



# 矿石码头装卸工艺优化设计虚拟仿真实验 教学课件

河海大学

项目访问网址：<https://xnfzgx.hhu.edu.cn/exp/50.html>



# 干散货装卸工艺

## Dry-bulk Handling Technology



## 1.1 煤炭、矿石装卸运输概述

### ➤ 煤炭、矿石的特性

#### ◆ 散货的含义

运输过程中不加包装而散运的货物，这里主要指煤炭和矿石。

#### ◆ 煤炭、矿石的特性

##### • 货物种类多

**煤炭：**无烟煤、烟煤、褐煤

**烟煤：**贫煤、瘦煤、焦煤等12种

- 货物的大小、容重、流动性和粘结性，堆积角、自燃性等不一样
- 具有冻结性、脆弱性、扬尘性

## ➤ 煤炭、矿石运输工具的特性

### ◆ 散货船舶的特性

- 载重吨位高、单层舱、大容量、大舱口，装船时无须平舱、卸船时减少清舱工作量，甲板上建筑物少，设备少(不设起重机和桅杆)，方便装卸船机换舱移机。
- 大型化、专业化



## ➤ 煤炭、矿石运输工具的特性

### ◆ 运输车辆的特性

- 专用车型：底开门漏斗车、侧开门漏斗车
- 通用车型：敞车、棚车





## 1.2 煤炭、矿石出口装卸工艺系统

### ➤ 卸货车工艺

#### ◆ 抓斗起重机卸车

- 利用普通带抓斗的龙门起重机、轮胎（履带）式起重机，直接在车厢内抓取作业
- 卸车后可经皮带机转运或直接堆垛
- 效率不高 $\leq 200\text{t/h}$
- 适用于运量不大的码头



## ◆ 翻车机卸车系统

- 车辆翻卸系统
- 物料输送系统
- 车辆推送系统

### 翻车机卸车系统特点

- 系统的机械化程度高，卸车效率高，效率可达800~8000t/h，卸车后车内余量小
- 对货种及物料块度的适应性强
- 系统机械设备多，投资费用高
- 对车辆适应性差，对车辆损害大

## (1) 车辆翻卸系统

- 翻车机：将车夹持，旋转180°，倾倒入物料，将物料一次卸出
- 卸下的物料落入翻车机下的料斗中，翻车机坐落在专业设计的基础上，基础内接料斗，料斗下有输送机系统。

转子式、侧倾式；单翻式、串翻式





## (2) 物料输送系统

- 由料斗、给料机、输送机组成
- 料斗位于翻车机下方，容量以1辆车为准
- 料斗的出口有给料机，向带式输送机喂料

## (3) 车辆推送系统

**重车线的重载车推入翻车机，卸完后的空车及时排出**

- **重车推送**

**机车推送：列车停在重车线，由机车从列车后面逐辆推入翻车机内摘钩后翻卸；**

**铁牛推送：整辆推送；单车推送；**

**定位车推送：类似重车铁牛，不同在于定位车位于铁路的一侧。**

• 空车集结

溜放集结：贯通式，折返式（驼峰）

空车铁牛推送集结：折返式（迁车台）



## ◆ 螺旋卸车机系统

在侧开门敞车上利用水平双向(单向)螺旋插入物料中旋转时向车厢的两侧(或一侧)推卸物料、落入设在铁路下方的料斗。

### 螺旋卸车机系统特点:

- 构造简单, 投资少, 效率高, 对车辆适应性好
- 对物料的粒度要求较高, 不宜过大, 适于松散、粒度小的物料
- 流量不易控制、作业要求较差, 粉尘污染严重
- 效率一般在300~500t/h, 适于中小型码头



## ◆ 链斗卸车机系统

也叫联合卸车机，跨在铁路线上，以多排链斗在车厢内逐层挖取物料并提升，然后由机上的横向带式输送机向铁路的一侧或两侧堆料。

### 链斗卸车机系统特点：

- 适于松散、粒度较小的物料，对粒度大，含水量大具有粘性的物料，作业困难
- 高处卸货，无需坑道皮带机，粉尘控制比较困难
- 除走行轨道基础外，无需其它基础工程，造价低
- 适用于运量不大的码头，效率约在300~400t/h



