

中国铁矿成矿地质特征和资源潜力^①

汪国栋 宋 雄

(冶金部地质勘查总局资料馆)

提 要 中国铁矿主要分为七大类型:沉积变质型磁铁-赤铁矿床,基性侵入体岩型钒钛磁铁矿床,矽卡岩型磁铁矿床,火山岩型磁铁-赤铁矿床,沉积型赤铁-菱铁矿床,多因复合-迭加型磁铁-赤铁矿床,风化淋滤型褐铁-赤铁矿床。中国铁矿的成矿特点是:成矿时代多期,但相对集中在几个重要时代;单一或一次成矿作用往往只能形成贫矿;多期次、多阶段和多种成矿作用叠加是工业富矿形成的关键因素;“矿床系列”是铁矿成矿地质作用的特征表现,在同一地质作用条件下生成一系列成矿作用有区别或类型不同的铁矿床。中国铁矿虽已探明巨大储量,但在许多大型铁矿成矿区带上仍有相当大的资源潜力,成为中国未来铁矿地质勘查的基础。

1 铁矿成因-经济类型

中国是世界上重要的铁矿生产国之一。铁矿分布广泛,成矿条件复杂,铁矿类型较多。中国铁矿根据地质条件、成矿作用、矿床产出特征及工业意义,分为七大类型。

(1)沉积变质型磁铁-赤铁矿床。这类铁矿主要与前寒武纪铁硅质建造、类铁硅质建造有关。前者产于华北地台太古代及下元古代的古老变质地层中,变质地层原岩有的以基性、中基性火山熔岩及其碎屑岩为主,有的为粘土质、半粘土质沉积或部份碳酸盐沉积,含少量火山岩或不含火山岩,以鞍山式铁矿为代表;中、上元古代以碎屑岩为主、有的含火山碎屑的远火山沉积岩中的类铁硅质建造铁矿,形成于中国南、北方相应时代的优地槽发育早期,其代表矿床有桦树沟式、温都尔庙式和惠民式等。

铁硅质建造铁矿一般变质程度较高,以磁铁石英岩型矿石为主,品位 25%~35%;类铁硅质建造沉积铁矿以赤铁(镜铁)矿-菱铁矿石为主,品位 35%~45%。沉积变质型铁矿为中国工业铁矿中最主要的经济类型,已探明储量 291 亿吨,其开采量占年总产量的 57%以上,为各类铁矿之首。

(2)基性侵入岩型钒钛磁铁矿床。主要为与基性杂岩体有关的岩浆分异和贯入式铁矿。含矿岩体为分异良好的辉长岩、橄辉岩、辉石岩、橄长岩或斜长岩、辉长-苏长岩组成;这类铁矿产于古地轴边缘深断裂带上。铁矿石品位一般为 30%~36%, V_2O_5 0.22%~0.37%, TiO_2 6.95%~12.57%;已探明储量达 63 亿吨,为主要的工业铁矿类型之一,年开采量占全国总产量的

^① 收稿日期:1996.11.18

8%。

(3) 矽卡岩型磁铁矿床。这类铁矿主要为与中、酸性侵入岩有关的接触交代-热液型铁矿,产于其侵入岩与碳酸盐类围岩的接触带及其附近的地层中。矽卡岩铁矿遍及中国各地,但主要是中国东部、滨太平洋成矿域的地台活化区。矿石以磁铁矿为主,少量赤铁矿石,矿石品位一般 $\geq 40\%$,含 Cu、Co、Mo、Sn、Pb、Zn、Au 等伴生元素组份。已探明储量约 50 亿吨,由于品位较高,为重要的经济类型,其年开采量占全国产量的 12% 以上。

(4) 火山岩型磁铁-赤铁矿床。本类铁矿主要为与陆相和海相火山、次火山物质的喷发及侵入活动有成因联系的矿床。海相火山岩铁矿主要产于细碧角斑岩建造、安山质或中酸性火山岩建造中,包括前寒武纪至早中生代的地槽环境及褶皱带中,主要分布于中国西部和北部华力西地槽褶皱带及西南地区的三江褶皱带。

