

高等学校试用教材

装卸搬运车辆

Zhuangxie Banyun Cheliang

武汉水运工程学院 陈慕忱 主编

人民交通出版社

前 言

本书是根据交通部教育局1982年制订的《港口机械设计与制造》专业教学计划及1983年12月在武汉召开的教材会议上制订的《装卸搬运车辆》教材编写大纲编写的。它作为高等学校港口机械设计与制造专业《装卸搬运车辆》课程的试用教材，也可供相近专业和有关工程技术人员参考。

本书阐述的对象是港口常用的各种装卸搬运车辆，其中以叉车为主，兼顾单斗车、牵引车、搬运车、跨运车等。内容包括装卸搬运车辆的构造及工作原理、受力分析、主要性能和设计计算等。全书共分两篇，计十四章。第一篇为“车辆运行理论和底盘设计”，主要论述装卸搬运车辆各种运行工况下的受力分析、各项运行性能、底盘各部分的构造原理及设计计算方法。第二篇为“常用装卸搬运车辆”，分别论述各常用装卸搬运车辆的总体性能和总体设计，其工作装置的构造原理及设计等。

本书采用国务院1984年2月27日发布的《中华人民共和国法定计量单位》。仅有个别尺寸，如轮胎尺寸、国际标准集装箱尺寸等，仍采用国际上习惯通用的计量单位（英尺、英寸）。

本书由武汉水运工程学院陈慕忱副教授主编。参加本书编写的有：陈慕忱（绪论、第一、二、三、十、十一章及第九章第二节），上海海运学院黎启飞（第四、五、六、七、十四章），武汉水运工程学院李臻鑫（第八、十二、十三章），武汉水运工程学院刘克成（第九章）等同志。武汉水运工程学院胡吉全同志在插图等方面做了大量工作。

本书由西南交通大学张质文教授主审，参加审阅的有西南交通大学王金诺副教授和沈权副教授。他们为本书提出了许多宝贵意见。对此，表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中的缺点和错误在所难免，热诚欢迎使用本书的师生和广大读者批评指正。

编 者

1985年6月

高等学校试用教材

装卸搬运车辆

武汉水运工程学院 陈慕忱 主编

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张: 19.25 字数: 461千

1986年6月 第1版

1986年6月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—2,300册 定价: 3.15元

内 容 提 要

本书主要介绍港口常用的各种装卸搬运车辆的构造、工作原理、受力分析、主要性能和设计计算。

全书共分两篇十四章。内容包括：装卸搬运车辆的分类、构造；装卸搬运车辆的运行理论及各种运行工况下的受力分析和底盘各部分的构造原理、设计计算方法；装卸搬运车辆的总体性能和总体设计以及其工作装置的构造原理与设计等。

本书为高等学校港口机械设计与制造专业《装卸搬运车辆》课程的试用教材，也可作为有关专业的教学参考书，并可供从事起重运输机械设计、科研和生产的工程技术人员参考。

目 录

绪论.....	1
---------	---

第一篇 装卸搬运车辆运行理论和底盘设计

第一章 装卸搬运车辆的动力装置.....	10
第一节 概述.....	10
第二节 蓄电池.....	10
第三节 直流电动机.....	14
第四节 内燃机驱动.....	15
第五节 各种动力装置的比较和选择.....	18
第二章 装卸搬运车辆底盘概述.....	19
第一节 底盘的组成及作用.....	19
第二节 装卸搬运车辆传动系统的组成及典型传动简图.....	21
第三章 车辆直线运行时受力分析及牵引性能.....	24
第一节 滚动车轮的受力分析.....	24
第二节 车辆直线等速运行时的受力分析.....	28
第三节 车辆直线加速运行时的受力分析.....	30
第四节 车辆运行的牵引条件和粘着条件.....	33
第五节 机械传动车辆牵引性能分析.....	34
第六节 机械传动车辆的牵引计算.....	41
第七节 液力机械传动内燃车辆牵引性能.....	48
第四章 主离合器.....	57
第一节 主离合器的功用.....	58
第二节 主离合器的组成、工作原理及要求.....	58
第三节 主离合器的类型及典型构造.....	59
第四节 主离合器的计算.....	64
第五节 主离合器的操纵机构.....	66
第六节 主离合器的寿命及提高寿命的措施.....	67
第五章 变速器.....	69
第一节 变速器的功用与类型.....	69
第二节 人力换档变速器的构造.....	70
第三节 人力换档变速器设计计算.....	76
第四节 动力换档定轴式变速器构造.....	85
第五节 动力换档定轴式变速器设计计算.....	89