## ◆ 底开门自卸车系统

底开门自卸车是一种卸车效率很高的散货专用列车。卸车时打开底部门，将物料卸至货槽，货槽底部设漏斗和皮带机，将物料运到堆场。

### 底开门自卸车系统特点：

- 不需其它卸车设备，卸车效率高，物料卸车彻底
- 车辆造价高，利用率低
- 需要铁路专线，须作矿、路、港综合论证

## ➤ 堆场工艺

### ◆ 堆场作业机械

#### (1) 堆料机 (stacker)

- 悬臂式堆料机

**单悬臂** (具有走行、悬臂俯仰、旋转机构和悬臂输送机及供料尾车等装置)

**双悬臂** (具有走行、悬臂俯仰机构和悬臂输送机及供料尾车等装置)

黄骅港4400t/h-R40 堆料机



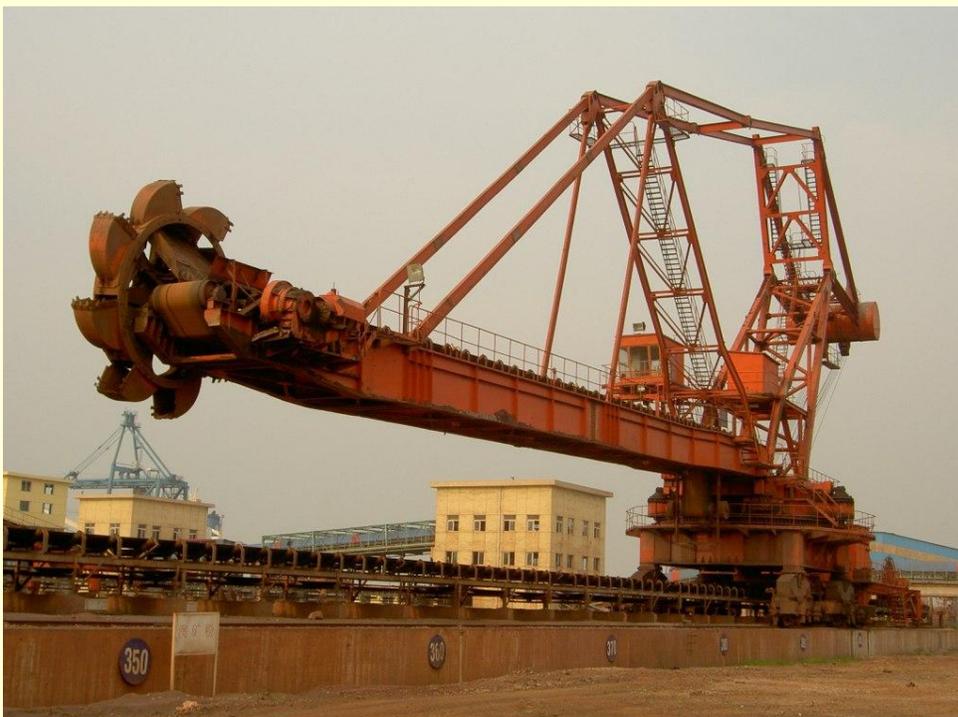
## (2) 取料机 (reclaimer)

