



中华人民共和国国家标准

GB/T 13728—92

铁矿地质勘探规范

Geological instruction of iron deposit exploration

1992-10-07 发布

1993-04-10 实施

国家技术监督局 发布

目 次

1 主题内容与适用范围.....	(1)
2 引用标准.....	(1)
3 勘探研究程度的要求.....	(1)
4 勘探类型、勘探工程间距和勘探深度	(4)
5 勘探工作质量要求.....	(6)
6 储量计算.....	(10)
7 矿床技术经济评价.....	(12)
附录 A 矿体圈定原则及储量计算中有关问题的说明(补充件)	(13)
附录 B 铁的性质和用途(参考件)	(13)
附录 C 铁矿主要矿物及矿床类型(参考件)	(14)
附录 D 铁矿一般工业指标(参考件)	(18)
附录 E 铁矿石的选矿工艺、物理技术性能和铁矿石质量对冶炼及钢铁质量的影响(参 考件).....	(20)
附录 F 名词解释(参考件)	(22)

1 主题内容与适用范围

- 1.1 本规范规定了铁矿地质勘探工作的勘探研究程度、勘探类型、工程间距及勘探深度、勘探工作质量、储量计算、矿床技术经济评价等要求。
- 1.2 本规范用于铁矿地质勘探工作和验收、审批铁矿勘探报告。

2 引用标准

GB 12719 矿区水文地质工程地质勘探规范

ZB D 10 001 地质矿产勘查测量规范

3 勘探研究程度的要求

凡提供矿山建设设计利用的勘探报告,应为矿山建设设计确定生产规模、产品方案、总体布置、远景规划,选择开采开拓方案和选冶工艺提供必要的地质资料,其勘探研究程度应达到下列要求。

3.1 地质研究

3.1.1 区域地质:

收集区域地质调查资料,简要说明矿区在区域地质构造中的位置,着重阐述与铁矿有关的区域成矿地质条件以及区内主要矿产等。必须附有 1:50 000~1:200 000 比例尺区域地质图。

3.1.2 矿区(床)地质:

地层:研究地层时代、层序、岩性、厚度、产状以及分布规律等。对沉积矿床、受变质沉积矿床,应详细研究含矿地层的沉积环境、岩相、岩石组合特征、铁元素的分布及变化规律等。

构造:研究构造的性质、规模、产状、相互关系及分布规律。着重研究控矿构造及对矿体的影响,对破坏矿体和影响开采的较大断层、破碎带,应有工程控制。对较小的断层、破碎带,应根据地表及探矿工程资料阐述其范围和分布规律。

岩浆岩:详细研究侵入岩和喷发岩的种类、规模、形态、产状,侵入(喷发)时代、期次,与围岩的接触关系等。与侵入(喷发)岩有关的矿床,还应着重研究其岩性、岩相、岩石地球化学特征与成矿的关系,对矿体的破坏和影响。

变质作用和围岩蚀变:研究变质作用及近矿围岩蚀变的性质、种类、规模、强度、蚀变组合及对矿床的影响。受变质矿床还应进一步研究划分变质相,分布规律及对矿化富集的作用。

氧化带:研究氧化作用对矿床的影响,查明氧化矿石特征,结合矿石类型的划分,圈定氧化矿石的分布范围。

地球物理:着重对各类岩矿石物性的研究,阐明异常特征及与矿体的关系,并附相应的图件。

应测 1:10 000 比例尺的矿区地形地质图;

- 3.1.3 矿体地质:在勘探范围内,应控制矿体的总体分布范围及矿体数量。详细研究矿体的赋存部位,分布范围、规模、产状、形态、厚度及其变化规律;矿体内部结构,夹石规模和分布特征;成矿后构造、岩脉
- 国家技术监督局 1992-10-07 批准

1993-04-10 实施

对矿体的破坏影响程度。对首采地段主矿体应详细控制其形态、空间位置、产状等。对首采地段主矿体上盘具有工业价值的小矿体,亦要同时进行控制,必要时可加密工程,提高勘探和研究程度。对勘探范围以外矿体或区段,只用稀疏工程配合物探工作大致控制规模、形态和分布范围。对露天开采矿床为确定露天采场境界线,应系统控制主要矿体四周和露天采场底部矿体的界线;对地下开采矿床应控制主要矿体的两端、上下界线及延深情况,以便确定开拓工程的位置。

根据矿体规模和复杂程度,编制 1:1 000~1:2 000 比例尺地形地质图及相应的勘探线剖面图、水平切面图及纵投影图等。

3.1.4 在研究区域、矿区(床)、矿体地质的基础上,探讨矿床成因,总结成矿规律,找矿标志,指出找矿方向。

3.2 矿石质量研究

3.2.1 查明矿石中矿石矿物、脉石矿物种类、含量,研究矿物的生成顺序及相互关系;查明铁和有害杂质的含量、赋存状态及分布规律。

3.2.2 详细研究矿石的结构、构造及分布特征,查明铁矿物和主要脉石矿物的粒度、嵌布特征等。

3.2.3 矿石自然类型的划分:按矿石的矿物成分、结构、构造划分矿石自然类型。

按铁矿物可分为磁铁矿石、赤铁矿石、假象或半假象赤铁矿石、钒钛磁铁矿石、褐铁矿石、菱铁矿石,以及由其中两种以上矿物组成的复合矿石等。

按脉石矿物可分为石英型、闪石型、辉石型、斜长石型、石榴石型、铁白云石型、碧玉型铁矿石等。

按结构、构造可分为浸染状、网脉状、条纹-条带状、致密块状、角砾状、鲕状、肾状、蜂窝状、粉状铁矿石等。

3.2.4 矿石工业类型的划分:在划分矿石自然类型基础上,按工业利用途径不同,将矿石划分为炼钢用铁矿石、炼铁用铁矿石、需选铁矿石。

炼钢用铁矿石:含铁量($\text{TFe} \geq 56\%$)、有害杂质含量及块度均符合直接入炉炼钢质量标准的铁矿石。主要用于平炉、电炉炼钢做氧化剂,转炉炼钢做冷却剂。根据含铁量及主要有害杂质含量的高低,又可分出不同的工业品级。

炼铁用铁矿石:含铁量($\text{TFe} \geq 50\%$,褐铁矿石、菱铁矿石扣除烧损后 $\text{TFe} \geq 50\%$),有害杂质含量及块度均符合直接入炉炼铁质量标准的铁矿石。根据含铁量及主要有害杂质含量的高低,也可分出不同的工业品级。

炼铁用铁矿石及铁精矿粉按主要造渣组分的比值,又可划分为碱性矿石、自熔矿石、半自熔性矿石和酸性矿石。其标准见表 1。

表 1 炼铁用铁矿石酸碱度划分表

矿石类型	$(\text{CaO} + \text{MgO})/(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$
碱性矿石	> 1.2
自熔性矿石	$1.2 \sim 0.8$
半自熔性矿石	$0.8 \sim 0.5$
酸性矿石	< 0.5

在铁矿石中 CaO 、 MgO 、 K_2O 、 Na_2O 、 SiO_2 、 TiO_2 、 Al_2O_3 、 BaO 为造渣组分,凡是提供直接入炉冶炼的矿石,在地质勘探中都要查明其含量。由于 K_2O 、 Na_2O 、 TiO_2 、 BaO 在矿石中含量一般都很低,钒钛磁铁矿石中 TiO_2 含量虽高,但对计算矿石酸碱度基本无影响故通常采用 $(\text{CaO} + \text{MgO})/(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$ 比值来确定矿石酸碱度,当 MgO 和 Al_2O_3 含量都很低时,亦可采用 CaO/SiO_2 比值来确定矿石酸碱度。对含 Al_2O_3 或含 MgO 高的铁矿石,其酸碱度的计算视具体情况而定。

需选铁矿石:含铁量较低的矿石(贫矿),或含铁量高但有害杂质含量超过规定、含伴生有用组分不

符合入炉冶炼要求的一般富矿($\text{TFe} \geq 50\%$)统称需选铁矿石。这些矿石需要选矿、烧结或球团处理后,才能入炉冶炼。

需选铁矿石工业类型的划分,应从选矿工艺要求出发,将不同选矿方法的矿石分别划分出来。磁铁矿石、弱磁性铁矿石采用磁性铁(mFe)对全铁(TFe)的占有率进行划分, $\text{mFe}/\text{TFe} \geq 85\%$ 为磁铁矿石。当矿石矿物成分复杂,矿石中硅酸铁(FeSiO_3)或硫化铁(FeS)的铁含量大于3%或二者之和大于3%时,其中磁铁矿石应符合以下要求: $\text{mFe}/(\text{TFe}-\text{FeSiO}_3) \geq 85\%$, $\text{mFe}/(\text{TFe}-\text{FeS}) \geq 85\%$ 或 $\text{mFe}/(\text{TFe}-\text{FeSiO}_3-\text{FeS}) \geq 85\%$ 。磁性铁占有率小于85%者为弱磁性铁矿石。

3.3 水文地质研究

3.3.1 在研究区域水文地质条件的基础上,查明矿床充水因素,确定矿床水文地质勘探类型及水文地质条件复杂程度。查明各含水层的岩性、厚度、分布、产状、埋藏条件、裂隙、岩溶发育程度和分布规律及其富水性;地下水的水位(水压)、水质、水温、水量、动态变化及补给、迳流、排泄条件;各含水层的水力联系。各隔水层的岩性、厚度、分布、产状、埋藏条件、稳定性及隔水程度。

3.3.2 对构造破碎带、断层带、岩溶发育带的发育程度、规律、充填情况、充填物及其含水性、导水性和矿床充水对开采的影响进行评价。为确保井巷开拓的安全和矿山生产的正常进行,要特别注意对矿体底板承压含水层的勘察和研究。以岩溶充水为主的矿床,应预测因矿坑排水可能产生的地面塌陷范围。

3.3.3 详细收集当地水文、气象有关资料,研究对矿床开采有影响的地表水体的水位、水质、流量、变化规律,历年最高洪水位及淹没范围;查明地表水和地下水的动态变化及其水力联系,老窿积水情况,并阐明对矿床开采的影响程度。

3.3.4 根据矿区水文地质条件,结合矿床开拓开采方案,计算矿坑(井)第一开采水平的正常涌水量、最大、最小涌水量,预计最低开采水平的涌水量。研究地下水和地表水的水质、水量,为矿山工业和生活用水提供方向。对开采时地下水环境保护(污染)、综合利用以及水质变化进行预测和评价。

3.3.5 根据矿床水文地质条件的复杂程度,结合矿床开拓开采方案,对水文地质研究内容应有所侧重,并投入相应的水文地质工作。对有关各项水文地质及工程地质的具体技术要求、研究程度、工作量,按GB 12719执行。