陆相火山岩铁矿主要生成于中生代断裂拗陷带及其火山盆地中,多与中偏基性或中酸性火山岩有关。少量与辉长辉绿岩及玄武岩建造有关的陆相火山岩铁矿,分布于扬子地台西侧,产于二叠系基性火山岩及次火山岩中。

火山岩型铁矿多为磁铁矿石,也有赤铁矿石,品位 30%~57%,部份含 S、P 杂质及 Cu、Co、V 等伴生组份。已探明储量 33 亿吨,其年开采产量占全国产量的 8.5%,为重要的工业铁矿类型。

(5) 沉积型赤铁矿-菱铁矿床。分为海相和湖相沉积形成的铁矿,通常产于地台型碎屑-碳酸盐建造中,形成时代从中元古代至第四纪,主要为中元古代(北方震旦纪)及古生代泥盆纪(南方)海相沉积铁矿。这类铁矿高硅、高磷、矿层薄,并以赤铁矿石为主。虽然分布广泛(探明储量达 47 亿吨),唯采选利用困难。目前几乎没有利用,开采量仅占全国年产量的 1%。

(6) 多因复合-叠加型磁铁-赤铁矿床。这类铁矿实际上为多种成矿作用、不同时期复合、叠加形成的,包括沉积变质-热液改造的磁铁-赤铁矿床、沉积(层控)-热液改造的赤铁(褐铁)-菱铁矿床等亚类,其成因十分复杂,目前对其成因的认识仍有较大的争议。

沉积变质-热液改造磁铁、赤铁矿床,主要生成于前寒武系的沉积变质岩系中的早期铁矿,经过了以后的变质热液或岩浆热液的改造,矿石以磁铁矿或赤铁矿为主,有的矿床叠加有后期的 Cu、Nb 及稀土组份。

沉积(层控)-热液改造铁矿,主要生成于古生代碳酸盐地层分布区的断裂构造带中,成因上与岩浆侵入或火山作用无明显联系的似层状及脉状矿床;矿石以赤铁矿为主,也有的以赤(褐)铁矿为主,并有较多菱铁矿石,一般缺乏其它多金属伴生组份,矿石品位较高。

本类铁矿成矿作用复杂,往往形成于某种特定的环境。探明储量也达 33 亿吨左右,部份构成大型富矿,是我国重要的富矿类型,开采利用率高,年产量占全国总量的 10% 以上,为重要的工业类型。

(7) 风化淋滤型褐铁-赤铁矿床。主要为富铁岩石、含铁多金属及其它铁矿经表生风化淋滤作用、再次富集的矿床。这类矿床广布于中国南方,但仅有个别形成大、中型规模;矿石主要为褐铁矿石;也有的以赤铁矿为主,品位 35%~60%,富矿比例高;但探明储量少(仅 6.5 亿吨),年开采量占全国总产量的 3.3%,往往具有重要的地方工业意义。

2 主要成矿地质特征

中国铁矿的产布主要受控于地质环境及地质成矿作用。同时,由于勘查程度的不同,也影响到铁矿及储量分布的格局。中国铁矿探明储量主要集中于东部地区;西部国土面积的一半,其铁矿量不足全国总量的 1/10。铁矿产布及成矿作用特点如下:

(1) 成矿(建造)时代广泛及主要成矿期的集中

中国铁矿及铁矿建造产布的地质时代十分广泛,从晚太古代至新生代均有见及,其含矿建造及成矿层位至少有 37 个之多,但主要工业铁矿的形成期则集中于晚太古代至早元古代、中上元古代(包括北方震旦纪)、古生代泥盆纪及海西期、中生代燕山期。