- 悬臂式斗轮取料机

具有大车行走、悬臂俯仰、旋转、斗轮取料机构等工作机构构成

- 门式斗轮取料机

70年代开发的新机型，跨料堆作业，由门架、活动梁、以及大车走行、斗轮横移、活动梁升降及机上胶带输送机等机构构成



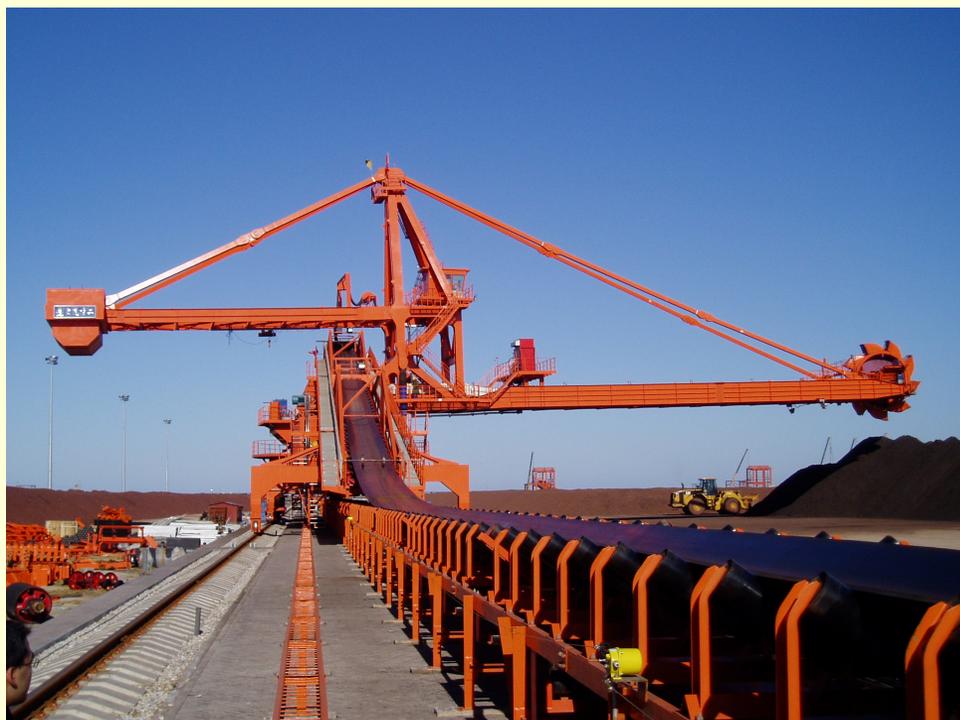
### (3) 堆取料机

- 悬臂式斗轮式堆取料机

将悬臂堆料机与悬臂斗轮堆取料机的功能集于一身，可以自堆自取，作业灵活，方便

- 门式斗轮堆取料机

在门式斗轮取料机上增加梭状堆料输送机和供料尾车，使其既可堆料，又有取料的功能





## ◆ 堆场工艺

### (1) 地面堆取料机装卸工艺：堆取分开机型、堆取合一机型

#### 堆取分开机型：

- 悬臂式堆料机+悬臂式斗轮取料机
- 门式斗轮堆料机+门式斗轮取料机
- 单悬臂式堆料机+门式斗轮取料机
- 带式输送机堆料+龙门抓斗起重机取料

#### 堆取合一机型

- 悬臂式斗轮堆取料机
- 门式斗轮堆取料机



## 堆取分开机型：

- 堆料机与取料机间隔布置，作业互不干扰
- 适用于物料品种多，作业频繁和要求进出堆场同时作业的堆场
- 设备台数较多
- 地面带式输送机可为单独专用的堆料或取料系统

