预选抛尾技术在攀西钒钛磁铁矿中的应用①

王建平[1,2], 张春[1,2], 王洪彬[1,2], 张愚[1,2], 吴雪红[1,2]
(1.攀钢集团矿业有限公司设计研究院, 四川 攀枝花 617063; 2.钒钛资源综合利用国家重点实验室, 四川 攀枝花 617063)

摘 要: 对预选抛尾技术在攀西钒钛磁铁矿中的应用情况进行了分析和总结。结果表明:白马矿区矿石属低钛型钒钛磁铁矿,可采用大块、小块和粗粒进行预选抛尾,其中大块抛尾宜采用中磁选,小块抛尾宜采用中磁选粗选+中磁选扫选,粗粒抛尾宜采用湿式强磁选,可将最终抛尾尾矿 TiO_2 品位控制在 2.5%以内;攀枝花、红格和太和矿区矿石属于高钛型钒钛磁铁矿,不宜采用大块抛尾,可采用小块和粗粒进行预选抛尾,其中小块抛尾宜采用中磁选粗选+强磁选扫选,粗粒抛尾宜采用湿式强磁选,其尾矿进行分级后,细粒级进入选钛系统,可将最终抛尾尾矿 TiO_2 品位控制在 3.5%以内。上述抛尾方式和流程能大幅抛出合格尾矿,可为同类型资源的开发利用提供参考。

关键词: 钒钛磁铁矿; 低品位; 预选抛尾; 攀枝花; 磁选
中图分类号: TD92 **文献标志码**: A doi:10.3969/j.issn.0253-6099.2026.02.017
文章编号: 0253-6099(2026)02-0112-06

Pre-concentration and Tailings Discarding Technique for Processing of Vanadium-Titanium Magnetite in Panxi Region

WANG Jianping[1,2], ZHANG Chun[1,2], WANG hongbin[1,2], ZHANG Yu[1,2], WU Xuehong[1,2]
(1.*Design and Research Institute, Pangang Group Mining Co., Ltd., Panzhihua* 617063, *Sichuan, China*; 2.*State Key Laboratory of Comprehensive Utilization of Vanadium and Titanium Resources, Panzhihua* 617063, *Sichuan, China*)

Abstract: The pre-concentration and tailings discarding technique was adopted in the processing of vanadium-titanium magnetite in Panxi region. Based on analysis and summarization, it is found that the ores in the Baima Mine belongs to low TiO_2-grade vanadium-titanium magnetite, and pre-concentration and tailings discarding process can be adopted. As for pre-concentration, medium-intensity magnetic separator (MIMS) is suitable for discarding larger lumps (−300 mm), a process of roughing with MIMS combined with scavenging with MIMS is suitable for discarding small lumps (−40 mm), and wet high-intensity magnetic separator is suitable for discarding coarser-grained ore (−12 mm or −5 mm). As a result, the TiO_2 grade of final discarded tailings can be finally controlled within 2.5%. However, the vanadium-titanium magnetite in Panzhihua, Hongge and Taihe mines have a high grade of titanium, for which it is appropriate to adopt the above-mentioned processes for pre-concentration and discarding of small lump (−25 mm) ores and coarser-grained ores. And after classification of the tailings, the finer fraction is sent for titanium separation, leading to the TiO_2 grade of the final discarded tailings within 3.5%. It is shown that the above-mentioned processing technique and flowchart can greatly discard qualified tailings, which can provide a reference for development and utilization of similar resources.

Key words: vanadium-titanium magnetite; low grade; pre-concentration and tailings discarding; Panzhihua; magnetic separation

我国钒钛磁铁矿资源主要分布于四川攀西、河北承德、陕西汉中等地区,其中攀西地区已探明的钒钛磁铁矿资源超 100 亿 t。钒钛磁铁矿是不可再生资源,攀西地区钒钛磁铁矿经过多年开发和利用,高品位易选富矿越来越少,为满足后续铁精矿、钛精矿的需要,矿石的边界品位逐渐降低,TFe 品位不低于

① **收稿日期**: 2025-10-20
基金项目: 国家重点研发计划(2023YFC2908302)
作者简介: 王建平(1985—),男,四川德阳人,硕士,副研究员,高级工程师,主要研究方向为矿物加工。E-mail:271262199@qq.com
通信作者: 张春(1982—),男,四川胜武人,高级工程师,主要研究方向为矿物加工。E-mail:373570950@qq.com

