

# 离心概率筛理论和设计

陈 松 著

中 国 铁 道 出 版 社

1 9 9 3 年 • 北 京

## 8. 概率和系数 (%)

$P$  —— 离心筛总透筛概率

$P_1$  —— 直线段一次筛分概率

$P_{0.5}$  —— 直线段半次筛分概率

$P_n$  —— 直线段  $n$  次筛分概率

$P_R$  —— 圆弧段透筛概率

$P_{(e)}$  —— 圆弧段瞬时透筛概率密度

$\eta$  —— 直线段长度利用系数

$\eta_1$  —— 筛带宽度利用系数

## 9. 无量纲符号

$f$  —— 道碴和筛面间的动摩擦系数

$f_0$  —— 道碴和筛面间的静摩擦系数

$K_1$  —— 道碴的厚宽比

$K_2$  —— 道碴的长宽比

$K$  —— 筛孔排数

$Z$  —— 离心链轮齿数, 或离心轮虚拟齿数

$Z_1$  —— 主动链轮齿数

$i$  —— 清筛机上筛箱的个数

## 10. 其他

$m$  —— 质量 (kg)

$t$  —— 时间 (s)

$Q$  —— 清筛机生产率 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

(京) 新登字063号

## 内 容 简 介

本书是我国第一本介绍离心概率筛的筛分理论和设计的专著。书中对离心概率筛的筛分理论、结构方案、参数选择、优化设计方法和经验均作了详尽的阐述，并附有实例。是从事道碴清筛机研制工作的工程技术人员和大专院校师生的必读专著，并可作为选修课教材。

## 离心概率筛理论和设计

陈 松 著

中国铁道出版社出版、发行  
(北京市东单三条14号)

责任编辑 王俊法 封面设计 陈东山  
各地新华书店经售  
中国铁道出版社印刷厂印

---

开本：787×1092毫米1/32 印张：5.125字数：107 千

1993年12月 第1版 第1次印刷

印数：1—1000册

---

ISBN7-113-01423-2/TH·37 定价：3.30元

# 前 言

用离心筛作为筛分机构的道碴清筛机，深受铁路工务部门的欢迎，在生产中发挥了很大作用，其类型和数量不断增加。然而作为机器核心工作部件的离心筛在结构上尚有待完善，筛分理论还很不成熟，理论和设计方面的资料也十分贫乏。

近十余年来，作者从事道碴清筛机的研究和教学工作，将离心筛发展为离心概率筛。经试验验证表明，此筛极有前途。因此，特将此书献给现在的和未来的同行和读者，以求离心筛分理论和结构的进一步完善。不妥之处，敬请指正。

在本书的编写过程中，得到长沙铁道学院机械工程系钟曼君、戴慧工、吴德恒、皮和以及长沙矿山设计院机械所李建修、长沙量具厂陈石等同志的大力协助，谨表谢意。

著 者

一九九二年九月

## 常用符号表

### 1. 速度：单位m/s

- $v$ ——筛带速度  
 $v_{\max}$ ——筛带最大速度  
 $v_{\min}$ ——筛带最小速度  
 $v_z$ ——道碴在圆弧段筛面的瞬时速度  
 $v_{zg}$ ——道碴的抛射速度  
 $v_r$ ——道碴相对筛面的实际相对滑动速度  
 $V_{j1}$ ——下滑区道碴不超越筛孔的相对滑动速度  
 $V_{j2}$ ——上滑区道碴不超越筛孔的相对滑动速度  
 $V_{j3}$ ——道碴正好落入筛孔的相对滑动速度  
 $V_{j4}$ ——薄层筛分的极限相对滑动速度  
 $V_{ZF}$ ——圆弧段筛分区中最低道碴运动速度  
 $V_t$ ——链条瞬时切线速度  
 $V_r$ ——链条瞬时法线速度  
 $V_d$ ——直线段上筛面道碴实际相对滑动速度  
 $V_0$ ——抛射速度  
 $V_x$ ——筛面直线段道碴正好落入筛孔的相对滑动速度  
 $V_s$ ——筛面直线段道碴不超越筛孔的相对滑动速度

