

甘肃肃北某铁矿可选性试验

王晓慧,张丽军,梁友伟

(中国地质科学院矿产综合利用研究所,中国地质调查局金属矿产资源综合利用技术研究中心,
国土资源部钒钛磁铁矿综合利用重点实验室,四川 成都 610041)

摘要:甘肃肃北某铁矿嵌布粒度细,铁矿物分布粒度小于70 μm ;矿石中磁性铁矿物占64.29%,弱磁性铁矿物占30.68%,这给铁矿物的有效分选带来难度。针对该矿石特点,创新性的采用“三段磨矿-弱磁选-中矿强磁抛尾后焙烧-再磨弱磁选”的工艺流程进行选铁试验,结果为:铁精矿品位63.50%、回收率52.73%,铁富集物品位41.85%、回收率28.87%。尾矿品位降至8.25%。

关键词:磁铁矿;赤褐铁矿;磁选;焙烧

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2016.03.014

中图分类号:TD923 文献标志码:A 文章编号:1000-6532(2016)03-0058-05

本次研究对象为甘肃肃北某铁矿,研究目的是通过选矿试验研究,提供经济、合理的选矿工艺技术,为评价该铁矿资源开发利用的可行性提供选矿技术支持。原矿含铁26.66%,其中磁性铁矿物中铁占64.29%,弱磁性的赤褐铁矿中铁占30.68%。原矿中主要有用矿物为磁铁矿,其次为赤铁矿、褐铁矿;主要脉石矿物为石英等。原矿中铁矿物嵌布粒度极细,分布粒级在0~70 μm 之间,其中赤铁矿、褐铁矿紧密共生,集合体中还包裹有大量粘土矿物,结晶程度极差,选矿难度很大。

通过对该矿进行大量试验研究,并参考相关研究成果^[1-4],试验确定采用磁性铁矿物与弱磁性铁矿物分别进行处理回收的方案:原矿采用阶段磨矿-阶段弱磁选回收磁性铁,获得高品位铁精矿产品;弱磁选尾矿及中矿合并后进行强磁抛尾-焙烧-再磨,采用弱磁选回收剩余铁矿物,获得一个品位较高的铁富集物,以提高总铁回收率。通过进行条件试验,试验确定了选矿工艺流程各环节工艺参数,最终获得了铁精矿TFe品位63.50%、回收率52.73%和铁富集物TFe品位41.85%、回收率28.87%的试验指标。从而为评价该铁矿资源开发利用的可行性提供了选矿技术支持。

1 矿石性质

1.1 矿石化学组成

矿石主要化学成分分析结果见表1。表1结果表明,原矿中主要有用矿物为铁矿物,可见铁矿物为主要回收矿物;主要脉石矿物为 SiO_2 ,其次为含铝、镁矿物。

表1 原矿化学成分分析结果/%

Table 1 Main chemical composition analysis of the ore

TFe	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	S	P	Ti	Mn
26.66	46.43	4.05	1.41	1.67	0.096	0.051	0.21	0.66

矿石的铁物相分析结果见表2。由铁物相分析结果可看出,铁矿物主要由磁性铁矿物和赤褐铁矿组成,其中赤褐铁矿含量占30.68%,这部分铁的回收情况直接影响原矿铁的回收率。

表2 铁物相分析结果

Table 2 Analysis results of iron phase

相别	磁性铁	菱铁矿	赤褐铁矿	硫化铁	硅酸铁	总铁
含量/%	17.14	0.74	8.18	0.45	0.15	26.67
占有率/%	64.29	2.78	30.68	1.69	0.56	100.00