3.4 工程地质及环境地质

3.4.1 在地质研究的基础上,充分利用探矿工程,研究矿床工程地质及环境地质条件。研究岩石和矿石性质,断层、破碎带、节理、裂隙、岩溶、风化带、泥化带、流沙层的发育程度和分布规律及其对矿床开采的影响,确定矿床工程地质类型和复杂程度。

3.4.2 测定矿石和顶、底板岩石的抗压、抗拉、抗剪强度、体重、湿度等物理力学性质的参数。对开采边坡及附近的岩石类型、岩层结构、软弱夹层及结构面组合应重点进行研究。评述矿体及其顶、底板岩层的坚固性和露天采场边坡的稳定性。并提出加强边坡稳定性的建议和措施。

3.4.3 对粉矿、泥矿应研究其分布规律、范围和占总储量的比例。对老窿的分布范围、充填情况进行研究,在可能条件下圈定出老窿界限。对矿山开采建设可能有严重影响的断层、滑坡、岩溶塌陷等工程地质条件应予阐述。

3.4.4 测定对人体有害的放射性物质组分、气体,提出对人体有无危害的评价意见。对矿床开采时造成环境污染和危害人体安全的环境地质条件做出评述。

3.4.5 收集有关地震资料,对处于地震活动带的矿区,应阐述以往地震发生的情况及矿区的地震烈度,并注意研究新构造运动特征及发育程度。

3.4.6 处于地热异常区的矿床,应测定地热梯度、温度,圈定热异常范围,评价对矿床开采的影响。

3.5 综合勘探综合评价

3.5.1 对勘探范围内具有工业价值的共生矿产和伴生组分必须进行综合勘探和综合评价。

3.5.2 在铁矿石采、选、冶过程中,可以顺便或单独回收的共生矿产和伴生有用组分,应查明其含量,赋存状态和分布规律,并对伴生有用组分在不同矿物中的分配率进行查定,做出评价。对铁矿石中有利于

提高钢铁产品质量,在选冶时不能顺便回收的伴生有益组分,亦应进行评价,但不单独计算储量。对铁矿体中及邻近铁矿体上下盘围岩中的共生矿产,应充分利用勘探铁矿的工程进行评价,必要时,应适当加密工程。其勘探研究程度应执行该矿种地质勘探规范的要求。

3.5.3 我国铁矿床(石)中已发现的伴生组分有:钒、钛、铜、钴、镍、铅、锌、锡、钼、铬、硫、磷、铀、金、银、镓、锗、镉、铂族元素及稀有稀土元素等。不同类型的铁矿床含有不同的有用组分,有些组分含量如超过一定的限量时,即成为炼铁的有害组分,但这些有害组分通过选、冶途径分离出来,并可综合回收利用时,又可成为有用组分。当铁矿床中的伴生组分达到表2含量要求时,即应注意综合评价,当某些铁矿的伴生组分含量虽低于表2要求,但在选矿后的尾矿或精矿中能高度富集,亦应注意进行评价。

表2 铁矿石中伴生组分评价参考含量表

伴生组分	含量, %	伴生组分	含量, %
V_2O_5	0.15~0.20	Mo	0.02
TiO_2	5	S	2~4
Co	0.02	P_2O_5	1~2
Cu	0.1~0.2	Nb_2O_5	0.05
Ni	0.1~0.2	TR_2O_3	0.5
Pb	0.2	U	0.005
Zn	0.5	Au	0.1~0.3(g/t)
Sn	0.1	Ag	5(g/t)

注:①表中Co、Cu、Ni、Pb、Zn、Mo、S、Au、Ag系指这些元素赋存于硫化物中的含量;

② V_2O_5 指赋存于有用铁矿物中的含量;

③ P_2O_5 指呈磷灰石状态时的含量;

④U指以晶质铀矿、方钍石等独立矿物存在时的含量;

⑤ Nb_2O_5 指以铌铁矿物为主的含量;

⑥ TR_2O_3 指以独居石、氟碳铈矿物为主时的含量;

⑦Sn指富集在铁精矿中的锡,当铁精矿还原熔炼时,锡、锌被挥发,可在烟道中回收或在铁尾矿中呈锡石单独矿物的含量;

⑧ TiO_2 指钒钛磁铁矿床中,可被选出的粒状钛铁矿中的含量要求;

⑨铁矿石中其他有用组分,如铬、镓、锗、镉……等达到多少含量即可综合回收,目前尚无成熟经验,在工作中可根据具体情况与有关部门商定;

⑩表中含量一般为块段平均品位。

4 勘探类型、勘探工程间距和勘探深度

4.1 勘探类型

4.1.1 勘探类型的划分应综合考虑矿体的规模大小、形态复杂程度、构造复杂程度、厚度变化程度和矿石质量稳定程度等因素,勘探类型要以矿体规模、形态复杂程度和构造复杂程度为主来确定。其主要因素划分的等级如下:

矿体规模:

巨大型:沿走向长度大于2000m,沿倾斜长度大于800m。

大型:沿走向长度1000~2000m,沿倾斜长度500~800m。

中型:沿走向长度500~1000m,沿倾斜长度200~500m。

小型:沿走向长度小于500m,沿倾斜长度小于200m。

矿体形态复杂程度:

简单:层状、似层状、夹石很少见。

较简单:层状、似层状或大型透镜体,夹石较常见。

较复杂:似层状、透镜状,夹石多且分支复合。

复杂:中小型透镜体、扁豆状、脉状、囊状、不规则状,且不连续。

矿体构造复杂程度:

简单:产状稳定,呈单斜或宽缓褶皱,一般无较大断层或岩脉切割穿插,局部有小断层,对矿体影响不大。

较简单:产状较稳定,有较小的波状褶皱和少数较大断层或岩脉切割穿插,对矿体有一定的影响破坏作用。

较复杂:产状不稳定,呈紧密褶皱或倒转背、向斜,有较多断层或岩脉切割穿插,使矿体遭到较严重破坏。

复杂:产状不稳定,褶皱发育,断层多且断距大或岩脉切割穿插严重,矿体遭到严重破坏而成断块状。

4.1.2 根据我国铁矿床勘探经验,按对矿体进行控制的难易程度,将矿床划为四个勘探类型。

第Ⅰ勘探类型:矿体规模巨大,形态简单,呈层状、似层状,有的矿体中有少量夹石,构造简单到较简单,产状、厚度和矿石质量稳定。例如受变质沉积矿床(本溪南芬铁山、黄柏峪矿段,鞍山王家堡子二、三矿区);矿体(层)厚度延伸稳定的海(湖)盆地沉积矿床。

第Ⅱ勘探类型:矿体规模为大型,形态较简单,常呈层状、似层状或大型透镜体,矿体中常见夹石,构造较简单,产状、厚度和矿石质量较稳定;或规模巨大,但受后期断层或岩脉切割穿插构造较复杂的矿体。例如矿体规模为大型,形态、构造较简单的接触交代型矿床(广东连平大顶矿山头)、与火山-侵入活动有关的矿床(江苏梅山)和其他重要铁矿床(内蒙白云鄂博主、东矿,海南石碌北-矿体9线以东等);矿体规模巨大,构造较复杂的受变质沉积矿床(河北迁安水厂、山西尖山等)和钕铁磁铁矿床(四川攀枝花兰家火山、尖包包等)。

第Ⅲ勘探类型:矿体规模一般为中型,形态较复杂,常呈似层状、透镜状和扁豆状,矿体中夹石和包体较多,构造较简单或较复杂,产状不稳定,厚度、矿石质量较稳定或不稳定。例如湖北大冶铁山(尖林山、龙洞、铁门坎矿段),山东金岭铁山,河北邯邢矿山村、玉泉岭、西石门,安徽马鞍山的姑山,江苏凤凰山(露采部分)等。

第Ⅳ勘探类型:矿体规模小,形态复杂,一般呈中小型透镜体、脉状、囊状、扁豆状和不规则状,产状、厚度和矿石质量不稳定。矿体不连续,常组成矿体群。例如河北大庙,邯邢符山6号矿体,湖北大冶铁山尖山35线以东矿段,江苏凤凰山小张山矿段,吉林大栗子等。

4.2 勘探工程间距

在总结国内铁矿勘探和典型矿床探采对比资料的基础上,现提出不同勘探类型各级储量的勘探工程间距表,供部署勘探工程时参考。

表3 铁矿床勘探工程间距表

勘探类型	勘探工程间距,m			
	B 级		C 级	
	沿走向	沿倾向	沿走向	沿倾向
I	200	100~200	400	200~400
II	100	50~100	200	100~200
III	50	50	100	50~100
IV			50	50

4.2.1 划分勘探类型,确定勘探工程间距时,应以矿床中主要矿体(层)为准。同一矿床的非主矿体或主

矿体(层)的不同地段,矿体形态,构造复杂时应分别确定勘探类型,或适当加密勘探工程。

4.2.2 表中所列勘探工程间距,是指采用勘探工程控制矿体的实际距离。地表槽、井探工程间距一般需按同类型的勘探工程间距加密一倍。

4.2.3 D级储量的工程间距,一般是在同类型矿床C级储量工程间距的基础上最大放稀一倍。

4.2.4 勘探线一般应垂直矿体走向,勘探工程应布置在勘探线上。

4.2.5 勘探研究程度的高低,不仅取决于工程控制的密度,还取决于地质规律的研究程度。因此,应加强地质综合研究,防止单纯依靠加密工程的倾向。

4.3 勘探深度

根据铁矿床特点和当前开采技术条件,对出露地表或浅部的矿体勘探深度,一般以矿体出露最低标高或矿床最低侵蚀基准面向下300~500 m,勘探深度以下的矿体,用稀疏钻孔控制其远景。对盲矿体、生产矿山延长服务期的深部矿体及富矿的勘探深度可适当加深,具体深度应与生产主管部门共同协商确定。

5 勘探工作质量要求

为确保矿床地质研究程度,各项勘探工作必须遵循有关规范、规程和规定的工作质量要求。

5.1 地形及工程测量

地形和工程测量采用全国统一的北京坐标系统和黄海高程系统,其质量标准和要求,按ZB D10 001执行。

5.2 地质填图

5.2.1 矿床地质填图,矿床地形地质图是以同比例尺的地形图为底图填制而成。地质观测点的密度参照表4。

表4 地质观测点密度参考表

项 目	地质条件 复杂程度	地质图比例尺	
		1:2 000	1:1 000
观测点密度 个/km ²	简单区	500~600	1 200~1 400
	中常区	600~700	1 400~1 600
	复杂区	700~800	1 600~1 800