### 2. 长度：单位m

- $L$ ——直线段长度  
 $L_0$ ——直线段有效工作长度  
 $l$ ——筛孔长度  
 $l_{0k}$ ——有效筛孔长度

- $l_0$ ——临界筛孔长度  
 $b$ ——筛带有效宽度  
 $b_k$ ——筛孔宽度  
 $b_s$ ——筛片厚度  
 $a$ ——道碴的半粒径 (道碴的半宽度)  
 $a_{max}$ ——最大道碴半粒径  
 $a_1$ ——道碴的半厚度  
 $a_2$ ——道碴的半长度  
 $R$ ——离心筛筛面曲率半径  
 $R_z$ ——道碴的回转半径  
 $R_{zx}$ ——小道碴的回转半径  
 $R_{zD}$ ——大道碴的回转半径  
 $R_1$ ——主动链轮分度圆半径  
 $x$ —— $x$ 轴坐标值  
 $y$ —— $y$ 轴坐标值  
 $r$ ——隔离套筒半径  
 $p$ ——链条节距  
 $h$ ——道碴层厚度 (mm)  
 $[h]$ ——道碴层允许厚度 (mm)

### 3. 面积: 单位 $m^2$

- $S_0$ ——一个链节上的筛孔面积  
 $S_{0k}$ ——一个链节上的有效筛分面积

### 4. 加速度: 单位 $m/s^2$

- $g$ ——重力加速度 (图中)  
 $g_n$ ——重力加速度  
 $a_t$ ——链条切线加速度

$a_r$ ——链条法线加速度

## 5. 角度：单位（度）

$\alpha_1$ ——啮入过程中链节铰链在主动轮上的相位角（啮入相位角）

$\beta$ ——圆弧段筛带上链节销轴连接线和销轴中心处曲率半径间的夹角

$\beta_0$ ——链条在离心轮上的啮合相位角

$\gamma$ ——抛射角

$\xi$ ——两倍道碴和筛面间摩擦系数的虚拟摩擦角

$\theta$ ——以垂直轴线度量的筛带圆弧段转角

$\theta_k$ ——以垂直轴线度量的筛带圆弧段开始滑动角

$\varepsilon$ ——从水平轴线度量的筛带圆弧段转角

$\varepsilon_k$ ——从水平轴线度量的筛带圆弧段开始滑动角

$\varphi$ ——道碴和筛面间的动摩擦角

$\varepsilon_c$ ——圆弧段筛面脱离角

$\varphi_0$ ——道碴和筛面间的静摩擦角

## 6. 力：单位N

$N$ ——法向反力

$u$ ——惯性力

## 7. 角速度：单位rad/s

$\omega$ ——离心轮角速度

$\omega_z$ ——道碴在圆弧段筛面的瞬时角速度

$\omega_{zc}$ ——道碴抛射瞬时角速度

$\omega_{min}$ ——圆弧段筛面最小角速度

$\omega_1$ ——主动链轮角速度

# 目 录

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 常用符号表                      | 1  |
| 第一章 离心筛分机构的结构方案            | 1  |
| 第一节 苏联道碴清筛机及其筛分机构的结构特点     | 1  |
| 第二节 我国离心筛式道碴清筛机及其筛分机构的结构特点 | 12 |
| 第二章 道床道碴的有关性状              | 2  |
| 第一节 道碴的摩擦系数                | 26 |
| 第二节 道碴的几何形态                | 32 |
| 第三节 道床道碴成分                 | 38 |
| 第三章 离心筛圆弧段的运动分析            | 51 |
| 第一节 概 述                    | 51 |
| 第二节 道碴质点沿圆弧段筛面的滑动条件        | 52 |
| 第三节 滑动过程中道碴质点的运动速度         | 54 |
| 第四节 道碴质点的抛射                | 55 |
| 第五节 清洁道碴的承接                | 58 |
| 第四章 道碴沿圆弧段筛面的相对滑动速度        | 61 |
| 第一节 道碴的实际相对滑动速度            | 61 |
| 第二节 道碴的理论相对滑动速度            | 63 |
| 第三节 实际和理论相对滑动速度的匹配类型       | 78 |
| 第五章 圆弧段筛面的透筛概率             | 83 |
| 第一节 概 述                    | 83 |
| 第二节 有效筛孔长度和有效筛分面积          | 84 |
| 第三节 圆弧段的透筛概率               | 87 |
| 第六章 离心筛直线段的运动分析            | 94 |

|      |                   |     |
|------|-------------------|-----|
| 第一节  | 直线段的运动分析          | 94  |
| 第二节  | 道碴沿直线段筛面的相对滑动速度   | 97  |
| 第三节  | 道碴相对滑动速度的匹配       | 101 |
| 第七章  | 直线段筛面的透筛概率        | 103 |
| 第一节  | 直线段透筛概率的确定        | 103 |
| 第二节  | 直线段透筛概率的主要影响因素    | 107 |
| 第八章  | 离心概率筛的结构特征及其最优化设计 | 115 |
| 第一节  | 离心概率筛的结构特征        | 115 |
| 第二节  | 离心概率筛的优化设计        | 121 |
| 第九章  | 筛分率的测定和理论计算       | 131 |
| 第一节  | 筛分率的测定            | 131 |
| 第二节  | 筛分率的理论计算          | 134 |
| 参考文献 |                   | 153 |

