铁矿储量-品位统计分布 及其地质意义

汪国栋,李银海,苏崇锦

(冶金地质勘查总局资料馆,河北三河 065000)

摘 要: 通过对比各类铁矿储量-品位统计分布曲线,详细分析了其分布模式特点,认为不同类型铁矿品位分布模式同各类铁矿的成矿地质地球化学背景的复杂程度和成矿作用机制特征有关; 从统计的角度论述了铁矿成矿总体趋势和各类铁矿成矿富集能力上的差异,指出了多期次、多阶段和多种成矿作用的同位叠加对矿床及工业富矿形成的重大意义。

关键词: 铁矿;成矿机制特点;成矿作用同位叠加

中图分类号: P518.31; P682.1 文献标识码: A 文章编号: 1001-1412(2001)02-0099-05

铁矿成因及成矿作用已不是一个新话题,有关 研究成果及论文也浩如烟海。但对矿床品位高低、贫 富规律及其原因的解释往往莫测高深。比如,鞍山式 铁矿品位主要在 w(TFe) = 30%左右,夕卡岩型铁矿 平均品位 w(TFe) > 42%且富矿比例较高,火山岩型 铁矿品位变化范围很大等......,这显然有其内在原 因。以往对某区铁矿贫富、规模大小的原因,一般多 抓住该区某种突出的地质现象,作出"地质条件特别 有利或不利"来加以解释;如在某富矿区发现镁夕卡 岩,就说白云质灰岩或白云岩有利于形成富矿;如果 某富矿区纯灰岩多,就推论纯灰岩最有利于夕卡岩 型富矿......等。有关解释令人难测。

显然,铁矿床平均品位高低不一,各类铁矿平均 品位及富铁比差别很大,这表明了一个事实:不同类 型铁矿床具有不同地质条件,而不同成矿作用和机 制特点,必定导致不同成矿作用具有不同的聚矿能 力和富化程度。

地质研究及统计分析表明,了解各类铁矿品位 分布、揭示储量-品位分布模式及总体规律,会为了 解铁矿品位高低、富矿的形成条件和规律提供进一 步的重要结论。

1 铁矿储量-品位统计分布特征

按照恰当的品位等级分组,对全国各类型铁矿 不同品位等级储量的分布进行研究^[1],了解和对比 各类铁矿储量-品位分布规律和结构特点;为避免对 各个矿床的某种具体岩石、地层和构造形式的过分 纠缠,用统计的方法对"储量-品位数据对"进行研 究,有益于对各类型铁矿成矿和富集总体规律的系 统分析。

1.1 鞍山式和沉积变质型铁矿

在储量-品位分布图上, 鞍山式和沉积变质型铁 矿十分一致; 以鞍山式铁矿为主的沉积变质型铁矿 具有近似正态分布特点的单峰型分布曲线(图1), 铁 矿(床)品位分布十分集中, 鞍山式铁矿品位w(TFe) = 24% ~ 36% 者占 94.82%; 分布曲线峰值或极值 (频率 38.36%) 位置明显, 其峰值位置 31%(即 30% 位置^①), 显然与该类铁矿的平均值(30.86%) 基 本重合; w(TFe) 42%的矿床储量很少, 其富铁矿 体出现的概率很小(0.09%)。

收稿日期: 2000-12-14; 修订日期: 2001-04-04

作者简介: 汪国栋, (1938-), 男, 湖北崇阳人, 高级工程师, 1960 年毕业于中南矿冶学院地质系, 先后从事海洋地质研究、金属矿产地质调查 与勘查和冶金地质项目管理工作。

①此处" 30% 位置 "指储量-品位分布图上的品位分组位置(值),代表品位> 29.99% 至< 32.00% 的区间(组距 2%)、组中值为 31.00% 的位置;其余类推。图中纵标上储量比,指某等级区间的矿石储量与该类铁矿总矿石量之比,或者说是该等级区间的矿石分布频率,这也相当于 从一统计总体进行大样本的品位统计抽样结果,故频率趋同概率。