## 堆取合一机型：

- 一机多能，既堆又取，可减少堆场设备台数
- 适用于物料货种少和不经常出现进出堆场同时作业的地方
- 地面带式输送机为可逆式带式输送机

## (2) 坑道皮带机堆场工艺

存煤的堆场之下、构筑地下坑道设置带式输送机，堆场上的物料经地下坑道输送机出场

堆料方式：

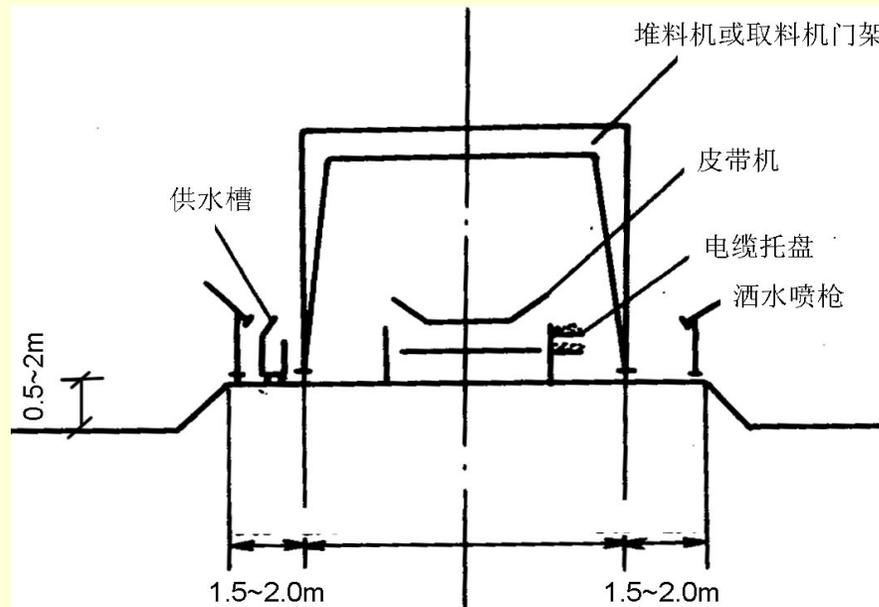
- 双悬臂或单悬臂堆料机堆料
- 高架带式输送机以卸料小车堆垛

向坑道输送机喂料方式：

- V 型自流式坑道
- 平坑道+喂料机

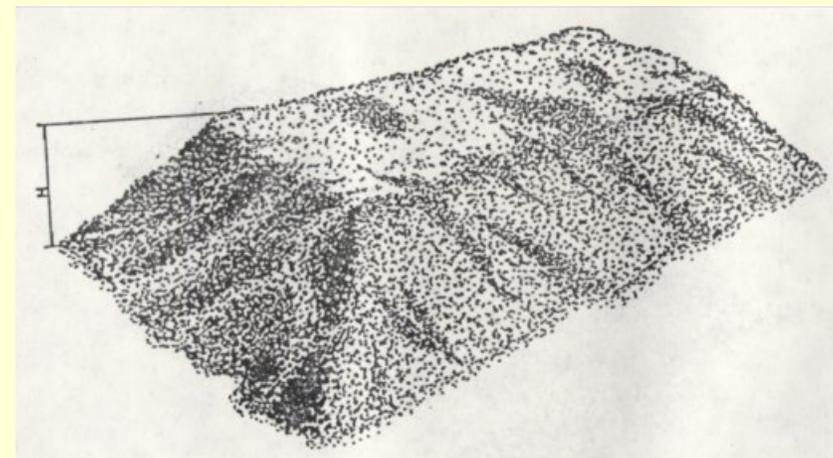
## ◆ 堆场布置

### (1) 堆料机、取料机轨道基础布置



### (2) 垛型布置

- **垛型**：长方形平顶垛，顶部平直匀整、底部距机械轨道距离不小于1.5m
- **堆高**：根据堆场荷载能力而定



## ➤ 装船工艺

### ◆ 装船机械

- 固定转盘式装船机
- 摆动式装船机
- 移动式装船机





## (1) 固定转盘式装船机

装船机固定在墩柱上，机身不能移动，通过悬臂皮带机（皮带机下有一溜筒），水平方向上旋转、伸缩，将物料均匀分配到各舱内；悬臂还可以俯仰操作，低水位降下悬臂，使投送高度降低，避免粉尘，高水位升起悬臂或转向，避免碰撞。

### 固定转盘式装船机特点：

- 机体固定，地面带式输送机供料点固定，便于采取防尘措施
- 机型构造简单，设备和码头基础工程费用低
- 作业覆盖范围小，往往增加装船机台数来弥补或进行移船作业

## (2) 摆动式装船机

由绕中心转动的桥架装置和在桥架上前后移动的臂架装置所构成。桥架借助前端回转台车，沿轨道运行，桥架本身绕后端墩柱的支承中心回转而摆动。

**弧线摆动式装船机，直线摆动式装船机**

**摆动式装船机特点：**

- 采用单机头，充分发挥皮带机效率高的特点
- 机体结构庞大，但码头水工结构简单，施工快，工程造价低





### (3) 移动式装船机

#### 移动式装船机特点：

- 需要有与装船机一起移动的卸料机和供料皮带机
- 具有较好的作业性能和对船舶的适应性，是采用最多的机型
- 带式输送机通过尾车供料，不易密闭，防尘比较困难，机型复杂，基础工程费用高

#### ◆ 装船能力与船型关系参考

船型 (DWT)	15000以下	35000	50000	100 000	100 000以上
装船能力 (t/h)	2000	2000~5000	4000~6000	6000~8000	8000~100000

#### ◆ 装船系统的配置

- 装船机台数：单机、双机、多机
- 装船机作业范围：对设计船型应覆盖全部舱口，兼顾船型也应基本适应



## ◆ 输送作业

- 倾角：皮带机长度方向倾斜部分直线与水平面所成的夹角。由物料的特性所决定的，对大多数煤炭和矿石，其倾角在 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$  之间
- 槽角：皮带机长度方向横截面一组托辊的两侧斜辊轴线分别与平辊轴线的延长线之间所形成的夹角，根据带宽与运送能力大小决定。在同样带宽情况下，槽角越大，运送能力越大。目前有选择  $30^{\circ}$   $35^{\circ}$   $40^{\circ}$   $45^{\circ}$  几种。而现在大多数皮带机选择 $35^{\circ}$  和 $40^{\circ}$  槽角。



## ◆ 辅助作业

舱口小的船舶，物料仅在舱口范围内垂直投送，不能把船装满，需平舱作业

- **平舱作业**：把垂直投送的物料，转为水平方向投向舱口四周的甲板下，所需投送物料的距离与船宽有关
- **平舱机械**：溜筒平舱机（安装在装船机头部）  
带式平舱机（直带、曲带）—利用起重机吊放在舱口或放在货堆上