1.2 矿石物质组成

矿石中的矿物种类累计达十余种。金属矿物有磁铁矿、赤铁矿,少量褐铁矿;微量金属矿物有黄铁矿、黄铜矿、辉钴矿、软锰矿、金红石、钛铁矿、菱铁

收稿日期:2015-11-12

作者简介:王晓慧(1985-),女,工程师,硕士,主要从事选矿工艺研究工作。

矿、闪锌矿等;矿石中非金属矿物以石英、云母、绿泥石为主,其次有长石、方解石、白云石、磷灰石、重晶石及其他粘土矿物等。矿石中具体的各矿物含量结果见表3。

表3 矿石中矿物含量
Table 3 Mineral content of the ore

矿物名称	含量/%	矿物名称	含量/%
磁铁矿	25.92	云母	5.30
赤铁矿、褐铁矿	13.95	长石	5.00
磷灰石	0.65	粘土类	5.58
白云石、方解石	1.57	磷灰石	0.50
磷灰石	0.51	其他	3.71
软锰矿	0.31	合计	100.00
石英	37.00		

1.3 矿石中主要矿物的粒度特征

黄铜矿矿石磁性铁矿物结晶好,自形程度高,与脉石矿物边界清晰,粒度统计容易,赤铁矿集合体边缘及内部普遍有褐铁矿嵌布,而且赤铁矿、褐铁矿常常边界不清,粒度测定困难。基于此,本次研究的矿石粒度统计,赤铁矿集合体中难以解离的细粒褐铁矿视为赤铁矿统计,赤铁矿集合体边缘与赤铁矿边界不清的褐铁矿视为赤铁矿统计,混有少量粘土矿物的褐铁矿集合体视为褐铁矿。矿石中主要矿物粒度统计结果见表4。

表4 矿石主要矿物粒度统计结果

Table 4 Statistics of particle size of the main minerals

矿物	粒级范围/ μm	>100	100 ~ 74	74 ~ 43	43 ~ 10	<10
磁铁矿	含量/%	8.46	11.99	28.28	45.04	6.23
	累计/%	8.46	20.45	48.73	93.77	100.00
赤铁矿	含量/%	14.16	7.88	12.74	55.00	10.22
	累计/%	14.16	22.04	34.78	89.78	100.00
褐铁矿	含量/%	15.91	9.49	14.16	48.75	11.69
	累计/%	15.91	25.40	39.56	88.31	100.00
石英	含量/%	40.15	15.08	19.04	24.71	1.02
	累计/%	40.15	55.23	74.27	98.98	100.00

从表4可知,磁铁矿粒度-43 μm 51.27%,赤铁矿粒度较磁铁矿更细,-43 μm 65.22%,赤褐铁矿粒度总体相差不大。石英较粗,+43 μm 74.27%。

2 选矿流程的确定

原矿中主要有用矿物为铁矿物,故本研究只针对铁矿物进行选矿试验研究。铁矿的选矿工艺比较成熟,磁性铁矿物以弱磁选为主;弱磁性铁矿物主要采用强磁选、浮选以及焙烧-弱磁选等工艺进行回收。选矿试验拟定的选矿方案为:(1)针对磁性铁矿物,重点考察弱磁选工艺对其回收;(2)针对弱磁

性铁矿物,考察强磁选、浮选以及焙烧-弱磁选等选矿工艺回收。在此基础上通过探索试验,拟定了“阶段磨矿-弱磁选-中矿焙烧-弱磁选”的选铁原则流程。

3 试验结果与讨论

3.1 阶段磨矿细度试验

3.1.1 一段磨矿细度条件试验

试验首先进行了一段磨矿细度条件试验,旨在确定一段磁选抛尾适合的磨矿细度。试验流程见图1,试验结果见表5。

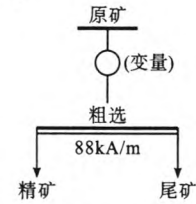


图1 一段磨矿细度试验流程

Fig. 1 Flowsheet of one-stage grinding fineness test

表5 一段磨矿细度试验结果

Table 5 Results of one-stage grinding fineness test

磨矿细度-74 μm 含量/%	产品名称	产率 /%	TFe 品位 /%	回收率 /%
50.55	精矿	49.58	36.78	67.89
	尾矿	50.42	17.10	32.11
	原矿	100.00	26.86	100.00
63.10	精矿	41.94	40.03	63.05
	尾矿	58.06	17.06	36.95
	原矿	100.00	26.81	100.00
75.54	精矿	39.43	41.39	61.43
	尾矿	60.57	16.92	38.57
	原矿	100.00	26.57	100.00
84.65	精矿	37.12	43.32	60.18
	尾矿	62.88	16.92	39.82
	原矿	100.00	26.72	100.00
99.80	精矿	33.86	46.51	58.85
	尾矿	66.14	16.65	41.15
	原矿	100.00	26.76	100.00