5.2.2 勘探线地质剖面图必须实测,其比例尺视矿体规模和复杂程度而定,一般为1:500~1:2 000。

5.3 物探工作

5.3.1 勘探磁性铁矿床时,必须运用地面磁测资料对矿体的分布范围、形状、产状、埋深和厚度变化以及地质构造进行推断和圈定,以利于勘探工程的合理布置和施工。测量比例尺一般应与矿床地形地质图相吻合。

必须运用井中三分量磁测,确定钻孔穿过矿层(体)的部位,解决矿体延伸和对应连接问题,探测井旁和井底盲矿体。在控制剖面上的钻孔应保证井中磁测曲线异常能穿过矿层进入正常场,以利于正确解释。

应用磁化率测井成果代替部分岩心钻探取样化验时,必须取得可行的论证对比资料,并经有关部门鉴定认可。

5.3.2 勘探赤铁矿、褐铁矿、菱铁矿等弱磁性或无磁性铁矿床时,应通过试验,选用高精度磁测、重力或电法等,取得有益于对矿床认识与解释的信息。

5.3.3 勘探矿区应对控制剖面的地表、岩矿心进行放射性检查,发现异常时,应查明原因,并做出评价。

5.3.4 对孔深大于800 m的钻孔,应进行参数测井,以取得地下原始状态的原位岩、矿物性参数。

5.4 探矿工程

5.4.1 探槽:是系统揭露地表矿体的主要工程,一般在覆盖层不超过 3 m 条件下使用。为保证采样的质量,探槽必须挖至基岩新鲜面。

5.4.2 浅井(钻):当覆盖层较厚时,应以浅井(钻)控制矿体。

5.4.3 坑道:当矿区地形有利,在经济合理的条件下或探求形态复杂矿体的高级储量时可采用,并应考虑能为矿山生产所利用。

5.4.4 勘探工程质量按有关规范执行。

5.4.5 钻探:是勘探深部矿体的主要手段,在施工中要严格执行《岩心钻探规程》。探矿孔的矿心采取率(包括顶、底板 5 m 范围内的岩石)不得低于 75%。当矿心采取率连续 5 米低于 75% 时,要查明原因,采取补救措施。岩心平均采取率不得低于 65%。进、出矿点要测斜、测量方位及丈量孔深。在施工深孔时,要做好防斜。钻孔出矿点偏离勘探线垂距不应超过相应储量级别线距的五分之一。水文、工程地质钻孔,按 GB 12719 执行。

5.5 测试样品的采取、加工和测试

5.5.1 基本分析样:主要用以查明矿石中铁组分的含量,是圈定矿体、划分矿石类型和储量计算的主要依据。凡见矿工程均应按矿石类型分段连续取样。样品长度一般为 1~2 m,厚大且品位变化均匀的矿体,采样长度可适当放长到 4 m。槽井探和坑道采样一般用刻槽法,样槽断面规格为 5 cm×2 cm 或 10 cm×3 cm;矿心采样用对劈法,不同回次矿心直径或采取率相差太大时要分别采样。

基本分析项目:磁性铁矿石或其他类型矿石用磁性铁含量圈定矿体时分析项目为 TFe、mFe;赤铁矿石、褐铁矿石、菱铁矿石为 TFe。矿石中的共生矿产,也应列入基本分析。

5.5.2 组合分析样:用以查明伴生有用(益)组分、有害杂质的含量。样品须按工程分矿体、矿石类型进行组合。样品长度一般应与矿石类型自然分层一致。样品从基本分析样品的副样中按长度比例提取,重量一般为 100~200 g。

分析项目一般根据光谱全分析和化学全分析的结果确定。直接入炉矿石的渣滓组分也应列入组合分析。对矿石矿物成分复杂的矿床,用全铁品位圈定矿体时,组合分析还应做磁性铁、硅酸铁、硫化铁。

5.5.3 化学全分析样:用以查定各种矿石类型中主要元素及其他组分的含量,以确定铁矿石的性质和特点。应在光谱全分析和岩矿鉴定的基础上进行。每种矿石类型一般做 1~3 件。根据需要围岩亦可做少量的化学全分析。全分析结果总和应在 99.3%~100.7% 范围以内。

5.5.4 物相分析样:用以确定铁矿石中铁的赋存状态、含量和分配率,研究矿体的自然分带。样品可从基本分析或组合分析副样中抽取,亦可专门采集具有代表性的样品。样品件数应视矿床规模和物质成分复杂程度而定。

物相分析一般将铁矿石中含铁矿物分为五个类别,即磁性铁、硅酸铁、碳酸铁、硫化铁及赤(褐)铁。

5.5.5 单矿物分析:用以查明矿石中铁矿物化学成分、主要伴生组分的赋存状态和含量。采样时应注意代表性,样品可从工程揭露的矿体或矿体露头上采取。送交实验室的单矿物样品重量,根据分析项目和实验室要求而定。

5.5.6 样品加工:按照 $Q=kd^2$ 公式进行缩分。

式中:Q——样品的最低可靠重量,kg;

d——样品中最大颗粒直径,mm;

k——根据矿石特性确定的缩分系数。

铁矿石常用 k 值为 0.1~0.2。样品可一次加工到 1 mm 或更细粒度后再缩分,每次缩分误差不得大于 3%。碎样全过程中,最终总的累计损失率不得大于 5%。

5.5.7 测试质量检查:为检查基本分析的偶然和系统误差,应分期分批按不同矿石类型,及时抽取基本分析样品的 10% 编密码送原实验室进行内部检查;抽取全部基本分析样品的 5% 做外部检查。当基本分析样品总数少时,外部检查样品数量也不应少于 30 件。物相分析亦应按比例做外部检查。

内、外检的合格率分别为 80%、90%。当超差时,按《地质矿产实验测试质量管理暂行规定》处理。
铁矿石化学分析及铁矿物相分析允许偶然误差见表 5、表 6。

表 5 铁矿石化学分析允许偶然误差表

组 分	含量, %	允许偶然误差		组 分	含量, %	允许偶然误差	
		相对, %	绝对			相对, %	绝对
TFe 或 MFe	>45	2		Cr ₂ O ₃	>2	7	
	30~45	3			0.1~2	20	
	20~30	4			<0.1		0.02
	10~20	6					
FeO	>5	5		V ₂ O ₅	>0.5	10	
	<5		0.5		0.1~0.5	20	
S 或 P	>0.2	10		SiO ₂	>15	5	
	<0.2		0.02		10~15	8	
As	>0.05	20			5~10	15	
	<0.05		0.01		<5		0.8
Cu, Pb 或 Zn	>0.1	20		Al ₂ O ₃	>10	5	
	<0.1		0.02		5~10	8	
Sn	>0.1	20			1~5	20	
	<0.1		0.02		<1		0.3
Ni	>0.2	15		CaO 或 MgO	>5	10	
	0.1~0.2	20			1~5	20	
Co	>0.1	10		烧碱	<1		0.3
	0.01~0.1	20					0.5
	<0.01		0.002	F	>1	15	0.15
Mo	>0.05	20			0.7~1		
	0.01~0.05	30			0.05~0.7	20	0.01
Mn	>2	7		CO ₂	<0.05		
	<2		0.15		>10	7	
TiO ₂	>3	7			5~10	10	
	<3		0.25		<5		0.5

注: TFe>60%的样品, SiO₂2%~5%时, 采用 20%相对允许误差;

SiO₂<2%时, 采用 0.4%绝对允许误差。

表 6 铁矿物相分析允许偶然误差表

含量范围及误差 项 目	含量范围 %	相对误差 %	绝对误差
磁性铁 (限用 WFC 型 物相分析磁 选仪测定)	<5	不计	不计
	5~20		1.00
	20~30	5	
	30~50		1.50
	>50	3	
硅酸铁	<1	不计	不计
	1~5		1.0
	5~10	20	
	>10		2.0
碳酸铁	<2	不计	不计
	2~5		0.75
	5~10	15	
	10~30		1.50
	>30	5	
硫化铁	<1		0.30
	1~3	30	
	3~5		0.90
	>5	18	
赤(褐)铁	<2	不计	不计
	2~5		1.0
	5~10	20	
	>10		2.00

5.6 矿石选冶加工技术试验

选矿试验指标是确定矿石选冶加工工艺流程、制定储量计算工业指标和评价铁矿床工业价值的重要依据,凡需选铁矿石,均应采取选矿试验样。根据《矿产勘查各阶段选冶试验程度的暂行规定》,结合我国铁矿石的选矿工艺,在勘探阶段需进行实验室流程试验,当矿石组分复杂时,还需做实验室扩大连续试验,以评价矿石的选矿性能。采取选矿样品要与负责试验单位共同商量编制采样设计,并征求矿山设计生产部门的意见。所采样品必须具有充分的代表性,要求试样的矿石类型、品位、矿物成分、结构构造、化学成分及空间分布等方面与勘探范围内矿石特征基本一致,还要考虑到开采时的贫化率。当矿石中有共、伴生有用组分时,采样应考虑其含量和分布情况,以便同时研究其赋存状态和综合回收工艺。

试样重量见表 7。

表 7 铁矿选矿试验重量参考表

试验种类	矿石类型	一般选矿方法	试样重量,kg
可选性试验	磁铁矿	磁 选	50~100
	赤铁矿	浮选、焙烧磁选	100~300
	多金属矿	浮选、磁浮选	300~500
实验室流程试验	磁铁矿	磁 选	200~400
	赤铁矿	浮选、焙烧磁选	500~1 000
		重 选	2 000~3 000
	多金属矿	浮选、磁浮选	1 000~1 500
		重选、磁重选	>2 000~3 000

实验室扩大连续试验样品重量,根据试验设备的规模和加工程序复杂程度而定。半工业、工业试验样品重量根据试验工厂的生产规模和试验时间长短而定。

根据矿石性质,不能采用选矿方法评价矿石的工业利用性能时,如某些含锡、锌的铁矿床,可根据条件进行实验室规模的铁精矿制球还原焙烧脱锡、锌,回收锡、锌的试验。

地质勘探阶段需做的选矿试验,一般由勘探单位负责进行;半工业、工业试验由工业部门负责进行,勘探单位配合工业部门进行采样。

5.7 矿石物理技术性能的测定

为储量计算和研究矿床开采技术条件提供资料,需测定矿石的物理技术性能。测定项目有矿石的体重、块度、湿度、孔隙度、松散系数、安息角。

矿石体重主要测定小体重,其数量每种矿石类型应不少于 30 件,并同时测定品位。对裂隙发育、松散多孔的矿石,应测定大体重、体积一般不小于 0.125 m³。各种测定项目的确定,应结合探矿工程,从实际出发,并和生产设计、实验单位共同商定。

