

冶金工业技术革新资料



第 2 号

粉料的真空输送

株 洲 冶 炼 厂

冶金工业出版社

冶金工业技术革新资料

第 2 号

粉 料 的 真 空 输 送

株洲冶炼厂

冶 金 工 业 出 版 社 出 版

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

787×1092 1/32 印张 3/4 字数 15 千字

1975 年 7 月第一版 1975 年 7 月第一次印刷

印数 0,001~6,800 册

统一书号: 15062·3197 定价 (科一) 0.04 元

毛主席语录

我们必须打破常规， 尽量采用先进技术， 在一个不太长的历史时期内， 把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

粉料的真空输送

株洲冶炼厂

在毛主席的无产阶级革命路线的指引下，我厂广大职工高举鞍钢宪法的光辉旗帜，坚持独立自主、自力更生的方针，破除迷信，解放思想，大搞技术革新和技术改造，成果较大，氧化锌粉的真空输送便是突破了多年的技术难关而取得的革新成果之一。

过去，我厂锌生产系统产出的氧化锌粉，是由人工用胶轮车运输的，占用劳动力几十名，装、运、卸过程中金属损失大，劳动卫生条件很差。原基建时设置的一台仿苏式气动压送设备，经多次试用失败，已成废铁。

一九七三年，我厂八车间党支部率领职工，组织了“三

结合”攻关小组，在其他车间的支援下，群策群力，奋战半年，真空输送氧化锌粉试生产获得成功，主要效果是：节省劳动力约三分之二，提高劳动生产率三倍；无灰尘飞扬，无繁重操作，改善了劳动条件，减轻了劳动强度；真空输送物料损失很小，提高了金属回收率；便于安全生产。

经一年多的试生产实践及逐步改进，现已成功地应用于生产，使真空输送技术在输送粘性粉状物料方面及增大输送距离方面获得新的发展。

一、真空输送的基本原理及应用

粉状物料的气动输送是一种较先进的运输方法，已在国内外广泛采用。它分为两种类型：一种是利用压缩空气压送的压送式；一种是利用真空吸引的吸入式。根据我厂及兄弟企业采用真空输送的情况表明，吸入式较压送式优越，有被广泛应用的趋势。

真空输送的基本原理是利用真空泵给输送管道内部造成负压以抽吸粉粒状物料，在给料端特别的吸嘴处被吸物料与空气混合，以远大于粉粒体悬浮速度的速度，沿管道抽吸方向运动直达输送终点。在终点，用气固分离器进行气固分离，物料被分离器收集，而净化后的气体经真空泵排出。

真空输送有一系列优点：

- ① 设备构造简单，维修容易，投资少；
- ② 无回程运输，输送效率高；
- ③ 可输送分散多点贮放的粉粒状物料至一集中点；
- ④ 负压操作，劳动条件好，物料损失少；
- ⑤ 输送管道可因地制宜设置，易适应生产场地的不同

环境；

⑥ 操作故障少，管道易清理。

它的缺点是：

① 动力耗电量大，但比压送式耗电量少；

② 对吸送物料的物理性质有一定要求；

③ 输送距离和提升高度受一定限度。

二、氧化锌粉真空输送的设备

1. 设备连接及流程示意图，如图 1 所示。

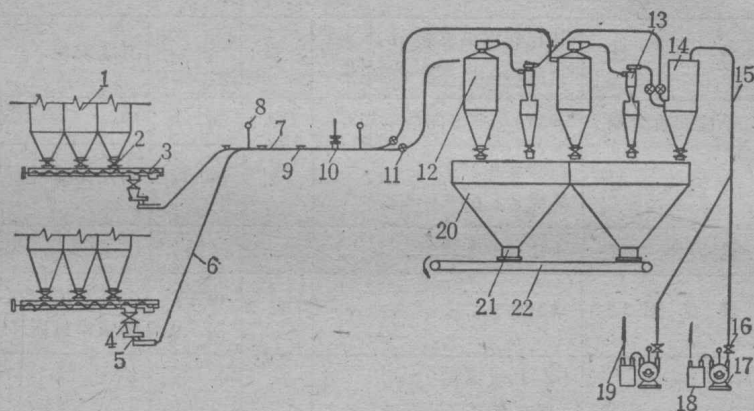


图 1 氧化锌粉真空输送设备连结示意图

1—供料斗；2—圆盘阀；3—绞龙；4—漏斗；5—吸嘴；6—
输料支管；7—输料总管；8—真空表；9—管道清洗机；10—
空吸旋塞阀；11—球阀；12—受料罐；13—小旋涡收尘器；
14—布袋收尘器；15—输气管道；16—泵入口闸阀；17—真
空泵；18—气水分离器；19—排气管；20—大贮料仓；21—
圆盘给料机；22—皮带运输机