由表5可看出,随着磨矿细度的增加,精矿品位呈上升趋势,精矿产率及回收呈下降趋势,综合考虑精矿产率、品位以及回收率,确定一段磨矿细度为-74 μm 63.1%比较合适。

3.1.2 二段磨矿细度条件试验

二段磨矿细度条件试验入选原料为一段弱磁选制样粗精矿,试验目的是确定二段磨矿较佳细度。试验流程见图2,试验结果见表6。

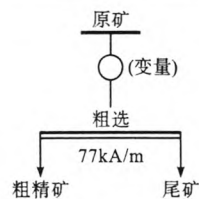


图2 二段磨矿细度条件试验流程

Fig. 2 Flowsheet of two-stage grinding fineness test

表6 二段磨矿细度条件试验结果

Table 6 Results of two-stage grinding fineness test

磨矿细度-43 μm 含量/%	产品名称	产率 /%	TFe 品位 /%	作业回 收率/%
94.70	精矿	70.18	54.61	89.42
	尾矿	29.82	15.20	10.58
	给矿	100.00	42.85	100.00
88.48	精矿	76.60	50.61	91.81
	尾矿	23.40	14.79	8.19
	给矿	100.00	42.23	100.00
78.36	精矿	82.11	48.29	93.28
	尾矿	17.89	15.95	6.72
	给矿	100.00	42.50	100.00
65.38	精矿	87.02	46.52	94.58
	尾矿	12.98	17.88	5.42
	给矿	100.00	42.80	100.00

由表6结果可看出,随着磨矿细度的降低,精矿产率及回收率呈上升趋势,精矿品位则呈下降趋势。当磨矿细度为-43 μm 88.48%时,尾矿品位最低。当磨矿细度大于-43 μm 88.48%时,存在过磨现象,导致尾矿品位较高;当磨矿细度小于-43 μm 88.48%时,矿单体解离不够充分,导致部分与脉石矿物连生的铁矿物进入尾矿。综合考虑,二段磨矿细度选择-43 μm 88.48%比较合适。

3.1.3 三段磨矿细度条件试验

鉴于该矿石中磁铁矿嵌布粒度较细,试验进行了第三次磨选的磨矿细度试验,以确定三段磨矿的最佳细度。试验给矿为二段弱磁选精矿。试验流程见图3,试验结果见表7。

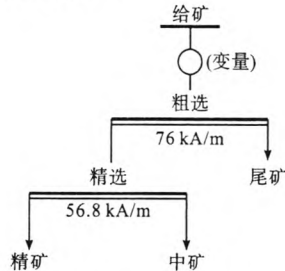


图3 三段磨矿细度条件试验流程

Fig. 3 Flowsheet of three-stage grinding fineness test

由表7结果可看出,随着磨矿细度的增加,精矿品位呈上升趋势,精矿回收率则呈下降趋势,但幅度不大。综合考虑,选择适宜的三段磨矿细度为-0.038 mm 98.79%。