13%的矿石也纳入开采范围,低品位钒钛磁铁矿得到大量开发。

为降低选矿成本,遵循“多碎少磨,能抛早抛”的选矿理念,预选抛尾技术得到了广泛应用。预选抛尾研究结果[1-5]表明,针对钒钛磁铁矿,粒度越细,抛尾效果越好,同时,湿式抛尾较干式抛尾效果好。为降低破碎产品粒度,为预选抛尾提供良好条件,高压辊磨[6]是较佳的破碎方式。

预选抛尾技术在攀西钒钛磁铁矿开发利用中有大量应用实例。本文对预选抛尾技术在攀西钒钛磁铁矿中的应用情况进行分析,总结了近年来该技术在攀枝花、白马、红格和太和矿区的应用情况,据此提出不同类型钒钛磁铁矿的较佳抛尾方式和流程,相关结论可为同类型资源的开发利用提供参考。

1　攀西地区钒钛磁铁矿资源概况

四川攀西地区钒钛磁铁矿资源量丰富且分布集中,有攀枝花、红格、白马、太和四大矿区及其外围 70 余处大中型矿床,其中四大矿区储量较大[7-8]。攀西地区钒钛磁铁矿四大矿区储量及品位指标如表 1 所示。从表 1 可以看出,四大矿区的矿石,在 TFe 品位相当的情况下,白马矿区矿石钛品位较低,攀枝花、红格和太和矿区矿石钛品位较高。因此,白马矿区矿石属于低钛型钒钛磁铁矿,攀枝花、红格和太和矿区矿石属于高钛型钒钛磁铁矿,针对高钛型钒钛磁铁矿,在预选抛尾时,需要重点关注尾矿中的铁、钛品位。

表 1　攀西地区钒钛磁铁矿四大矿区储量及品位指标

Table 1　Reserves and grade indicators of vanadium-titanium magnetite in four mines of Panxi region

矿区	矿床类型	矿石自然类型	储量/亿 t	品级	品位/%		
					TFe	TiO_2	V_2O_5
攀枝花	基性岩	辉长岩型	8.22	Fe_1	48.04	16.72	0.44
				Fe_2	38.00	14.08	0.36
				Fe_3	23.87	8.98	0.20
				Fe_4	16.99	7.76	0.16
白马	基性岩	辉长岩、橄长岩、橄榄岩型	11.78	Fe_1	—	—	—
				Fe_2	34.41	8.17	0.35
				Fe_3	25.84	5.98	0.25
				Fe_4	17.29	3.93	0.13
红格	基性-超基性岩	辉石岩、辉长岩、橄辉岩型	37.23	Fe_1	—	—	—
				Fe_2	38.38	14.04	0.36
				Fe_3	24.07	9.12	0.21
				Fe_4	17.47	7.81	0.14
太和	基性岩	辉长岩型	9.00	Fe_1	46.63	17.05	0.42
				Fe_2	39.13	16.17	0.36
				Fe_3	22.34	9.41	0.17
				Fe_4	18.13	7.72	0.16

2　钒钛磁铁矿预选抛尾应用实例分析

上述四大矿区的矿石,在实际生产过程中原矿品位普遍较低,为降低选矿成本及尾矿库堆场量,在入磨前均进行了预选抛尾。以下对应用情况进行具体分析。

2.1　攀枝花矿区

2.1.1　表内矿干式抛尾

攀枝花矿区某选矿厂为提高入磨品位,稳定铁精矿产量,降低尾矿堆场量,实现低成本选矿,在中破后建成磁滑轮干式抛尾生产线[9],抛尾磁场强度 318 kA/m,对中破产品(-70 mm 粒级)进行抛尾,抛尾生产统计数据见表 2。从表 2 可以看出,干式抛尾能抛出产率 7.81%的尾矿,其 TFe 品位 12.01%、TiO_2 品位 5.10%,抛尾精矿 TFe 品位较给矿提高了 1.19 百分点。由于含钛矿物钛铁矿属弱磁性矿物,采用中场强的干式抛尾,其尾矿含钛较高。

表 2　攀枝花矿区某表内矿抛尾生产统计数据

Table 2　Statistics of tailings discarding process for economical mineral resources in Panzhihua mining area