2. 主要设备的规格与性能（见下页表）

3. 非标准设备简图及结构特点

名 称	规 格 与 性 能	数 量	材 质	备 注
绞 龙	$\phi 300$ 长度不一	12	钢 材	原有设备
吸 嘴	混合室 $\phi 133 \times 4$ / 600 喉 管 $\phi 89 \times 6$ 下吸式	10	钢 管	非定型、自制
输 料 管	$\phi 139 \times 4$ 无缝管		钢	
球 阀	Q41SA-16 型 Dg150 毫米 Pg16 公斤/ 厘米 ² 耐温 200℃	4	铸钢垫聚 四氟乙烯	天津阀门厂 生产
受 料 罐	$\phi 1500$ 毫米容积 10.5 米 ³ 全高 7.6 米 $\delta = 6$ 毫米	2		并联安装
小旋涡收尘器	$\phi 320$ 毫米下部带贮灰斗	2	钢 材	同 上
布袋收尘器	过滤面积 26米 ² 外壳 $\phi 1500$	2	钢 壳	炸丝绸袋
输 气 管	$\phi 133 \times 4$ 无缝管		钢	
圆 盘 阀 门	$\phi 300$	15	铸铁及 钢 板	分离系统用的 要求密封性好
真 空 泵	SZ-4 水环式 真空度 抽气量 毫米汞柱 米 ³ /分 0 27 40% 17.6 60% 11 80% 5 90% 2 马达功率 70瓩 转 速 737转/分 电 流 < 130安 水 耗 量 100升/分	2	铸 铁	

(1)下吸式固定吸嘴结构 (见图 2)

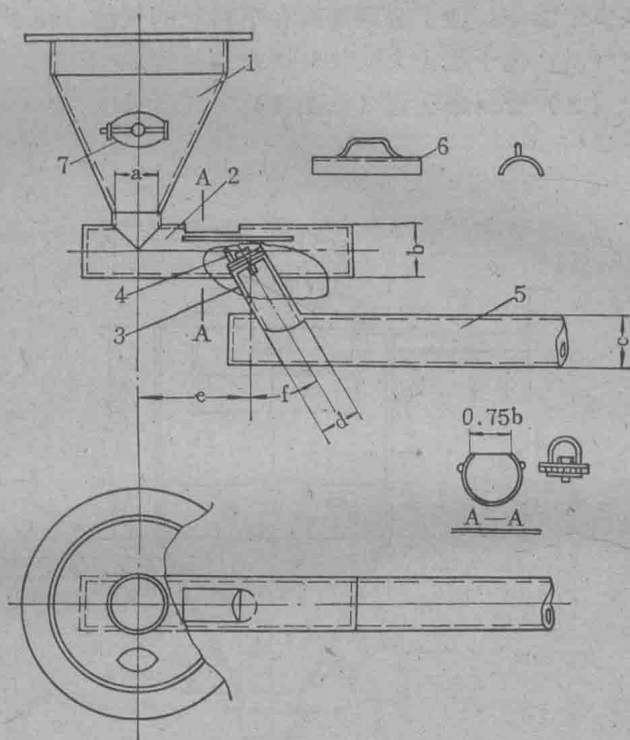


图 2 下吸式固定吸嘴结构示意图

1—漏斗；2—混合室；3—喉管；4—喉管塞子；5—输料管；
6—弧形盖；7—清理手孔及盖

吸嘴结构要点

① 漏斗下料口，混合室及输料管三者直径相等，即 $a = b = c$ ，而 c 由计算决定。② 喉管直径为输料管直径 70~75%。③ 喉管中心与下料口中心距随物料粘性而定，粘性大的 e 值取 100~150 毫米，粘性小的约 200 毫米，喉管顶端