## 第一章 离心筛分机构的结构方案

在道碴清筛机上，筛分机构是它的核心部件。其结构方案服从于机器的总体布置及道碴流程的需要。而筛分机构的结构方案又会影响到其它部件的设计。

### 第一节 苏联道碴清筛机及其筛分机构的结构特点

在苏联的道碴清筛机上均采用离心筛作为筛分机构。这是阿·姆·德拉卡夫采夫 (А·М·Драгавчев) 所建议的，故其机具称为德拉卡夫采夫系列。

按作业的生产特征，苏联的道碴清筛机分为三种类型：同时起道的道碴清筛机 (ЩОМ-Д、ЩОМ-ДО和ЩОМ-4)；不起道的道碴清筛机 (ЩОМ-3У)；揭去轨排的道碴清筛机 (БМУ和БМС)。它们的主要技术参数列于表 1—1 中。

#### 一、ЩОМ-Д型道碴清筛机

该机安装在ЭЛБ-1型电动式铺碴机的机架上(图 1—1)。机器上安装了道碴筛分机构 4，用来铲平轨排下清洁道碴的整平器 3，以及装有向筛分机构收集道碴的翼板。

道碴筛分机构是机器的主要工作部件，由提升架 4、带传动装置的筛带 1、支撑架 6、切碴刀 8 和碴箱 11 所组成，如图 1—2 所示。

在支撑架 6 上安装有导向链轮 7、滚轮组 12 和脱开装置

14. 筛带环绕在它们上面，筛网紧固在两条节距为50.8mm的套筒滚子链上，筛带由链轮2传动。

苏联的道碴清筛机

表 1—1

| 参 数    | 单 位               | 机器牌号      |           |                 |            |      |
|--------|-------------------|-----------|-----------|-----------------|------------|------|
|        |                   | ШОМ<br>-Д | ШОМ<br>-4 | ШОМ<br>-ДО      | ШОМ<br>-3V | БМС  |
| 生 产 率  | m <sup>3</sup> /h | 2000      | 3000      | 3000            | 150—400    | 1000 |
| 最大清筛宽度 | m                 | 5         | 5         | —               | 4          | 5    |
| 最大清筛深度 | m                 | 0.25      | 0.45      | 0.4             | 0.35       | 0.25 |
| 生产作业方式 | —                 | 同时起道      |           |                 | 不起道        | 揭去轨排 |
| 清筛道碴方式 | —                 | 离 心 式     |           |                 |            |      |
| 杂物排除   | —                 | 路 边       |           | 线路限界外和<br>机车车辆中 |            | 路边   |
| 转移方式   | —                 | 非自行式      |           |                 | 自行式        | 非自行式 |
| 运输速度   | km/h              | 50        | 80        | 80              | 50         | —    |
| 机器重量   | t                 | 148.3     | 160       | 147             | 80         | 12   |

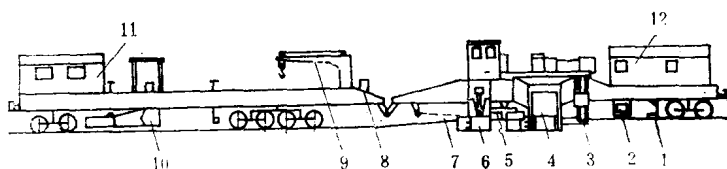


图 1—1 ШОМ-Д型道碴清筛机

1——钢轨—枕木刷；2——可移动操纵台；3——整平器；4——筛分机构；5——起道机构；6——带翼板的铺碴架；7——拉链；8——吊车操纵台；9——悬臂式转臂吊车；10——配料器；11——机器间；12——驾驶室。

