包钢稀土钢炼铁厂混匀堆料作业方式的研究*[1]

卢宇栋[1,2], 罗果萍[1], 张源东[2]

(1. 内蒙古科技大学, 内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古包钢钢联股份有限公司稀土钢炼铁厂, 内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章以影响混匀矿混匀效率的因素出发, 对单种矿的粒度组成和化学成分、混匀矿的堆料层数优化、BLOCK 堆料模式、分阶段变流量以及堆料机的行走速度控制等方面进行了系统研究。在实用性、经济性、可操作性等方面加以论述, 提出了适合不同单种铁料的堆料作业方式, 为进一步改善混匀矿成分稳定率, 降低成分偏析引起的烧结矿成分波动提供了现场生产数据。

关键词: 混匀效果; 粒度偏析; 堆料作业方式
中图分类号: TF521 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009 - 5438(2019)01 - 0028 - 04
DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2019.01.008

Research on Work Mode of Blending Windrow in Rare Earth Steel Iron - making Plant of Baotou Steel

Lu Yu - dong[1,2], *Luo Guo - ping*[1], *Zhang Yuan - dong*[2]

(1. *Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)
2. *Rare Earth Steel Iron - making Plant of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In the paper, the size composition and chemical component of a single ore, optimization for the number of layers of windrow for blended ore, BLOCK mode of windrow, multi - stage variable flow and control of running speed for stacker are systematically studied based on the factors affecting the blending efficiency of blended ore. The practicability, economical efficiency and operability are discussed as well as the work modes of windrow for different single iron charges are put forward, which could provide the production data at site for further improving the stability ratio for component of blended ore and reducing the fluctuation for component of sinter caused by composition segregation.

Key words: blending effect; particle segregation; work mode of windrow

钢铁企业原料种类多, 品质差等特点, 为提高烧结用混匀矿的质量, 对原料进行混匀处理成为钢铁企业不可缺少的生产环节。为了降低铁料成本, 包钢使用一部分经济铁料, 主要存在铁料来料广, 成分波动大, 粒度组成复杂, 这些因素直接影响烧结混合料的混匀效果, 从而对烧结矿质量的稳定性产生影响。本文通过对包钢稀土钢炼铁厂原料场混匀矿的堆积方式进行系统研究, 提出适合包钢稀土钢炼铁厂目前铁料配置的混匀矿堆方式的应用方案。

* **收稿日期:** 2018 - 12 - 19
作者简介: 卢宇栋(1985 -), 男, 内蒙古包头市人, 在读硕士, 工程师, 现从事烧结球团生产管理工作。

中国知网 https://www.cnki.net

1　铁料性能指标

对包钢五烧常用粉矿粒度组成以及各粒径化学成分进行测定，结果见表 1、表 2 及图 1。

表 1　五烧常用粉矿粒度组成(质量分数)　%

名称	粒径/mm					
	>10	10~8	8~5	5~3	3~1	<1
毛塔粉	7.0	6.0	4.5	8.0	5.8	68.9
澳矿粉	4.5	10.2	10.8	15.6	8.7	50.1
钢渣	5.3	10.5	14.5	20.7	12.3	36.7
FMG 混合粉	3.5	6.4	15.3	21.9	33.7	19.2
巴西南部粉	6.4	4.0	11.6	16.1	15.6	46.3

由表 1 可知：与澳矿粉相比，毛塔粉粒度组成中 <1 mm 的粒级所占比例较高，在布料过程中容易产生粒度偏析，从而引起成分偏析。

与澳矿粉相比，巴西南部粉粒度组成中 >10 mm的粒级所占比例较高，在布料过程中容易产生粒度偏析，从而引起成分偏析。

与澳矿粉相比，FMG 混合粉粒度组成中 1~8 mm的粒级所占比例较高，而 <1 mm 的粒级较低，在布料过程中容易产生粒度偏析，从而引起成分偏析。

目前混匀矿平均粒径是 4.7 mm；澳粉粒度组成 >5 mm 为 26%；毛塔粉粒度组成 >5 mm 为 18%；巴西南部粉粒度组成 >5 mm 为 35%；FMG 粒度组成 >5 mm 为 25%。

