

文章编号:1004-4116(2022)01-0046-10

铁矿矿床勘查类型及合理勘查间距探讨

白 斌¹, 俞 胜¹, 李通国², 贾 轩¹, 赵斌斌¹, 李 倩¹

(1. 甘肃省地矿局第二地质院, 甘肃 兰州 730020; 2. 甘肃省地质调查院, 甘肃 兰州 730000)

摘 要:通过对我国19个典型铁矿已有勘查成果和矿山生产资料分析、研究,结合矿床勘查类型及其分类依据,以辽宁弓长岭铁矿、河北黑山岩浆型钒钛磁铁矿等典型实例,对《铁、锰、铬矿地质勘查规范》(DZ/T 0200-2002),影响勘查类型划分的因素存在的不足,提出矿床勘查类型划分、勘查工程间距等方面需补充的内容及建议,旨在为黑色金属矿产勘查规范修订提供依据。

关键词:黑色金属; 铁矿; 勘查类型; 勘查间距; 研究

中图分类号: P 624. 5

文献标志码: A

合理的矿产勘查既可以节约开采成本,又高效利用资源。而合理勘查的工程间距是在综合研究矿床(体)地质规律的基础上得出的^[1]。以往颁布的黑色金属地质勘探工作程度要求,是我国计划经济时代的产物。在计划经济条件下,从投资到产销,不论盈亏都由国家承担,国家为了减少矿山建设的投资风险,在资源可靠程度上严格要求,各项工作程度要求高,对高级储量比例要求过高,较少考虑经济因素。上世纪90年代初,为了适应中国的改革开放、经济体制转轨的新要求,也为了与国际接轨,全国储委、国家矿产资源储量管理局就开始探索对规范进行调整。对合理勘查控制程度和矿床合理勘查研究程度进行了专题研究。其中《黑色金属矿床合理勘查程度研究》^[2]将矿床勘查控制划分为总体控制和局部控制两类,认为总体控制好了,矿床开发一般不会出现大问题;总体控制的基本内容为矿床储量规模(包括矿体长、宽、厚和分布范围),以及矿体赋存情况(包括产状和边界位置)的控制;局部控制的基本内容为矿山首采地段,矿体外部形态和内部结构,以及小矿体的控制等^[2]。

《固体矿产地质勘查规范总则》(GB/T13908-2002)和《铁、锰、铬矿地质勘查规范》(DZ/T0200-2002)(简称“老规范”)是在社会主义市场经济快速

发展的前提下,为适应市场经济的需要,同时与国际惯例接轨,继《GB/T 17766-1999 固体矿产资源/储量分类》之后于2003年1月颁布实施的。“老规范”是在对我国近50年的矿产勘查、开发经验的总结基础上制定的,其规定了各勘查阶段的目的、任务和工作程度,对矿床控制程度提出了较为全面具体的要求。现行规范实施后,是我国矿业经济飞速发展的一个阶段,开展了大量的矿产勘查开发。现行规范很好地指导矿产勘查工作,加快了矿产勘查进度,节约了勘查成本;在市场经济条件下,对矿产勘查、开发、矿业投资产生了积极的影响。

本文收集了19处典型铁矿现有勘查成果及矿山相关资料(表1),通过勘查与开采对比,研究了矿床勘查类型划分的依据和各勘查类型的合理工程间距,希望能为铁矿勘查规范的实施提供科学依据。

1 铁矿勘查类型划分

1.1 以往规范勘查类型

早期我国沿用苏联1954年《矿产储量分类规范》(第一辑总则),将铁矿床主要分为5个勘探类型。如湘东铁矿主要为第Ⅲ类型,地表零星的小矿块属第Ⅳ或第Ⅴ类型^[3]。1981年的《铁矿地质勘探规

收稿日期:2022-01-06

基金项目:国家矿产资源储量技术标准体系建设项目资助的部分成果

作者简介:白斌(1970~)男,1993年毕业于成都理工学院,高级工程师,长期从事固体矿产勘查找矿与研究工作。

E-mail:351473636@qq.com

表 1 典型铁矿床一览表
Table 1 List of iron deposits in this study

序号	矿床名称	矿床类型	规模	勘查程度	利用现状
1	辽宁弓长岭铁矿二矿区	沉积变质型	大型	勘探	开采矿区
2	辽宁南芬铁矿	沉积变质型	大型	勘探	开采矿区
3	江西良山铁矿	沉积变质型	中型	勘探	开采矿区
4	江西太平山铁矿	沉积变质型	中型	勘探	开采矿区
5	甘肃桦树沟铁矿	沉积变质型	大型	勘探	开采矿区
6	甘肃黑沟铁矿	沉积变质型	大型	勘探	开采矿区
7	甘肃七角井铁矿	沉积变质型	中型	详查	开采矿区
8	甘肃陈家庙铁矿	沉积变质型	中型	详查	开采矿区
9	四川红格钒钛磁铁矿	岩浆晚期分异型	大型	勘探	开采矿区
10	四川朱家包钒钛磁铁矿	岩浆晚期分异型	大型	勘探	开采矿区
11	河北黑山钒钛磁铁矿	岩浆晚期贯人型	大型	普查	接替资源
12	河北大庙钒钛磁铁矿	岩浆晚期贯人型	中型	勘探	开采矿区
13	湖北大冶铁矿	接触交代—热液型	大型	勘探	开采矿区
14	安徽凹山铁矿	陆相火山岩型	大型	勘探	开采矿区
15	安徽高村(陶村)铁矿	陆相火山岩型	大型	勘探	开采矿区
16	云南大红山铁铜矿	海相火山岩型	大型	勘探	开采矿区
17	湖南湘东铁矿	沉积型	中型	勘探	闭坑矿区
18	内蒙古白云鄂博铁矿床	其他类型	大型	勘探	开采矿区
19	甘肃狼娃山铁矿床	海相火山岩型	中型	详查	开采矿区