在侧架下部固定有翼板13和切碴刀8。翼板用来扒集道碴并将其引向切碴刀。切碴刀为焊接结构，由下刀片、松碴齿、筛带导向装置和刀片连接刚性拱所组成。切碴刀共有七

片。运输状态时将它放在电动铺碴机的桁架上，当道碴筛分机构在准备作业时，用悬臂吊车并借助于四个绞车将它取下，装在支撑架上。为了调节清筛深度，用螺杆千斤顶改变切碴刀的位置。碴箱11用来承接筛带抛出的清洁道碴并将其回填到道床的全宽上。碴箱是一个无底的金属箱，固定在桁架上。为了按道床调节清洁道碴的配置状况，碴箱上装有两块挡板，可用电机经蜗杆减速器和螺杆传动挡板沿导向装置移动。

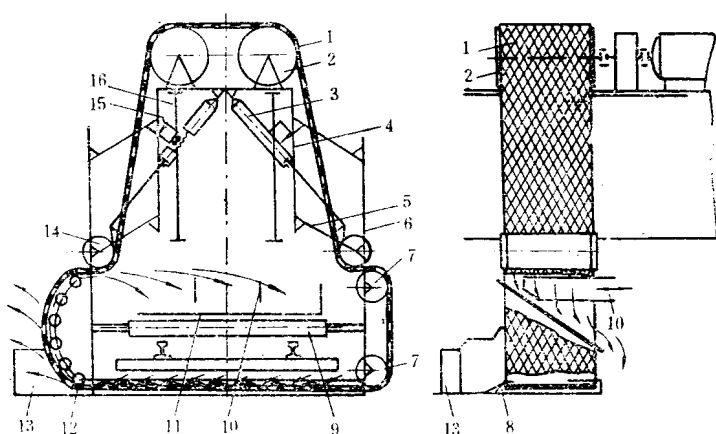


图 1—2 LIOM-D 的筛分机构

- 1 —— 筛带；2 —— 传动链轮；3 —— 支撑架提升油缸；4 —— 提升架；5 —— 横杆；6 —— 支撑架；7 —— 导向链轮；8 —— 切碴刀；9 —— 推力蜗杆式千斤顶；10 —— 挡板；11 —— 碴箱；12 —— 滚轮组；13 —— 支撑架翼板；14 —— 脱开装置；15 —— 齿条式制动装置；16 —— 机器桁架。

LIOM-D 道碴清筛机由内燃机车牵引，并由内燃机车提供100kW的驱动功率。

机器工作时，置于轨枕下的切碴刀切割道碴层，道碴沿

刀片进入筛带的直线段,筛带高速运动(12m/s)运送道碴。道碴呈薄层分布(75mm以内),而后进到曲线段。道碴在筛面上产生相对滑动而将碎碴筛分出来,碎碴透过筛孔并向线路之外抛出。而清洁道碴随筛带升到抛扬装置,沿抛物线轨迹作自由飞行运动落入碴箱中,随后填入道床。

## 二、ШОМ-4型道碴清筛机

ШОМ-4型道碴清筛机的筛分机构与 ШОМ-Д型上的结构相似。它由提升架21、支撑架25、筛带26和切碴刀28所组成,如图1—3所示。

ШОМ-4型道碴清筛机在生产率和清筛深度上优于 ШОМ-Д型。该机以ЭЛБ-3型电动铺碴机做基础,用内燃机车牵引,由两个功率为200kW的电机传动筛分机构。

ШОМ-4型道碴清筛机结构上的突出特征是设有转子装置9、道碴抽样输送带19和轨枕盒穿通装置5。

转子装置9用来从路肩线间切开枕端之外的道碴,其目的是降低机器的作业阻力。它是在导向桁架两面配置的两个多摆斗转子,和转子式深沟挖掘机工作装置的结构相似。每一个转子都安装有倾斜槽10,从转子摆斗中倒出的道碴经槽10导引到轨道之内。

轨枕盒穿通装置5是用来消除已抬起轨排的轨枕之间堵塞的道碴。该装置表面装有若干根前端加厚的辐条,其轴心自由旋转。和轨枕相啮合的辐条沿轨枕移动,如齿轮沿齿条的移动一样,辐条插入枕间空档将堵塞的道碴疏通。

道碴抽样装置由道碴抽样输送带19和副箱17所组成。可利用该输送带抽样检查清洁道碴的情况,以防止线路提升过高。由副箱17出来的道碴可沿斜槽落入轨枕盒中,或者落在枕端之外。