图 1 沉积变质型(cb)及鞍山式(as)铁矿储量-品位统计分布图

Fig. 1 Statistical distribution diagram of ore reserves and grade for sedimentary-metamorphic type (cb) and Anshan style iron deposits

从曲线图上看,以鞍山式为主的沉积变质型铁 矿的矿床品位围绕其平均值作似正态随机分布,*w* (TFe)平均品位在 29% ~ 31% 之间的矿床具有最大 概率。

1.2 基性岩浆分异型铁矿

由图 2(ji) 可以看出,其储量-品位分布为主峰在 左、次峰在右的双峰曲线。此类铁矿品位 w (TFe) = 23% ~ 35%的矿床占 92.98%,其矿床品位的狭窄分 布范围也十分突出。

基性岩浆分异型铁矿主峰值位置(组中值 27%, 或 26% 分组位置) 与该类铁矿品位平均值(*w* (TFe)= 28.64% 左偏不多,但铁矿品位 *w*(TFe)= 38% 及以上的储量仅占 0.05%;该类型铁矿作为单 独的富铁矿床没有出现。应当认为这是该类铁矿成 矿作用和机制特征的反映。

1.3 沉积型铁矿

沉积型铁矿在我国分布很广,并划分多种亚类 (或亚种)。在储量-品位分布曲线上表现为右峰(44%的分组位置)最高、左峰(38%的分组位置)略 低的双峰曲线(图 2, ch);但右峰区陡狭、左峰区宽 坦, 具有右峰区叠加于以左峰为主的曲线上的态势。 沉积型铁矿(平均品位 *w* (TFe) = 40.70%)品位主体 虽然在 28% ~46%之间, 但与前述二类铁矿不同, 其 品位分布比较离散, 几乎包括了所有的品位分组空 间; 有少量富铁矿出现(3.75%)。



图 2 基性岩浆分异型(ji)和沉积型(ch) 铁矿储量-品位统计分布图

Fig. 2 Statistical distribution of ore reserves and grade for basic magmatic differentiation type (ji) and sedimentary type (ch) iron deposits

1.4 夕卡岩(接触交代-热液)型铁矿

由图 3(sk)曲线可知,铁矿品位分布相当离散, 其主体集中于 30%分组位置的右侧、并由 3 个宽坦的小峰区构成,整个曲线缺乏高大的主峰区存在。其多峰分布特征反映了成矿作用的复杂性,其右侧峰值众多和左侧低值长尾特征反映了其平均品位较高<math>(w(TFe) = 42.29%),并有较多富铁矿存在(富矿 比= 20.48%)的事实。

1.5 火山岩型铁矿

此类铁矿品位分布十分离散,在几乎所有的品 位区间上曲线呈峰值相差不大的4峰现象(图3, hs),主体部分在分组位置 28% 至 44%之间(包 含中间两峰值),缺乏明显高大的主峰区。在高值品 位(50% 的分组位置)的峰值,揭示该类铁矿的富 铁矿占有一定的比重。

1.6 多因复合_叠加型铁矿

品位分布也十分离散,曲线上有3个高低和陡



Fig. 3 Statistical distribution diagram for skar type (sk) and volcanic type iron deposits



图 4 多因复合-叠加型(dy)和风化淋滤型(fl) 铁矿储量-品位统计分布图

Fig. 4 Statistical distribution diagram of ore reserves and grade for multiply overprinted weathering-leaching type iron deposits

坦不一的峰值区(图 4, dy),但主峰区(峰值在 34% 分组位置)明显,并在 50% 分组位置上出现第二峰

值区;表明该类铁矿主体在 29% 至 37% 之间,有一定比例的工业富铁矿。

1.7 风化淋滤型铁矿

品位分布十分离散,几乎分布在所有的品位区间上(图4,fl);在分组位置 28% 至 50% 处的区间出现 3 个相差不大的峰值,最高峰值为 46% 位置处,并反映仅有少量富铁矿存在的情况。