表7 三段磨矿细度条件试验结果

Table 7 Results of three-stage grinding fineness test %

磨矿细度-38 μm 含量/%	产品名称	产率 /%	TFe 品位 /%	作业回 收率/%
90.39	精矿	84.56	58.29	94.18
	中矿	5.00	27.00	2.58
	尾矿	10.44	16.25	3.24
92.90	给矿	100.00	52.34	100.00
	精矿	83.73	59.21	94.60
	中矿	2.45	24.31	1.14
95.72	尾矿	13.82	16.17	4.26
	给矿	100.00	52.41	100.00
	精矿	81.05	60.78	93.63
97.35	中矿	2.92	26.86	1.49
	尾矿	16.03	16.03	4.88
	给矿	100.00	52.62	100.00
98.79	精矿	76.96	61.64	92.04
	中矿	3.70	28.68	2.06
	尾矿	19.34	15.75	5.90
99.41	给矿	100.00	51.54	100.00
	精矿	77.83	63.61	93.22
	中矿	2.88	25.61	1.39
	尾矿	19.29	14.54	5.29
	给矿	100.00	53.05	100.00
	精矿	74.89	64.07	91.84
	中矿	3.24	28.58	1.78
	尾矿	21.87	15.23	6.38
	给矿	100.00	52.24	100.00

3.2 弱磁性铁矿物选矿条件试验

试验确定采用焙烧-弱磁选方案对弱磁性铁矿物进行回收,入选物料为一段弱磁选的尾矿。

3.2.1 焙烧温度条件试验

焙烧还原剂采用煤粉,暂定焙烧碳量为15%,焙烧时间为120 min。进行了焙烧温度条件试验,试验流程见图4,试验结果见图5。

由图5看出,当焙烧温度≤700℃时,随着焙烧温度的升高,精矿品位及回收均有所增加;当焙烧温度≥700℃时,随着焙烧温度的升高,精矿品位呈小幅上升趋势,回收率则呈下降趋势。综合考虑精矿回收率及焙烧成本,确定适宜的焙烧温度为700℃。

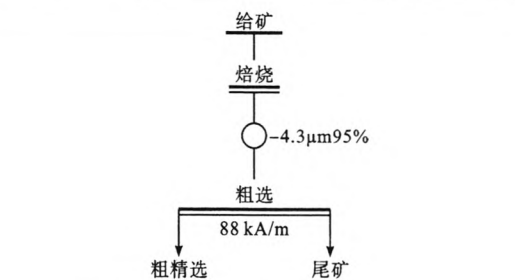


图 4 焙烧温度条件试验流程

Fig. 4 Flowsheet of roasting temperature test

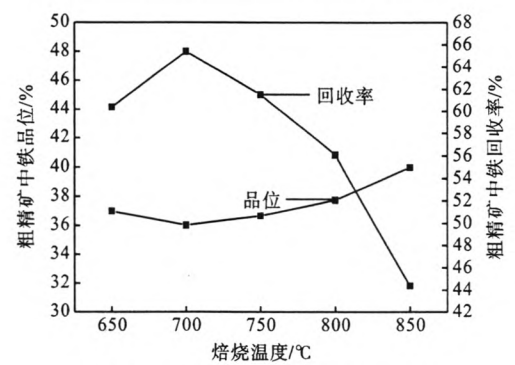


图 5 焙烧温度条件试验结果

Fig. 5 Results of roasting temperature condition test

3. 2. 2 焙烧时间条件试验

确定还原焙烧温度 700℃,还原碳量为 15%,进行焙烧时间条件试验。试验结果见图 6。

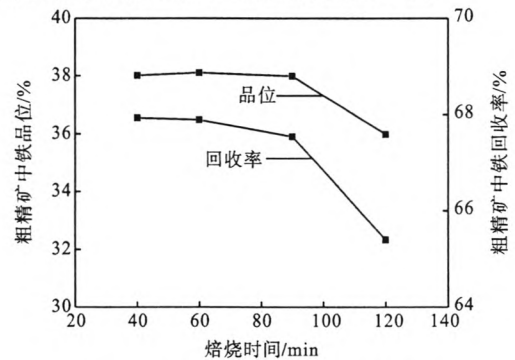


图 6 焙烧时间条件试验结果

Fig. 6 Results of roasting time condition test

由图 6 结果可看出,当焙烧时间≥60 min 时,随着焙烧时间的减少,精矿回收率呈上升趋势,精矿品位则变化不明显;当焙烧时间≤60 min 时,随着焙烧时间的减少,在精矿品位变化不大的情况下,精矿回收率呈下降趋势。综合考虑,试验确定适宜的焙烧时间为 60 min。