范》(地矿部冶金工业部,1981)及《中国铁矿志》^[4]对我国已知铁矿的勘查,其根据矿体规模大小、分布范围、形态变化、矿石质量变化及构造复杂程度等特征,初步把铁矿床划分为 4 种勘查类型。

1.2 “老规范”勘查类型

依据矿体规模、矿体形态复杂程度、构造复杂程度和矿石有用组分分布均匀程度等几个方面,将勘查类型划分为 3 类^[5]。

(1)第Ⅰ勘查类型:即简单型、大型矿体、简单的矿体形态和构造变化、矿体有用组分的均匀分布。矿床实例:辽宁弓长岭铁矿、辽宁南芬铁矿、河北庞家堡铁矿(10-36 线区段)。

(2)第Ⅱ勘查类型:即中等型,矿体大小、矿体形态和构造变化均为中型。矿床实例:江苏梅山铁矿、海南石碌铁矿、内蒙古白云鄂博铁矿(主矿体、东矿体)。

(3)第Ⅲ勘查类型:即复杂型,矿体规模小、矿体形态和结构变化复杂,矿石有用组分分布不均匀。矿床实例:湖北大冶铁矿、河北大庙铁矿、江西凤凰山铁矿、吉林大栗子铁矿。

1.3 勘查类型划分及合理性对比

黑色金属矿床(铁锰铬)勘查类型一般依据地质因素进行划分,允许有过渡类型^[6]。作者对 19 个典型铁矿床,矿床主矿体勘查类型的划分及合理性进行了分析对比,见表 2。

2 影响勘查类型划分的因素研究

2.1 以往规范勘查类型划分的因素

根据矿体分布范围、规模、形态变化、构造复杂程度和矿石质量变化,根据矿体控制难度,《铁矿地质勘探规范》(地矿部冶金工业部,1981)将铁矿床划分为 4 个勘探类型。

2.2 “老规范”勘查类型划分的因素

“老规范”中勘查类型划分,总体是按矿床主矿体来确定的,影响勘查类型划分的因素主要为矿体的规模大小、形态复杂程度、构造复杂程度和矿石有用组分分布均匀程度等因素。

2.3 “老规范”存在的不足及建议

2.3.1 “老规范”勘查类型划分存在不足

(1)“老规范”中,将矿体厚度稳定程度因素简单地归入矿体形态复杂程度中,没有作为一个独立因

表 2 典型铁矿床主矿体勘查类型划分表
Table 2 Exploration types of main ore bodies in some typical iron deposits

矿区名称	类型与网度/m	合理性评述
辽宁弓长岭铁矿二矿区	第 I 勘查类型 111 b:(200 ~ 150) × 150, 122 b:300 × 150	矿体规模大,形态简单,厚度稳定程度中等、构造简单,有用组分均匀,确定为第 I 勘查类型,采用的工程间距合理
甘肃桦树沟铁矿	第 I 勘查类型 111 b:(100 ~ 200) × (100 ~ 200),122 b:(200 ~ 400) × (200 ~ 400)	确定为第 I 勘查类型,采用的工程间距合理
甘肃黑沟铁矿	第 I 勘查类型 111 b:200 × (100 ~ 200), 122 b:(200~400) × (200 ~ 400)	确定为第 I 勘查类型,采用的工程间距合理
江西良山铁矿	第 II 勘查类型(偏复杂)III b:100 × (29 ~ 48) 122 b(332):200 × (65 ~ 123)	确定为第 III 勘查类型。可以确定为第 II 类型,采用工程间距合理
甘肃七角井铁矿	第 II 勘查类型 332:200 × 200	确定为第 II 勘查类型,采用的工程间距合理
四川红格钒钛磁铁矿	第 II 勘查类型 111 b:100 × 100, 122 b:200 × 100;333:200 × 200	确定为第 II 勘查类型,采用的工程间距合理
四川朱家包包钒钛磁铁矿	第 II 勘查类型 331:100 × (50 ~ 120); 332:200 × (100 ~ 150);333:200 × (200 ~ 400)	确定为第 II 勘查类型,采用的工程间距可以满足相应控制程度要求
河北黑山钒钛磁铁矿	第 III 勘查类型 333:100 × 200	矿体规模为小型,形态复杂,厚度稳定程度复杂、构造复杂,有用组分均匀,确定为第 III 勘查类型,采用的工程间距合理
河北大庙钒钛磁铁矿	第 III 勘查类型 333:100 × 100	矿体规模为小型,形态、厚度稳定程度、构造复杂,有用组分较均匀,确定为第 III 勘查类型,采用的工程间距合理
湖北大冶铁矿	第 II 勘查类型 332:200 × 200	矿体规模为中—大型,形态、厚度稳定程度复杂、构造中等,有用组分均匀,确定为第 II 勘查类型,采用的工程间距合理
安徽凹山铁矿	第 III 勘查类型 III b:50×50;122b:100×100	矿体规模为中—大型,形态、厚度稳定程度、构造复杂,有用组分不均匀,确定为第 III 勘查类型,采用的工程间距合理
安徽高村铁矿	第 II 勘查类型(3 线以北) III b:100 × 100; 122 b:200 × 100; 第 III 勘探类型(3 线以南)III b:50 × 50; 122 b:100 × 100	矿体规模为大型,形态、构造复杂,厚度稳程度中等,有用组分均匀,确定为第 III 勘查类型,网度 100 m × 100 m 较为合理。3 线以北确定为第 II 勘探类型不合理。第 II 勘查类型偏简单
甘肃陈家庙铁矿	第 II 勘查类型 332:200 × 200	矿体规模为中—大型,形态中等,厚度稳定程度简单、构造简单,有用组分均匀,确定为第 II 勘查类型,采用的工程间距合理
湖南湘东铁矿	第 III 勘查类型 111 b:75 × 50; 122 b:150 × (100 ~ 150)	矿体规模为大型,形态、厚度稳定程度、构造复杂,有用组分不均匀,确定为第 III 勘查类型,采用工程间距较为合理
白云鄂博铁矿	第 II 勘查类型 III b:100 × 100;122 b:200 × 150;第 III 勘查类型 122 b:100 × 100	矿体规模为中—大型,矿体形态简单,厚度稳定程度、构造复杂程度中等,有用组分较均匀,确定为第 II、III 勘查类型,采用工程间距较为合理
江西太平山铁矿	第 II 勘查类型(偏复杂)332:200 × 100	矿体规模为大型,形态复杂,厚度稳定程度中等,构造复杂,有用组分均匀,据此应确定为第 III 勘查类型。结合井中磁测圈定矿体,效果好,探采对比误差较小,可以确定为第 II 类型(偏复杂),采用工程间距合理