2 铁矿成矿和富集的总体规律分析

关于铁矿成矿或富集规律研究, 传统上习惯于 与某个地区的某种地层、岩石或构造相联系, 以获取 某个局部地区的地域性结论。对足够大的范围和足 够数量的铁矿(且有充分研究)的统计分析, 为成功 地获取铁矿富集趋势和成矿的总体规律提供了条 件^[2]。

从上述各类铁矿统计分布模式及对比分析,可 以得出:

(1)各类铁矿的储量-品位分布模式不同,曲线 类型、峰态特征、均值位置(或曲线主体部分的位置) 及左右尾值特点等均有很大差别。主要表现为鞍山 式及沉积变质型分布曲线规整、近似正态分布,基性 岩浆分异型及沉积型为双峰混合分布,其他则更为 复杂的多峰(3~4峰)分布。显示了它们应有不同范 畴和程度的成矿背景、机制特征和作用过程。

(2) 各类铁矿品位分布的集中和离散程度存在 系统的差别。在前述曲线分布图上, 各类铁矿品位均 值位置与曲线峰值或主峰位置吻合程度不一, 有的 差别很大。从图 5 的累计分布曲线的分布区间和曲 线的斜率分析来看, 基性岩浆分异型分布区间最为 狭窄、曲线主体部分斜率最高, 其次为沉积变质型, 储量的主体分布于 w(TFe) = 25% ~ 37% 的范围; 而 后依序为多因复合-叠加型、沉积型、风化淋滤型和 夕卡岩型, 其主体部分品位分布的范围有所扩大、斜 率变小, 尤其火山岩型铁矿, 曲线分布于所有品位区 间, 几乎交切其他所有曲线, 离散程度最大。

(3) 从各类铁矿品位均值位置、曲线主体部分或 主峰区间的不同来分析, 分布图系统地反映了各类 铁矿成矿作用的富集能力和强度上的差别, 尤其在 图 5 的各类型铁矿累计分布曲线上最为明显。基性 岩浆分异型铁矿整个处于图区的最左边(品位最低 部位), 向右依次为沉积变质型、多因复合-叠加型、 火山岩型、沉积型、风化淋滤型和夕卡岩型铁矿, 显 示自左至右各铁矿类型成矿富集作用能力增强,这 与各铁矿类型平均品位自低至高的排序一致。表现 出一种规律性的趋势。

(4) 各类铁矿成矿与富集作用的强弱还反映在 富矿储量的比例方面。在分布曲线上, 夕卡岩型、火 山岩型和多因复合-叠加型均在曲线的右侧(50% 的分组位置上)形成一处较明显的小峰值区(图3,图 4),风化淋滤型曲线则不明显;在累计分布曲线上 (图5),夕卡岩型、火山岩型和多因复合-叠加型曲线 的高值区间(w(TFe) 50%的部分)的斜率最高;表 明这3类铁矿的富铁矿储量在此区间每增加一个品 位单位其对应的富铁矿储量增加速(幅)度最快 (大),风化淋滤型次之,其他类型铁矿的对应区间的 斜率较(变)小或很小,富矿在此区间增加的幅度很 小。再次指示不同类型铁矿的成矿作用特点,其富集 能力和强度是不同的。

(5) 全国铁矿储量-品位分布曲线(图 5), 是全国各类铁矿的综合反映结果。其分布曲线呈单峰偏态混合分布或具近似对数正态分布的特点; 累计曲线为一光顺的似 'S '形曲线。由图上可直接读出有 50%的储量 w (TFe) < 31%, 75%的储量 w (TFe) < 35%, w(TFe) 50.00%的工业富铁矿约占总储量的 5%左右(此处为富矿储量 500万 t 者的统计值)。





Fig. 5 Diagram comparing of statistical results of ore reserves and grade of iron deposits in China