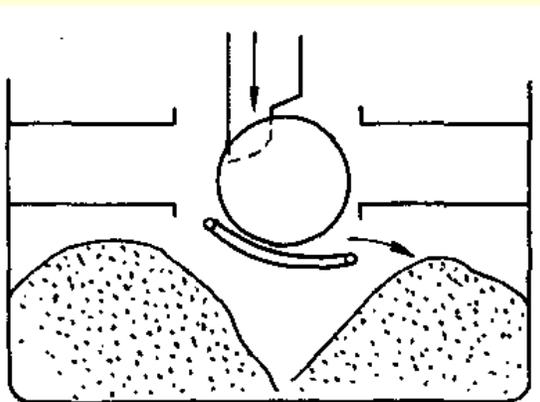


图 6-18 曲带式平舱机

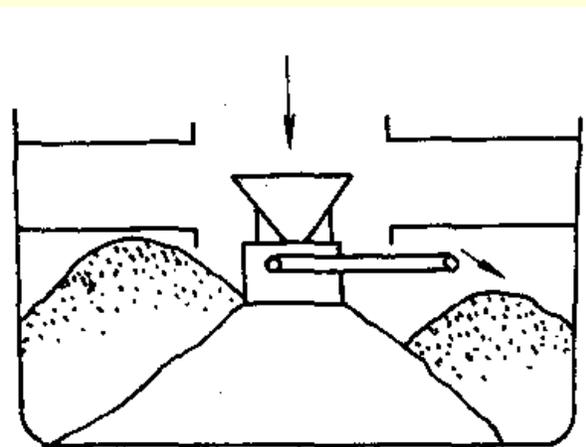
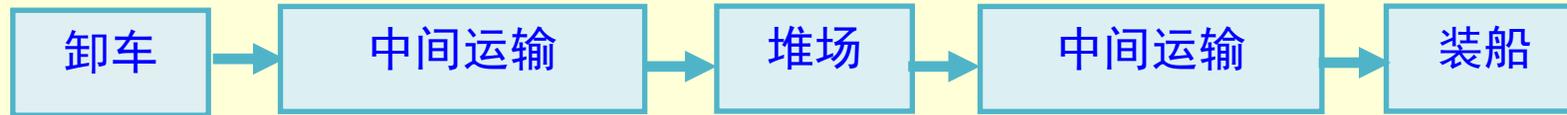


图 6-19 直带式平舱机





## ➤ 出口装卸工艺系统



- 卸车：卸车机、翻车机、自卸车
- 中间运输：皮带机
- 堆场作业：堆料机+取料机；堆料机+坑道皮带机；堆取料两用机
- 装船：装船机



## 1.3 煤炭、矿石进口装卸工艺系统

### ➤ 卸船工艺

#### ◆ 周期性卸船机

- 船舶起货机配抓斗
- 门座起重机配抓斗
- 带斗门机
- 桥式抓斗卸船机

#### (1) 船舶起货机配抓斗

- 为了装卸安全，抓斗起升高度不能太高
- 起重量小，卸货效率低，3~5t船吊卸货效率在140t/h~200t/h
- 清舱量大
- 不需要在码头上配卸船机械，节约码头建设费用，降低装卸成本