表 2　不同粒径化学成分分析(质量分数)　%

名称	化学成分	粒径/mm					
		>10	10~8	8~5	5~3	3~1	<1
毛塔粉	TFe	58.71	58.96	57.88	58.85	57.25	63.95
	SiO_2	14.02	13.34	14.73	13.33	15.59	7.42
澳矿粉	TFe	60.91	59.76	60.6	60.46	60.46	60.56
	SiO_2	4.69	4.73	4.73	4.23	4.22	4.62
钢渣	TFe	20.94	18.08	18.36	18.64	17.87	12.98
	SiO_2	11.93	13.12	12.72	12.52	12.4	13.66
FMG 混合粉	TFe	58.92	58.50	58.64	57.67	57.53	57.60
	SiO_2	5.81	4.66	5.40	5.38	5.47	5.57
巴西南部粉	TFe	58.64	61.85	61.82	61.44	61.85	61.44
	SiO_2	4.52	5.29	5.13	5.00	5.28	5.41

由表 2 可知：

(1) 毛塔粉随着粒径的减小 TFe 含量呈下降的趋势，SO_2 含量呈增加的趋势，TFe 含量波动范围百分比：57.25%~63.95%，对应 SO_2 含量波动范围百分比：15.59%~7.42%。且当粒径低于 1 mm 时，TFe 含量最大，为 63.95%，SO_2 含量最低，为 7.42%。不同粒径毛塔粉 TFe 含量以及 SO_2 含量波动较大，在布料过程中容易引起成分偏析，对于铁料成分稳定率的提高会产生不利影响。

(2) 澳矿粉不同粒径 TFe 含量变化不明显，粒径在 1~5 mm 之间的澳矿粉与其它粒径相比 SO_2 含量降低。

(3) 钢渣随着粒径的减小 TFe 含量呈下降的趋势，SO_2 含量呈增加的趋势，TFe 含量波动范围百分

中国知网　https://www.cnki.net

比:20.94% ~12.98%,SO_2 含量波动范围百分比:11.93% ~13.66%。粒径在1 ~10 mm,TFe 含量以及 SO_2 含量变化不明显。且当粒径大于10 mm时,TFe 含量最大,为20.94%,SO_2 含量最高,为11.93%。当粒径低于1 mm时,TFe 含量最小,为12.98%,SO_2 含量最高,为13.66%。不同粒径钢渣 TFe 含量以及 SO_2 含量波动较大,在布料过程中容易引起成分偏析,对于铁料成分稳定率的提高会产生不利影响。

(3)巴西南部粉随着粒径的减小,TFe 含量呈下降的趋势,SO_2 含量呈增加的趋势,TFe 含量波动范围百分比:58.14% ~59.86%,SO_2 含量波动范围百分比:7.92% ~9.30%。不同粒径巴西南部粉 TFe 含量以及 SO_2 含量波动较大,在布料过程中容易引起成分偏析,对于铁料成分稳定率的提高会产生不利影响。

(4)FMG 混合粉随着粒径的减小 TFe 含量呈下降的趋势,SO_2 含量呈增加的趋势。

2 作业方式对混匀效果的影响

2.1 混匀料堆层数优化

混匀料堆堆料有多种方式,主要有人字形堆料法、众字形堆料法。综合对混匀效果的影响、设备投资、作业方式难易度等各方面因素,现钢铁企业混匀作业多采用人字形堆料法。

料堆单位长度吨量相等布料时,沿料条全长度满料条布料,不断料对采用人字形堆料法而言,物料的混匀效果通常可用混匀比 ε 表示,即物料在混匀之前含量的偏析度 S_1 与混匀后该含量偏析度 S_2 之比,即 $\varepsilon = S_1/S_2$。在同一取料界面上,同时刮取物料层数越多混匀效果越好,见图1。混匀比 ε 可近似等于同时刮取物料层数 n 的平方根:$\varepsilon = \frac{S_1}{S_2} \approx \sqrt{n}$,混匀效率 η 则可表示为:$\eta = \left(1 - \frac{S_2}{S_1}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{1}{\sqrt{n}}\right) \times 100\%$。

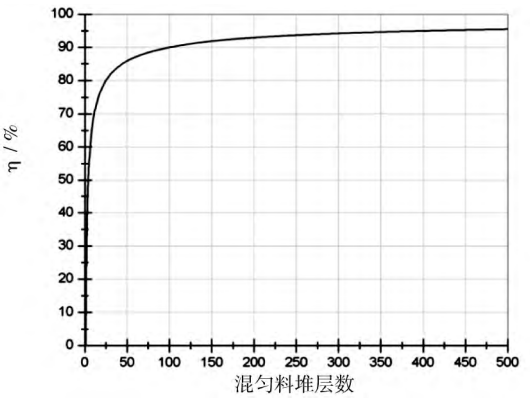


图1 混匀效果和层数的关系

料堆铺料层数越大,混匀效果越好[1]。当铺料层数超过300 ~400层时,混匀效率指数 ε 达到95%左右,从提高料层角度提高混匀效果已达到很好的标准;铺料层数超过500层后,ε 值变化不大,说明再提高料层层数对提高混匀效果的作用已不明显。迫于混匀矿生产压力及质量要求,2015年至2018年对料堆堆料过程进行了优化。优化结果见表3。