加工车平便于密封， $f = 45^\circ \sim 60^\circ$ 。④ 此种吸嘴特点：便于串联多个漏斗，便于分别切断各下料点的气流，便于调节二次空气量，便于防止大块物料堵塞输料管。

(2) 受料罐结构 (见图 3)

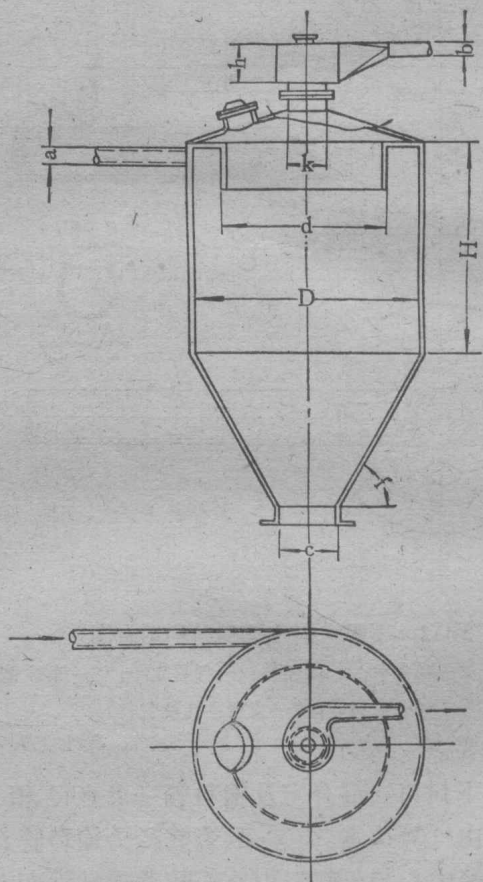


图 3 受料罐结构示意图

受料罐结构要点:

- ① 直径口应保证罐断面的气流速度小于0.5米/秒, 或小于被送物料的悬浮速度。
- ② 内筒径 d 为 $0.75D$, 内筒高为 $0.3d$ 。
- ③ 高 H 一般为 $2\sim 3D$, 如需增大容积可再增加高度, 但应焊加固圈。
- ④ c 及 f 随物料粘性而定, 一般 f 为 $60\sim 75^\circ$, c 为 $200\sim 300$ 毫米。
- ⑤ a 及 b 为输料管直径。
- ⑥ k 约为 $0.15D$, h 为 $0.25D$ 。
- ⑦ 罐壁厚度应考虑耐外压。

(3) 高效小旋涡收尘器 (见图4)

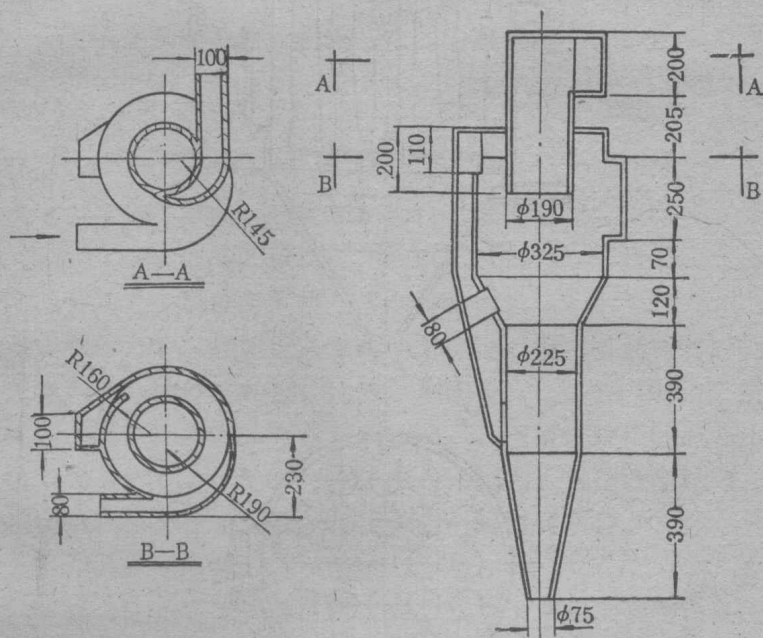


图4 高效小旋涡收尘器示意图

高效小旋涡收尘器结构要点:

- ① 入口气流速度应达 $18\sim 20$ 米/秒。
- ② 设有旁室较

一般旋涡收尘器效率高。

(4) 布袋收尘器 (见图 5)