晚太古代—早元古代:主要形成铁硅质建造(BIF)磁铁(赤铁)石英岩贫矿,分布于中国的北方燕辽、内蒙地轴及其附近,构成一巨大矿带,由许多大型矿田或矿床组成,其中有特大及大型矿床 41 处,中型矿床 93 处。

中晚元古代:主要为形成于地槽型类铁硅质建造、碎屑碳酸盐建造中的沉积或火山沉积矿床,沉积变质-热液改造矿床已探明的矿床规模巨大(如白云鄂博、桦树沟等),品位高(如石碌);矿床形成于某些地槽海的局部地段。

北方震旦纪地台型的海相沉积高硅赤铁矿床即宣龙式铁矿,分布较广,局部地段较富,但矿层薄,难于选矿,不便利用。

泥盆—石炭纪及海西期:主要有川滇地区的基性岩型钒钛磁铁矿,天山地区海相火山及火山沉积型铁矿以及某些矽卡岩型铁矿,中国南方地台型海相沉积铁矿(宁乡式),这一时期形成的矿床类型较多,最重要的为与基性岩有关的铁矿(主要为分异型钒钛磁铁矿),有大、中型矿床 13 处,其中储量在 10 亿吨以上的 3 处,储量十分集中。天山地区石炭纪海相火山及火山沉积矿床发育范围广,品位高,具有重要工业经济意义。泥盆纪地台型海相沉积铁矿分布虽广,但矿层薄,多为高磷、高硅难选赤铁矿石,仅个别矿床具有经济意义。

侏罗—白垩纪及燕山期:侏罗—白垩纪的燕山构造旋回中,中国东部及南方的地台活化带广泛发育了中、酸性岩浆侵入及火山活动,产生了广泛分布、规模可观的矽卡岩型铁(铜)矿,东南沿海一带的陆相火山岩型铁矿;另外,这一时期还有西部地槽海相侏罗系的沉积褐铁—菱铁矿床(当曲)。燕山期是中国地台区主要矽卡岩铁矿、陆相火山岩铁矿的生成期;矿床矿石品位较高,探明储量可观,是极重要工业铁矿及富矿类型。

(2) 单一成矿作用和一次成矿形成贫矿的广泛分布

中国铁矿石品位较低,贫矿约占总储量的 94%;中国铁矿类型中,条带状磁铁(赤铁)石英岩占有主导地位,其次为岩浆分异型铁矿以及海相沉积铁矿,基本上为贫矿类型^[1]。据 1734 处矿床统计资料,品位为 25%~35%的矿床占 38%以上,品位在 55%以上的仅占 8.4%(频数比)。中国铁矿品位分布结构是磁铁石英岩型、岩浆分异型铁矿具有决定性影响的结果。

沉积变质磁铁石英岩铁矿沉积形成于泛大洋时期的晚太古代(如冀东)至早元古代(如鞍山),同世界范围内其它国家缺乏改造及加富情况的同类矿床基本相同,为低品位铁矿(贫矿),

中国北方冀东地区铁矿品位一般在 30% 以下,鞍山地区铁矿品位一般为 30%~35% 左右,中晚元古代及震旦纪的沉积铁矿品位一般 35%~45% (张家口、镜铁山)。随着大陆的扩大、大洋的分隔,沉积铁矿品位虽有不断增高的趋势,但均难形成大规模的工业富矿($\text{TFe} \geq 55\%$)。多年的找矿实践和研究表明,前寒武纪铁硅质建造及以后的沉积铁矿,其铁矿建造分布稳定,成份单一,层性特征清楚,为单一沉积和一次成矿作用所形成,缺乏其它内生和外生作用的不断改造和加富的机制,一般区域变质作用难于实现其品位的重大富化。