表3 混匀料场堆料情况

时间/年	平均层数/层	单堆料量/万t	混匀矿 SiO_2 含量/%	
			±0.3≥90%	±0.2≥82%
2015	206	14.3	74.83	
2016	264	16.3	90.83	
2017	304	18.2	95.98	76.80
2018	306	18.5		84.42

由表3可知:

(1)2015年—2017年混匀矿单料条造堆量逐年增加进2万t,层数增加40 ~60层,质量逐年提高;

(2)2018年较2017年混匀矿单料条造堆量及层数无明显增加,但质量继续提高。

2.2 BLOCK 配料管理方式应用及优势

应对2018年混匀矿质量指标更高的要求,针对

中国知网 https://www.cnki.net

现有铁料来源广，成分波动大，粒度组成差的特点。为了保证混匀矿的成分稳定率达到烧结的要求，就现有设备稳定运行的前提下，在 B 型料场开始采用 BLOCK 堆料管理方式。将大堆分成 3 个 BLOCK，每个 BLOCK 按照堆料层数划分为：1 ~ 180 层，181 ~240 层，240 ~ 300 层。具体每个 BLOCK 执行的堆料层数根据配料情况发生变化。B 型料场采用的 BLOCK 理念与其它钢铁企业 BLOCK 堆料理念不同。其它企业 BLOCK 堆料理念是将一个大堆分成若干小的 BLOCK，且每个 BLOCK 的成分与大堆的成分保持一致。而 B 型料场每个 BLOCK 成分与大堆成分不同，首先计算混匀矿造堆所需各种物料总量，根据物料实际特性：成分波动区间、粒度、水分等进行单种物料集中堆料，即第三个 BLOCK 预留，通过第三个 BLOCK 调整大堆配比以达到烧结对混匀矿成分的要求。对于钢渣，氧化铁皮等配比较小的矿种，保证在前两个 BLOCK 中堆完，并采用小料种的交替堆积；对于毛塔粉等粒度组成差，成分波动大的矿种，保证在每个 BLOCK 中均有配加，使得毛塔粉贯穿在整个大堆的各个部位；这种堆料方式还可以增加使用料种，达到原料矿槽的充分利用。

BLOCK 堆料方法优势：

（1）增加料种，配合公司降本增效工作。

（2）圆盘配料配加小配比物料实现自动配料，生产过程中杜绝人为的差错，有利于稳定实际配比，稳定混匀矿质量。

（3）为公司下一步降本增加铁料品种扫清障碍。

2.3　变流量堆料法的应用

B 型料场投产初期采用等流量堆料模式，随着料种的增多，以及成分波动较大，粒度组成变差（其中混匀矿平均粒径是 4.7 mm；澳粉平均粒径为 3.5 mm；毛塔粉平均粒径为 2.9 mm；巴西粉平均粒径为 4.2 mm），原堆料方式已经无法满足更高的质量要求。为抑制堆料过程中的粒度偏析，确保理想的混匀效果，各层物料必须在料堆上分布均匀且粒度偏析小，这就要求堆料机在往复运行时在堆料过程中需保持往返堆料的单位长度层堆料量一致，即要保证堆料后期的料层厚度大于粉矿最大平均粒径的 1.3 倍[2]（以巴西粉平均粒径 4.2 mm 计算料层厚度为 5.5mm）以上时，才能降低粒度偏析，才能获得较为理想的混匀效果，因此为保证料层厚度的稳定（即每层料层厚度在 5.5 mm 以上）料流必须逐渐提高，为此在混匀堆料过程中需要变流量堆料，才能保证堆料后期避免粒度偏析。

在实际的生产过程中对于不同铁料配置的方案采用分阶段变流量堆料模式堆料，即对于不同的铁料配置应该采用不同的流量进行堆料。采取变流量堆料工艺受限于造堆时间的影响，堆料层数只能稳定在 300 层左右，在单堆理论建堆时间不变的情况下，从一个造堆周期同一堆料瞬时量到采取 1 650 t/h、1 750 t/h、1 800 t/h、1 850 t/h、1 900 t/h、1 950 t/h、2 000 t/h 多个瞬时流量配合造堆作业。优化调整后，混匀效率提高 ε 指数原稳定在 0.27 ~0.30之间，提高至 0.20 ~0.22 之间，混匀矿质量得到改善，优化结果见表 4。