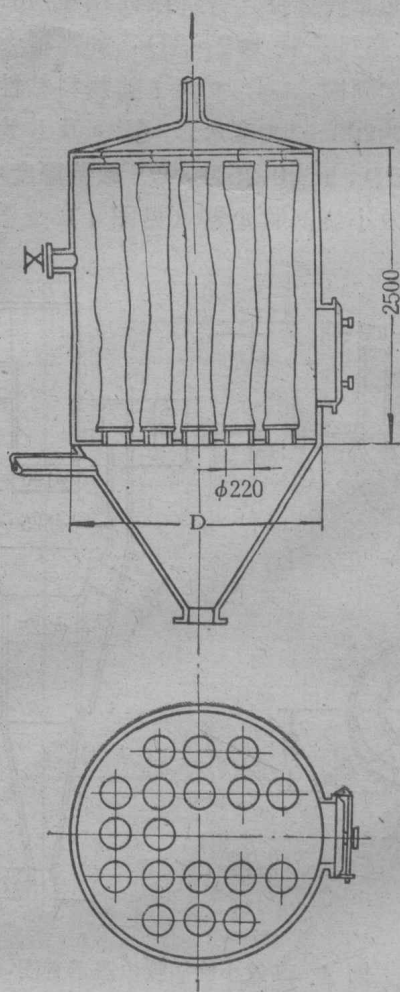


图 5 布袋过滤器结构示意图

布袋收尘器结构要点:

① 布袋过滤速度宜在0.5~0.8米/分。② 袋数及箱壳直径D按输送风量决定。③ 清灰装置宜采用电磁阀或旋塞阀作反吸清洗。④ 箱壳受外压力宜圆形,壁厚应考虑耐外压。⑤ 要求密封性好,入孔门不得漏气。

三、设计计算的方法

(一) 主要参数简略计算的方法

1. 混合比

表示被输送的粉粒物料与空气的重量混合比,用下式表示:

$$M = \frac{G_{\text{料}}}{\gamma_{\text{气}} \cdot Q_{\text{气}}}$$

式中 $G_{\text{料}}$ ——单位时间输送的物料重量,公斤;

$\gamma_{\text{气}}$ ——空气的重度,一般取1.2,公斤/米³;

$Q_{\text{气}}$ ——单位时间耗用的空气量,米³;

混合比常以经验值和实验值来决定,它主要受物料的物理特性(分散度、粘度、比重、含水量)、输送距离及管道特性(管径、曲直、光滑)所影响,真空吸送采用的混合比大多为2~10,少数可达20。混合比越大,输送效率越高,越经济。混合比是决定输送设备能力的主要参数。

2. 输送所需的空气量

混合比选定后按上式即可用下式求得输送已知物料量所需的空气体积。

$$Q_{\text{气}} = \frac{G_{\text{料}}}{\gamma_{\text{气}} \cdot M} \text{米}^3/\text{时}$$

3. 输送的气流速度

在输送管道内，随着输距的增长，气流速度因空气压力的变化按流量连续定理而变化，末端的气流速度较供料端增大，故设计应以供料端气流速度为计算基础，防物料在供料端附近沉积，推荐使用的计算式为：

$$\omega_0 = (10-16)\sqrt{\gamma_{\text{料}}} + (2-5) \times 10^{-5} l_{\text{当量}}^2$$

式中 ω_0 ——气流速度，米/秒；

$\gamma_{\text{料}}$ ——粉粒体物料的容积比重，吨/米³；

$l_{\text{当量}}$ ——直管段总长加弯头折算成的直管长度，米（一

般 90° 的弯头当曲率半径与管径比 $\frac{R}{D} =$

10~20 时，每个弯头相当于直管长度 6~10 米）。

上式当 $l_{\text{当量}}$ 小于 100 米时，式中第二项可忽略不计。

4. 输送管内径的决定

$$\text{内径 } d = \sqrt{\frac{4Q_{\text{气}}}{\pi \omega_0}} \text{ 米}$$

5. 输送阻力的计算

此种计算本来很复杂，推荐以下近似计算方法。

(1) 摩擦阻力

$$h_{\text{摩}} = \frac{2fL\gamma_{\text{气}} \cdot \omega_0^2}{gD} (1 + CM), \text{ 公斤/米}^2 \text{ 或毫米水柱}$$