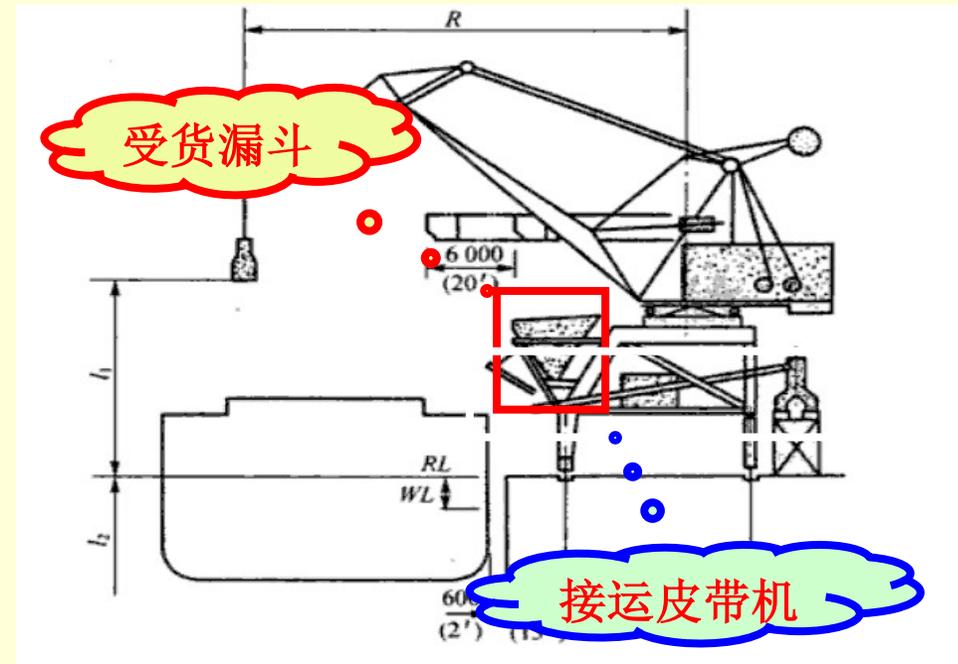
## (2) 门座起重机配抓斗

在门座起重机上设置散货专用抓斗进行卸船作用，同时通过预铺网络减少清舱工作量



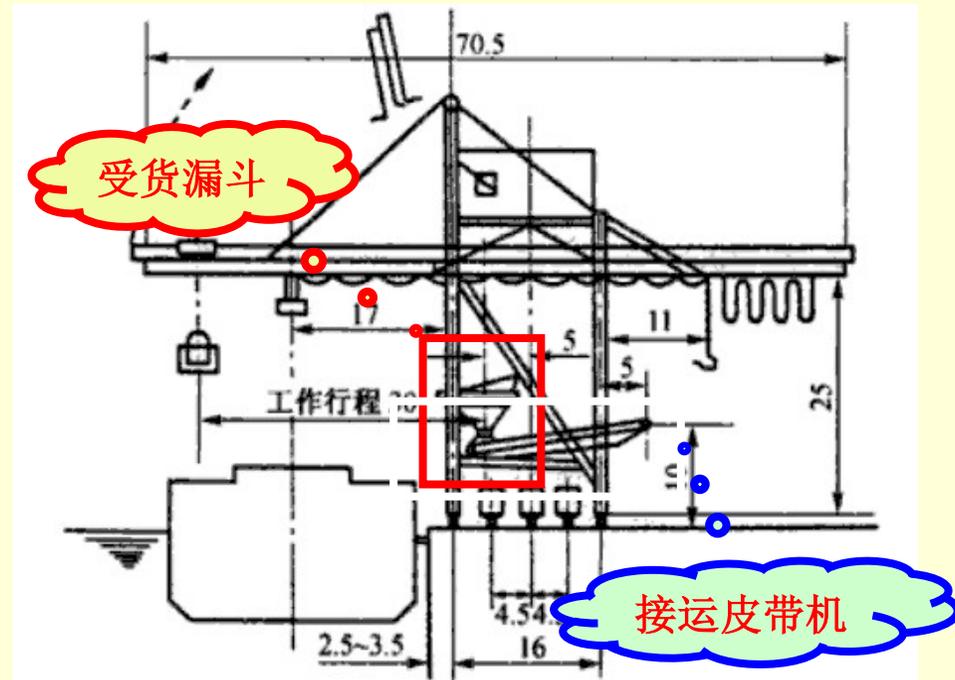
### (3) 带斗门机

- 与一般门机的区别：门机的门座上设置有靠近舱口的受货漏斗和接运皮带机，以缩小抓斗的运行距离；升降速度和变幅速度比一般门机高
- 适用于船型不超过5万吨的中级散货进口码头，卸船效率一般在800t/h以下



## (4) 桥式抓斗卸船机

- 具有较高的起升和小车运行速度，机上受料漏斗靠近船舱，小车作业行程短，抓斗起重量大，可达到较高的卸船效率
- 卸船效率一般在700~3000t/h，一般适用于船型5万吨级以上的散货专用船