产品名称	作业产率/%	品位/%		作业回收率/%	
		TFe	TiO_2	TFe	TiO_2
抛尾精矿	92.19	27.20	11.35	96.39	96.33
抛尾尾矿	7.81	12.01	5.10	3.61	3.67
给矿	100.00	26.01	10.86	100.00	100.00

为验证该抛尾尾矿是否还有利用价值,取抛尾尾矿进行选铁、选钛试验,采用阶磨阶选选铁、选铁尾矿强磁选+浮选回收钛的流程,获得的铁、钛选别指标见表 3。从表 3 可以看出,从抛尾尾矿中还可获得作业产率 6.56%、TFe 品位 55.44%、TFe 作业回收率 30.01%的铁精矿和作业产率 2.64%、TiO_2 品位 47.15%、TiO_2 作业回收率 24.17%的钛精矿。经测算,铁精矿制造成本约 369.80 元/t,略高于其销售价格,钛精矿制造成本约 869.28 元/t,远低于其销售价格。因此,在当前铁、钛精矿市场行情下,该干抛尾矿选铁会略有亏损,选钛则有较高的盈利空间。选矿厂可根据市场行情,弹性组

表 3　攀枝花矿区某表内矿抛尾尾矿铁、钛选别指标

Table 3　Iron and titanium separation indexes of tailings discarding of economical mineral resources in Panzhihua mining area

产品名称	作业产率/%	品位/%		作业回收率/%		制造成本/(元·t^{-1})
		TFe	TiO_2	TFe	TiO_2	
铁精矿	6.56	55.44	9.87	30.01	12.57	369.80
钛精矿	2.64	33.68	47.15	7.34	24.17	869.28
选钛尾矿	90.80	8.36	3.59	62.65	63.26	—
给矿	100.00	12.12	5.15	100.00	100.00	—

织生产,合理控制抛尾量。

2.1.2 表外矿干式抛尾

为回收攀枝花矿区 TFe 品位 15%~20%的表外矿,建成了大块(-70 mm 粒级)表外矿磁滑轮干式抛尾生产线,磁场强度为 278 kA/m,攀枝花矿区某表外矿抛尾生产统计数据见表 4。从表 4 可以看出,表外矿干式抛尾后,可抛出作业产率 19.53%、TFe 品位 11.43%、TiO_2 品位 4.88%的尾矿,抛尾精矿 TFe 品位较给矿提高了1.48 百分点。

表 4 攀枝花矿区某表外矿抛尾生产统计数据

Table 4 Statistics of tailings discarding of useless resources in Panzhihua mining area

产品名称	作业产率/%	品位/%		作业回收率/%	
		TFe	TiO_2	TFe	TiO_2
抛尾精矿	80.47	19.01	8.62	87.27	87.92
抛尾尾矿	19.53	11.43	4.88	12.73	12.08
给矿	100.00	17.53	7.89	100.00	100.00

同样,为验证该抛尾尾矿是否还有利用价值,取抛尾尾矿进行选铁、选钛试验,采用阶磨阶选选铁、选铁尾矿强磁选+浮选回收钛的流程,获得的铁、钛选别指标见表 5。从表 5 可以看出,从抛尾尾矿中还可获得作业产率 6.10%、TFe 品位 54.88%、TFe 作业回收率 29.08%的铁精矿和作业产率 2.21%、TiO_2 品位 47.11%、TiO_2 作业回收率 21.51%的钛精矿。随着近年来钛精矿价格提升,为最大限度地回收铁、钛精矿,2021 年后该抛尾生产线只进行破碎作业,抛尾作业已暂停,产品直接进入磨选系统回收铁、钛精矿。

表 5 攀枝花矿区某表外矿抛尾尾矿铁、钛选别指标

Table 5 Iron and titanium separation indexes of tailings discarding of useless resources in Panzhihua mining area

产品名称	作业产率/%	品位/%		作业回收率/%		制造成本/(元·t^{-1})
		TFe	TiO_2	TFe	TiO_2	
铁精矿	6.10	54.88	9.21	29.08	11.61	397.68
钛精矿	2.21	33.54	47.11	6.44	21.51	1 038.42
选钛尾矿	91.69	8.09	3.53	64.48	66.88	—
给矿	100.00	11.51	4.84	100.00	100.00	—