3 地质推论和结论

如何解释上述储量-品位统计分布规律,必须涉 及铁矿的形成条件、作用过程和机制特点,至于哪一 些特征是成矿条件所致,哪一些特征是决定于作用 机制上的结果,以往还未有人涉及。以单个矿床 (区))或特定区域的地质特征为目标的地质研究,虽 然为阐明各地区铁矿分布特征、解释其铁矿成因和 富集规律及指导有关地区的找矿已经或正在起着重 要的作用,但要解答一些普遍性(洲际性或全球性) 的成矿富集规律问题显然鞭长莫及。应当指出,无论 对矿区、矿带或某种类型来说,"储量-品位数据对" 的数据大小都是其成矿条件和富集能力的集中表 现,是自然界中成矿条件和成矿作用优劣的"高度量 化 '结果, 储量-品位分布曲线的模式、特征和变化也 就反映了成矿和富集的总体态势与规律。

从最直观的意义上说, 鞍山式及沉积变质型铁 矿具有简单的、似正态分布模式; 其集中分布的狭窄 区间表明它们是在大致相同或相似的沉积地质、地 球化学背景条件下, 由单一沉积和(或)一次成矿作 用的结果(未受其他某种系统因素或叠加作用的影 响), 导致产生该类矿床的品位围绕某一期望值作近 正态随机分布。考虑到参加统计的该类矿床的数目 和储量数额很大或巨大(统计该类矿区 486 处, 储量 292.8 亿 t), 只能认为这是一种极有规律和典型意 义的现象。

沉积型铁矿虽然也属以海相沉积作用为主的矿 床,但与前寒武纪早期沉积变质铁矿具有不同条件 和机制特点。曲线形态具有突出的双峰模式特点,其 储量-品位分布曲线上品位分布的离散度较鞍山式

103

及沉积变质型铁矿大很多。这似乎说明,随着地球圈 层的"分异",各时代和各地区沉积地质、地球化学背 景越来越复杂,差异越来越大;同时,浅海或近岸条 件下波浪、波流和潮汐流,对沉积作用过程中的铁质 颗粒或团粒产生恒常的同步分选作用,导致铁矿品 位的进一步富集^[3],表现出沉积型铁矿以 38%分 级位置峰值(较鞍山式沉积变质型的峰值位置右移 7%)为主的分布曲线上,在 44%位置上叠加有另 一狭窄的最高峰值。这应可推论,我国沉积型铁矿的 平均品位要高出沉积变质型铁矿品位约 10% 的原 因。

基性岩浆分异型铁矿储量-品位分布模式, 同鞍 山式及沉积变质型铁矿的相同之处是具有狭窄的分 布区间;但其左侧高大的主峰,突出显示成矿中"专 属岩浆区"基本相同的地质地球化学背景和单一的 岩浆(结晶)分异作用机制为主的成矿过程; 其右侧 明显的次级峰值(频率 17.34%)和峰值区显然包含 了相当一部分矿区和储量, 从统计角度看, 应当是反 映某种尚未查明或尚未被重视的作用和现象的结 果^[5]。

夕卡岩型、火山岩型和多因复合-叠加型以及风 化淋滤型铁矿的成因虽然大不相同,但品位分布曲 线的共同特征是复杂、多峰,品位分布离散;累计曲 线表现为两个以上(不包括2个)的'拐点"。显然,这 些铁矿类型具有复杂多样的成矿地质地球化学背 景,普遍具有多期次和多阶段成矿作用的同位叠加、 或不同类型的成矿作用的后期叠加作用^[4]。如风化 淋滤型铁矿多数是在沉积铁矿、夕卡岩铁矿或火山 岩铁矿的基础上后期叠加形成;多因-复合叠加型可 有沉积变质-热液改造式、沉积-层控热液改造式也是 不同类型的成矿作用的叠加。夕卡岩型及火山岩型 显然也是岩浆侵入或火山活动中多期次,多阶段热 液或矿液交代和充填的结果。上述4类铁矿品位分 布曲线的复杂性,正说明了其成矿地质地球化学背 景的多样性和成矿叠加作用的复杂性。

需要指出,上述4类铁矿中多期次、多类型叠加 作用的性质及作用的大小无法判定。夕卡岩型铁矿 的成矿作用方式较多,有接触交代、含矿熔浆贯入、 气液交代-充填和中低温热液充填作用等;但以何种 为主,以往矿区缺乏量化资料。在分布曲线上的多个 峰值区难分主次,无法进行量化评估。其他分布曲线 复杂的铁矿类型也具同样的情况。