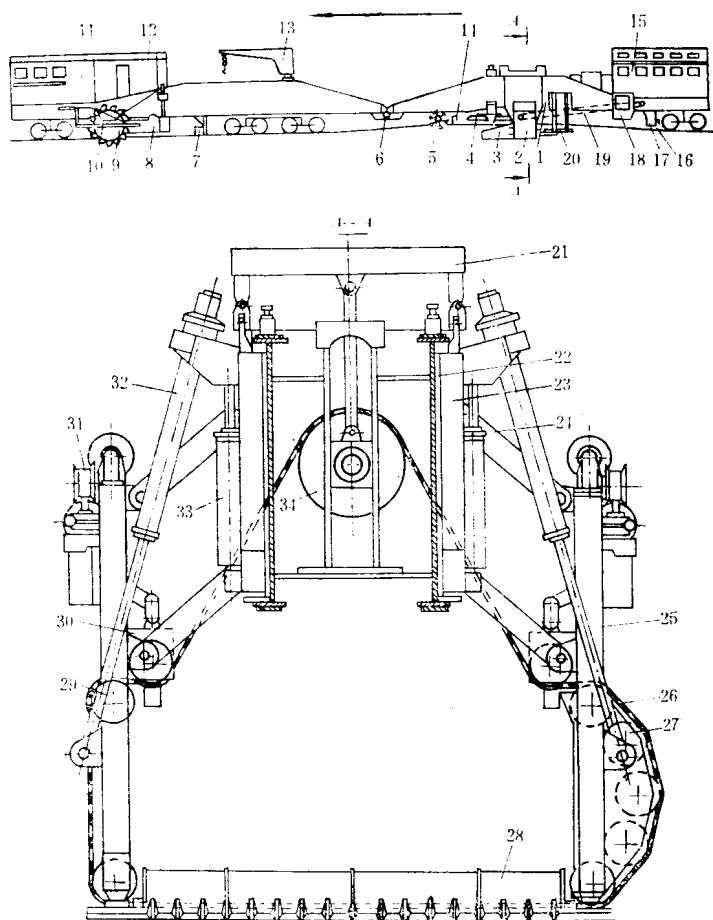


图 1—3 LIIOM-4型道碴清筛机

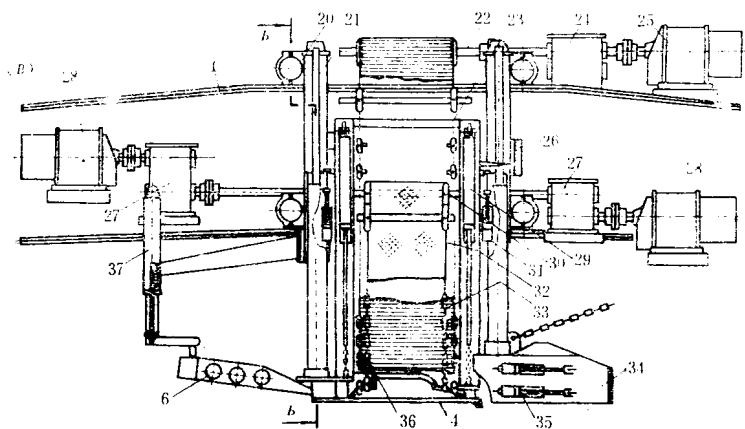
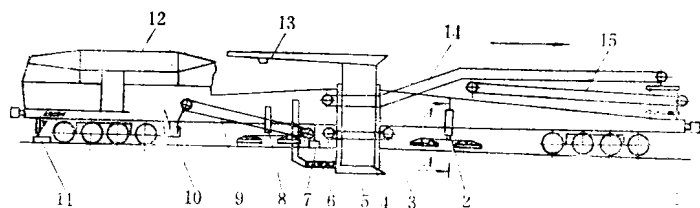
1 — 桁架；2 — 道碴筛分机构；3 — 支撑架翼板；4 — 起道装置；5 — 轨枕盒穿通装置；6 — 架间铰连；7 — 轨刷；8 — 配料器翼板；9 — 转子装置；10 — 倾斜槽；11 — 发电车；12 — 风雨棚；13 — 悬臂式转臂吊车；14、16 — 轨枕刷；15 — 操纵室；17 — 副箱；18 — 道碴筛分装置操纵室；19 — 道碴抽样输送带；20 — 整平器；21 — 提升架；22 — 导向装置；23 — 滑枕；24 — 杠杆；25 — 支撑架；26 — 筛带；27 — 滚轮组；28 — 切碴刀；29 — 链轮；30 — 调节装置；31 — 绞车；32 — 支撑架外倾油缸；33 — 提升架起落油缸；34 — 传动链轮。

