

70425

TF7-152C<sub>1</sub>

# 燒結厂工作經驗

В. Я. 米列尔 著  
Д. Г. 霍赫洛夫

俞大偉 郭天祥 譯

冶金工業出版社



24-1779

15.12.9-1900<sub>2</sub>

TF 7-152 C<sub>1</sub>

# 燒結廠工作經驗

В.Я.米列尔 Д.Г.霍赫洛夫 著

俞大偉 郭天祥 譯

1958. 8. 11  
9. 11. 1958  
11. 11. 1958  
11. 11. 1958

冶金工業出版社

北京 280 號中興門外大街

在这本小册子中，叙述了苏联不同冶金工业基地中各个烧结厂工作的研究结果。阐明了旨在改善烧结过程而采用着新的工艺法的先进烧结厂的工作经验。对于原料及燃料的准备、混合料的配制、混合料的混合以及混合料往烧结机上装添诸问题进行了研究。也说明了烧结过程以及烧结矿的破碎与筛分作业。

书中也引述了烧结厂工作的技术经济指标。

本书系供工程技术人员使用，而对烧结厂的熟练工人也能有帮助。

В. Л. Мехлер, Д. Г. Хохлов  
ОПЫТ РАБОТЫ АГЛОМЕРАЦИОННЫХ ФАБРИК  
МЕТАЛЛУРГИЗДАТ (Москва—1955)

烧结厂工作经验

俞大偉 郭天祥 譯

1957年3月第一版

1957年3月北京第一次印刷 1,543册

787×1092·1/32·30,000字·印张1  $\frac{16}{32}$ ·定价(10) 0.24元

冶金工业出版社印刷厂印

新华书店发行

书号0609

冶金工业出版社出版(地址:北京市灯市口甲45号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第093号

# 目 录

引言	4
第一章 燒結厂的原料供应	5
第二章 原料和燃料的准备	7
第三章 混合料的配制及到燒結机前的混合料运输	14
第四章 混合料的混合、潤湿及往燒結机上裝添	20
第五章 混合料的点火及燒結过程	25
第六章 燒結矿的破碎与篩分，燒結矿的冷却与运输	35
第七章 燒結矿的質量	37
第八章 强化燒結过程及提高燒結矿質量的措施	43
第九章 燒結厂工作的技术經濟指标	46
参考文献	48

## 引 言

在个别的一些燒結厂中，設備能力的利用及燒結矿質量的改善取得了重大的成就。

但是在大多数的燒結厂中，生产指标，特别是燒結矿的質量还不能十分令人滿意。由於这个原因，就有必要將一些燒結厂已有的工作經驗加以总结，来进一步改善在各种不同的具体生产条件下的燒結工艺。

在这本小册子中，简单地叙述了由烏拉尔黑色金屬研究所工作组<sup>①</sup>会同一些燒結厂的員工在1953年对这些燒結厂的工作所进行的研究的綜合成果。使用不同类型矿石(各种粒度的磁鉄矿精矿、赤鉄矿石及褐鉄矿石)进行生产的馬格尼托戈尔斯克鋼鉄公司第一、二燒結厂，維索卡雅山燒結厂，庫尔斯克磁力異常区矿石公司燒結厂，德涅泊捷尔任斯基燒結厂，克里沃罗格燒結厂及卡麦什-布隆斯克燒結厂被选定作为研究的对象。

---

<sup>①</sup> 烏拉尔黑色金屬研究所工作組的成員是：B. П. 米列尔教授，技术科学副博士 Д. Г. 霍赫洛夫，Ю. А. 格尔得莫夫工程師及B. А. 沙馬林工程師。