第六节	动力换档行星式变速器	96
第七节	动力换档变速器的液压操纵系统	99
第六章	驱动桥	102
第一节	概述	102
第二节	主减速器	103
第三节	差速器	112
第四节	半轴	116
第五节	轮边减速器	117
第七章	装卸搬运车辆行走支承系统	118
第一节	概述	118
第二节	车架	119
第三节	车桥和悬挂	119
第四节	车轮与轮胎	132
第八章	装卸搬运车辆转向系统	137
第一节	车辆曲线运行时的受力分析	137
第二节	装卸搬运车辆的转向方式	143
第三节	转向操纵系统的功用及组成	145
第四节	转向梯形机构设计	147
第五节	转向器	153
第六节	车轮偏转式转向系统设计	157
第七节	车架铰接式转向系统设计	160
第八节	动力转向系统	163
第九章	装卸搬运车辆制动系统	170
第一节	制动系统概述	170
第二节	制动性能分析	171
第三节	蹄式制动器	179
第四节	盘式制动器	190
第五节	制动操纵机构	193

第二篇 常用装卸搬运车辆

第十章	叉车性能及总体设计	204
第一节	叉车的机动性	204
第二节	叉车的通过性	209
第三节	叉车的稳定性	210
第四节	叉车自重重心位置的确定	221
第五节	叉车总体设计步骤	225
第十一章	叉车的工作装置	227
第一节	叉车工作装置的组成	227
第二节	叉车起升机构	228

第三节	货叉及滑架.....	239
第四节	门架.....	245
第五节	门架倾斜机构.....	252
第十二章	单斗车总体参数选择及总体设计.....	253
第一节	概述.....	253
第二节	单斗车的工作阻力.....	255
第三节	单斗车总体参数的选择.....	258
第四节	单斗车的总体设计.....	262
第十三章	单斗车工作装置设计.....	269
第一节	工作装置结构型式选择.....	269
第二节	工作装置的结构设计.....	271
第三节	铲斗的设计.....	274
第四节	工作装置的强度计算.....	277
第五节	工作装置中油缸作用力的确定.....	282
第十四章	其他装卸搬运车辆.....	284
第一节	搬运车.....	284
第二节	牵引车与挂车.....	287
第三节	集装箱跨运车.....	291

绪 论

一、装卸搬运车辆的特点

港口是水陆运输的枢纽，是各种货物集散转运的基地。由于货物种类繁多，运量悬殊，车船型式差别很大，因此，港口采用各种不同型式的机械对货物进行搬运。在港口，凡是用来对船舶和车辆（铁路车辆、汽车）的货物进行装卸，对货场内、仓库内、船舱内、车辆内的货物进行堆码、拆垛和转运作业的机械，统称为港口装卸机械或港口起重运输机械。

关于港口装卸机械的分类，目前并无完全统一的方法。按照机械工作的特点，可分为四类：起重机械、连续输送机械、装卸搬运车辆和专用装卸机械。本课程研究的对象是装卸搬运车辆。

装卸搬运车辆（或称装卸搬运机械）具有下列特点：

1) 具有无轨运行机构，绝大多数是轮胎式运行机构。

2) 可依靠本身的运行实现货物的水平搬运。有的装卸搬运车辆专门用来完成货物的水平搬运；有的在对货物进行装卸堆垛的过程中，还伴随有货物的水平搬运，这种水平搬运则依靠装卸搬运车辆的运行机构来完成，所以它们的运行机构是经常工作性机构。

3) 可在特定的区域内工作。例如在港区内工作或在船舱内工作，因此，它们的运行距离较短，活动范围有限，其工作条件是受制约的。

根据上述特点，我们可以将装卸搬运车辆和其它具有轮胎式运行机构的机械区分开来。例如轮胎起重机和汽车起重机，也具有轮胎式运行机构，但不属于装卸搬运车辆范畴，因为这些起重机的运行机构都是调整性机构，即主要用来调整或改变起重机的工作位置。汽车起重机不允许带货运行，轮胎起重机可以带货运行，但不是经常性的。轮胎起重机和汽车起重机工作时，经常是使用旋转机构和变幅机构来实现货物的水平搬运。再例如载重汽车，也具有经常工作性的轮胎式运行机构，可以完成货物的水平搬运，但是汽车是长距离运输车辆，只能在公路上或宽敞场地上工作，在某些特定的区域内是无法工作的。而装卸搬运车辆是按在特定的有限的区域内工作设计的，它们的性能参数（如运行速度、外形尺寸等）和构造与汽车有很大的不同，同时大部分装卸搬运车辆具有对货物进行装卸的功能，而载重汽车一般是不具备这一功能的。

二、装卸搬运车辆的类型

装卸搬运车辆可按不同的特征进行分类。

1. 按照动力特点分类

装卸搬运车辆（以下简称车辆）可以分为手动车辆和机动车辆。手动车辆是靠人力运行的车辆，它比较简单，本课程不予研究。机动车辆是靠动力源供给能量由原动机驱动实现运行的，根据原动机的不同，它又分为：