## (4) 桥式抓斗卸船机

但与带斗门机相比，有以下缺点：

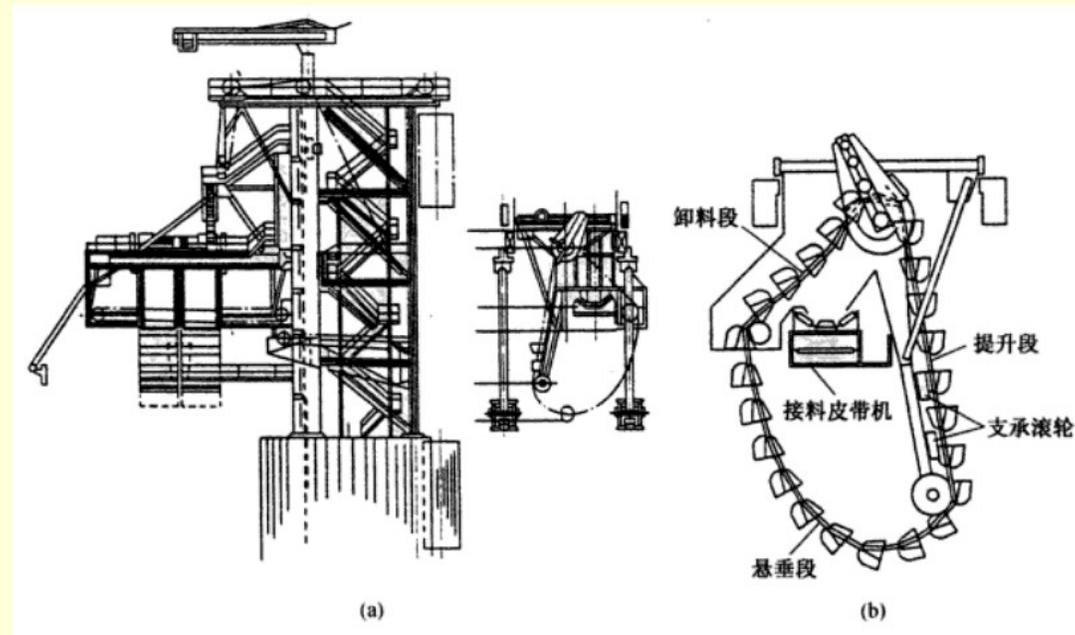
- 大车需经常行走，尤其在清仓作业时，行走次数较为频繁
- 不能协同装卸同一重点舱
- 进行后方作业和辅助作业较为困难，例如吊运清舱机等

	门机	带斗门机	桥式抓斗卸船机	
			钢丝绳小车	载重小车
单机生产率 (t/h)	180~320	≤800	500~2000	750~3000
适应船型 (t)	30000	50000以下	30000~200000	40000~300000
通过能力 (×10 <sup>4</sup> t/年)	80~180	600以下	500~1200	

## ◆ 连续性卸船机

- 悬链链斗式卸船机
- L形链斗式卸船机
- 斗轮式卸船机
- 螺旋式卸船机

### (1) 悬链链斗式卸船机



## (2) L型链斗式卸船机

物料由链斗提升机提升，卸到回转转盘附近的料槽内，由臂架皮带机送进大车的中心料斗，经过下面的料斗卸到车上或皮带机上。

- 卸船效率较高，卸船能力在300t/h~2500t/h
- 清仓量较螺旋式和斗轮式小，能耗较螺旋式小，适用于堆密度小、粒度小的物料，主要用于煤炭卸船，矿石卸船使用较少
- 适应船型为100000t以下



### (3) 斗轮式卸船机

通过固定在回转垂直臂架上的斗轮，将物料由船舱内挖取经垂直臂架内的波纹挡边胶带输送机提升，经水平臂架皮带机送进卸料漏斗，将物料卸到车上或经皮带机送至堆场

- 卸船效率较高，一般在600t/h~3000t/h，现有典型卸船机能力为1750t/h
- 清仓量大，能耗小，适用物料粒度范围大
- 适应船型为5000t~250000t
- 污染问题不好解决



## (4) 螺旋式卸船机

将物料由垂直臂架上的螺旋叶片式输送机提升，经垂直臂架头部设有的反向螺旋喂料器，将物料卸至水平臂架上，再经水平臂架上的皮带机将物料卸到车上或经皮带机送至堆场

- 较斗轮式低，卸船能力在2000t/h 左右
- 自重轻，造价低，防尘性好，清仓量较大
- 适应船型小， $\leq 100000\text{t}$ ，能耗大，要求物料粒度小



	链斗式	斗轮式	螺旋式
适应船型 (t)	100000以下	50000~250000	100000以下
单机能力 (t/h)	300~2500	600~3000	2000
清舱量	小	大	小
适用物料粒度	$\leq 150\text{mm}$	$\leq 100\text{mm}$	$\leq 100\text{mm}$

## ◆ 自卸船

- 自身设有V型存仓漏斗和皮带机卸货系统

## ◆ 卸船系统的配置

- 门座起重机+抓斗      2~4台/泊位  
海侧轨距码头边距不小于2m
- 带斗门机              2~4台/泊位  
海侧轨距码头边距 2.0~3.5m  
顺岸皮带机布置在轨道外侧
- 桥式抓斗卸船机      一般不超过2台/泊位  
海侧轨距码头边距2.5~3.5m  
顺岸皮带机布置在轨道中间或外侧
- 连续式卸船机        1~2台/泊位  
海侧轨距码头边距2~3m  
顺岸皮带机布置在轨道中间或外侧