## 第一章 燒結厂的原料供应

將經過良好中和后的原料不間断地供应燒結厂是燒結机稳定而有成效地工作以及获得物理化学性質均一的燒結矿的重要条件之一。

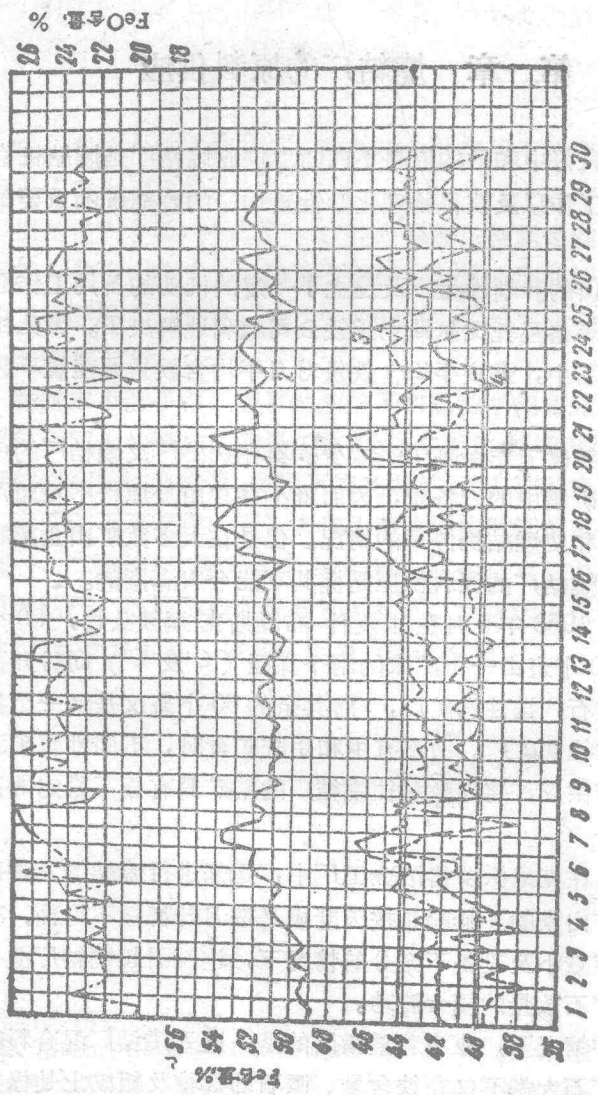
由於矿山的計劃性生产及建立了一定的机动的备用工作面，这个問題在馬格尼托戈尔斯克鋼鉄公司順利地解决了。因此由矿山运出的矿石中，晝夜平均含鉄量对月平均含鉄量偏差值不超过 $\pm 2\%$ 。

矿山的精确工作保证了不减少矿石在选矿厂及燒結厂的中和貯矿倉和貯矿槽中的貯备量，因而就不存在由於原料不足而产生的改变配料和使燒結机停車的情况。但是在大多数矿山企业和冶金工厂中，燒結厂的原料供应是極其不能令人滿意的。

例如，1953年6月在卡麦什-布隆斯克鋼鉄公司，80个工作班只有20个班由一个矿床的两个探区（C及E）同时开採組成不同的矿石，送往选矿厂，而其余的60个班仅是从一个探区开採矿石送往选矿厂。当沒有中和用貯矿倉时，不同性質矿石的这种不均衡供应，將导致送往燒結厂的精矿具有極不稳定的質量（圖1）。

同样，在克里沃罗格冶金工厂中，运来进行燒結的几种矿石（由不同矿山来的）無論是按天計或是按月計都極不均衡，在中和貯矿倉容量小及設備不充分的情况下，这就引起燒結厂混合料中各类型矿石数量的極大波动。

在这种情况下，应当着重指出的是，进入燒結厂混合料組成中的各种矿石大都不仅在鉄含量、脈石的数量及組成上是極其相



九月

圖 1 燒結礦中 Fe 和 FeO 的含量及礦石與精礦中的 Fe 含量 (得

自 1953 年 9 月卡麥什-布隆斯克燒結廠的班平均試樣)

1—燒結礦中 FeO 的含量; 2—燒結礦中 Fe 含量; 3—精礦中 Fe 含量; 4—礦石中 Fe 含量

異的，而且在軟化溫度、粒度、成球性、假比重及吸水性上也是極其不同的，這一些都大大地影响着燒結過程的進行及燒結礦的質量。

根據這個原因，甚至可以看到同一類型的，並且化學組成相近的礦石在燒結過程中往往具有極其差異的表現。例如捷爾任斯基礦山產出的礦粉，克里沃羅格礦區的〔布尔什維克〕礦山和〔英古列茨〕礦山產出的礦粉就是這樣的。因此，燒結廠的原料供應應當保證在全月中運入的各種礦石有充分的均衡性。

在計劃供給各個燒結廠燒結用的礦石時，必須考慮到：

- a) 使燒結廠和經常的礦石供戶（礦山，礦井）固定下來；
- б) 可能地縮減每一個燒結廠中礦石的品種（種類）；
- в) 不僅根據鐵的含量來選擇礦石的品種（種類），而且要考慮到它們的工藝特性。