2.1.3 废石干式抛尾

攀枝花矿区经过多年的开采,排土场已堆积了上亿吨的废石,经过多次勘察和论证,废石平均 TFe 品位 14.24%、TiO_2品位 6.45%,该资源虽然铁品位偏低,但钛含量较高,为充分利用该资源,建成了废石磁滑轮抛尾生产线,磁场强度 239 kA/m,抛尾粒度为-70 mm,生产统计数据指标见表 6。从表 6 可以看出,废石干式抛尾后,可抛出作业产率 25.88%、TFe 品位 10.76%、TiO_2 品位 4.53%的尾矿,抛尾精矿 TFe 品位较给矿提高了 1.22 百分点。

表 6 攀枝花矿区某废石抛尾生产统计数据

Table 6 Statistics of tailings discarding of waste rock in Panzhihua mining area

产品名称	作业产率/%	品位/%		作业回收率/%	
		TFe	TiO_2	TFe	TiO_2
抛尾精矿	74.12	15.47	6.46	80.46	80.33
抛尾尾矿	25.88	10.76	4.53	19.54	19.67
给矿	100.00	14.25	5.96	100.00	100.00

同样,为验证该抛尾尾矿是否还有利用价值,取抛尾尾矿进行选铁、选钛试验,采用阶磨阶选选铁、选铁尾矿强磁选+浮选回收钛的流程,获得的铁、钛选别指标见表 7。从表 7 可以看出,从抛尾尾矿中还可获得作业产率 5.27%、TFe 品位 55.21%、TFe 作业回收率 27.19%的铁精矿和作业产率 1.87%、TiO_2 品位 46.25%、TiO_2 作业回收率 19.31%的钛精矿,经测算,铁、钛精矿的制造成本较高,在当前市场行情下,利润空间很小。

表 7 攀枝花矿区某废石抛尾尾矿铁、钛选别指标

Table 7 Iron and titanium separation indexes of tailings discarding of waste rock in Panzhihua mining area

产品名称	作业产率/%	品位/%		作业回收率/%		制造成本/(元·t^{-1})
		TFe	TiO_2	TFe	TiO_2	
铁精矿	5.27	55.21	8.54	27.19	10.05	459.53
钛精矿	1.87	33.15	46.25	5.79	19.31	1 227.22
选钛尾矿	92.86	7.72	3.41	67.01	70.65	—
给矿	100.00	10.70	4.48	100.00	100.00	—

2.2 白马矿区

2.2.1 表内矿抛尾

白马矿区包括及及坪和田家村两个矿区,采出的矿石在输入选矿厂之前均进行了大块(-300 mm 粒级)磁滑轮抛尾,磁场强度 242~398 kA/m,生产统计数据见表 8。从表 8 可以看出,白马矿区表内矿采用-300 mm 大块抛尾,精矿 TFe 品位较给矿可提高约 1 百分点,主要抛出的是采矿过程中夹带的岩石,其 TFe 品位一般小于 10.5%、TiO_2品位小于 2.5%,抛尾尾矿基本无选铁、选钛价值,每年抛出废石约 110 万 t,废石可直接堆存至排土场,在降低后续选矿成本的同时,还可缓解尾矿库堆存压力。

为提高后续选铁入磨原矿品位,对白马表内矿分别破碎至-12 mm 和-5 mm 后,采用重磁拉强磁机湿式抛尾,在磁场强度 557 kA/m、筒体转速 18 r/min、坡度 7°

条件下,进行抛尾试验,粗粒抛尾生产统计数据见表 9。从表 9 看出,白马表内矿采用-12 mm 和-5 mm 湿式抛尾,精矿 TFe 品位较给矿可分别提高 6.05 和 6.70 百分点,抛尾尾矿 TFe 品位分别为 9.65%和 9.90%、TiO_2 品位分别为 2.01%和 2.11%,抛尾尾矿基本无选铁、选钛价值。

表 8　白马矿区某表内矿大块抛尾生产统计数据

Table 8　Statistics of large lump tailings discarding of economical mineral resources in Baima mining area