素,“老规范”勘查类型划分为 4 因素,每个因素没有进行赋值、定性分析。

(2)划分勘查类型因素未提及内部结构复杂程度,现行勘查规范,在划分勘查类型时对矿体内部结构复杂程度考虑不够。

2.3.2 建议勘查类型划分因素及实例分析

根据典型矿床研究,建议铁锰铬勘查类型划分调整如下:

(1) 将勘探类型的分类因素改为 5 个因素,将“厚度稳定性”与“矿体形态复杂性”分开列示。主要理由:对沉积型和沉积变质型铁矿,矿体厚度稳定程

度因素影响较小;但对接触交代—热液铁矿床(矽卡岩型),矿体厚度稳定程度因素影响较大。如湖北大冶铁矿,主矿体长 920 ~ 1 220 m(中—大型),厚度变化系数为 81. 55% ~ 128. 19%(复杂型),构造复杂程度为中等,有用组分分布均匀,矿物成分均匀,最终确定勘探类型为第 II 勘查类型。

(2)在矿体形态复杂程度中增加内部结构复杂程度作为其研究内容之一。主要原因:矿体内部结构作为评价矿床工业利用价值的重要质量指标,对其的控制和研究有重要的实际意义。其在相当大的程度上与成矿过程中的构造有关。

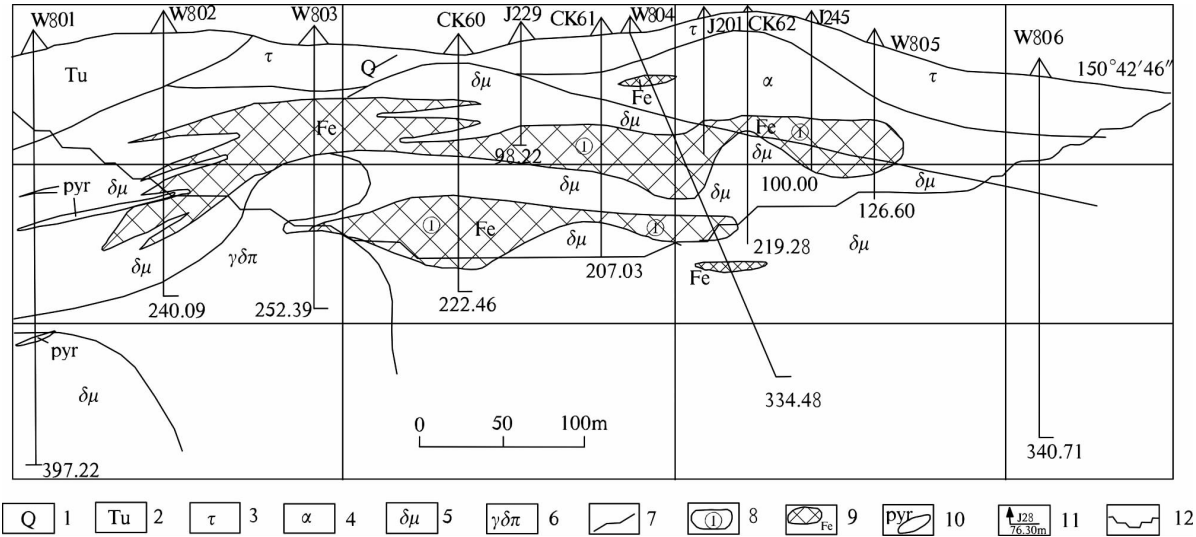


图 1 凹山铁矿8勘探线剖面图

Fig. 1 Cross section of No. 8 exploration line for Aoshan iron mine

1—第四系; 2—凝灰岩; 3—粗面岩; 4—安山岩; 5—闪长斑岩; 6—花岗闪长斑岩; 7—实测推测地质界线;
8—矿体及其编号; 9—铁矿石; 10—硫铁矿石; 11—钻孔号及其终孔孔深; 12—台阶现状线

(3)实例 1:安徽凹山玢岩型铁矿床。铁矿体主要赋存在闪长斑岩体中,该闪长斑岩体产于岩体与地层接触带附近,其主要受主节理—中层节理控制^[7]。因此,矿带初期的形态和产状与岩顶形态相似,大致平行于岩顶。随后,“隐爆角砾岩”出现在矿带主体部位,矿带的主体部分是近球形(球形缺失)。北部西部大王山组火山岩整体厚度大的区域,矿体倾向于西北,整体变薄,分支消失,产生少量小矿体。矿带走向为 NE 45°,平均倾角 65°。矿带的某些部位含有大量的岩石包裹体,或在后期被断层或花岗闪长斑岩所吞没,其形态变得更加复杂。矿带沿走向延伸 1 000 m 左右,沿倾向则为 550 ~ 720 m,产出高程 175 ~ 313 m,沿垂向延伸 488 m(图 1)。