式中 f ——摩擦系数，其范围是 $f = 0.008 \sim 0.015$ 。通常当 $M < 10$ 时，按 $f = 0.01$ 计算；

L ——输送管长度，米；

$\gamma_{\text{气}}$ ——空气在工作状态的比重，公斤/米³（作温度和压力校正）。

ω_0 ——输送管中的气流速度，标米/秒；

g ——重力加速度，米/秒²；

D ——输料管内径，米；

C ——系数，一般取 $C=0.3\sim 1$ 。当 $M<10$ 时，可取

$$C=1。也可通过实验测定压损比由 \frac{\Delta P_{\text{输送物料时}}}{\Delta P_{\text{输送纯空气时}}} = 1 + CM \text{ 式求得。}$$

(2) 局部阻力 (包括弯头、吸嘴、分离设备等)

$$h_{\text{局}} = K(1 + CM) \frac{\omega_0^2}{2g} \gamma_{\text{气}} \text{ 公斤/米}^2 \text{ 或毫米水柱}$$

式中 K ——空气流的局部阻力系数 (从有关资料查取)，
其余各项符号意义同前。

(3) 提升阻力

$$h_{\text{升}} = H \cdot \gamma_{\text{混}}$$

式中 H ——气固混合物的提升高度，米；

$\gamma_{\text{混}}$ ——气固混合物重度，公斤/米³；

$$\gamma_{\text{混}} = \gamma_{\text{气}} + M\gamma_{\text{固}} \text{ 公斤/米}^3$$

(4) 加速阻力

$$h_{\text{加速}} = \frac{\frac{G}{2g} (\omega_2^2 - \omega_1^2)}{Q} \text{ 公斤/米}^2 \text{ 或毫米水柱}$$

式中 G ——粉粒体的流量，公斤/秒；

ω_2 、 ω_1 ——粉粒体的终速和初速，一般粗略计算取 $\omega_1=0$ ，

$$\omega_2 = \omega_{\text{气}}；$$

Q ——气体流量，米³/秒；

g ——重力加速度，米/秒²。

整个输送系统的阻力等于以上四项之和，即：

$$h_{\text{总}} = h_{\text{摩}} + h_{\text{局}} + h_{\text{升}} + h_{\text{加速}} \text{ 公斤/米}^2 \text{ 或毫米水柱}$$

所选真空抽风设备的工作真空度必须能克服系统的总阻力，即大于 h_{Σ} ，而抽风机在工作真空度时的吸入风量必需大于输送所需风量 Q_{Σ} ，在系统密封合理时约过量5~10%。

(二) 设计所取的参数

(1) 氧化锌的物理性能容积比重(平均)0.67吨/米³；含水量<1%；自然堆角43°~47°；布袋氧化锌温度为常温；冷却烟道入口前氧化锌温度约200°C。

(2) 吸入口气流速度 12米/秒。

(3) 混合比 $M = \frac{\text{物料输送量}}{\text{所需空气重量}} < 10$

(4) 吸送风量 10米³/分

(5) 输送距离 10号绞龙口至分离布袋箱水平距139米，扬高15米；12号绞龙口至分离布袋箱水平距147米，扬高15米；冷却前灰斗至分离布袋箱水平距187米，扬高15米。

(6) 给料方式 绞龙连续供料，用下吸式固定吸嘴吸入。

(7) 分离方式 经三段分离，前两段由两组并联。

(8) 总阻力损失 462.2毫米汞柱。其中输料管道阻力(包括弯头)396毫米汞柱，受料罐3.2毫米汞柱，小旋涡收尘7.4毫米汞柱，布袋收尘7毫米汞柱，输气管道18毫米汞柱，加速6.8毫米汞柱，提升8.8毫米汞柱，吸嘴15毫米汞柱。

(9) 真空泵的工作真空度 60%。

四、试生产测试数据及分析

1. 真空度的测试(毫米汞柱)