運入的碎焦在灰分與濕度上的不穩定性同樣是燒結廠生產中的重大缺點。例如在卡麥什-布隆斯克燒結廠中，由幾處運入的碎焦中灰分與濕度的波動分別為平均值的 $\pm 5\%$ 及 $\pm 6\%$ （絕對值），這也是混合料中的碳波動很大的原因之一。為了消除這個缺點，在燒結廠中必須在專用的貯料倉中進行碎焦的中和，並且保證碎焦有固定的供戶。

## 第二章 原料和燃料的準備

### 礦石的中和

原料的準備和礦石的中和是獲得化學組成均一的燒結礦的重要因素。



關於这方面应当提出馬格尼托戈爾斯克鋼鐵公司的先進經驗，在那里，所有運入燒結的礦石都經受中和，並且所有的礦石貯礦倉與貯礦槽都包括在冶煉前礦石準備的工藝流程中。

在馬格尼托戈爾斯克鋼鐵公司中，組織礦石中和就是將運入的礦石成層地堆成料堆，在選礦廠與燒結廠的貯礦槽中也這樣作。用這種方法中和磁鐵礦石的結果，在鐵含量方面它的均一度提高了2.1到3.4倍，而在二氧化矽和氧化鈣方面大約提高一倍，如表1所示。

除了礦石中和的良好經驗而外，在個別一些燒結廠中沒有利用這方面已有的可能性（例如維索卡雅山燒結廠中的干式磁選精礦倉）。在某些（卡麥什-布隆斯克及庫爾斯克磁力異常區礦石公司的）燒結廠中，由於缺乏相應的裝置而不進行礦石或精礦的中和。

為了進一步改善礦石的中和，必須：

- a) 將所有運入燒結廠的礦石進行卡片登記；
- b) 把現有貯礦倉中的礦石中和作業完善化；
- b) 最大限度地利用礦石準備廠及燒結廠中中和礦石用的貯礦槽，將礦石成層地裝入礦槽，並借幾個配料機同時地排礦；
- r) 在設計新的燒結廠時，考慮保證它們有充足容量的現代化中和裝置。

### 原料與燃料的磨碎及篩分

將燒結用混合料的礦石組份進行充分的細碎或篩分是正常燒結的基本條件之一。

馬格尼托戈爾斯克鋼鐵公司第二及第三燒結廠在這方面的經驗是有益的，在那里，破碎機及篩子生產能力的備用量被利用來

15.12.9-1910

TF-7-152C,

表 1

在各燒結廠中矿石在其被加工的过程中的中和結果

不同燒結廠中混合料的矿石部分及其产生的燒結矿石	矿石及燒結矿的平均化学組成 (%)	位于与平均指标偏差范围内的各次分析的百分数					最大的偏差 (%) (绝对值)	
		±0.5	±1.0	±1.5	±2.0	±2.5		±3.0
1. 馬格尼托戈爾斯克鋼鐵公司第二燒結廠								
a) 中和前的硫化矿石	Fe—56.3 SiO <sub>2</sub> —9.62 CaO—3.99 S—2.11	13.2	19.2	27.4	34.5	47.7	52.7	> 8.0
		7.2	25.4	40.6	55.9	68.1	76.3	6.0
		23.5	46.0	66.4	85.8	90.9	97.0	3.5
		24.3	58.8	78.0	100.0	—	—	2.0
b) 在貯矿倉中中和后的同上矿石	Fe—55.5 SiO <sub>2</sub> —9.39 CaO—3.91	40.0	85.0	100.0	—	—	—	1.5
		20.0	65.0	95.0	100.0	—	—	2.5
		55.0	95.0	100.0	—	—	—	1.5
b) 精矿 (得自貯矿槽試样)	Fe—57.6	34.7	61.0	82.6	100.0	—	—	2.0
r) 燒結矿	Fe—57.1 FeO—19.1 SiO <sub>2</sub> —8.9 CaO—6.7	51.4	85.2	96.3	100.0	—	—	2.0
		—	44.9	—	78.0	—	93.0	4.5
		86.6	100.0	—	—	—	—	1.0
		79.0	100.0	—	—	—	—	1.0
2. 馬格尼托戈爾斯克鋼鐵公司第一燒結廠								
a) 中和前的矿粉	Fe—54.2 SiO <sub>2</sub> —10.8	—	29.1	—	52.6	—	69.1	> 8.0
		—	14.6	—	33.7	—	50.0	5.0