5.8 原始地质编录、综合整理和报告编写

地质勘探中的各项原始地质编录、各阶段地质资料的综合整理以及报告编写都必须依照《固体矿产普查勘探原始地质编录规范》、《固体矿产普查勘探地质资料综合整理规范》、《固体矿产普查勘探地质报告编写规定》及《地质工作质量检查验收规定》等有关现行规范、规定的要求进行,并应由上一级主管单位检查验收。

6 储量计算

矿产储量是矿山建设的主要依据,有关储量计算的基础资料、综合资料及图件编制的质量都应符合有关规范的要求。

6.1 储量计算的工业指标

工业指标是圈定矿体、计算储量,评价矿床工业价值的依据。一般工业指标是普查、详查阶段的参考指标。勘探阶段使用的工业指标,应由地质勘探单位根据矿床地质的实际资料,提出工业指标推荐方案,报请省级以上工业主管部门批准后下达执行。如有争议可报国家、省(区)两级储委仲裁下达。工业指标的主要内容有:

矿石质量要求:

边界品位(单样品位);

最低工业品位(单工程中矿体的平均品位)。

开采技术条件:

可采厚度(单矿层的真厚度);

夹石剔除厚度(夹石真厚度)。

对能利用的共生矿产及伴生有用组分应提出综合指标。

6.2 储量计算的一般原则

6.2.1 必须严格按照工业主管部门下达的工业指标,圈定矿体、计算储量。

6.2.2 根据矿体的产状、形态及勘探工程的布置形式,选择最合理的储量计算方法。

6.2.3 依据储量分类分级的原则,按矿体、矿石类型划分块段,计算矿石储量和平均品位。块段划分应与勘探线间距相同。

6.2.4 对有工业利用价值的共生矿产,以及已查明赋存状态工业能综合回收利用的伴生有用部分,应分别计算储量和品位。

6.2.5 对已开采的矿床,应按实际资料扣除截止野外工作结束时采空区的储量。

6.2.6 矿体圈定原则及储量计算中有关问题的说明见附录 A。

6.3 确定储量计算参数的要求

凡参加储量计算的各项参数,应实测并具有代表性,必须准确可靠。

6.3.1 矿体面积测定:测定方法主要有求积仪法、几何图形法、方格纸法。无论采用何种方法,均需连续测定两次以上,且误差在 2% 以内,取平均值作为面积数。

6.3.2 块段长度的确定:两条剖面控制的块段为两勘探线的间距;单剖面控制的块段为矿体的外推长度。

6.3.3 块段平均厚度的确定:一般用算术平均法求得。当块段内工程分布不均匀,而且矿体厚度变化大时,须采用影响距离加权平均法求得。

6.3.4 矿石体重的确定:一般采用小体重,裂隙发育疏松的矿石需用大体重。由于铁矿石体重与品位具有明显的相关性,可用体重与品位的一元线性回归分析求得,也可用算术平均或加权平均求得。不同类型及品级的矿石储量,应使用各自的平均体重。

6.3.5 平均品位的计算:分别计算单工程单矿层、剖面面积、块段、级别、矿体(区)平均品位,一般采用加权法求得。

6.4 储量分类、分级和级别条件

6.4.1 储量分类:根据我国当前的矿业生产技术经济条件、政策法规规定,并考虑远景发展的需要,将铁矿储量分为两大类。

第一类能利用(表内)储量:按矿床内、外部技术经济条件又可分为两个亚类。

a 亚类,应能利用(表内)储量。是符合当前生产的采、选、冶、加工技术经济条件,符合当前工业指标要求,且交通、水、电、能源等外部条件技术上可行,经济上合理的储量。

b 亚类:可能利用(表内)储量。是符合当前采、选、冶、加工技术经济条件,符合当前工业指标要求,但交通、水、电、能源等外部条件差,当前不能利用,待外部条件改变后即能利用的储量。

第二类尚难利用(表外)储量:是由于矿石含铁量低,或矿体厚度薄,或埋藏深,或矿床水文地质、工程地质、环境地质等开采条件复杂,或对矿石的选、冶、加工技术方法尚未解决,当前不能利用,待将来技术经济条件改变后可能利用的储量。位于自然保护区、名胜古迹、重要建筑物、交通干线之下和有争议的国境线附近,受政策法规限制,不能开采利用的储量。

6.4.2 探明储量分级和级别条件:在矿床勘探研究的基础上,按照对矿体控制和研究程度,将铁矿储量分为 A、B、C、D 四级。其用途和条件如下:

A 级——是矿山编制采掘计划依据的储量,由生产部门探求。其条件是:

准确控制矿体的形态、产状和空间位置;

对开拓和采准设计有影响的断层、褶皱和破碎带的性质、产状和规模已准确控制,对夹石和破坏矿体的岩浆岩的岩性、产状及分布情况已经确定;

准确确定矿石的工业类型、品级及其比例和变化规律。

B 级——是矿山建设设计首期开采依据的储量,亦是地质勘探探求的高级储量,可起到验证 C 级储

量的作用。一般分布在矿体首采地段。其条件是：

详细控制矿体的形态、产状和空间位置；

对破坏矿体和影响开采的较大断层、褶皱和破碎带的性质、产状和规模已详细控制；

对夹石和破坏主要矿体主要岩浆岩的岩性、产状及分布情况已基本确定；

详细确定矿石工业类型及其比例和变化规律。

C级——是矿山建设设计中中期开采依据的主要储量。其条件是：

基本控制矿体的形态、产状和空间位置；

对破坏主矿体和影响的开采的较大断层、褶皱、破碎带的性质、产状和规模已基本控制；

对夹石和破坏主要矿体的主要岩浆岩的岩性、产状和分布规律已大致了解。

D级——是矿山建设设计后期开采依据的储量；对小而复杂难以探求C级储量的矿床，D级储量可作为矿山边探边采的依据。其条件是：

大致控制矿体的形态、产状和分布范围；

大致了解破坏和影响矿体的地质构造特征；

大致确定矿石工业类型及其比例。

6.5 各级储量的比例

根据矿床地质条件和勘探难易程度以及拟建矿山规模等因素，按照“保证首期、准备中期、储备后期”的原则，探求各级储量。其比例要求如下：

6.5.1 特大、大型矿床，探求B+C级储量占B+C+D级总储量的60%，B级占总储量的8%~10%。中型矿床B+C级占B+C+D级总储量的50%，B级占总储量的10%。

6.5.2 地质条件复杂的中型矿床或小型矿床，一般只探求C+D级储量，其中C级储量应占50%。

6.5.3 小而复杂的矿床，一般只探求D级储量，供边探边采。

6.5.4 用于延续矿山服务年限或扩大再生产的勘探项目，B级或B+C级储量占总储量的比例可适当降低，在利用原有开拓系统的条件下，一般只探求到C级储量即可。

6.5.5 勘探范围以外探求的D级储量，不参与比例计算。

7 矿床技术经济评价

7.1 根据地质勘探的地质资料、探明储量及矿床技术经济条件，应按《矿产勘查各阶段矿床技术经济评价暂行规定》的要求，对矿床未来工业开发利用的经济价值进行技术经济的详细评价。为矿山设计提供参考依据。

7.2 中、小型矿床，一般只做企业（微观）技术经济评价。

特大-大型矿床或国家重点规划项目，在做企业（微观）技术经济评价的同时，必要时可增作国民经济（宏观）评价。当企业（微观）经济评价与国民经济（宏观）评价结论有矛盾时，应以国民经济（宏观）评价结论为准。

7.3 建设和开采周期长，投资额大的矿床，经济评价各项指标的计算应采用动态法。

7.4 矿床技术经济评价还要考虑资源效益、生态效益和环境效益。

7.5 矿床技术经济评价可变因素很多，需要进行多方案的综合分析和比较，推荐相对合理的建议方案。

7.6 经济评价参数选用正确与否，直接影响评价结论的可靠性，要结合矿床具体条件确定。凡由国家和工业主管部门统一规定的主要参数，一律不准调整。

7.7 经勘探阶段证实，地质、技术、经济等条件与详查阶段无较大变化，可沿用详查阶段初步技术经济评价资料或稍加修改补充即可。对口勘探项目，如矿山设计部门提前进行了矿山预可行性研究工作，其技术经济评价主要内容，也可直接引用。

7.8 地质勘探阶段，矿床详细技术经济评价的成果资料，以独立章节编入地质勘探报告。

7.9 矿床技术经济评价报告的内容，按全国储委印发的《矿床技术经济评价参考手册》的要求进行。

附录 A

矿体圈定原则及储量计算中有关问题的说明

(补充件)

A1 矿体圈定原则

A1.1 矿体圈定与连接,应当在控矿地质条件研究比较清楚、地质依据比较充分的基础上进行。矿体边界必须按工程从等于或大于边界品位的样品圈起。

A1.2 不同储量类别、工业类型的矿石应单独圈定。在圈定表内矿边界时,遇有连续多个表外矿样品,一般允许带入相当于“夹石厚度”以内的样品。对厚大且又能连成片的表外矿要单独圈定。对表内矿中分布零星难以分采的表外矿;或氧化带(赤铁矿石)内零星分布的原生矿或原生带(磁铁矿石)中零星分布的氧化矿不单独圈定。

A1.3 工程间有限外推矿体长度,一般按自然尖灭推工程间距的二分之一;见矿工程外无工程控制的无限外推矿体长度,一般平推高一级别工程间距的二分之一。

A1.4 矿体界线一般采用自然曲线连接。在连接矿体时,工程间推定的矿体厚度不能大于工程控制的最大厚度;工程外推矿体厚度不能大于工程控制厚度。

A1.5 相邻剖面间矿体被断层、岩脉破坏切割,两侧矿体原则上应分别圈定、分别计算储量。

A2 储量计算中有关问题的说明

A2.1 各级储量必须根据工程控制程度合理确定。其中B级储量必须四面控制;C、D级储量除B、C级外推外亦须工程控制;各级储量工程间距内,单剖面、单工程控制的矿体,只能计算D级储量。凡外推储量均应降级,即B级外推降为C级,C级外推降为D级。

A2.2 相邻剖面对应矿体的工程控制程度已达到相应的级别要求,但储量类别、矿石类型不对应时,可按储量级别划分块段,用统计法计算储量。

A2.3 伴生有用组分的储量计算,其储量级别视研究程度和控制程度确定。一般伴生有用组分C+D储量,可作为矿山设计的依据。共生矿产的储量计算应符合该矿种“规范”的要求。

附录 B

铁的性质和用途

(参考件)

B1 铁的性质

纯铁为质软、具有金属光泽、韧性、延展性、磁性的银白色金属。密度 α -Fe 为 7.87 g/cm³, γ -Fe 为 7.69 g/cm³,熔点 1536 °C,沸点 3070 °C,熔化热 65.4 cal/g,比热(0~1 500 °C)0.167 cal/g·K(中国大百科全书)。