工作时，进入筛带的道碴得到筛分，污碴排出机外，清洁道碴落入箱中，继而重新落回道床或者落到道碴抽样输送带上。

### 三、ШОМ-ДО型道碴清筛机

ШОМ-ДО型道碴清筛机可用于任意型号钢轨和轨枕

(a)



$\alpha$ ——机器简图； $\delta$ ——提升机构； $B$ ——道碴筛分装置；

1——桁架；2、8——起道机构；3、9、14、15——输送带；4

——切碴刀；5——道碴筛分装置；6——螺旋推进式整平器；7、

11——1号枕刷；10——箱；12——驾驶室；13——悬臂式吊车；

的铁道路线上的道床清筛，同时机器可清筛站场包括高站台在内的线路道床，其污碴可排至集土列车或线路之外的碴坑中。该机用内燃机车牵引，并向工作部件提供500kW的功率。

机器安装在单跨距式桁架上（图1—4）。桁架安装在两个四轴式转向架之上。桁架上装有起道机构2和8、道碴筛分装置5、整平器6、主输送带14、转臂输送带15、中间输送带3和倾斜输送带9等。

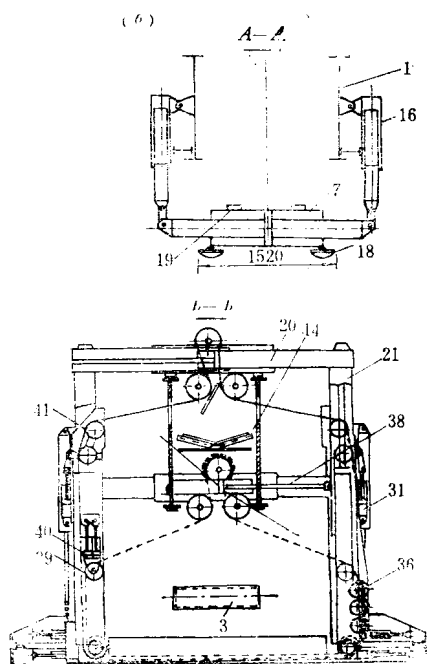


图1—4 ШОМ-ДО型道碴清筛机

16、17、20、21、29、31、35、38、40——油缸；18——滚轮；19、23——机架；22——脏物输送带传动轴；24、27——减速器；25、28——电动机；26——切碴刀入土指示器；30——筛带传动轴；32、33——带；34——支撑架翼扭；36——滚轮组；39、41——张紧链轮。

该机的筛分机构由滚轮组、张紧链轮、筛带张紧油缸，切碴刀片调整油缸、支撑架翼板、翼板开启油缸和切碴刀所组成。

与前面两种清筛机不同，LHOM-110型道碴清筛机上的筛分机构，除有主筛带32以外，还有排出杂物的脏物带33。脏物带由互相铰连的钢板构成，其边缘固接在两条节距为50.8mm的套筒滚子链上。筛带用两台功率为180kW的直流电机28传动。脏物带用功率为180kW的电机25传动，其带速为9.35m/s。

机器上装有四条输送带。主输送带14倾斜安装，可将污碴卸到转臂输送带15上，然后再将污碴卸到集土列车上或者卸到线路限界之外的碴坑中。输送带15是悬臂式的。中间输送带3水平安装，用来承接和输送清洁道碴，其后有倾斜输送带9，清洁道碴经过这两个输送带可送到碴箱10中。碴箱可保证向道床轨枕盒定量分配落碴。

机器工作时，随切碴刀的运动切松道碴并将其导入筛带，在此道碴得到筛分，透过筛带的污碴落到脏物带上并将其带到主输送带上。清洁道碴则被抛至中间输送带上，随之回填到道床之中。

#### 四、LHOM-3Y型道碴清筛机

该机主要用于带道岔的站线道床清筛，它是一种自行式不起道的道碴清筛机，其结构简图如图1—5所示。由驾驶室2操纵机器运行，工作装置则由两个辅助操纵室4控制。

机器的工作部件为扒碴机构8，筛分机构7、配料器3和补料装置5。机器的行走架1安装在两台自行式双轴转向架上。

扒碴机构8的U形导向体23装在导向装置上，带扒板的