不同燒結廠中混合料的礦石部分及由其產出的燒結礦	礦石及燒結礦的平均化學組成 (%)	位于與平均指標偏差範圍內的各次分析的百分數						最大的偏差 (±) % (絕對值)
		±0.5	±1.0	±1.5	±2.0	±2.5	±3.0	
6) 中和後的礦粉.....	Fe—54.0	—	55.9	—	75.4	—	90.4	5.0
B) 燒結礦.....	Fe—54.7 FeO—19.1 SiO <sub>2</sub> —9.96 CaO—7.49	59.6 19.0 92.5 53.7	89.5 36.8 98.9 81.4	98.8 55.1 100.0 100.0	99.7 71.8 —	100.0 82.3 —	— 88.9 —	2.5 8.0 1.5 1.5
3. 捷爾任斯基冶金工廠燒結廠								
a) №12 級的原礦石.....	Fe—60.0 SiO <sub>2</sub> —12.6	19.2 10.2	46.9 25.5	74.2 44.4	85.5 66.3	93.40 81.4	99.4 83.1	4.0 4.0
6) №13 級的原礦石.....	Fe—57.1 SiO <sub>2</sub> —17.0	35.6 29.8	63.6 49.7	85.4 66.3	94.0 83.4	97.4 91.1	99.8 96.3	3.5 4.0
B) 燒結礦.....	Fe—52.2 SiO <sub>2</sub> —14.4 FeO—20.6	56.5 64.7 27.7	87.5 93.5 53.8	93.5 100.0 75.5	100.0 —	— 99.0	— 100.0	2.0 1.5 3.0
4. 克里沃羅格冶金工廠燒結廠								
a) 運入冶金工廠中的燒結用礦石.....	Fe—56.4	10.9	21.9	34.7	51.3	66.3	81.3	7.0
6) 燒結礦.....	Fe—55.3 FeO—22.9 SiO <sub>2</sub> —16.5	58.7 18.2 41.0	89.0 34.6 74.3	100.0 56.9 91.2	— 74.6 98.0	— 86.5 98.0	— 93.7 98.0	1.5 4.0 5.5

5. 維索卡雅山礦務局  
的燒結廠

a) 干式磁選精礦	Fe—52.5 SiO <sub>2</sub> —9.77 CaO—4.56	17.0 31.5 32.5	36.4 49.4 56.2	55.2 68.5 85.4	62.4 77.5 96.0	72.7 82.0 100	84.2 84.0 —	4.0 3.5 2.5
b) 濕式磁選精礦	Fe—58.4 SiO <sub>2</sub> —7.25 CaO—2.82	61.0 20.8 62.5	84.4 50.0 91.7	96.1 79.2 100.0	100.0 91.7 —	— 100.0 —	— — —	2.0 2.5 1.5
B) 燒結礦	Fe—54.62 SiO <sub>2</sub> —8.96 CaO—4.13 FeO—19.89	53.9 37.6 64.7 25.7	85.4 81.2 94.1 47.7	95.9 95.3 100.0 64.4	93.0 97.6 — 81.9	99.7 98.8 — 86.1	100 100 — 93.7	3.0 3.0 1.5 4.0

6. 卡麥什-布隆斯克公  
司燒結廠

a) 精礦 (得自貯礦槽試樣) ...	Fe 無資料	31.2	67.3	80.7	88.9	93.4	96.8	4.5
b) 燒結礦	Fe " " FeO "	31.5 18.4	60.2 34.0	75.5 47.5	85.2 60.1	93.7 69.1	97.1 79.1	4.0 6.0

7. 庫爾斯克磁力異常區  
礦石公司燒結廠

a) 精礦	Fe—56.7	20.1	36.4	54.9	65.7	76.5	86.6	6.5
b) 燒結礦	Fe—51.8 FeO—19.5 CaO—10.3	27.3 10.5 19.3	53.0 26.3 39.2	65.5 37.6 59.1	80.2 48.1 67.2	92.7 57.8 76.9	97.1 65.3 82.9	3.5 7.5 5.0