在采用变流量人字形堆料法后有效改善因大粒度铁料引起的粒度偏析影响造成的混匀效果。

表 4　各阶段堆料数据

阶段	供料量/(t·h^{-1})	层数/层	堆高/m	堆宽/m	堆积角/°
1	1 650	70	3.5	6.4	43.5
2	1 750	150	7.5	12.6	42.5
3	1 850	210	12.5	25.0	40.5
4	1 950	270	14.5	21.4	41.0

3　生产实践过程中存在的问题

由混匀效果和层数关系图可知，适当增加混匀堆料的层数，可提高混匀效果。增加层数将导致设备制造难度及工艺费用增大，并带来许多新问题。当堆料能力一定的条件下，随着料堆不断的堆高，料层将越来越薄，同时参与混匀的原料的不同粒度及含水率等不利影响，最终导致原料将无法均匀的敷满一层，从而造成离析现象，反而影响混匀效果。

（下转第 58 页）

中国知网　https://www.cnki.net

表5 36Mn2V力学性能

样号	$R_{p0.5}$/MPa	R_m/MPa	A/%	冲击功/J
标准[5]	≥520	≥780	≥15.0	
1	586	843	25.0	20,24,22
	579	837	24.0	19,23,22
2	581	833	24.5	26,29,30
	577	829	25.5	27,30,28
3	590	839	25.0	24,24,23
	582	837	25.0	22,25,24
4	586	835	26.0	23,20,20
	580	833	26.5	23,24,21
5	574	823	27.0	13,21,22
	582	833	26.5	23,26,35

由表5结果可见，本次工业试制36Mn2V地质钻探用管各项力学性能均满足相关要求。

6 用户使用意见

经用户反应，包钢开发的规格为Φ89 mm×9.5 mm、Φ73 mm×7.5 mm地质钻探管ZT520，严格控制在协议范围内，几何尺寸及内外表面质量稳定，P、S含量低，金相组织均匀，晶粒均匀且细小，各项性能及质量检查均达到用户的要求。

7 结束语

研制开发的钻探用无缝钢管36Mn2V化学成分设计合理，非调质钢生产成本低于国内普遍采用的调质钢管，产品的各项指标达到相关标准要求，已投入批量生产。

参 考 文 献

[1] 罗先登. 地质钻探用无缝钢管[J]. 钢管，1994，(3)：54－62.

[2] 李平全，史交齐，赵国仙. 油套管的服役条件及产品研制开发现状(下)[J]. 钢管，2008，7(5)：11－14.

[3] 李平全，史交齐，赵国仙. 油套管的服役条件及产品研制开发现状(上)[J]. 钢管，2008，37(4)：6－12.

[4] 谌智勇，辛广胜，成永久. 非调质N80级油井管的发展[J]. 包钢科技，2009，35(6)：9－11.

[5] GB/T 9808—2008，钻探用无缝钢管[S].

[6] 谭利. 铁素体－珠光体型非调质钢应用技术研究[D]. 昆明：昆明理工大学，2013.

(上接第31页)

B型混匀料场受检修时间、配料系统稳定运行、料条端头与端尾衔接时间等因素影响，堆料层数目前稳定在310层左右，很难进行更高的突破。

4 结论

(1) 料堆铺料层数越大，混匀效果越好。当铺料层数超过300～400层时，混匀效率指数ε达到0.95左右，从提高料层角度提高混匀效果已达到很好的标准；铺料层数超过500层后，ε值变化不大，说明再提高料层层数对提高混匀效果的作用已不明显。

(2) 当料层厚度不超过粉矿最大平均粒度的1.3倍时，毛塔粉、巴西粉、澳粉、钢渣等大粒度的原料滚落料堆底部情况严重，造成粒度偏析，严重影响混匀效果。因此，要保证堆料后期的料层厚度大于粉矿最大平均粒径的1.3倍即5.5 mm以上时，堆料层数又要达到300层以上，才能降低粒度偏析，才能获得较为理想的混匀效果，因此在料层厚度允许的情况下料流必须逐渐提高。

(3) 在B型料场开始采用合适的BLOCK堆料管理方式是造针对铁料来源广，成分波动大，粒度组成差的有效应对堆料方式。

参 考 文 献

[1] 王玉增，顾英妮，李建沛. 采用变流量技术降低混匀料粒度偏析[J]. 烧结球团，2005，(6)：24－26.

[2] 高长明. 矿物原料预均化[M]. 北京：中国建筑工业出版社，1983.

中国知网 https://www.cnki.net