区域	产品名称	作业产率/%	品位/%		作业回收率/%	
			TFe	TiO_2	TFe	TiO_2
1#	抛尾精矿	94.61	27.27	6.11	97.90	97.76
	抛尾尾矿	5.39	10.27	2.46	2.10	2.24
	给矿	100.00	26.35	5.91	100.00	100.00
2#	抛尾精矿	91.33	28.14	6.41	96.69	96.59
	抛尾尾矿	8.67	10.14	2.38	3.31	3.41
	给矿	100.00	26.58	6.06	100.00	100.00
3#	抛尾精矿	92.16	25.42	5.67	96.70	96.52
	抛尾尾矿	7.84	10.21	2.40	3.30	3.48
	给矿	100.00	24.23	5.41	100.00	100.00

表 9　白马矿区某表内矿粗粒抛尾生产统计数据

Table 9　Statistics of coarser-grained tailings discarding of economical mineral resource in Baima mining area

粒度/mm	产品名称	作业产率/%	品位/%		作业回收率/%	
			TFe	TiO_2	TFe	TiO_2
-12	精矿	75.04	33.89	8.10	91.35	92.37
	尾矿	24.96	9.65	2.01	8.65	7.63
	给矿	100.00	27.84	6.58	100.00	100.00
-5	精矿	72.81	34.54	8.25	90.33	91.29
	尾矿	27.19	9.90	2.11	9.67	8.71
	给矿	100.00	27.84	6.58	100.00	100.00

2.2.2　表外矿抛尾

为提高白马矿区铁、钛资源利用率,采用外委形式对表外矿进行铁、钛资源回收,外委选矿厂为降低选矿成本及排尾量,对表外矿进行干式抛尾,原矿破碎至-40 mm 后,采用一粗一扫磁选进行抛尾,粗选磁场强度 278 kA/m、扫选磁场强度 358 kA/m,抛尾生产统计数据见表 10。从表 10 可以看出,表外矿破碎至-40 mm 后进行抛尾处理,可抛出作业产率 40%左右的合格尾矿,精矿 TFe 品位较给矿提高约 4 百分点,可大幅降低后续磨选处理量。

表 10　白马矿区表外矿抛尾生产统计数据

Table 10　Statistics of tailings discarding of useless resources in Baima mining area

产品名称	作业产率/%	品位/%		作业回收率/%	
		TFe	TiO_2	TFe	TiO_2
抛尾精矿	60.02	20.53	4.41	74.59	73.94
抛尾尾矿	39.98	10.50	2.33	25.41	26.06
给矿	100.00	16.52	3.58	100.00	100.00

2.3　红格矿区

红格矿区分南、北两个矿区,南矿区还未大规模开采,北矿区已开采多年,因红格矿区表内矿、表外矿分层薄,采矿过程中只能对表内矿和表外矿进行混合采矿,导致进入选矿厂的原矿品位较低。因此,原矿破碎至-12 mm 后,采用外筒式强磁选机进行湿式抛尾[10],磁场强度为 558 kA/m,抛尾生产指标见表 11。从表 11 可以看出,采用外筒式强磁选湿式抛尾,精矿 TFe 品位可提高约 4 百分点,可抛出作业产率 22.87%、TFe 品位 9.05%、TiO_2品位 3.99%的尾矿,尾矿含钛较高。因此,对尾矿进行 1 mm 分级,-1 mm 粒级进入强磁选选钛作业,最大限度地提高钛回收率,+1 mm 粒级尾矿 TiO_2品位可降至 3.5%以内,可作为建筑材料进行销售,降低进入尾矿库的堆存量。

表 11　红格矿区抛尾生产指标

Table 11　Tailings discarding process indicators of Hongge mining area

产品名称	作业产率/%	品位/%		作业回收率/%	
		TFe	TiO_2	TFe	TiO_2
抛尾精矿	77.13	27.72	11.51	91.17	90.68
抛尾尾矿	22.87	9.05	3.99	8.83	9.32
给矿	100.00	23.45	9.79	100.00	100.00

2.4　太和矿区

为利用太和矿区的低品位矿石,采用高压辊磨机将其破碎至-5 mm 后进行湿式弱磁选抛尾[11],结果见表 12。从表 12 可以看出,经高压辊磨机破碎至-5 mm 后,采用湿式弱磁选抛尾,可大幅提高精矿品位,但尾矿 TiO_2 品位较高,还需进行选钛处理。