B2 铁的用途

铁是人类生活中不可缺少的金属,是发展工业的基础。由于钢具有良好的加工和使用性能,生产成本又远远低于其他金属,因此钢铁(包括各种生铁、铁合金、熟铁、碳素钢、合金钢、特种钢等)是国民经济中应用最广泛和用量最大的一种金属材料,其中最主要的是机械制造业、建筑工程、水利工程、交通运

输、电力工业以及国防工业等。所以钢铁生产对国民经济各部门的发展具有重要作用,一个国家的钢铁生产水平在一定程度上标志着国家的工业化程度。

此外,纯磁铁矿还可做合成氨的催化剂;赤铁矿、镜铁矿和褐铁矿还是天然的矿物颜料。

B3 铁的地球化学特征

铁是铁族元素的代表。原子序数为 26,原子量 55.847。地球中铁的含量达 35%。在地壳中的含量为 6%,仅次于氧、硅、铝而居第四位。

铁与钛、钒、铬、锰、钴、镍组成铁族元素。铁族元素属于框状原子,其电子与原子核的结合力强,相邻元素的原子半径趋于相等,有利于类质同像置换和元素的共生。

由于内层电子充填能引起离子结构的不对称性,因而铁变价时颜色也发生变化,如三价铁有强烈的褐红色染色性。此外,内层电子充填还可能使某些化合物产生磁性。

铁族元素离子半径较小,因此多在岩浆结晶作用的早期晶出。在硅酸盐残余熔浆中,主要集中离子半径过大或过小的元素,铁元素不占显著地位。

Fe^{2+} 和 Fe^{3+} 都可存在于酸性溶液中,也可成为氢氧化物存在于碱性溶液中。铁的电价可变性具有重要的地球化学意义,在不同的 pH、Eh、 f_{O_2} 条件下,可以不同的价态晶出或溶解。

铁可生成一系列氧化物,如 FeO 、 Fe_2O_3 、 Fe_3O_4 。 Fe_2O_3 是最稳定的化合物,自然界中常出现两种变体,即赤铁矿和镜铁矿。 Fe_3O_4 在自然界分布十分广泛,呈磁铁矿分散于各种岩石和土壤中。

铁也具亲硫性,能与硫化合成不同类型的硫化物,自然界的硫化物主要为黄铁矿(FeS_2)和磁黄铁矿(Fe_{1-x}S)。

铁可形成一系列络合物。三价铁离子形成络合物的能力更大,可和氧化物、氯化物、溴化物形成络合物。

附 录 C

铁矿主要矿物及矿床类型

(参考件)

C1 铁矿主要矿物

铁在自然界中,大多数呈铁的氧化物、硫化物、硅酸盐、碳酸盐等矿物形式存在。目前已发现的铁矿物和含铁矿物约 300 余种,其中较常见的有 170 余种。但在当前技术经济条件下,具有工业利用价值的主要有以下几种:

矿物名称	化学式	含量(%)
磁铁矿	Fe_3O_4	72.4
赤(镜)铁矿	Fe_2O_3	70.0
菱铁矿	FeCO_3	48.3
褐铁矿	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	48~62.9
针铁矿	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	62.9

C2 铁矿床类型

按我国目前常用的铁矿床成因分类,将矿床分为以下几种主要类型(类型组)。现将各类型(类型组)铁矿床的地质特征、矿床规模、矿体形态、物质组分及其工业意义简介如下。

C2.1 岩浆晚期铁矿床

因富含钒钛又称钒钛磁铁矿床。主要分布在四川攀西、河北承德以及陕南、鄂西等地。它与基性、基性—超基性岩浆作用有关。根据成矿方式又可分为两类。

C2.1.1 岩浆晚期分异型铁矿床:称为攀枝花式铁矿床。产于辉长岩—橄辉岩等基性、超基性岩体中,如攀枝花、白马、红格。矿床规模多为大型,少数为特大型。单个含矿岩体断续延长数千千米至数十千米,宽千米至数千千米。岩体的分异性愈强,相带愈发育,韵律愈清晰,对成矿愈有利。矿体呈较规则的多层似层状,产于岩体中下部,韵律旋回的底部。矿体(层)累计厚度数十米至二、三百米,延深数百米至千米以上。成矿后断裂和岩脉发育,破坏矿体在走向、倾向上的连续性。矿石呈浸染状、条带状、块状构造,陨铁嵌晶结构、固熔体分解结构。矿石矿物以钛磁铁矿(由钛铁片晶、镁铝尖晶石、钛铁晶、磁铁矿组成的复合矿物系列)为主,粒状钛铁矿为次。含少量磁黄铁矿、黄铁矿及其他钴镍硫化物。脉石矿物有辉石、基性斜长石、橄榄石、磷灰石等。矿石一般含 $\text{TFe}20\%\sim45\%$, $\text{TiO}_23\%\sim16\%$, $\text{V}_2\text{O}_50.15\%\sim0.5\%$, $\text{Cr}_2\text{O}_30.1\%\sim0.38\%$, 伴生有 Cu 、 Co 、 Ni 、 Ga 、 Mn 、 P 、 Se 、 Te 、 Sc 及铂族元素等。矿石需经选矿后才可冶炼。

C2.1.2 岩浆晚期贯入式铁矿床:又称大庙式铁矿床。产于辉长岩和斜长岩岩体中,如河北承德大庙、黑山。矿体沿岩体中一定裂隙分布,或产于辉长岩与斜长岩的接触带。矿体形态不规则,一般呈扁豆状、似脉状,成群出现,雁行排列并向深部侧伏。地表分散的矿体,在深部有的可连成一体;有的矿体在深部亦可分支,并常有盲矿体存在。矿床规模一般为中小型。单个矿体长数米、数十米至数百米不等,厚度数米至数十米,延深数十米至数百米。矿石呈浸染状、致密块状构造,粒状嵌晶结构、海绵陨铁结构、固熔体格状结构。矿石矿物以钛磁铁矿为主,粒状钛铁矿为次,颗粒较粗大,矿石易选。含少量黄铁矿、黄铜矿及其他钴镍硫化物。脉石矿物有绿泥石、角闪石、斜长石、绿帘石、磷灰石等。矿石中常见金红石,有时见有铬铁矿。矿石一般含 $\text{TFe}20\%\sim40\%$, $\text{TiO}_25\%\sim11\%$, $\text{V}_2\text{O}_50.1\%\sim0.4\%$, 伴生 Mn 、 Cu 、 Ni 、 Cr 、 Co 等元素。岩体中局部可形成单独的磷铁矿床,如承德马营铁磷矿。

本类型矿床探明储量居全国探明总储量的第二位,矿石开采量占全国累计产量的 $4.8\%^{1)}$,是我国今后发展钢铁工业的重要资源。与其伴生的多种有用元素如能充分、合理的综合回收利用,则经济价值更大。

注:1)据1987年全国储量平衡表中550个勘探矿床统计。

C2.2 接触交代-热液铁矿床

本类型组的矿床一般含铁较高,多为富矿。矿床分布几乎遍及全国各地。

C2.2.1 接触交代型铁矿床:又称矽卡岩型铁矿床。产于中-酸性侵入体与碳酸盐类岩石的接触带。如河北邯邢西石门、湖北大冶铁山、内蒙黄岗、广东连平大顶等。矿体规模多为小型,中型为次,少数为大型。在不同矿床中矿体个数不等,大小各异。矿体一般长数十米至数百米,少数达千米以上,延深数十米至数百米以上,厚度数米至数十米。矿体形态及分布受接触带控制,呈似层状、扁豆状、巢状等。常有盲矿体存在。矿石以致密块状构造为主,浸染状为次,亦有角砾状构造,具交代和粒状结构。矿石矿物以磁铁矿为主,假象赤铁矿为次,有的矿床出现较多菱铁矿(大冶铁山)。硫化物以黄铁矿为主,部分矿床有黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、辉钼矿(大冶铁山、福建马坑、浙江闲林埠),少量矿床含有锡石及胶态锡(广东连平大顶、内蒙黄岗)。脉石矿物以透辉石、石榴石为主,透闪石、碳酸盐矿物等为次,有的矿床含蛇纹石较多(大冶铁山)。矿石一般含 $\text{TFe}30\%\sim70\%$, $\text{SiO}_24\%\sim15\%$, $\text{S}4\%$ 以下, P 含量低。伴生有 Cu 、 Co 、 Ni 、 Pb 、 Zn 、 Au 、 Ag 、 W 、 Sn 、 Mo 等。不同酸度的侵入体与区域地质及地球化学特征的差异,控制了不同的矿化组合。

C2.2.2 热液型铁矿床:包括高温热液磁铁矿床和中低温热赤铁-菱铁矿床。与接触交代型矿床往往相伴产出,但在空间分布与侵入体有一定的距离,多产于碳酸盐岩层之中。矿床规模以中小型为主,矿体形态复杂。在矿石类型、结构构造、物质组分等方面与接触交代型矿床类同。

本类型矿床探明储量居全国探明总储量的第三位,其中炼钢用铁矿石约占全国炼钢用铁矿石总储量的三分之一,居首位。矿石开采量占全国累计产量的 19.4% 。矿石一般可选性良好,除某些含锡较高的矿床未利用外,均已开采利用。矿石中且含有能综合回收利用的伴生元素,如邯邢的 Co 、大冶的 Cu 、

Co、Au、Ag、S等。

C2.3 与火山-侵入活动有关的铁矿床

矿床与富钠质的中性(中偏基性或中偏酸性)、基性火山-侵入活动有关。在我国元古界、古生界及中生界火山岩地层中均有该类型矿床分布,元古代、古生代火山活动一般多为海相,而中生代火山活动则以陆相为主。按成矿地质条件可分为两类。

C2.3.1 与陆相火山-侵入活动有关的铁矿床:以长江中下游宁芜“玢岩铁矿”为代表。根据矿床在火山机构中的产出特征可大致分为:产于火山碎屑岩中的火山沉积铁矿床(安徽柱国里山、江苏龙旗山);产于玢岩体内部、顶部及与其周围的火山岩接触带中的铁矿床(江苏梅山、安徽凹山、罗河);产于玢岩体与周围沉积岩接触带中的铁矿床(安徽白象山、江苏凤凰山)。矿体规模不等,其中以产于玢岩体顶部及与其周围火山岩接触带中的矿体规模最大,矿石较富。大型矿体长达千米以上,厚度数十米至二、三百米,宽数百米至千米以上。矿体呈似层状、饼状、透镜状、钟状、环状、团囊状。产状多近水平或以缓角度向四周倾伏,也有产状较陡的筒状体。矿石矿物有的以磁铁矿为主,假象赤铁矿、赤铁矿为次(凹山、罗河);也有的以赤铁矿或假象赤铁矿为主(安徽南山上部、姑山);菱铁矿含量因不同矿床而异。硫化物以黄铁矿为主。脉石矿物有透辉石、阳起石、磷灰石、碱性长石及硬石膏等。围岩蚀变发育。矿体外有时形成单独的黄铁矿或硬石膏矿体。矿石具块状、浸染状、浸染网脉状、角砾状、斑杂状、条纹状、条带状等构造。浸染状矿石一般含TFe17%~30%,块状矿石一般含TFe35%~57%,P₂O₅10%~1.34%,S_{0.03}%~8%或更高,V₂O₅0.1%~0.3%。