开动一台真空泵时测试数据如下表：

顺 序	工 作 情 况	泵内真空度	1 号 测 点 真 空 度	2 号 测 点 真 空 度
1	真空泵入口关闭	610	—	—
2	布袋箱入口关闭	595	—	—
3	分离系统入口关闭	545	—	—
4	吸嘴入口关闭	530	525	520
5	打开吸嘴输送纯气流	115	80	10
6	供料输送, 供料小,	280	270	130
	供料输送, 供料大,	480	430	70
	供料输送, 料稍小,	380	300	100
	供料输送, 料稍大,	430	420	30
	供料输送, 料稍小,	370	280	100
	供料输送, 料稍大,	450	430	140
	处理数据	400~450	320~380	100~150

分析说明:

(1) 泵入口关闭时测得的是泵实际能达到的最大真空度, 为

$$\frac{610}{760} \times 100\% = 80.3\%$$

说明泵未达到应有的质量标准, 其最大真空度应为93%。

(2) 2~4项真空度的递降反映系统的漏气情况。

(3) 第5项泵内真空度反映输送纯气流时的系统总压力损失。

(4) 第6项为输送氧化锌时各测点真空度数据, 其值变化很大, 是因供料不均匀, 不稳定, 应以供料大时的处理数据来衡量。测点1与测点2之差约为220~250毫米汞柱, 是分离系统与输气管道的压损, 测点1与真空泵之差约为60~80毫米汞柱, 是分离系统与输气管道的压损, 整个系统的压损为400~450毫米汞柱。

(5) 纯气流输送与供料输送的压损比约为 $a \approx \frac{420}{115}$

$\approx 3.5 \sim 4$ 。

2. 分离效果及输送效率的测试

测试日期	输 送 延 续 时 间	分离收集的氧化锌量						泵情排水的情况	开台动泵的数	输送效率吨/小时	备 注
		受 料 罐		小旋涡		布袋箱					
		重 量 公 斤	%	重量公斤	%	重量公斤	%				
7月31日	1 小时 10 分	2740	99.63	0.5	0.18	0.5	0.18	很清	1	2.73	
8月1日	2 小时 40 分	6120	99.97	1	0.03	1	0.03	很清	1	2.3	
8月30日	4 小时 45 分	12490	99.7	7.69	0.08	24.5	0.22	微有混浊	2	2.64	收尘布袋有破损的洞眼，放受料罐灰时开动真空泵抽动，因而旋涡及布袋灰增多

从上表可看出，分离效果是较满意的，99.6%以上的氧化锌收集在受料罐，大大减轻了小旋涡及布袋箱的负荷，便利了它们的使用与维护。但是输送效率却不高，主要原因在于混合比提不高，开一台泵时混合比为3，开两台泵时为3.5，而混合比是受物料的物理特性及输距太长所制约，然而在延续的输送时间内，供料是不均匀的，由供料小而混合比小就降低了输送效率，在不引起堵塞的情况下，均匀地适量给料，可以进一步提高输送效率。

五、经验总结及理论探讨

对于用真空抽吸法长距离地输送粘性物料，据了解，目前国内外尚缺乏成熟的经验，我们的工作也是处于初步摸索阶段，然而就氧化锌粉真空输送运行以来所取得的技术经验进行总结及理论探讨，对进一步的改进与提高这项技术是有益的，但由于我们的理论水平不高，测试仪表缺乏，仅能从实践的观点提出一些粗浅的认识。

1. 被输送物料的物理特性

被输送物料一般均要求流动性好，粘性小，无凝聚，粒度在20~30毫米以下，腐蚀性和磨损性宜小。我厂氧化锌是从气相中析出的一种极细的多角形的粉末，其平均当量直径约1~5微米(μ)，故粘性大，易凝聚，流动性很差，是气动输送中最难输送的一种类型。其具体表现为：(1)吸嘴供料处气固两相难以均匀混合，难以达到较大的混合比；

(2)输送过程不稳定，出现疏密流和集团流，从而可引起阻塞，对于输送氧化锌粉这样的粘性物料，应注意以下几点：

(1)混合比必须适宜，不能太高，气流速度则应采用较大的计算值，才能使输送过程稳定。

(2)采用连续均匀的给料机(如螺旋给料机、星形阀、振动给料器等)向吸嘴均匀给料使粉粒体在进入吸嘴时即与空气初步混合，具有初速度，促使吸嘴均匀连续地工作。

(3)对较长的水平管道，应分段设吸气口便于处理堵塞和管道下壁的沉积物。

(4)利用供料的间断时间及输送的终始时间，用吸入空气清洗管内沉积物，保持管道气流断面不缩小。