凹山铁矿规模达到大型,矿体形态复杂,厚度、品位变化大,受后期构造破坏影响,矿体产状极不稳定^[8]。矿石伴生有五氧化二钒、硫、磷等,还发现了黄铁矿矿体。黄铁矿矿体主要分布在 5-8 号线西北侧铁矿体边缘及外围,或在铁矿体内互穿。矿体数量多,规模均较小。矿体产状大致相同,多呈不规则脉状或透镜状,常见分支复合现象。

地质勘查阶段,用 100 m × 100 m 的勘查间距求 333 类资源量;生产勘查阶段,依据现行规范,确定该矿床的勘探类型为第Ⅲ勘探类型,勘探方法简单。基本工程间距为 100 m × 100 m,采矿权规划露天开采境界选用 50 m × 50 m 网格核算 111 b 类资源储量,选用 100 m × 100 m 网格核算 122 b 类资

源储量,采矿权范围内规划露天开采境地外用 50 m × 50 m 网格核算 331 类资源量,用 100 m × 100 m 网格核算 332 类资源量^[8]。对这两个阶段的认识基本相同。通过对-60 ~ -135 m 台阶矿体空间形态特征的对比(图 2,图 3),总体上显示面积重合率较高,工程间距是合理的;地质勘探阶段、生产勘探阶段和实际开采阶段三者矿石量相对误差均小于 15%,在允许误差值内;地质勘探阶段、生产勘探阶段和实际开采阶段的 TFE 平均品位相对误差小于 1%,而且,

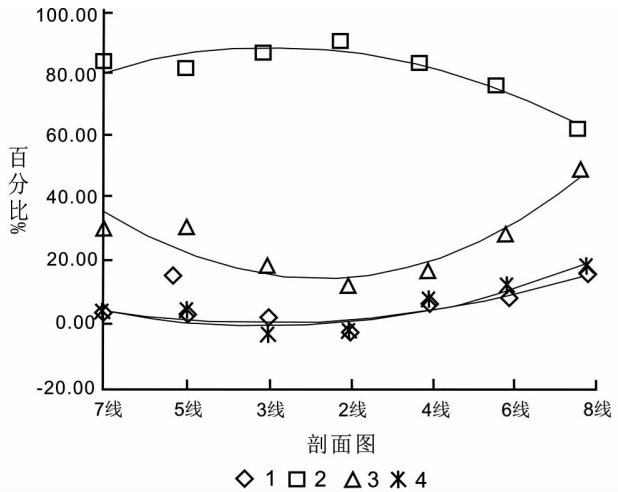


图 2 凹山铁矿剖面各形态参数对比趋势图

Fig. 2 Curves of morphological parameters of the section of the Aoshan iron mine

1—面积相对误差;2—面积重合率;3—形态歪曲率;4—厚度误差率

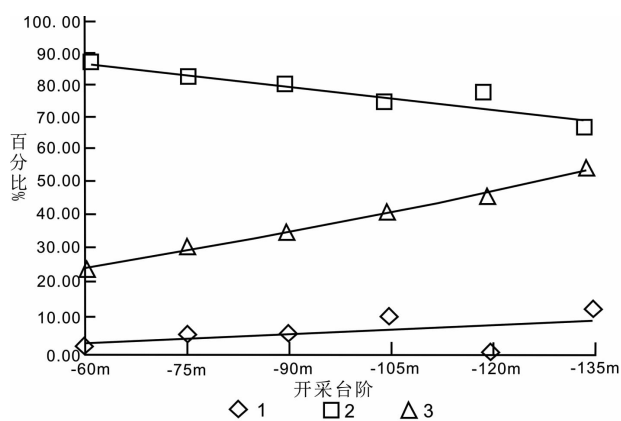


图3 凹山铁矿开采台阶各形态参数对比趋势图

Fig. 3 Curves of morphological parameters of mining steps of the Aoshan iron mine

1—面积相对误差;2—面积重合率;3—形态歪曲率

从各开采台阶来看,除个别台阶TFe平均品位绝对误差达2.81%外,一般均等于或小于1%。

综上所述,探采对比显示,矿体形态、品位、矿石量的误差大多小于10%,能满足不同勘查阶段的要求。在地质勘查阶段,以钻探(斜井)为主,辅以沟、井、坑、地勘等手段是可行的。在生产勘探阶段,逐步认识到主矿体主体呈近球形(球形缺陷),矿体产状总体倾向WN,缓倾角为 $20^{\circ} \sim 25^{\circ}$,采矿方法为阶梯分层开采,宜以钻孔(直孔)为主,同时进行采场地质调查,以标高开展分期生产勘探。凹山铁矿作为一个老矿山,已开采了50多年,也进行了多次地质勘探和四期生产勘探。根据各时期的条件,工业指标也进行了相应的调整,但变化不大,且各时期调整后的工业指标都与当时采矿生产工艺及选矿工艺关联的,对指导矿山生产和充分利用矿石资源是比较适合的,也是合理的。

(4)实例2:内蒙古白云鄂博铁矿(西矿)。白云鄂博铁矿有多种矿物,已发现112种^[9]。主要以氧化铁、铈(钽)矿、铀钍矿、稀土矿、钛锆锡矿、碳酸盐矿、硅酸盐矿、氟亚磷酸酯、硫化物和其他矿物为主。矿石结构和构造复杂(10种结构和10种构造)^[10]。铁矿石的自然类型分为两类:第1类:白云石铁矿石,约占铁矿石总量的80%,磁铁矿约占72.57%,其次是碳酸铁约占15%;磁铁矿粒度一般为 $0.01 \sim 0.51$ mm,稀土元素平均含量为1.14%,其中镧、铈、镨和钆占主导地位,镧:铈:钆为1.28:2.88:1;第2类:云母闪石型铁矿石,占其总量的2%左右,磁铁矿的粒度一般为 $0.01 \sim 0.5$ mm,常见磁铁矿与钠闪石及金云母组成不规则的团块状,并且磁铁