C2.3.2 与海相火山-侵入活动有关的铁矿床:以云南大红山为代表。矿床产于地槽褶皱带的海底火山喷发中心附近,矿体赋存在一套由火山碎屑岩-碳酸盐岩-熔岩(细碧岩或角斑岩)组成的建造中。矿体呈层状、似层状、透镜状,少数为脉状、囊状,常成群成带出现。单个矿体长数十米至千米以上,厚度数米至数十米,最厚达百米,延深百米至数百米,最大达千米。矿体一般产状平缓,中小型矿体有时产状复杂。矿石构造与“玢岩铁矿”相同,并具杏仁状构造、定向排列构造等。矿石矿物磁铁矿与赤铁矿互为主次,另有假象赤铁矿和菱铁矿。硫化物有黄铁矿、黄铜矿。脉石矿物有石英、钠长石、绢云母、铁绿泥石等。矿石含铁量与“玢岩铁矿”相似,并多含Cu、Co。

本类型矿床探明储量居全国探明总储量的第四位,矿石开采量占全国累计产量的6.3%。多数矿床含铁品位一般较高,矿石易选,但有的矿床含有一定数量菱铁矿、黄铁矿、硅酸铁矿物等,影响选矿效果。矿石中伴生的S、P、V₂O₅、Cu、Co等可综合回收利用。

C2.4 沉积铁矿床

本类型矿床产于不同时代的沉积地层中。其共同特点是矿床规模以中小型为主,矿体薄,分布面积广,矿石多呈鲕状构造,有些鲕粒中由硅质和铁质构成的同心圆圈多达数十层,以致使矿石难选,此外尚有豆状、肾状构造。矿石品位中等,有些矿床后期断裂、褶皱发育。

按成矿环境,将沉积铁矿床分为浅海相、海陆交替-湖相两类。

C2.4.1 浅海相沉积铁矿床:通常包括长城系宣龙式和泥盆系宁乡式铁矿。

长城系宣龙式赤铁矿、菱铁矿矿床:主要分布在北方各省,以河北庞家堡为代表。矿层底板为细砂岩或砂质页岩,顶板为黑色页岩夹薄层砂岩。矿层长达12.5 km,一般有3~4层矿,单层厚度0.7~2 m。成矿后断裂构造较发育,使矿层呈阶梯状排列,局部地段小断层尤为发育。矿石矿物以赤铁矿为主,菱铁矿为次。矿石一般含TFe30%~50%。S、P含量低。

泥盆系宁乡式赤铁矿、菱铁矿矿床:主要分布在南方各省,以湖北长阳火烧坪、官店为代表。含矿建造以砂、页岩为主,含矿1~4层,累计厚度不大但较为稳定。有的矿床中铁矿层褶皱发育,如湘东铁矿。矿石类型以赤铁矿石、菱铁矿石为主,其次为鲕绿泥石矿石及上述几种的混合型矿石。矿石一般含TFe25%~50%,含S低P高。

C2.4.2 海陆交替-湖相沉积铁矿床:以四川綦江土台铁矿为代表。含矿层往往与煤系地层关系密切;有的矿层产于碳酸盐岩石古侵蚀面上(以往称山西式),与铝土矿、粘土矿共生。层位稳定。矿床规模多

为中小型,矿体呈似层状、层状、透镜状,或由结核状和扁豆状矿石与粘土页岩或煤层组成不连续的菱铁矿、赤铁矿或褐铁矿含矿层。矿石矿物以菱铁矿为主,或以赤铁矿为主,或两者兼有。脉石矿物有绿泥石、石英、粘土矿物等。一般含 $\text{TFe}30\%\sim55\%$,含 S 低 P 高,有的矿床含 Mn、Al、S 较高。

本类型矿床探明储量居全国探明总储量的第五位,由于采、选、冶困难,矿石开采量仅占全国累计产量的 3.8%,且经济效益差。鲕绿泥石型矿石目前尚难以利用。

C2.5 受变质沉积铁矿床

主要产于晚太古代和早元古代的古老变质岩系中。分布广泛,遍布全国各地,其主要分布区为辽宁鞍山地区、河北冀东地区、山西岚县地区。根据矿床地质特征分为两类。

C2.5.1 受变质硅铁建造铁矿床,通称鞍山式铁矿。矿体一般大而贫,亦有少量富矿。物质组分一般较简单,为硅铁沉积建造受区域变质的矿床。原岩为硅铁质化学沉积或火山沉积岩,根据矿物组合及原岩性质和变质程度可划分为三个亚类:

铁矿产于角闪岩、斜长角闪岩、绿色片岩、黑云变粒岩、片麻岩等岩石的岩层中,有时夹有石英岩,如鞍山地区的弓长岭、南芬,冀东地区水厂、司家营等。

铁矿产于以绢云母质绿泥石质千枚岩和片岩为主的岩层中,如鞍山大孤山、东西鞍山等。

铁矿产于夹有大理岩的片岩、片麻岩及变粒岩的岩层中,如黑龙江羊鼻子山,但目前已知产地很少。

本类型矿床的含矿带在区域构造上常呈复式褶皱,使矿体(层)重复出现,轴部加厚;有的受后期剥蚀或断层影响,多呈单斜或向斜构造产出。

矿体长一般数百米至数千米,极少数可达十余千米,延深数百米至千米以上。矿层一般为多层,亦有 1~2 层的,矿层(体)厚度一般数米至数十米,厚者可达二三百米。矿体形态简单,多呈层状、似层状,产状与围岩基本一致。在贫矿层中的有利部位有时见有富矿,个别富矿体具有一定的规模,有单独开采价值(弓长岭二矿区)。矿石矿物一般以磁铁矿为主,少数矿床赤铁矿、假象赤铁矿较多(东西鞍山、司家营)。矿石中普遍含少量硅酸铁、碳酸铁,个别矿床含量较高(山西山羊坪)。脉石矿物有石英、绿泥石、镁铁闪石、辉石、黑云母、碳酸盐矿物等,一般含少量黄铁矿。矿石多呈条纹、条带状构造,花岗变晶、鳞片变晶结构。贫矿石一般含 $\text{TFe}20\%\sim40\%$, $\text{SiO}_240\%\sim50\%$,S、P 含量低;富矿石含 $\text{TFe}50\%\sim60\%$ 。

C2.5.2 受变质碳酸盐型铁矿床,产于千枚岩、大理岩、白云质大理岩、板岩等各类岩层之中或其接触面上,以矿体厚度变化大和富矿比例大为特征,如吉林大栗子、陕西大西沟。矿体呈层状、似层状、扁豆状或不规则状。矿石矿物有赤铁矿、菱铁矿、磁铁矿、褐铁矿。脉石矿物有石英、绢云母、绿泥石、重晶石及碳酸盐类。矿石构造以块状、条带、条纹状为主,鲕状为次。矿石一般含 $\text{TFe}25\%\sim46\%$ 。

本类型矿床探明储量居全国探明总储量的第一位,矿石开采量占全国累计产量的 54.3%,是我国最重要的铁矿资源。矿石大多易采易选,少数矿床因硅酸铁、碳酸铁含量多,或铁矿物颗粒微细(小于 0.04 mm),选矿效果不佳。不适宜露天开采的低品位矿石,目前其工业意义不大。

C2.6 风化淋滤型铁矿床

本类型矿床由各类原生铁矿、硫化物矿床以及其他含铁岩石经风化淋滤富集而成,亦称风化壳矿床。前寒武纪硅铁建造“风化壳型”铁矿现已成为国外富铁矿主要来源,但在我国未见具有工业意义的矿床。目前已发现的本类型矿床仅有:

C2.6.1 菱铁矿(有的矿床含硫化物)风化淋滤褐铁矿床,如贵州观音山。

C2.6.2 金属硫化物风化淋滤褐铁矿床,如广东大降坪、福建建安。

C2.6.3 含铁硫化物矽卡岩风化淋滤褐铁矿床,如江西分宜。

C2.6.4 玄武岩风化淋滤富集铁矿,如海南临澄。

本类型矿床以“铁帽”分布广泛为特征,矿体形态受地形及构造影响,呈不规则或扁豆状。矿床规模一般为小型,个别为大中型矿床(大宝山、大降坪)。矿石矿物以松散多孔褐铁矿为主。脉石矿物有石英、碳酸盐类、粘土矿物等。矿石呈块状、蜂窝状、葡萄状或土状构造。矿石一般含 $\text{TFe}35\%\sim60\%$ 。多数矿床随原生矿(岩)石成分的不同,常含 Pb、Zn、Cu、As、Co、Ni、S、Mn、W、Bi 等杂质。矿石难选,工业利用

上存在一定的局限性,多作为配矿利用。

本类型矿床矿石开采量仅占全国累计产量的2.5%。详细研究矿石结构和矿物成分,对进一步寻找隐伏原生矿具有重要意义。

C2.7 其他重要铁矿床

指由多时期多因素形成而主要成矿因素、时期尚有不同认识的矿床,如海南石碌、内蒙白云鄂博等。

C2.7.1 石碌铁矿:地层主要为一套浅海泻湖相沉积,由砂岩、砂页岩、泥质白云岩、白云岩、白云质结晶灰岩、铁矿层组成,并经受了中浅程度区域变质作用。铁矿体主要赋存于白云岩、白云质结晶灰岩中的透辉石透闪石岩内,呈层状或似层状,产于复式向斜的两翼或一翼。矿区外围见有中生代花岗岩。矿石的物质来源目前有“陆源”与“火山作用”两种意见。主矿体长2570m,宽460m,最大垂厚430m。矿石以鳞片状赤铁矿及石英为主,并含少量磁铁矿及半假象赤铁矿、铁碧玉等。矿石平均含TFe51%, SiO_2 6%~33%, S 0.02%~0.6%, P 0.01%~0.04%, $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{SiO}_2$ 大于90%。矿体底板以下有单独的铜钴矿体共生。石碌铁矿以产优质富铁矿石闻名全国。