多种成矿作用和多期次成矿的同位叠加往往决 定矿床的经济意义。从统计和图 5 可以看出,我国富 铁矿储量最多和富铁矿比例高的恰恰是具有多种成 矿和多期次成矿叠加的铁矿类型,其中夕卡岩型中 富矿占 20%~27.5%,火山岩型及多因复合-叠加型 中富矿占 13%~16.5%。这从统计的角度证明了这 类叠加成矿的重大意义。当然,并非一有成矿叠加必 定形成工业富矿,只有同位叠加作用具有足够的规 模和强度,才会形成大型富铁矿。其实,多种成矿作 用和多期次与多阶段成矿作用的同位叠加对其他矿 产也具有重大的意义。应当重视其研究,以指导有关 矿产勘查工作。

参考文献:

- [1] 汪国栋,李银海,苏崇锦.铁矿地质数据统计分布与铁矿成矿作
 用[J].地质与勘探,2000,(4):52-55.
- [2] 汪国栋, 宋雄. 多重(级) 富集是工业富铁矿形成的核心机制
 [J]. 地质找矿论丛, 1996, 11(1): 1-7.
- [3] ³. 1¶4Å³° É. ÀtŇݶ À ¶»Ä±ÌtÀ» ½ t°°° ° ÅÂÅÅE° 淵¶ ±tÀ³¶Ã°Ñ
 [M]. ĀtÅ³Í Åɶε[°]Ñ À ±³°Ã°° ¾À¶ À³ μ击¶½I ÄÄ³ À
 Àü³±1962.97–107.
- [4] 汪国栋, 宋雄. 中国铁矿成矿地质特征和资源潜力[J]. 地质找 矿论丛, 1996, 11(4):35-41.
- [5] 姚培慧. 中国铁矿志[M]. 冶金工业出版社, 1993, 77-89.

STATISTICAL DISTRIBUTION OF IRON ORE RESERVE-GRADE AND THE GEOLOGICAL SIGNIFICATION

WANG Guo-dong, LI Yin-hai, SU Chong-jin

(Geological Library MII, Sanhe 065000, China)

WEI Cun-di

(College of Material Science and Technolgy, Jilin University, Changchun 130026, China)

Abstract: A systematic study on the characteristics in distribution, chemical composition, crystal texture, crystal morphology and pyroelectricity of pyrite has been made in the Wulong gold deposit. All these provide the mineralogy basis for studying the genesis of the deposit and evaluating the deep potentiality. **Key words:** Wulong gold deposit; pyrite; typomorphic characteristics; Liaoning

(上接第103页)

Abstract: Based on contrast distribution curve of ore reserves-grade of each type iron ore deposit the authors consider that the distribution curve patterns of different type iron ore deposits are related to complexity of their geological and geochemical background and metallogenic mechanism characters. General tendency and enrichment power for different type iron deposit are statistically varied. Multiple superimposition of ore forming processes at the same place is important to formation of iron deposits and rich iron ore bodies.

Key words: iron ore deposits; characters of metallogenic mechanism; superimposition of metallization at same place

(上接第134页)

STUDY ON THE METALLOGENETIC EPOCH OF LAOZUOSHAN GOLD DEPOSIT

LI Xiao-min, ZHOU Xi-wen, WEI Cun-di

(College of Material Science and Engineering, JILin University, Changchun, 130026, China)

Abstract: The hydrothermal metallogenesis of Laozuoshan gold deposit is divided into two periods and seven stages. Based on the studies of the characteristics of orebody's occurence, ore type, coexisting minerals, Rb-Sr and Pb isotopic age, etc, the early metallogenesis is related to Hercynian tectonomagmatic activities and its metallogenetic age is (239 ± 34) Ma, but the late metallogenesis to the Yanshan tectonomagmatic activities and its metallogenetic age is slightly younger than $123 \sim 146$ Ma.

Key words: Laozuoshan; Gold deposit; Metallogenetic epoch; Rb-Sr isotopic age; Pb isotope; Heilongjiang