矿往往分布在这种集合体的边部,稀土元素平均含量1.32%,La:Ce:Nd为0.81:1.84:1,铈主要赋存于铈铁矿中,含量0.084%~0.1039%两种类型矿石的选矿指标接近。铈矿石自然类型分为白云石型铈矿石、云母闪石岩型铈矿石和板岩型铈矿石;稀土矿石未划分自然类型,依据勘探报告中有关围岩的资料,稀土矿石的自然类型可分为白云石型、云母闪长岩型和板岩型。铁矿石工业分为3种类型:氧化矿石、混合矿石和原生(磁铁矿)矿石。铁矿体规模为大中型,矿体形状应为中等复杂程度。成矿后,构造和岩浆岩对矿体的稳定性有一定的影响。结构复杂程度中等,有用成分的分布相对均匀。

铁矿体分为第Ⅱ—Ⅲ勘探类型,西矿实际控制工程间距为:第Ⅱ勘查类型工程间距(走向×倾向)探明的(111b)100 m×100 m,控制的(122b)200 m×150 m,推断的(333)400 m×200 m;第Ⅲ勘查类型工程间距(走向×倾向)控制的(122b)100 m×100 m;推断的200 m×200 m。与现行规范相比:第Ⅱ勘查类型控制的工程间距沿走向为200 m,与规范一致;倾向150 m时,介于现行规范100~200 m中间;探明的(111b)100 m×100 m,走向加密1倍,倾向加密2/3;推断的(333)400 m×200 m,走向、倾向放稀1倍。第Ⅲ勘查类型控制的工程间距走向为100 m,与规范一致;倾向100 m,属现行规范50~100 m上限;推断的200 m×200 m,走向、倾向放稀1倍。

3 铁矿合理勘查工程间距探讨

矿床各勘查阶段中,普查阶段主要以检查验证异常、了解矿体的延伸(深)为目的,工程一般没有固定的间距要求;随着地质工作程度的提高,到详查阶段以后工程布置确定,才有了研究工程间距的必要性。

3.1 以往勘查规范铁矿勘查工程间距

(1)我国最早的铁矿规范是《铁矿地质勘查规范》(地矿局冶金工业部,1981),对当时中国已知铁矿的勘探经验进行了总结,并将铁矿床划分为4种勘查类型。在每种勘探类型中,都列出了各级勘探储量(B、C)的勘探工程间距,可供同类型矿床布置工程的勘探参考(表3)。

(2)1992年国家标准GB/T 13728-1992《铁矿地质勘查规范》提出了各级(B、C两级)不同勘查类

表 3 1981、1992年规范建议及“老规范”要求铁矿勘探(查)工程间距

Table 4 Density of exploration grid specified in 1981-version, 1992 specification recommendations and the present specification requirements of iron ore

勘探类型	1981、1992 年规范建议				“老规范”要求	
	勘探工程间距/m					
	B 级		C 级		控制的	
	沿走向	沿倾向	沿走向	沿倾向	沿走向	沿倾向
I	200	100 ~ 200	400	200 ~ 400	400	200 ~ 400
II	100	50 ~ 100	200	100 ~ 200	200	100 ~ 200
III	50	50	100	50 ~ 100	100	50 ~ 100
IV			50	50	—	—

型储量的勘查工程间距表,供勘查工程布置参考。推荐的铁矿勘查工程间距符合 1981 年规范,具体见表 3。

3.2 “老规范”勘查工程间距存在的不足及建议

(1)以往规范与“老规范”相比,勘查工程间距基本一致,仅资源储量分类等有所变化。其中 1981 年和 1992 年,勘探类型分为 4 类,主要考虑了 B、C 储量的工程间距;“老规范”将勘探类型分为 3 类,仅推荐了控制勘查工程间距。工程间距是通过对同一类型矿床的勘探工程间距进行稀疏、加密的验证,并类比已有的勘探和开采验证资料,或在已有勘探成果

的基础上,采用地质统计学或动态分形几何(SD 法)确定的结果。从本次研究矿山调研情况(表 4)看,推荐的勘查工程间距基本符合生产实际,但还存在认识上的差异,这里将进行探讨。

从表 4 看,矿体在走向上是按照一定的间距控制,即按照 100 m 的整数倍间距控制,Ⅲ:Ⅱ:I 分别为 1:2:4,在实际勘查工作中,走向上往往也存在 150 ~ 200 m,300 ~ 400 m 之间的勘查工程间距,但其勘查类型又未划入过渡类型。

(2)实例 1:辽宁弓长岭铁矿二矿区工程间距见表 5。从表 5 可以看出,对于 I 类型勘查网度(控制的)为 300 m × 150 m;Ⅱ类型勘查网度(控制的)为

表 4 本次研究铁矿床勘查类型划分一览表

Table 4 Exploration types of iron deposits in this study

序号	矿床名称	控制工程 网度/m	勘查类型	矿床类型	序号	矿床名称	控制工程 网度/m	勘查类型	矿床类型
1	辽宁南芬铁矿	400×400	I	沉积变质型	12	辽宁弓长岭铁 矿二矿区	300×150	I	沉积变质型
		200×200	II				150×150	II	
2	甘肃黑沟铁矿	400×400	I	沉积变质型					
3	甘肃七角井铁矿	200×200	II	沉积变质型	13	甘肃桦树沟铁矿	400×400	I	沉积变质型
4	四川红格钒钛 磁铁矿	200×100	II	岩浆晚期分异型				200×200	
5	河北黑山钒钛 磁铁矿	100×100	III	岩浆晚期贯人型	14	江西良山铁矿	200×100	II(偏复杂)	沉积变质型
6	安徽凹山铁矿	100×100	III	陆相火山岩型	15	甘肃陈家庙铁矿	200×200	II	沉积变质型
7	河北大庙钒钛 磁铁矿	50×50	III	岩浆晚期贯人型	16	四川朱家包包 钒钛磁铁矿	200×100	II	岩浆晚期 分异型
8	安徽高村铁矿	200×100	II	陆相火山岩型					
		100×100	III		17	甘肃狼娃山铁矿	100×100	III	海相火山岩型
9	江西太平山铁矿	200×100	II(偏复杂)	沉积变质型	18	内蒙古白云 鄂博铁矿	200×150	II	其他类型
10	河北大冶铁矿	200×200	II	接触交代型 —热液型				100×100	
		100×100	III						
11	云南大红山 铁铜矿	200×100	II(偏复杂)	海相火山岩型	19	湖南湘东铁矿	150×(100~150)	III	沉积型
		100×100	III						