C2.7.2 白云鄂博铁矿:地层为元古界白云鄂博群,由浅变质的石英岩、板岩、白云岩夹云母片岩组成。铁矿体赋存于白云岩中或白云岩与硅质板岩接触处,呈似层状、透镜状顺层产出。整个含矿带长16km,宽1~2km,由东向西分布有东矿、主矿、西矿。主矿矿体长1250m,平均厚度99m,最大延深1030m。矿体内常见有数米厚的白云岩夹石,下盘白云岩中有平行产出的小矿体。东矿规模大致与主矿相同。西矿主要由11个似层状、透镜状规模大小不等的矿体组成,分布在向斜的两翼。矿床成因目前虽存在不同的意见,但多趋向于沉积变质-热液叠加。矿石主要由磁铁矿、赤铁矿、假象赤铁矿组成,含少量至微量硫化物。在矿体及围岩中普遍含稀有、稀土矿物,并构成伴生矿产和单独的稀土、铌共生矿体。稀有矿物有铌铁矿、锰-铌铁矿、铌钙矿、黄绿石、易解石、钽易解石、铌易解石、钽铁金红石、包头矿、褐钨铌矿、 β -褐钨铌矿、铌钽铀矿等;稀土矿物有氟碳铈矿、独居石、黄天河矿、氟碳铈钨矿、氟钽铈钨矿、方钨矿、褐帘石、硅钽铈矿、铈磷灰石、镧石、磷铈镧矿等。脉石矿物有白云石、云母、萤石、钠辉石、钠闪石、重晶石、石英等。矿石一般含TFe27%~55%,平均含TFe31%~36%, S 0.2%~2%, P 0.3%~1%, TR_2O_3 2%~8%, $(\text{NbTa})_2\text{O}_5$ 在富集地段含量0.05%~0.1%。由于矿石物质组分复杂,属难选矿石,其综合利用问题有待进一步解决。

上述两铁矿储量分别为数亿、十亿吨以上,其矿石开采量占全国累计产量的8.3%。

附录 D

铁矿一般工业指标

(参考件)

综合我国已勘探矿床和现行的铁矿石质量标准,提出如下铁矿一般工业指标,供普查、详查阶段参考。

D1 矿石质量要求

表 D1 炼钢用铁矿石

组 分, % 矿 石 类 型	TFe	主要有害杂质			其他有害杂质
		SiO_2	S	P	
磁铁矿石 赤铁矿石	≥ 56	≤ 13	≤ 0.15	≤ 0.15	$\text{Cu} \leq 0.2$ $\text{As} \leq 0.1$

矿石块度要求:

平炉用铁矿石:25~250 mm

电炉用铁矿石:50~100 mm

转炉用铁矿石:10~50 mm

表 D2 炼铁用铁矿石

矿石类型 \ 组分, %	TFe	主要有害杂质			其他有害杂质
		SiO ₂	S	P	
磁铁矿石	≥50	≤18	≤0.30	≤0.25	Cu ≤ 0.2
赤铁矿石					Pb ≤ 0.1
褐铁矿石					Zn ≤ 0.1
菱铁矿石					Sn ≤ 0.08
					As ≤ 0.0
					F ≤ 1.0

褐铁矿石、菱铁矿石为扣除烧损后折算的标准。自熔性矿石 TFe 可降至等于或大于 40%。

P 含量为一般要求,按炼生铁品种不同对矿石含磷量要求也不同。

酸性转炉炼钢生铁矿石含 P ≤ 0.03%

碱性平炉炼钢生铁矿石含 P ≤ 0.03%~0.18%

碱性侧吹转炉炼钢生铁矿石含 P ≤ 0.2%~0.8%

托马斯生铁矿石含 P ≤ 0.8%~1.2%

普通铸造生铁矿石含 P ≤ 0.05%~0.15%

高磷铸造生铁矿石含 P ≤ 0.15%~0.6%

矿石块度要求:8~40 mm

表 D3 需选(贫)铁矿石

矿石类型	TFe, %		备 注
	边界品位	工业品位	
磁铁矿石	≥20 mFe ≥ 15	≥25 mFe ≥ 20	
赤铁矿石	≥25	≥28~30	
菱铁矿石	≥20	≥25	
褐铁矿石	≥25	≥30	

如果矿石易采、易选,经济效果好,或含有可以综合回收的伴生组分,则 TFe 品位要求可适当降低;磁铁矿石中硅酸铁、硫化铁、碳酸铁含量较高,则采用磁性铁(mFe)标准。

D2 开采技术条件

表 D4

m

开采技术条件	露天矿	坑内矿
可采厚度	2~4	1~2
夹石剔除厚度	1~2	1

附 录 E

铁矿石的选矿工艺、物理技术性能和
铁矿石质量对冶炼及钢铁质量的影响
(参考件)

E1 铁矿石的选矿工艺

对需选铁矿石中不同的含铁矿物,须用不同的选矿方法进行处理。对易于单体分离的磁性铁矿石(含磁铁矿、半假象赤铁矿等),一般采用单一弱磁选进行选矿;对含弱磁性和无磁性铁矿石的赤铁矿石、锐铁矿物、菱铁矿物和褐铁矿物等,一般采用单一的强磁选、重选、浮选或焙烧磁选等方法进行选矿;对于由磁铁矿、赤铁矿和菱铁矿所组成的混合矿石,一般用联合流程进行选矿。

适于单一弱磁选或单一重选矿石为易选矿石,其他流程选矿矿石为难选矿石。据目前我国有关矿山资料,一般精矿品位为55%~65%,回收率为70%~85%,选矿比为2.5~3.5。

E2 铁矿石的物理技术性能

影响矿石冶炼效果的物理技术性能,主要有矿石粒度、气孔率、热裂性及膨胀率、软化温度、比重和堆比重等。均匀的矿石粒度,较高的软化温度和机械强度,良好的还原性,对于提高高炉的生产效率,保证产品质量,降低焦炭消耗有显著的作用。

E3 铁矿石质量对冶炼及钢铁质量的影响

矿石的质量要求,是根据矿产资源特点,选、冶加工技术水平及最终经济效果综合权衡确定的。

直接入炉铁矿石(包括铁精矿)的质量,主要以矿石中含铁量,有益组分及有害杂质含量,脉石成分及造渣组分的比值,化学成分的稳定性和粒度的均匀性,以及矿石的机械强度、还原性和高温冶炼特性等因素决定的。现就主要组分对冶炼及钢铁质量的影响简要说明如下:

E3.1 含铁量:是决定炉渣量的主要因素,直接关系到冶炼的经济效果。生产实践证明,一般入炉矿石的铁含量提高1%,可降低焦比2%,产量增加3%。因此,适当提高入炉铁矿石的品位,是节焦、增产、改善冶炼操作条件和技术经济指标的有效途径。

E3.2 SiO_2 :是主要的造渣组分,矿石中含量过高,冶炼时会使炉渣粘稠,影响脱硫和杂质分离。为了稀释炉渣,则需往炉料中加入相应比例的 CaO (由石灰石加热分解生成),从而增加渣量和焦炭的消耗,降低高炉利用系数。根据有关资料,在相同的铁品位下, SiO_2 每增高1%,焦比将增加1%~1.2%,产量降低1.2%~1.5%。

E3.3 Al_2O_3 :是两性氧化物,在酸性炉渣中生成铝硅酸盐,在碱性炉渣中生成铝钒土,冶炼时全部进入炉渣。当炉渣中 Al_2O_3 的含量小于10%时,炉渣熔点低于1400℃;达15%时,炉渣粘度增加,不利于冶炼操作;当达到18%~20%以上时,则炉渣性质急剧恶化,炉况不顺。

E3.4 CaO 是造渣组分中的有益成分,它可中和酸性造渣组分,降低炉渣的熔点和粘度;与硫化物则生成硫化钙,有一定的脱硫能力,所以矿石中在铁含量一定的条件下,含 CaO 不仅无害,而且越高越好,有的可作为“熔剂性铁矿石”使用。

E3.5 MgO :矿石中含一定量的 MgO ,可降低炉渣熔点,增加炉渣流动性,有利于脱硫和炉况顺行。据国内外资料,炉渣中 MgO 含量以不大于20%为宜,如含量过高,不仅影响冶炼指标,而且会导致炉渣粘度增大,易凝固,造成操作困难。

E3.6 TiO_2 :钢中含钛能细化晶粒,改善其耐磨性、耐蚀性,提高机械强度,是一种很有益处的元素。在某些高炉冶炼中,定期投入含 TiO_2 矿石进行冶炼,可以起到护炉、延长炉龄和改善钢铁产品结构,提高钢铁质量的作用。但矿石中 TiO_2 含量过高时(炉渣中 TiO_2 大于30%),则使炼铁工艺复杂化,在高炉冶炼中,由于部分 TiO_2 被过还原生成的 TiC 、 TiN 的急剧增加,使炉渣粘度提高,降低脱硫效率,炉底结厚,炉缸堆积,为此要求冶炼时要严格执行“低硅钛”方针,采用“喷吹消稠工艺”或配用部分普通富矿。

E3.7 S :冶炼时大部分进入炉渣,少量可被挥发,一部分进入生铁并转入钢中。硫是钢中最有害的杂质,硫化亚铁可熔于铁水中,冷却中可与铁形成二元共晶,并析出在晶体界面上,由于共晶物的熔点低(985℃),在加工或使用过程中,当温度高时,晶界处的共晶首先熔化,从而使晶面间的结合力削弱,导致钢材出现“热脆性”,降低钢的韧性和塑性。

E3.8 P :在冶炼过程中,还原后全部进入生铁,形成一种硬而脆的 Fe_3P ,而使钢的强度和硬度增加,塑性下降,从而使钢在冷加工中易于断裂,称“冷脆性”。钢水结晶过程中,由于各种元素在钢中的扩散速度不一致,磷在铁(面心立方晶格)中的扩散速度慢,使钢产生化学成分的不均匀性,发生成分偏析,从而使钢各部分的性能不一致,以致降低质量。

E3.9 Zn :对冶炼极为不利,硫化锌增加硫的负荷,影响钢铁的质量。由于锌的熔点(419.5℃)和沸点(907℃)低,900℃时即可被还原成金属锌,并很快成为锌蒸汽,升华至高炉上部的炉衬上、大钟下,以及煤气管道内等温度低于400℃的部位冷凝下来,被再氧化或结成炉瘤,或渗入到砖衬裂隙气孔中,不仅堵塞煤气管道,影响高炉顺行,还能破坏炉衬,减少高炉寿命。炉瘤越积越多,会引起高炉崩料、悬料以及导致炉缸铁水温度降低和炉渣变稠,从而提高焦比,降低产品的产量和质量。