表 12　太和矿区抛尾试验结果

Table 12　Tailings discarding test results of Taihe mining area

区域	产品名称	作业产率/%	品位/%		作业回收率/%	
			TFe	TiO_2	TFe	TiO_2
低品位矿	抛尾精矿	31.14	20.53	7.31	53.50	37.20
	抛尾尾矿	68.86	8.07	5.58	46.50	62.81
	给矿	100.00	11.95	6.12	100.00	100.00
中低品位矿	抛尾精矿	34.20	25.76	8.34	61.22	43.88
	抛尾尾矿	65.80	8.48	5.54	38.78	56.12
	给矿	100.00	14.39	6.50	100.00	100.00
中品位矿	抛尾精矿	42.66	29.35	9.17	70.22	54.03
	抛尾尾矿	57.34	9.26	5.80	29.78	45.97
	给矿	100.00	17.83	7.24	100.00	100.00

为此,对流程进行优化,采用干式抛尾[12],流程为一粗一扫磁选,粗选磁场强度为278 kA/m,扫选磁场强度为794 kA/m,较佳的给矿粒度为-25 mm,指标见表13。从表13可以看出,该流程可抛出作业产率22.43%、TFe品位8.45%、TiO_2品位2.60%的尾矿,该尾矿铁、钛品位均较低,可作为最终尾矿堆存至排土场或用作建筑材料。

表13 优化流程的抛尾试验结果

Table 13 Tailings discarding test results with optimized process

产品名称	作业产率/%	品位/%		作业回收率/%	
		TFe	TiO_2	TFe	TiO_2
抛尾精矿	77.57	15.58	7.10	86.45	90.43
抛尾尾矿	22.43	8.45	2.60	13.55	9.57
给矿	100.00	13.98	6.09	100.00	100.00

3 较佳预选抛尾流程分析

钒钛磁铁矿中目的矿物主要是钛磁铁矿和钛铁矿,钛磁铁矿为强磁性矿物,钛铁矿为弱磁性矿物,要在预选抛尾过程中较好地回收这两种矿物,针对不同类型的钒钛磁铁矿,需要有针对性地设置抛尾流程和参数。

3.1 低钛型钒钛磁铁矿抛尾

低钛型钒钛磁铁矿因含钛量较低,在预选抛尾时主要关注铁指标。根据上述应用情况,可采用大块(-300 mm)干式抛尾、小块(-40 mm)干式抛尾和粗粒(-12 mm或-5 mm)湿式抛尾,粒度越细,钛磁铁矿、钛铁矿的单体解离度越高,抛尾时精矿品位提高幅度就越大,同时,原矿粒度越细,细粒级物料含钛铁矿单体就越多,采用弱磁选或中磁选很难捕获弱磁性的钛铁矿,将导致尾矿中细粒级钛品位偏高。

因此,针对低钛型钒钛磁铁矿,采用大块和小块抛尾时,可选择磁场强度320 kA/m以上的中磁选设备,针对细粒级物料可选择“一粗一扫”抛尾流程,确保尾矿铁、钛品位合格;采用粗粒湿式抛尾时,可选择磁场强度550 kA/m以上的强磁选设备。

3.2 高钛型钒钛磁铁矿抛尾

高钛型钒钛磁铁矿在预选抛尾时需要同时关注铁、钛指标,钛铁矿属于弱磁性矿物,采用大块(-70 mm)抛尾时,一方面精矿品位提升幅度小,另一方面尾矿钛含量较高,这类型矿石不建议采用大块干式抛尾。可采用小块(-25 mm)干式抛尾和粗粒(-12 mm或-5 mm)湿式抛尾。

采用小块干式抛尾时,可选择磁场强度320 kA/m以上的中磁选或强磁选设备,同时选择“一粗一扫”抛尾流程,粗选为中磁选,扫选为强磁选,可确保尾矿铁、钛品位合格;采用粗粒湿式抛尾时,可选择磁场强度550 kA/m以上的强磁选设备,因粗粒抛尾时尾矿中细粒级含钛较高,为进一步提高钛回收率,可对尾矿进行分级处理,细粒级物料进入选钛系统选钛。