表 5 弓长岭铁矿二矿区实际工程间距表

Table 5 Practical engineering control degree of the second mining area in Gongchangling iron mine

勘查类型	矿体号	实际形成勘查工程间距/m	
第Ⅰ勘查类型	Fe1	探求 111 b 基础储量	(150 ~ 200) × 150
		探求 122 b 基础储量	300 × 150
	Fe2	探求 111 b 基础储量	(150 ~ 200) × 150
		探求 122 b 基础储量	300 × 150
第Ⅱ勘查类型	Fe6	探求 111 b 基础储量	(150 ~ 200) × 150
		探求 122 b 基础储量	300 × 150
	Fe4	探求 122 b 基础储量	150 × 150
		探求 122 b 基础储量	150 × 150
第Ⅲ勘查类型	Fe3、FeS	探求 333 资源量	100 × 100

150 m × 150 m;Ⅲ类型勘查网度(控制的)为 100 m × 100 m;这与规范不一致,Ⅲ:Ⅱ:Ⅰ分别为 1:1.5:3。据 2010 年 8 月 16 日鞍钢集团提交的铁矿资源储量核实报告,矿床确定的勘查类型和工程间距满足了相应的控制程度要求。

(3)实例 2:河北黑山岩浆型钒钛磁铁矿。黑山钒钛磁铁矿,属于与橄长苏长岩系列有关的分凝贯入式矿床。钒钛磁铁矿赋存于龙潭沟大石沟北东向压扭断裂带,主要赋存于苏长岩(脉)体下盘斜长岩中。苏长岩中有少量熔融分异形成的钒钛磁铁矿规模小,品位亦较低。主要的钒钛磁铁矿是由矿浆侵入斜长岩裂隙形成的,矿体规模大、深度大,铁矿品位高,多为Ⅰ级(TFe > 30%)^[11]。V-Ti 磁铁矿形成后,由矿浆产生的高温热液会生成钴黄铁矿,并以浸染状分布在 V-Ti 磁铁矿中。含钴、镍、硫的高温热液沿矿体或周围裂隙上升充填形成黄铜矿磁黄铁矿脉;生成脉状的 Co、Ni 矿体。矿石一般含 TFe 20% ~ 45%,mFe 15% ~ 30%,TiO 25% ~ 10%,V₂O₅ 0.15% ~ 0.40%,P₂O₅ 1.35% ~ 3.60%、CO 0.015% ~ 0.020%、Ni 0.028% ~ 0.031%。斜长岩、苏长岩与铁矿浆同源,斜长岩、苏长岩成岩在先,铁矿浆后贯入。目

前已发现 46 个矿体,受压扭性构造控制,分 4 个成矿带产出,即北东向的 3 个矿带和东西向的 1 个矿带。主要矿体实为矿体群,每群由数条矿体组成,在平面上具有左行排列分布的特征(图 4);在剖面上不是普查阶段认为的褶皱形式,而是具有叠瓦斜列式分布的规律,即在剖面上一个矿体群趋于尖灭时,在其下部又出现一个新的盲矿体群(图 5)。矿体群高程大多为 550 ~ 385 m。矿体群从东北向东北延伸,

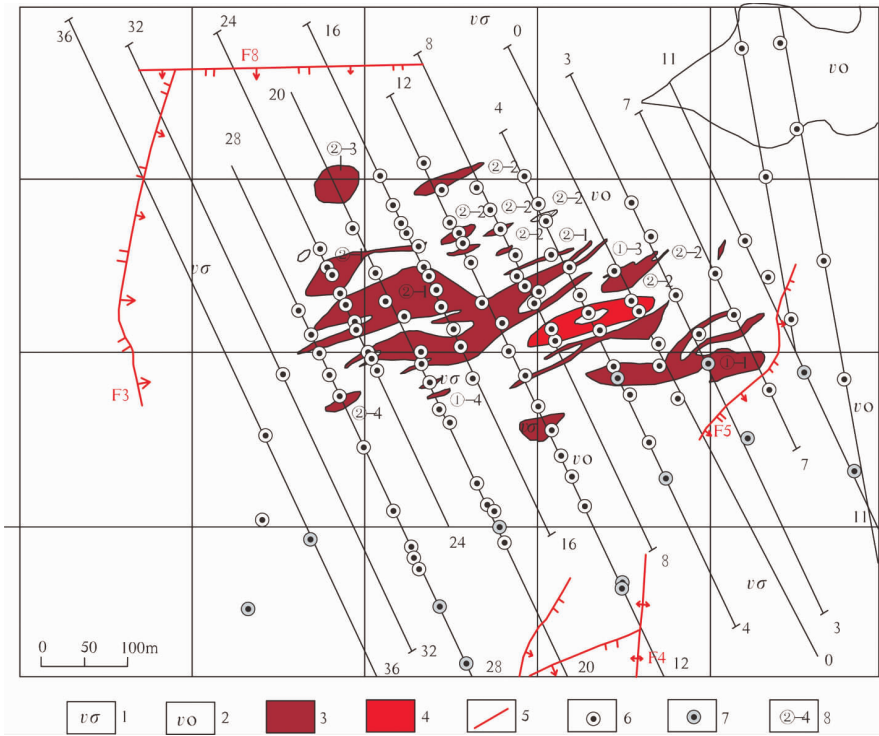


图 4 黑山铁矿 1、2 号矿体群地表左行排列分布图

Fig. 4 Distribution of ore body group 1 and group 2 along the left row of the surface in Heishan iron deposit