3. 2. 3 焙烧样品磨矿细度条件试验

试验对焙烧后的样品进行磨矿细度条件试验,其中焙烧温度为 700℃,焙烧所需碳量为 15%,焙烧

时间为 60 min。试验流程见图 7,试验结果见表 8。

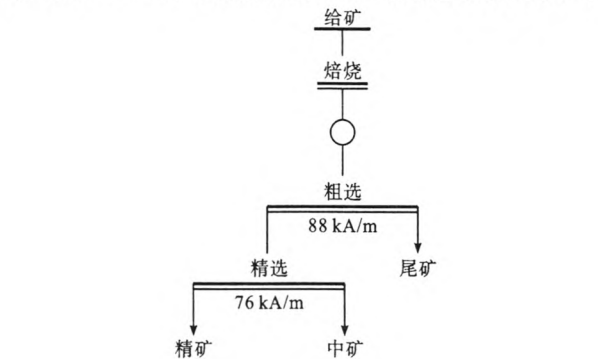


图 7 焙烧样品磨矿细度条件试验流程

Fig. 7 Flowsheet of grinding fineness of roasted ore samples

表 8 焙烧样品磨矿细度条件试验结果

Table 8 Results of grinding fineness of roasted ore samples

磨矿细度-38 μm 含量/%	产品名称	产率 /%	TFe 品位 /%	作业回收率/%
96. 96	精矿	19. 61	44. 02	54. 39
	中矿	3. 54	23. 44	5. 23
	尾矿	76. 85	8. 34	40. 38
94. 18	给矿	100. 00	15. 87	100. 00
	精矿	20. 33	42. 77	54. 77
	中矿	3. 98	21. 80	5. 47
92. 96	尾矿	75. 69	8. 34	39. 76
	给矿	100. 00	15. 87	100. 00
	精矿	20. 91	42. 99	56. 73
91. 53	中矿	4. 21	20. 54	5. 46
	尾矿	74. 88	8. 00	37. 81
	给矿	100. 00	15. 84	100. 00
	精矿	20. 36	41. 91	54. 74
	中矿	4. 15	22. 68	6. 03
	尾矿	75. 49	8. 10	39. 23
	给矿	100. 00	15. 58	100. 00

由表 8 结果可看出,当磨矿细度-38 μm 92. 69% 以上时,随着磨矿细度的降低,精矿回收率呈上升趋势;当磨矿细度-38 μm 92. 69% 以下时,随着磨矿细度的降低,精矿回收率呈下降趋势。综合考虑,选择焙烧样品适宜的磨矿细度为-38 μm 92. 69%。

3. 3 全流程试验

在详细的条件试验的基础上,进行了“三段磨矿-弱磁选-中矿强磁抛尾后焙烧-再磨弱磁选”全流程试验(全流程试验在焙烧作业前增加强磁抛尾作业)。试验流程见图 8,试验结果见表 9。