4 结论

1)白马矿区矿石属于低钛型钒钛磁铁矿,为提高后续入磨品位、降低选矿成本和尾矿排放量,采用了大块和小块干式中磁选抛尾,大块干式抛尾流程为一次粗选,小块干式抛尾流程为一粗一扫,抛尾尾矿TFe品位一般小于10.5%、TiO_2品位小于2.5%,尾矿基本无选铁、选钛价值;攀枝花、红格和太和矿区矿石属于高钛型钒钛磁铁矿,预选抛尾方式基本为小块干式中磁选抛尾和粗粒湿式强磁选抛尾,干式抛尾选择一次粗选流程时,尾矿钛品位较高,约5%,尾矿还有选钛价值;粗粒湿式强磁选抛尾可抛出大量尾矿,精矿品位提高幅度大,尾矿钛品位约4%,尾矿也有选钛价值。

2)低钛型钒钛磁铁矿可采用大块、小块干式抛尾和粗粒湿式抛尾,选择合适的抛尾流程以及相应的磁场强度,在抛出大量尾矿的同时,确保尾矿钛品位在2.5%以内。

3)高钛型钒钛磁铁矿不宜采用大块抛尾,可采用小块干式抛尾和粗粒湿式抛尾,选择合适的抛尾流程以及相应的磁场强度,在抛出大量尾矿的同时,确保尾矿钛品位在3.5%以内。

参考文献(References):

[1] 张礼,王长福. 钒钛磁铁矿资源选矿技术及综合利用研究进展[J]. 矿产保护与利用, 2023,43(5):127-137.
ZHANG Li, WANG Changfu. Research progress on separation technology and comprehensive utilization of vanadium-titanium magnetite resources[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2023,43(5):127-137.

[2] 胡永会. 攀西钒钛磁铁矿大块干式磁选技术应用实践[J]. 现代矿业, 2017,33(7):45-49.
HU Yonghui. Dry magnetic separation technique of lump vanadium-titanium magnetite ore in Panxi region[J]. Modern Mining, 2017, 33(7):45-49.

[3] 陈福林,杨晓军,蔡先炎,等. 攀西地区白马辉长岩型超低品位钒钛磁铁矿选铁试验研究[J]. 矿产综合利用, 2020(6):26-30.
CHEN Fulin, YANG Xiaojun, CAI Xianyan, et al. Experimental study on iron separation of Baima gabbro-type ultra-low-grade vanadium-titanomagnetite in Panxi area[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2020,41(6):26-30.

[4] 王勇. 攀枝花白马表外矿铁资源回收试验[J]. 现代矿业, 2017,

33(5):124-128.
WANG Yong. Iron recovery test on Panzhihua Baima off-balance-sheet mine[J]. Modern Mining, 2017,33(5):124-128.

[5] 王建平,李韦韦,罗德强,等. 攀西某钒钛磁铁矿废石抛尾实验[J]. 矿产综合利用, 2025,46(1):181-187.
WANG Jianping, LI Weiwei, LUO Deqiang, et al. Test on discarding tailings of waste rocks of a vanadium-titanium magnetite in Panxi area[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2025,46(1):181-187.

[6] 陈睿哲,孙永升,刘杰,等. 高压辊磨机碎磨新工艺国内外研究及应用现状[J]. 有色金属(选矿部分), 2024(5):24-33.
CHEN Ruizhe, SUN Yongsheng, LIU Jie, et al. Research and application status of new grinding process of high pressure grinding mill at home and abroad[J]. Nonferrous Metals Mineral Processing Section, 2024(5):24-33.

[7] 杨绍利. 钒钛磁铁矿综合利用技术手册[M]. 北京:冶金工业出版社, 2021.
YANG Shaoli. Technical manual for comprehensive utilization of vanadium-titanium bearing magnetite[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2021.

[8] 薛忠言. 攀西低品位钒钛磁铁矿综合利用生产实践[J]. 现代矿业, 2019,35(8):273-274.
XUE Zhongyan. Development and production practice of comprehensive utilization technology of low grade titanomagnetite in Panxi[J]. Modern Mining, 2019,35(8):273-274.

[9] 高煜,卢东方,刘振强,等. 某选钛厂入库尾矿选矿工艺研究[J]. 矿冶工程, 2023,43(6):74-78.
GAO Yu, LU Dongfang, LIU Zhenqiang, et al. Beneficiation of tailings in tailings pond of titanium processing plant[J]. Mining and Metallurgical Engineering, 2023,43(6):74-78.