1—斜长岩;2—苏长岩;3—Ⅰ级品(TFe ≥ 30%);4—Ⅱ级品(20% ≤ TFe < 30%);5—断层;6—钻孔位置及编号;7—2007、2008 年钻孔位置及编号;8—矿体编号

倾向东南，倾角为 $45^{\circ} \sim 65^{\circ}$ ，单个矿体之间的距离短。矿体形态为矿脉和分支矿脉。海拔 100 m 以上和以下矿体的形状不同。浅部矿体有闭合的分支，明显的收缩和扩张。矿体群和矿体的延伸小于延伸深度，是延伸的 2 ~ 5 倍。

(4)本着从实际出发的原则和在实践中验证并及时修正的原则，勘查中采用高精度磁法和钻探的主要勘查手段,实际按照 $100\text{ m} \times 200\text{ m}$ 工程间距布设钻孔探求 333 类资源量，而不是规范中的 $200\text{ m} \times 100\text{ m}$ 工程间距求 333 类资源量。原勘探报告均由单孔控制矿体,核实勘查对矿体按工程网度进行了后排控制,使部分达到了 $100\text{ m} \times (50 \sim 100)\text{ m}$ 工程网度控制的地段升级为 332 后，用现有的工程间距,无法完全控制矿体(群),矿体群沿上、下延深及走向均无法控制。从普查报告与核实报告中所反映的矿体形态变化情况就可以进一步说明这一点(图 5),普查阶段认为是一个矿体(X2),核实阶段做了钻孔加密(ZK11-3、ZK11-4),这个矿体分解为多个矿体(X2、X3、X4)呈叠瓦斜列式分布。

根据以上两个矿床实例的分析认为：这种勘查工程间距的变化表明了老规范确定工程间距的基本原则,这是一个合理的工程间距,这种变更表明“类型三分,允许过渡”的原则,但它也表明现行规范在工程间距上有一定的局限性,有发展趋势^[12]。因此,根据本研究，建议将走向与倾向工程的间距调整为均匀间距,以解决这一矛盾。铁矿石规范中建议的勘探工程间距见表 6。

表 6 建议铁矿勘查工程间距
Table 6 Density of exploration grids

勘查类型	勘查工程间距/m	
	控制的	
	沿走向	沿倾向
I	200 ~ 400	200 ~ 400
II	100 ~ 200	100 ~ 200
III	50 ~ 100	50 ~ 100

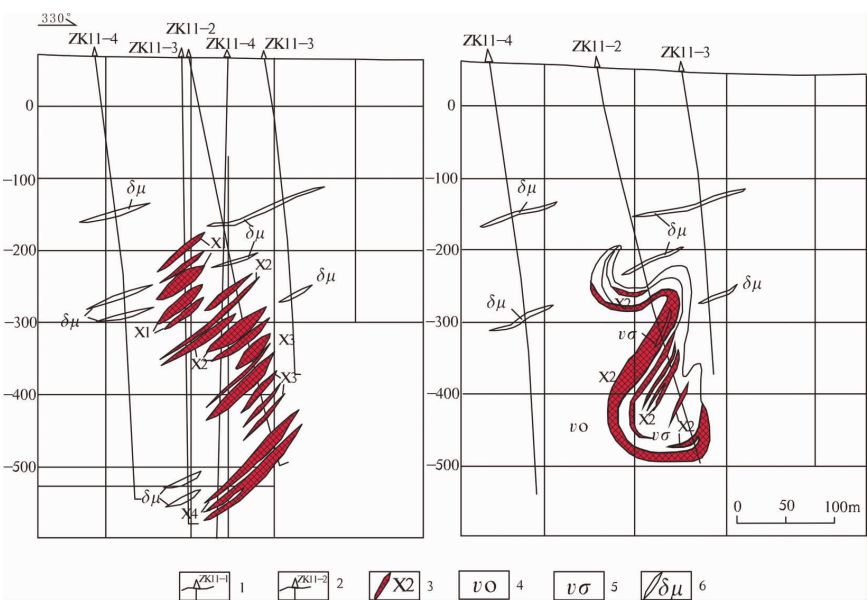


图 5 黑山铁矿核实与普查11排矿体形态变化对比图
Fig. 5 Comparison of identified ore body shape along No. 11 exploration line and Supposed ore body shape in the prospecting stage
1—原勘探钻孔及编号(左图);2—核实报告钻孔及编号(右图);
3—铁矿群及编号;4—苏长岩;5—斜长岩;6—闪长玢岩

3.3 新规范勘查类型及勘查工程间距

(1)主要地质因素分类及类型系数赋值
新规范是指自然资源部 2020 年 4 月 30 日发布并实施的《矿产地质规范铁、锰、铬》(DZ/T 0200-2020),其中影响矿床勘查类型确定的主要地质因素有矿体规模、矿体形态和内部结构复杂程度、构造(或脉体穿插)对矿体的破坏程度、矿体有用组分分布均匀程度、矿体厚度稳定程度。应这 5 个地质因素影响程度的权重，结合每个地质因素的特征变化赋予相应的系数即类型系数。根据这 5 个地质因素的类型系数之和,铁矿床划分为 3 种勘查类型,其中第 I 勘查类型为简单类型,第 II 勘查类型为中等类型,第 III 勘查类型为复杂类型。