基性岩浆分异型铁矿也是储量巨大的铁矿类型,虽分为分异式和贯入式两个亚类,但其成矿作用仍以岩浆晚期单一分异机制为特征,形成的钕钛磁铁矿以不超过品位 36% 的贫矿为特征,虽局部可形成小的富矿条(层),仍缺乏大规模的工业富矿堆积。从地质历史上看,单一成矿作用及一次成矿所产生的富集程度(如 BIF 型铁矿)似乎以 35% 为其平均极点,所有单一沉积形成的矿床其平均品位的均值逼近 35%。据黎彤的资料,地球的铁平均丰度值为 32.5%,这与我国各类铁矿品位的均值($\text{TFe} 33\%$)十分吻合。大量矿床统计数据表明,地壳中铁矿的形成和富集除与局部地质环境及条件有关外,总体上似乎受某种全球性的地质地球化学条件和作用机制的影响与控制。

单一成矿作用、一次成矿富集只能形成富集程度有限的贫矿,太古代至早元古代地壳虽以大量的玄武岩喷发为主,地壳的铁丰度值较高,通过简单的一次富集形成规模巨大的贫矿;基性岩浆的简单分异作用,也难形成大规模工业要求的富铁矿。

(3) 多期次或多阶段和多种成矿作用叠加是工业富铁矿形成的关键因素

据资料,全世界已知铁矿储量 2900 亿吨,富矿资源 880 亿吨,约占总量的 30% 左右。

中国富铁矿资源少,仅占储量的 6% 左右(储量比),主要为缺乏以 BIF 为基础的大型风化壳型富矿的结果。中国富铁矿类型较多,主要为火山岩型、矽卡岩型和多因复合-叠加型。

富铁矿的形成有其特定的地质条件,但铁的富集强度高,主要是多期(次)成矿或多种成矿作用叠加的结果^[1]。

中国东部的矽卡岩铁矿、火山岩铁矿的地质研究比较详细。统计资料表明,矽卡岩铁矿中富矿比例较高,富矿占该类储量的 39% 左右。其成矿的基本条件为中或中酸性岩浆侵入体、厚大的碳酸盐地层,当然应有导致岩浆侵入的构造环境;有人认为,膏盐层、含铁碳酸盐的“矿源层”是成矿有利条件。

从根本上看,矽卡岩型富矿成矿机制的核心是多期(次)交代、充填作用和不断加富。据资料,鲁中地区的磁铁富矿至少有 3 次矿液充填、交代作用,张家洼平炉富矿就是多次成矿作用叠加的结果,以矽卡岩后期矿化为主,热液阶段磁铁矿化呈网状脉叠加于早期形成的矿石,使矿石品位提高,形成平炉富矿^[2]。邯邢地区矽卡岩型富矿至少也有 2~3 期(次)成矿富集作用^[3,4]。鄂东地区大、中型富矿也是同一构造-岩浆活动中多次矿液成矿的产物^[5]。

火山岩铁矿中以宁芜地区陆相火山岩铁矿的研究最具代表性。多年研究表明,火山岩铁矿发育区,不仅有多喷发旋回的火山活动,而且大型工业富矿也是多次火山热液充填、交代的结果。梅山铁矿中有多种角砾,并为不同物质所胶结,不同矿石矿物组合类型及多种蚀变的发育,均代表多期(次)热液成矿的特征;在火山-侵入作用过程的不同时期和阶段,可产生不同类型的成矿作用;气成高温阶段,以磁铁矿组合为特征,中低温阶段以赤铁矿组合为主的成矿作用。

富铁矿的研究表明,其成矿作用一般至少有2期(有的为4次)贯入-交代作用叠加成矿^[6]。大红山铁矿为海相火山岩铁矿的代表,其主矿体为两个阶段的产物,首先火山喷溢形成富铁凝灰角砾岩及贫矿,后期火山气液沿层交代、充填和富化,形成厚大的富铁矿体^[7]。