[10] 彭欣苓,胡永会,尚红亮,等. 新型 NLCT 磁选机在某钒钛磁铁矿磨前预选中的应用[J]. 有色金属(选矿部分), 2017(2):76-80.
PENG Xinling, HU Yonghui, SHANG Hongliang, et al. Application of new NLCT magnetic separator in pre-concentration of vanadium titano-magnetite[J]. Nonferrous Metals (Mineral Processing Section), 2017(2):76-80.

[11] 余海钊,杨卓,赵强,等. 某低品位钒钛磁铁矿粗粒抛废预选试验[J]. 烧结球团, 2025,50(3):122-131.
YU Haizhao, YANG Zhuo, ZHAO Qiang, et al. Test on pre-selection and waste ore discarding for a low grade vanadium titanomagnetite fag[J]. Sintering and Pelletizing, 2025,50(3):122-131.

[12] 薛忠言,李从德,张凛,等. 攀西地区某低品位钒钛磁铁矿干式磁选预选抛尾工艺试验研究[J]. 现代矿业, 2024,40(12):196-198.
XUE Zhongyan, LI Congde, ZHANG Lin, et al. Experimental study on dry magnetic separation pre-separation process of a low grade vanadium titanium magnetite in western Panzhihua[J]. Modern Mining, 2024,40(12):196-198.

引用本文:王建平,张春,王洪彬,等. 预选抛尾技术在攀西钒钛磁铁矿中的应用[J]. 矿冶工程, 2026,46(2):112-117.
WANG Jianping, ZHANG Chun, WANG hongbin, et al. Pre-concentration and tailings discarding technique for processing of vanadium-titanium magnetite in Panxi region[J]. Mining and Metallurgical Engineering, 2026,46(2):112-117.

(上接第 111 页)

[11] 王朝,杨延宙,谢兰馨,等. 提高铜锌铁矿石中伴生金银指标的试验研究[J]. 金属矿山, 2023(1):194-198.
WANG Zhao, YANG Yanzhou, XIE Lanxin, et al. Experimental study on improving the associated gold and silver index in copper-zinc-iron ore[J]. Metal Mine, 2023(1):194-198.

[12] 陆波德,刘学龙,周云满,等. 滇西保山地块金厂河 Fe-Cu-Pb-Zn 矽卡岩型多金属矿床黑柱石成因及地质意义[J]. 地质学报, 2024,98(4):1164-1182.
LU Bode , LIU Xuelong, ZHOU Yunman, et al. Genesis and geological significance of ilvaite in the Jinchanghe Fe-Cu-Pb-Zn skarn type polymetallic deposit, Baoshan block, western Yunnan[J]. Acta Geologica Sinica, 2024,98(4):1164-1182.

[13] 毕克俊,方建军,张琳,等.云南某低品位铅锌硫化矿选矿工艺[J]. 过程工程学报, 2016,16(1):99-104.
BI Kejun, FANG Jianjun, ZHANG Lin,et al. Beneficiation of a low grade lead-zinc sulfide ore in Yunnan[J]. The Chinese Journal of Process Engineering, 2016,16(1):99-104.

[14] 张谦,文书明,丰奇成,等. 某难处理铜铅锌混合矿浮选试验及机理分析[J]. 有色金属工程, 2022,12(8):108-118.
ZHANG Qian, WEN Shuming, FENG Qicheng, et al. Flotation experiments of mixed ore of copper-lead-zinc and the mechanisms analysis[J]. Nonferrous Metals Engineering, 2022,12(8):108-118.

[15] 阙绍娟,蔡振波,林榜立. 新型无毒有机抑制剂在广西某多金属硫化矿浮选中的试验研究[J]. 矿业研究与开发, 2017,37(10):72-75.
QUE Shaojuan, CAI Zhenbo, LIN Bangli. Experimental study on new non-toxic organic depressant on flotation of polymetallic sulfide ore in a mine of Guangxi[J]. Mining Research and Development, 2017,37(10):72-75.

引用本文:郑海雷,刘志斌,郑仁军,等. 某矽卡岩型低品位铜铅锌多金属硫化矿低碱选矿试验研究[J]. 矿冶工程, 2026,46(2):105-111.
ZHENG Hailei, LIU Zhibin, ZHENG Renjun, et al. Experimental research on low-alkali mineral processing of skarn-type low-grade copper-lead-zinc polymetallic sulfide ore[J]. Mining and Metallurgical Engineering, 2026,46(2):105-111.