- ①矿体规模分为:大型、中型、小型 3 类。
- ②矿体形态和内部复杂程度分为:简单、中等、复杂 3 类。
- ③构造(或脉体穿插)对矿体的破坏程度分为:简单、中等、复杂 2 类。
- ④矿体有用组分分布均匀程度分为:均匀、较均匀、不均匀 3 类。
- ⑤矿体厚度稳定程度分为:稳定、较稳定、不稳定 3 类。

(2)基本勘查工程间距
铁矿基本勘查工程间距：第 I 勘查类型沿走向

为 400 m,沿倾向为 200 ~ 400 m,第Ⅱ勘查类型沿走向为 200 m,沿倾向为 100 ~ 200 m,第Ⅲ勘查类型沿走向为 100 m,沿倾向为 50 ~ 100 m。

(3)合理性评价

新规范中采用的类型系数法原理是在统计已知矿床查类型主要影响因素的基础上,将影响勘查类型确定的主要因素量化后,对拟勘查矿床进行勘查类型划分的方法,是发展中的科学,需要在实践中不断完善。因而在使用类型系数法确定勘查类型时,不应机械地套用类型系数,应本着从实际出发在实践中修订的原则合理取值,避免人为提高或降低勘查类型。

4 结论

通过对铁矿床合理勘查程度研究,对国内铁矿典型矿床(矿山)勘查工作进行了较系统的探采对比研究,“老规范”进行了全面的梳理,认为现行新规范是前人智慧的结晶,具有科学性和可操作性,对近年来黑色金属地质勘查工作具有不可替代的指导和规范作用,但随着经济社会的发展,现行“老规范”也存在少量不合理及需补充的内容,需要今后规范修订研究中探讨解决。

(1)“老规范”中划分的勘查类型比较合理,不存在突出问题,建议仍然为三分原则。建议将影响矿床划分的主要因素从 4 个因素调整为 5 个因素:矿体规模、形态复杂程度、厚度稳定性、主要有用组分的均匀分布、构造和岩体对矿体的影响。“厚度稳定性”与“矿体形态复杂性”分开列出。

(2)矿床勘查类型分为 3 种:简单型(Ⅰ型)、中等型(Ⅱ型)和复杂型(Ⅲ型)。一个矿区允许有一个

(主要是一个或几个主要矿体)或多个勘查类型,同一矿体也允许有一个或多个(勘查类型可根据不同地段勘查难度分段确定)。

(3)与现行新规范(DZ/T 0200-2020)相比,推荐的铁矿勘查间距是相同的,但资源储量分类、勘查类型和工程间距是不同的。本研究认为,现行规范推荐的勘查间距基本合理,建议将走向和倾向工程间距调整为均匀的勘查间距。

参 考 文 献

- [1] 张文斌,侯翠霞,谢建强,等. 江西新余良山铁矿合理勘查工程间距研究[J]. 甘肃地质,2018,27(3-4):63-69
- [2] 谢建强,李通国,张忠平,等. 黑色金属矿床合理勘查程度研究[M]. 北京:地质出版社,2017
- [3] 黄德仁. 湘东铁矿床成矿成矿条件及找矿标志 [J]. 地质与勘探,1992,28(12):19-21,29
- [4] 姚培慧,等. 中国铁矿志[M]. 北京:冶金工业出版社,1993
- [5] 谢建强,李通国,高永伟,等. 铁锰铬矿床的合理勘查工程间距研究[J]. 西北地质,2017,50(4):215-225
- [6] 毛党龙,傅群和,刘敏,等. 成矿后构造破坏对矿床勘查类型的影响及勘查类型系数优化[J]. 2017,53(5):960-967
- [7] 段超,李延河,毛景文,等. 宁芜火山岩盆地凹山铁矿床侵入岩锆石微量元素特征及其地质意义[J]. 中国地质,2012,39(6):1874-1884
- [8] 王玉林,邓永前,王丛林,等. 凹山铁矿 1# 矿体探采对比研究[J]. 现代矿业,2013,525(1):64-66
- [9] 张台荣,赵永岗. 浅谈白云鄂博矿床资源合理利用[J]. 地质与勘探. 2004,40(5):84-86
- [10] 章雨旭,吕洪波,王俊,等. 白云鄂博矿床成矿构造环境分析[J]. 地质学报,2012,86(5):767-774
- [11] 孙静,杜维河,王德忠,等. 河北承德大庙黑山钒钛磁体矿床地质特征与成因探讨[J]. 地质学报,2009,83(9):1344-1363.
- [12] 王永基,梁裕智,等. 铁、锰、铬矿地质勘查规范[S]. 北京:中国地质出版,2002

DISCUSSION ON EXPLORATION TYPES AND REASONABLE DENSITY OF EXPLORATION GRID FOR IRON ORE DEPOSITS

BAI Bin¹, YU Sheng¹, LI Tong-guo², JIA Xuan¹, ZHAO Bin-bin¹, LI Qian¹

(1. The Second Institute of Geology and Mineral Exploration, Gansu Provincial Bureau of Geology and Mineral

Exploration and Development, Lanzhou 730020, China;

2. Geological Survey of Gansu Province, Lanzhou 730000, China)

Abstract: This article has extensively collected the existing exploration results and mine production data of 19 typical iron ore mines in China, combined with the previous exploration specifications and the currently used DZ/T0200 –2002 iron, manganese, chromium ore geological exploration specifications, by studying their exploration types and deposits. Based on the classification of exploration types, it analyzed the shortcomings of the factors affecting the classification of exploration types in the current code; and through the analysis of typical examples such as Gongchangling Iron Mine, Heishan Magma Vanadium Titanium Magnetite, etc., the reasonable exploration of iron ore, spacing, proposed the unreasonable and supplementary content of the current specifications, and gave its own suggestions, hoping to provide a scientific basis for the revision of the ferrous metal mineral exploration specifications.

Key words: ferrous metal; iron deposit; exploration type; density of exploration grid