多因复合-叠加型铁矿也是重要的富矿类型。它不同于前述类型的富铁矿,往往是由时代相去甚远、成矿作用类型完全不同的多次地质作用叠加形成的,其代表为鞍山弓长岭、内蒙古鄂博、海南石碌等。这些铁矿的地质研究说明,它们都经历了复杂的地质及成矿过程,表现了成矿作用多期加富的现象^[8]。多次交代及改造作用,使铁矿品位加富,有的带入其它多种元素组份。我国这类铁矿探明储量有增加的趋势,其中富矿比例占27%以上。除海南石碌是此类铁矿中著名的大富铁矿外,其它如四川泸沽、滇中王家滩、山东淄河及贵州观音山等,都是以后不同地质作用改造加富的结果。

风化淋滤型铁矿,实质上也是不同时代、不同性质的成矿作用叠加形成的;但主要是第四纪表生风化作用对早先形成的铁矿床的改造。本类型有工业价值的铁矿全部由易风化的贫铁矿及富铁硫化物矿床所形成,如大宝山(富铁铅锌矿)、观音山(菱铁矿)等。在海南澄迈有含铁玄武岩形成的地表堆积褐铁矿,分布分散、规模有限,品位在35%以下;表明一般的含铁岩石通过一般的风化淋滤作用是难于形成工业要求(规模及品位)的富铁矿石。

(4)“矿床系列”是铁矿成矿地质作用的重要特征表现。

铁矿成矿系列在中国许多铁矿区带及矿田中表现十分清楚。宁芜陆相火山岩型铁矿往往形成一系列成因上有一定差别的一组矿床,以火山机构或次火山岩体为中心,构成有规律的组合-矿床系列。产于次火山岩体顶部或边部接触带上的高温气液交代-充填矿床、接触交代-充填矿床及矿浆贯入矿床,产于火山岩中热液脉状矿床,产于火山碎屑沉积岩中的层状沉积矿床,产于火山喷发岩中浸染状熔岩堆积铁矿等。

海相火山岩铁(铜)矿,也往往因成矿环境及成矿机制上的差别,形成一系列成矿类型、产状特征及组成上有差别的矿床(体)。大红山矿床受火山机制的控制,随成矿阶段及成矿位置的不同,形成火山喷发(气)-沉积变质矿床,火山气液(热液)交代充填(富化)矿床及火山喷溢熔浆(矿浆)矿床等。

铁矿的矿床(成矿)系列产布特征不限于火山岩型矿床,沉积铁矿中往往形成区域性的赤(褐)铁矿床-菱铁矿床-多金属矿床的组合系列。

铁矿成矿系列中各矿床(体),有的均构成重要的工业矿床,有的只是部份具有经济意义,有的仅具矿床成因学上的意义。

3 铁矿资源潜力

中国铁矿探明储量占世界第三位,铁矿产地分布于全国28个省区,有大、中型铁矿床约242处。近半个世纪的大规模的地质勘查工作取得了丰硕的成果,查明了许多重要的铁矿区带,为铁矿的工业开发奠定了基础。目前,已探明储量100亿吨以上的铁矿集中区1处,50亿吨以上的2处,10亿吨以上的6处,5亿吨以上的地区10处。这些铁矿集中区是正在开发或待

开发的重要基地,同时也是进一步扩大资源前景的有利区带。

据资料分析,中国铁矿资源潜力仍有可观的前景,约略估计进一步找矿潜力在 900 亿吨左右。华北地台北部前寒武纪结晶地块广布的含铁沉积变质建造,东起辽东、经辽西、冀东、冀北、晋北至内蒙,长达 1400 余公里,无论从已知储量及潜在能力上,都可同世界上最大含铁建造带相比。川滇地区长达 200 公里的海西期含铁基性杂岩建造带,岩体规模大,含矿普遍,具有很大的资源潜力。中国东部与滨太平洋构造带有关的矽卡岩-火山岩铁矿,亦具有重要的找矿前景。

研究和预测表明,中国北方前寒武纪沉积变质铁矿尚有 270 亿吨的找矿潜力,川西及陕南基性岩铁矿潜力 260 亿吨以上,东部矽卡岩铁矿的资源潜力在 20 亿吨以上,与火山岩有关的铁矿资源潜力约有 30 亿吨。目前尚未大量利用的沉积铁矿广布于中国南方,其资源潜力在 80 亿吨左右。