进行含硫铁矿石的較細破碎。因而在最近五年期間，在破碎后的矿石中，大於5毫米部分的含量平均自25.9%降低到13%（圖2）。

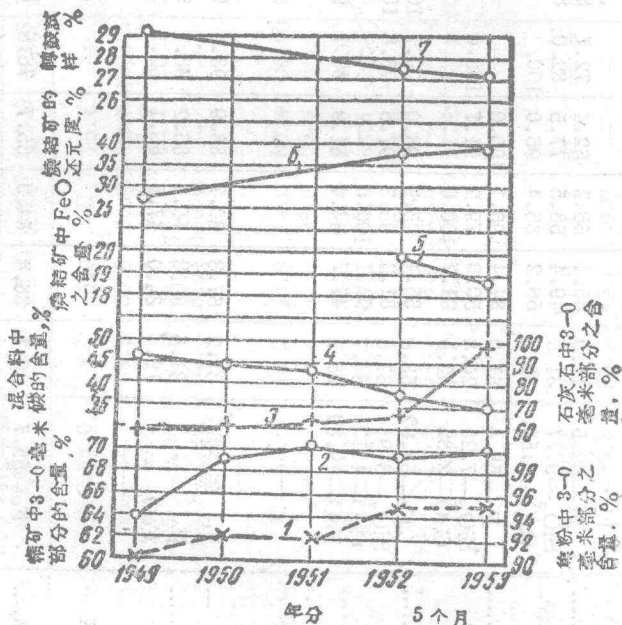


圖 2 自 1949 年至 1953 年中馬格尼托戈爾斯克鋼鐵公司第二燒結廠的原料磨碎質量、混合料含碳量及燒結礦質量變化圖

1—焦粉中 3~0 毫米部分的含量；2—精礦中 3~0 毫米部分的含量；3—石灰石中 3~0 毫米部分的含量；4—混合料的含碳量；5—燒結礦中氧化亞鐵的含量；6—燒結礦的还原度；7—轉鼓試樣

有些燒結廠，由於沒有滿意地利用或缺乏礦石破碎裝置，送往燒結的礦石是大粒的。例如在維索卡雅山燒結廠中，干式磁選精礦含有將近 27% 的大於 6 毫米的一級礦石。謝洛夫冶金工廠的燒結廠也有類似的情況。過於粗糙的破碎是這些燒結廠的燒結礦具有較低的機械強度與還原度的重要原因之一。因此，必須預先進行這樣的破碎，使破碎後磁鐵礦石的粒度不大於 6 毫米。

由於細篩分得不充分，運入捷爾任斯基與克里沃羅格冶金工廠燒結廠燒結的礦石中，大於 5 毫米部分的数量是馬格尼托戈爾斯克第一燒結廠的 3—4 倍，在後一個燒結廠中，礦粉是由 3×3 及 6×6 毫米的篩子篩出的，因而這一級別的含量總共僅佔 6.5%。因此，進一步降低克里沃羅格礦石的篩分粒度（到 6—8 毫米）應當認為是合理的，這樣，除了能改善南部燒結廠的燒結礦的質量外，並能提高塊礦的產出率。

石灰石的細磨碎（到 3—0 毫米）是獲得優質自熔性燒結礦的最重要條件。在自熔性燒結礦生產的工業過程中不恪守這個條件就不能保證獲得優質的燒結礦（在捷爾任斯基及克里沃羅格冶金工廠中）。

馬格尼托戈爾斯克鋼鐵公司成功地解決了為大規模生產自熔性燒結礦而準備石灰石的問題，在那裡，一個專門的石灰石破碎廠進行着生產。破碎是用與篩子成閉路循環工作的錘式破碎機實現的，在篩子上裝置着篩眼為 4×4 毫米的篩網。自這個廠獲得的破碎後的石灰石含有 96% 的 3—0 毫米部分。這樣來粉碎石灰石保證了在燒結過程中石灰石和原料在微熔狀態下就能很好的相互作用，從而促使獲得較易還原且脆性較弱的燒結礦。

在庫爾斯克磁力異常區礦石公司的燒結廠中，石灰石的粉碎是在焦炭破碎機中與碎焦交替進行的，正如這個廠的經營經驗指

出，这种做法不能保证所必需的粉碎。在这种条件下，破碎后的石灰石中3—0毫米只得到47%，而大于10毫米的大块仍有7.5%。

混合料用碎焦破碎的正常粒度上限是3毫米，先进烧结厂几乎做到了这点。在这样粉碎焦粉的条件下保证了烧结矿沿烧结矿块高度均一的熔融度。

在馬格尼托戈尔斯克烧结厂中，由于定期地車削焦炭破碎机的破碎辊（每週不少於2—3次），同时也是由于使用了圓辊給料机，它能保证沿破碎辊的全長均匀地給入碎焦，从而降低了破碎辊的不均匀磨損，因之达到了最好的碎焦粉碎指标——3—0毫米部分佔93—94%。

