说法。

对于特定的地区或特定的矿种来说，综合考虑了以上这些条件以后，在一定的找矿时期中，矿床的数目应该是大体一定的。尽管确定这个数目比较难，尽管单从地质成矿条件不太容易确定这个数目，但通过找矿实践会最终发现这个数目。为了在以后的讨论中便利，我们用大写字母 M 表示它。

1-4 显在知识

找矿过程是认识过程，带有科学发现的一般特点。成矿条件未知，成矿类型未知，成矿位置未知，成矿规模未知，等等，都是未知的。因此，在找矿中，首先要运用已有的成矿理论、找矿理论和找矿方法。

这些已有的成矿理论、找矿理论和找矿方法通常是已成熟的，是专著、讲义或论文、特定的仪器和数据处理方法，都是确定或基本明确的知识。这些确定的或明确的知识在知识经济中被称为显在知识。

对于找矿来讲，所涉及的显在知识显然就是上述知识范围。由于客观上信息传递的问题和主观上信息接受的问题，不同的找矿主体其显在知识水平是不同的。这主要表现在如下几个方面：

新的知识已经出现了，但由于信息传递的问题，还没有传递到有关的找矿主体。如在某次会上介绍的理论和方法，某个单位没人参加，就无从获取相应信息；或有人参加，专业不对口，没弄懂；或听懂了，回来没有应用等。又如，所订的专业期刊有限，尤其是外文原版期刊、大多数勘查主体都没有订，世界性的

新技术、新方法往往是凭借译刊才知道的，加上条件的差异，应用就更加滞后。

信息的接受也是个问题，例如，国际上普遍应用的地质统计学方法，本来是地质矿业一体中产生的，主要解决矿业中储量估计精度问题，传到中国后，成了地质这个专业的一种新的储量计算方法，受到了两方面的限制：一是认为地质工作的目的是提交储量，矿床储量的多少成了最关心的问题，不易接受这种估计无偏、方差偏小的方法；二是这种方法要进行大量的运算，与地质学家的主要思维方式：描述和类比不大一致，也限制了它的应用。致使这个1950年提出的、1960年成熟的、70年代传入中国的方法直到90年代才有第一个用这个方法提交的正式矿床储量报告。

可见，已有的显在知识对不同的找矿主体来说，可能是不同的，并且是随时间变化的。为了以下讨论的方便，我们用 $S_0(t)$ 表示显在知识水平，它表示的是时间为 t 时某找矿主体的显在知识水平。

1-5 潜在知识

显在知识是有处可查的知识，潜在知识则不然，它主要体现在人们的经验和能力上，甚至是只可意会不可言传的要言妙道。但是，就作者看来，潜在知识应被理解为对显在知识的吸纳和转化能力。如果可以这样理解的话，潜在知识也不是不可捉摸的，譬如，如下一些事例就表现出不同的人潜在知识是不同的。

有的人善于观察和描述，他的野外记录既详尽又整齐，手勾草图也准确洁净。这样的潜在知识虽然可以通过训练获得，但无论怎样严格的训练，不同人之间的差异是非常明显的。表现在原始资料上的这种差异，势必要反映到最后的结论上。

有的人善于测试，他的工作室井井有条，他测试的步骤严守

规矩、清清楚楚，他的记录明明白白，把数据的记录和数据的处理严格分开，科学的新发现往往就出现在这种严格上，那些测试可靠、与测试前设想完全不同的数据是非常珍贵的，可能正是新认识的起点，实验中的新发现往往来自这样的测试者。

有的人则善于综合和分析，许多人的观测得到了汗牛充栋的数据，如果没有新认识，人们的眼光将被这些数据遮住，人们的认识将迷失在这些数据中，这就需要人脑对这些数据进行综合和分析。先是综合，从大量的数据中理出几个头绪，然后是分析，把数据全部逻辑地联系起来，形成理论。如果认为观察和测试会认识到新方面，这种综合和分析则可能得到新理论或新方法。

有的人回避难题，有的人却最愿意啃难题，认为回避难题不可能得到新东西，啃难题才有可能做出新发现。实际上，没有难题的地方或方面，是理论上和方法上都很成熟的地方或方面，很少有新的东西留在那里。有难题的地方或方面，恰恰是现有理论和方法难于奏效的地方或方面，有许多未知的东西等待去揭开。

有的人认为反向思维有效，有的人认为跳跃思维有效，都是同一个道理。既然正向思维过不了难关，为何不从反方面想一想，数学上还有反证法呢！跳跃思维也一样，这是一种跳过眼前的难点，向远处、向前方看问题的一种方法，以防一叶障目，不见泰山。

简单列举的这几个方面，基本上都是属于潜在知识的范畴，虽然是从经历、经验和学习中得来，却很难像显在知识那样只要努力就可以达到的，因为潜在知识主要表现在能力和智慧上，必然要因人、因地、因时而异。为了以下讨论的方便，我们用 $S_1(t)$ 表示这种知识的吸纳和转化能力。

1-6 发现时间

矿床的发现时间和发现者一直是个争论不休的问题，原因主