过去四十多年的找矿主要集中于中国东部地区,西部地区占中国大陆本土的一半,找矿程度尚低或很低。藏东、川西和滇西的三江地带以及青海柴塔木盆地南缘长 600 公里的成矿带上,也有相当的找矿潜力。

参考资料

- 1 汪国栋,宋雄.多重(级)富集是工业富铁矿形成的核心机制.地质找矿论丛,1996,(1)
- 2 山东冶勘二队.张家洼平炉富铁矿成因初步探讨.地质与勘探,1978
- 3 河北二大队.中关接触充填交代型铁矿成矿地质特征.华北富铁矿工业经验交流会议地质资料汇编,1975
- 4 华北地科所铁矿队.华北若干地区富铁矿成矿地质特征和矿床成因的探讨.华北富铁矿工作经验交流会议地质资料汇编,1975
- 5 舒全安.鄂东地区铁铜矿床类型及成矿特征(中国铁矿床综论).冶金工业出版社,1992
- 6 八〇七队.宁芜北段铁矿成矿规律及找矿标志.地质与勘探,1976,(5):12~24
- 7 沈远仁.大红山矿区海底喷发沉积作用与成矿找矿问题.地质科技,1978,(1):1~8
- 8 黎鉴廷.海南铁矿矿床成因探讨.地质与勘探,1976,(2):6~11

THE METALLOGENIC CHARACTERISTICS OF CHINESE IRON OREDEPOSITS AND THEIR RESOURCE POTENTIAL

Wang Guodong & Song Xiong

*(The reference centre of General Bureau of
geological exploration, Ministry of Metallurgical Industry, Beijing)*

China has more types of iron ore deposits and the metallogenic conditions are various and complicated. Mainly 7 genetic-economic types may be outlined as follows: sedimentary-metamorphic type (magnetite-hematite), skarn type (magnetite), basic magmatic intrusion type (Vanatic

and titanite magnetite), volcanic type (magnetite-hematite), sedimentary type (hematite-siderite), the composite-diplogenetic type (magnetite-hematite) and the weathering-eluviation type (limonite-hematite) ore deposits.

The occurrence and distribution features of Chinas iron ore deposits are controlled by the geological circumstance and metallogenesis of each epoch or period. Their general features may be described as follows:

1. Although 37 iron formations and iron-bearing beds are wide-spread and appeared in many geological epoch or period in China, but the main iron ore deposits are chiefly formed from later Archeozoic to early Proterozoic, then to middle and upper Proterozoic, Devonian and Hercynian or Yanshan movement.

2. The lower grade iron ore deposit and its wide distribution is the result of the single or monogenetic iron mineralization. The poor ore is 94% of chinese total iron reserves. This is the result and decisively influenced by the sedimentary metamorphic ore type, basic magmatic differentiation ore type and sedimentary ore type. A vast amount of data indicate that the single sedimentation or single magmatic differentiation have been only formed poor ore deposits ($TFe < 50\%$). The average grade of Chinas iron ore deposits is 33%. It is consistent with the average iron abundance value of The Earth (32.5%) calculated by Prof. Litong, which possible reflects the geological geochemical conditions and mechanisms of the whole earth.

3. The superimposition of multiple epoch or stage and multiple type mineralization is the key factor to form the high grade ores. They are mostly occurred in the skarn type, volcanic rock type, compositediplogenetic type of iron ore deposits due superimposition of polygenetic, polystage and polymineralization. In skarn type, high grade ore is 39% in proportion of its known ore reserves, while in volcanic rock type and composite-diplogenetic type of iron ore deposits is over 20%.

4. The metallogenetic series is the special phenomena of mineralization process of ore deposits.

In China, a huge amount of iron ore resources have been gained (the proved resouses is 53 billion tons). The potential ore reissues may be about 90 billion tons or more.