对于其他烧结厂，碎焦的粉碎質量还有待於更加改进，特别是庫尔斯克磁力異常区矿石公司及克里沃罗格烧结厂，在这两个厂中，焦粉中3—0毫米部分的含量只佔62—65%。

### 第三章 混合料的配制及到 烧结机前的混合料运输

混合料的配制不仅要保证混合料在鉄、碳及含水量上，而且也要保证在脈石組成、粒度及矿物組成上十分穩定，也就是說混合料中，包括返矿在內的各个矿石組份数量比例要保证恒定不变。为了建立不变的燒结条件以及获得冶金性質恒定的燒结矿，这一点是必要的。

根据已有的燒结厂的生产經驗，可以拟定两个混合料配制的組織方法。

1) 根据原料裝入各貯料槽时所採得的平均試样的分析进行

配料。

2) 根据在燒結厂中分別接受的一定矿石品种的平均質量数据来組成混合料。

被馬格尼托戈爾斯克燒結厂所採用的第一種方法就是根据貯料槽試样的分析以及規定的燒結矿技术条件（燒結矿的含鉄量、碱度及混合料的含碳量）进行混合料組成的計算；根据这种計算来調整各个配料机的生产。用原料称量的方法来定期地校核配料的正确性。这种混合料配料程序保證了获得組成相当均一的燒結矿（見表 1）。

在德涅泊爾捷尔任斯基燒結厂中根据第二種方法来配制混合料，在那里，一定品种的矿石被分別地接受入受料槽及配料槽。根据燒結矿中規定的含鉄量与二氧化硅含量以及这些組份在各个品种的矿石中的平均含量来确定它們在混合料中的数量比例。为了使每种矿石內的含鉄量与其平均值不發生大偏差，要用几台配料机同时將它們从貯料槽排出。在該厂中，这种生产实践保證了获得含鉄量較均一的燒結矿（見表 1）。

有些燒結厂在混合料配制方面具有以下缺点：

1) 由於各种原因往往破坏了貯料槽中原料的卡片登記制度（維索卡雅山燒結厂），缺乏配料的定期重量校核及圓盤給料机閘門昇起的刻度（維索卡雅山燒結厂，庫爾斯克磁力異常区矿石公司燒結厂，克里沃羅格燒結厂）。

2) 配料只按照能得到燒結矿含鉄量保持恒定而进行，在这种条件下並且允許混合料中各个品种的矿石的数量比例有大的波动，这样就导致燒結条件的不稳定及燒結矿的物理化学性質有很大的波动（維索卡雅山燒結厂及克里沃羅格燒結厂）。

3) 沒有对混合料含碳量及粒度要保持不变这一点給予应有



的注意，因而使这些指标發生大的波动。例如在馬格尼托戈尔斯克燒結厂及維索卡雅山燒結厂中，混合料中大於6毫米的顆粒的数量波动於±3%的範圍內，而这一粒度顆粒的平均含量相应为28—33%。在其他燒結厂中，这些波动就更大（表2）。混合料中含碳量及水分的波动同样很大。

上述波动的原因是：被燒結的矿石的粒度不固定；由於混合料燒結到爐篦为止的完全度不固定所引起的返矿粒度及其含碳量急剧地变化；設置在燒結机下面（庫爾斯克磁力異常区矿石公司燒結厂）或設置在配料厂房的返矿槽的（克里沃罗格燒結厂）圓盤給料机有毛病以及由於缺乏自动化的双閘式漏灰閘或它們有毛病而造成的自除塵器及漏灰斗<sup>①</sup>不均衡地排出灰塵。应当指出，在克里沃罗格燒結厂中进行的，將电动机和軸的剛性联接改为摩擦联接保證了这些閘的正常使用。

4) 在許多（克里沃罗格，德涅泊尔捷尔任斯基，庫爾斯克磁力異常区矿石公司）燒結厂中，配料槽是間歇地充滿的，这样就使混合料發生偏集作用，並且使及时的修正混合料的含碳量發生困难。在馬格尼托戈尔斯克第二燒結厂的生产實踐中，上述缺点克服很多了。同样应当提出維索卡雅山燒結厂的有价值的經驗：借在貯料槽中設置接触器系統的方法以自动地保持貯料槽中混合料面的恒定。

屬於使混合料配制产生困难的一些結構上的缺点应当是：

a) 在真空過濾机之后沒有精矿槽，这样就不能保證混合料中精矿与返矿数量比例上的保持恒定（庫爾斯克磁力異常区矿石公司燒結厂）；

① 屬於集气管的——譯者