E3.10 Pb :是低熔点易还原的元素,加之比重大,渗透能力强,不熔于生铁,所以高炉冶炼时,铅沉积于炉底,并对炉底起破坏作用。另外,由于铅的气化温度不高(1540℃),铅蒸汽在炉内循环可形成炉瘤,破坏炉衬并影响炉料顺行。铅呈气体挥发,污染大气,造成公害。

E3.11 As :冶炼时全部被还原进入生铁,然后转入钢中。砷能使钢发生冷脆和热脆,给轧制带来困难。当钢中含 As 量达0.1%以上,容易出现龟裂,严重影响钢的质量。当铁矿石含 As 、 Pb 、 Zn 较高时,高炉出铁时散发出大量的白色气体,影响正常操作,危害人体健康。从高炉逸出的砷蒸气污染环境。

E3.12 Sn :炼铁时易还原成金属、且溶于铁水中。由于锡的熔点低,在热加工轧制时,钢材表面易出现裂纹,降低钢材质量。根据实验资料,当钢中含 Sn 量控制在0.09%以下,其机构强度无明显影响。

E3.13 F :矿石中含 F 量适当时,能改善炉渣的性质,有利于脱硫作用;当含 F 量大于4%~5%时,对炉体各部分的耐火材料有明显的侵蚀作用,对废气通过的金属阀门有腐蚀作用,放渣时发生刺激性很强的气味,危害人体。

E3.14 Cu :对高炉炼铁工艺不仅没有不利影响,而且当铁矿石中 Fe 含量相同时,每增加1%的铜,至少降低焦比2%。炼铁时铜进入生铁,可以细化组织,提高硬度和强度。钢中含少量铜,可以提高钢的冲击韧性、耐腐蚀性和机械强度。但当含 Cu 量超过0.3%~0.4%时,在高温下由于选择性氧化,可析出低熔点的富铜相,并向晶粒界面渗透,使晶粒界面结合力减弱,热压力加工时,沿晶粒界面裂开,产生“热脆性”,而且不易焊接。

铁矿石中的铜如果以硫化物出现,含量在0.2%以上,一般可通过选矿进行综合回收。

E3.15 Mn :能稀释炉渣,起熔剂作用,还可将 FeS 中的 Fe 置换出来,生成 MnS 进入炉渣中;炼钢时用锰可以夺取钢水中 FeO 的氧,生成不熔的氧化物飘浮于上部渣中。因此锰是钢铁生产中良好的脱氧剂

和脱硫剂。同时锰还是钢的重要合金元素,尤其炼制高锰特别钢种时,锰更是关键的元素。但锰含量过高,会恶化钢材的焊接性能。

E3.16 V:在钢中可以细化晶粒,提高钢的强度和低温冲击韧性,改善钢的焊接性和回火稳定性,并产生二次硬化作用。钒还可以提高钢的耐磨性、抗腐蚀性和抗蠕变性能,降低脱碳敏感性,提高零件的表面质量。铸造生铁加入钒,可提高生铁的硬度、压力强度、抗弯强度、韧性、密度和耐磨性。

E3.17 K_2O 、 Na_2O :过量的 K_2O 、 Na_2O 在高炉内循环积蓄会造成焦炭粉碎、风口损坏、悬料、崩料、结瘤,以及球团矿、烧结矿粉化和环境污染等问题。

附录 F

名词解释

(参考件)

F1 全铁

指岩石样品经化验分析确定的铁元素的总含量,以符号 TFe 表示。全铁是评价铁矿石质量的主要技术指标。

F2 磁性铁

一般是指强磁性铁矿物中的铁,以符号 mFe 表示,其含量可根据铁矿石的物相分析结果确定。磁铁矿、钛磁铁矿、半假象赤铁矿等都属于具有工业价值的强磁性铁矿物,在强度 800~1 000 Oe 的磁场中可进行磁选。磁黄铁矿虽具有强磁性,但因含硫高,故在铁矿床中不作为具工业价值的磁性铁矿物。在地质勘探中,铁矿物中磁性铁占全铁的百分率称磁性铁占有率,是评价铁矿床工业价值和划分矿石工业类型的标准。

F3 硫化铁

系指铁矿石经化学物相分析结果确定的含铁硫化物矿物中的铁,包括黄铁矿、白铁矿、砷黄铁矿、磁黄铁矿等矿物中的铁。

F4 碳酸铁

系指铁矿石经化学物相分析结果确定的,含铁碳酸盐矿物中的铁,包括菱铁矿、铁白云石等矿物中的铁。

菱铁矿($FeCO_3$)中含 FeO 62.1%, CO_2 37.9%,焙烧以后 CO_2 烧失,FeO 含量相对提高。因此在评价菱铁矿床时,其工业指标可略低于磁铁矿石、赤铁矿石。铁白云石含铁低,属于铁白云石类型的矿石,不具工业价值,但可作为熔剂利用。

F5 硅酸铁

系指铁矿石经化学物相分析结果确定的含铁硅酸盐矿物中的铁。含铁硅酸盐矿物种类很多,主要有橄榄石类、石榴石类、辉石类、闪石类、黑云母、铁绿泥石、阳起石、绿帘石等。由于含铁硅酸盐矿物一般含铁量较低,且含硅高,为工业不可用铁,需要在选矿过程中将其选除。

过去认为铁矿石中的硅酸铁不溶于稀盐酸,因而称为非可溶铁,全铁减硅酸铁称为可溶铁(SFe)。实践证明有很多含铁硅酸盐矿物不同程度地溶于稀盐酸。以钙铁石榴石为例,在分析可溶铁时,其铁含量的 50% 可被溶解。故笼统地说硅酸铁为非可溶铁是不正确的,采用可溶铁作为评价铁矿石的标准也

不切合实际。

F6 赤(褐)铁

系指铁矿石经化学物相分析结果确定的赤铁矿、褐铁矿、镜铁矿等矿物中的铁。属于该类型的需选矿石,选矿工艺比磁铁矿较为复杂,因此在评价该类型矿床时,其工业指标应略高于磁铁矿矿床。

F7 造渣组分

铁矿石中不能被还原进入生铁的氧化物称为造渣组分。主要造渣组分有酸性氧化物(SiO_2)、碱性氧化物(CaO 、 MgO 、 BaO 、 Na_2O 、 K_2O 等)和两性氧化物(Al_2O_3 、 TiO_2 等)。但在炉渣起主要作用的是 SiO_2 、 Al_2O_3 、 CaO 、 MgO 。

F8 半自熔性铁矿石

铁矿石中 $(\text{CaO}+\text{MgO})/(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3)=0.5\sim 0.8$ 的矿石称半自熔性铁矿石。

F9 自熔性铁矿石

铁矿石中 $(\text{CaO}+\text{MgO})/(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3)=0.8\sim 1.2$ 的矿石称自熔性铁矿石。

自熔性铁矿石是指在高炉炼铁过程中不加或少加熔剂就可以得到比较理想的炉渣和合格生铁的铁矿石。在高炉炼铁中,焦炭的灰分呈酸性,矿石中的碱性氧化物除中和自身的酸性氧化物外,还要中和焦炭灰分中的酸性氧化物。因而铁矿石中必须有较高的碱性氧化物,入炉冶炼时,才能不加或少加溶剂而达到渣铁分离。

F10 熟料

系指铁矿石经选矿得到的铁精矿,再经配料焙烧而成的烧结矿或经造球焙烧而成的球团矿。

F11 利用系数

有高炉利用系数和平炉利用系数。

高炉利用系数是指一座高炉有效容积每昼夜每立方米生产生铁的吨数(生铁 $\text{t}/\text{m}^3\cdot\text{昼夜}$)。

平炉利用系数是指一座平炉有效面积每昼夜每平方米生产钢的吨数(钢 $\text{t}/\text{m}^2\cdot\text{昼夜}$)。

F12 焦比

系指冶炼一吨生铁所需要的焦炭量(kg)。

F13 含铝高的铁矿石

系指炼铁用铁矿石中含铝高的矿石。

Al_2O_3 是铁矿石中较普遍的组分,亦是炉渣中主要组分之一。在高炉冶炼时,全部进入炉渣。炉渣中 Al_2O_3 含量高时,便影响炉渣的流动性和降低脱硫能力。当炉渣中 Al_2O_3 小于10%时,炉渣熔点小于1400℃,而 Al_2O_3 大于20%时,熔点就升高,炉渣变稠,高炉不顺。炉渣中 Al_2O_3 和 SiO_2 的平衡极其重要,当 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 等于2.36时,炉渣流动性最好,此时若 Al_2O_3 为15%,则 SiO_2 为35.4%。按两吨铁矿石炼一吨生铁计算,为使炉渣中 Al_2O_3 小于15%,则要求铁矿石中 Al_2O_3 一般小于7.5%,过高时,则增加焦比和熔剂消耗。考虑焦炭和熔剂中含部分 Al_2O_3 ,故当入炉铁矿石中 Al_2O_3 大于5%时,就要研究矿石中所含的 Al_2O_3 能否参与酸碱度计算,能否直接入炉使用,或是否需要配矿以及选矿等问题。

F14 含镁高的铁矿石

系指炼铁用铁矿石中含镁高的矿石。

铁矿石中适量的 MgO 可以增加炉渣的流动性,降低炉渣的熔点,有利于脱硫和炉况的顺行。炉渣中 MgO 的含量为 7%~12%是有利的。据国内外资料,炉渣中 MgO 含量以不大于 20%为适宜。由于炉渣中 MgO 来源于铁矿石,焦炭和熔剂,因此,不能仅以原铁矿石中 MgO 含量作为衡量 MgO 含量高低的依据,按两吨铁矿石炼出一吨生铁计算,当铁矿石中 MgO 含量达到 3.5%~6%时,就要研究矿石中所含的 MgO 能否参与酸碱度计算,能否直接入炉使用,或是否需要配矿及选矿等问题。

F15 冶金辅助原料

系指冶金工业中用作熔剂和耐火材料的总称。用作熔剂的原料有石灰石、白云石、硅石、萤石、铁钒土等。它们分别用来提高炉料的碱度或酸度,使炉料冶炼时达到酸碱中和,渣铁分离,并增强炉渣的流动性,排除硫磷等杂质。用作耐火材料的有菱镁矿、耐火粘土、高铝粘土、白云石、硅石、高铝矿物原料(红柱石、矽线石、蓝晶石、蓝线石)以及型砂等。它们分别用来做炉壁、炉衬的酸性和碱性耐火砖、铸造模型等,蓝晶石专用作不定型高级耐火材料。

附加说明:

本规范由全国矿产储量委员会提出。

本规范由国家矿产储量管理局组织、河北省矿产储量管理办公室负责起草。

本规范主要起草人李守功、张广瑞、姚连生。