## ➤ 装车工艺

### ◆ 仓式装车站

- 自动化程度高



### ◆ 悬臂式装车机

- 适用于装车量大的专业化码头



## ◆ 流动机械装车

- 单斗装载机

适用于装车量不大、非专业化码头，用来装汽车和低于机械卸料高度的火车

- 履带式、轮胎式抓斗起重机

装车量不大，料堆顺铁路线布置的码头；料堆散落多，取料范围小，适用于装汽车作业

- 履带式斗轮取料机

生产效率高，但取料装车作业范围较大，使用较少

## ➤ 清舱作业

### ◆ 清舱作业

- 清除舱内物料，提高卸船机的卸船效率
- 当每个舱口余料为20%~30%左右，卸船效率开始下降时开始进行清舱作业，此时卸船机可转到别的舱口作业，清舱舱口和作业舱口的作业交替进行，减少卸船效率的降低

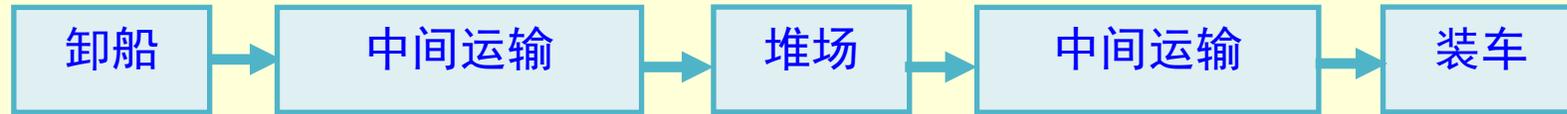
### ◆ 清舱作业机械

- 履带式推土机
- 小型装载机
- 推耙机





## ➤ 进口装卸工艺系统



- 卸船：卸船机（周期性、连续性）
- 中间运输：皮带机
- 堆场作业：堆料机+取料机；堆料机+坑道皮带机；堆取两用机
- 装车：装车站、装车机、流动机械装车



## ➤ 装卸工艺人机配备

### ◆ 依据规范

- 港口码头劳动定员 第3部分：煤炭码头 JT/T331.3-2006
- 港口码头劳动定员 第5部分：散货码头 JT/T331.5-2006
- 河港总体设计规范 JTS 166-2020

### ◆ 计算内容

- 装卸工人数
- 机械设备台数
- 司机人数

## (1) 装卸工人总数

- 装卸工人数：根据泊位作业线数、班次和每次作业线的配工人数等确定。

$$N_z = \frac{n_z n_b n_r}{(1 - K_{zL}) K_{zz}}$$

## (2) 机械台数

- 装卸工人数：根据作业线数和工艺流程的需要配置，可根据货种、运量和台时效率计算。

$$N_j = \sum \frac{Q_j}{8760 K_{jL} P_j}$$

## (3) 司机人数

- 司机人数：按照专机专人配备的原则，根据班次数按定员标准确定，并考虑出勤率的影响，在定员标准基础上增加5%~10%。

## (4) 管理人员人数

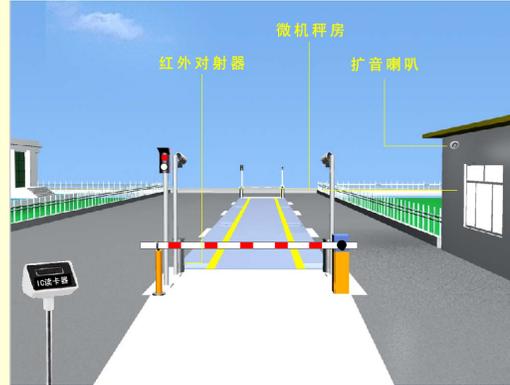
- 管理人员数：可按照装卸工人总数和司机人数之和的10%~20%考虑。

**港区定员总人数=装卸工人数+司机人数+管理人员数**

## 1.4 计量与粉尘防治

### ◆ 煤炭、矿石的计量

- 船舶水尺目测
- 电子皮带秤
- 地磅



### ◆ 煤炭、矿石的粉尘防治

- 喷雾
- 喷水
- 除尘器
- 高压静电
- 加围裙
- 设置防尘罩





谢谢各位