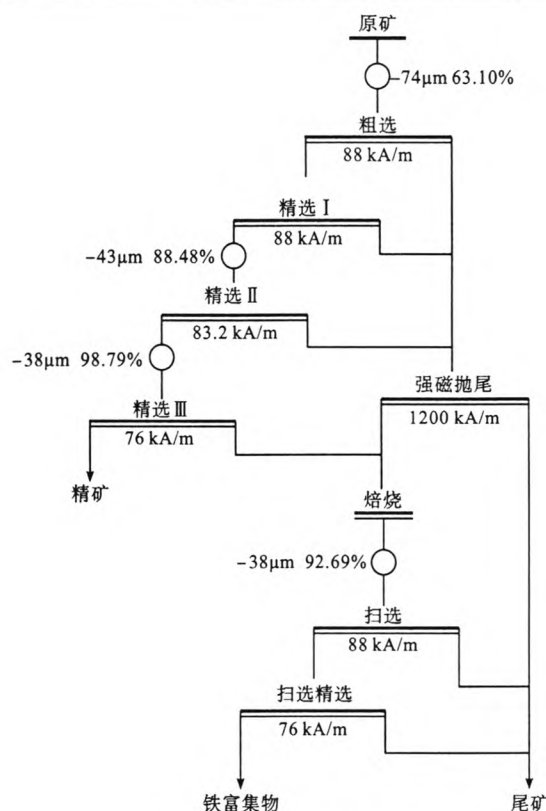


图 8 选矿试验全流程

Fig. 8 The whole process of mineral processing

表 9 全流程试验结果

Table 9 Test results of the whole process

产品名称	产率/%	TFe 品位/%	回收率/%
铁精矿	22.14	63.50	52.73
铁富集物	18.39	41.85	28.87
尾矿	59.47	8.25	18.40
原矿	100.00	26.66	100.00

由表 9 可看出,“三段磨矿-弱磁选-中矿强磁抛尾后焙烧-再磨弱磁选”的全流程试验获得了含

铁 63.50%、回收率 52.73% 的合格铁精矿和含铁 41.85%、回收率 28.87% 的铁富集物;通过对进入焙烧作业的物料进行强磁选抛尾,可抛除产率 14.81%、TFe 品位 4.92%、回收率 2.73% 的尾矿,达到了强磁选抛尾的目的。

4 结 论

(1)甘肃肃北某铁矿石含铁 26.66%,其中磁性铁矿物中铁占 64.29%,弱磁性的赤褐铁矿中铁占 30.68%。原矿中主要有用矿物为磁铁矿,其次为赤铁矿、褐铁矿;主要脉石矿物为石英等。原矿中铁矿物嵌布粒度极细,分布粒级在 0~70 μm 之间,其中赤铁矿、褐铁矿紧密共生,集合体中还包裹有大量粘土矿物,结晶程度极差,选矿难度很大。

(2)在矿石性质研究的基础上,通过大量探索试验研究,试验确定采用磁性铁矿物与弱磁性铁矿物分别进行处理回收的方案,并通过条件试验,试验确定了选矿工艺流程各环节工艺参数,最终获得了铁精矿 TFe 品位 63.50%、回收率 52.73% 和铁富集物 TFe 品位 41.85%、回收率 28.87% 的试验指标。试验成果为评价该铁矿资源开发利用的可行性提供了选矿技术支持。

参考文献:

- [1]王秋林,彭泽友,李加林,等.重钢接龙铁矿闪速磁化焙烧试验研究[J].矿产综合利用,2010(2):14-18.
- [2]余永富.我国铁矿矿冶形势及技术发展现状[J].矿产保护与利用,2005(6):43-46.
- [3]余永富.国内外铁矿选矿技术进展及对炼铁的影响[J].中国有色金属学报,2004(F01):47-51.
- [4]白丽梅,刘丽娜,李萌,等.张家口地区鲕状赤铁矿还原焙烧-弱磁选试验研究[J].中国矿业,2009(3):83-87.

Experimental Study on an Iron Ore in Subei Gansu

Wang Xiaohui, Zhang Lijun, Liang Youwei

(Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, CAGS, Research Center of Multipurpose Utilization of Metal Mineral Resources of China Geological Survey, Key Laboratory of Multipurpose Utilization of Vanadium-titanium Magnetite of Ministry of Land and Resources, Chengdu, Sichuan, China)

Abstract: Abstract; The dissemination size of an iron ore in Subei Gansu was fine and the particle-size distribution was under 70um. In the ore the magnetic ore was 64.29%, low-intensity magnetic ore was up to 30.68%, so it was hard to effectively separate this iron. According to ore properties, the process of three-stage grinding-low intensity magnetic separation-roasting after high intensity magnetic separation for discarding tailings of middling-low intensity magnetic separation after regrinding was adopted. The iron ore concentrate with the grade of 63.50% and the recovery of 52.73% was obtained and the iron concentration with the grade of and the recovery of 28.87%. The grade of the tailings was decreased to 8.25%.

Keywords: Magnetite; Hematite and limonite; Magnetic separation; Roasting