1)内燃车辆。它由内燃机（包括柴油机、汽油机和液化石油气发动机）驱动。

2)电动车辆。它由电动机驱动，主要由蓄电池供给电能，个别情况下也有由电网供电的。

2.按照功用和构造分类

装卸搬运车辆可分为叉车、搬运车、牵引车、挂车、跨运车、单斗车等。

1)叉车：

叉车又称叉式装卸机。它以货叉作为主要的取物装置，依靠液压起升机构实现货物的托取和升降，由轮胎式运行机构实现货物的水平搬运。

叉车除使用货叉外，可更换各种类型的取物装置（工作属具），因此，它可以装卸搬运各种不同形状和尺寸的件货，包括装卸搬运集装箱。在使用货斗或货箱的条件下，还可装卸搬运散货。

叉车依靠驾驶员的操作，能够自行取货、卸货、堆垛、拆垛和运行，无需装卸工人的辅助劳动。

叉车按货叉的安置不同，可分为正面式叉车、侧面式叉车和多面式叉车等。

(1)正面式叉车 它的特点是货叉朝向叉车运行的前方。正面式叉车按其保持稳定的方法又可分为：

①平衡重式叉车（图0-1）：

这种叉车的货叉及货物位于叉车前轮的前方，必须在叉车的尾部装设平衡重（对重）来平衡货物重量产生的力矩，以保持叉车的稳定。平衡重式叉车是最通用的叉车。

②插腿式叉车（图0-2）：

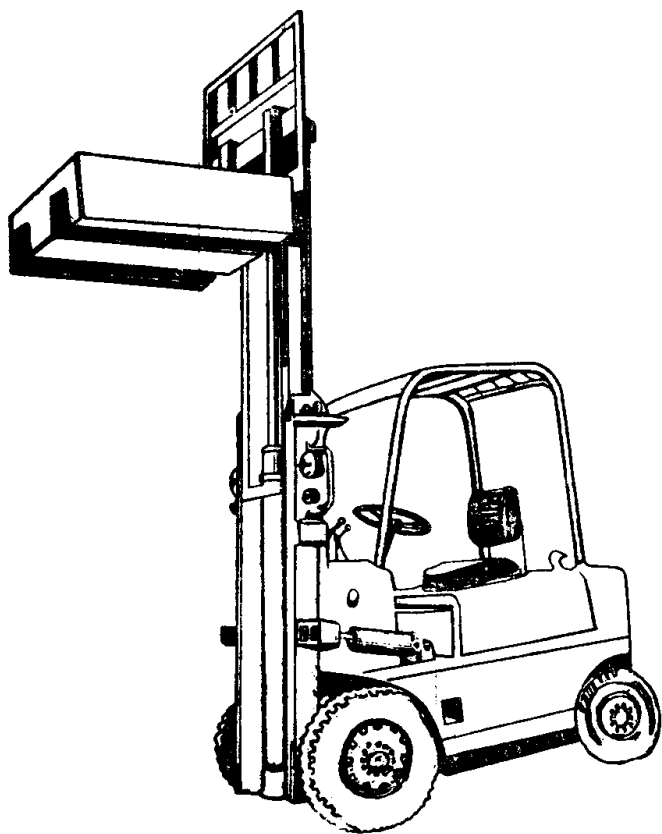


图0-1 平衡重式叉车

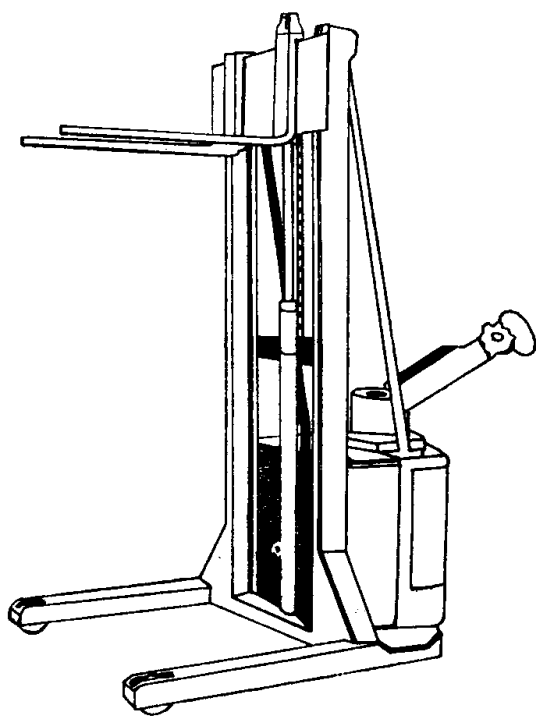


图0-2 插腿式叉车

这种叉车的特点是两条支腿伸出在前面，支腿支承在很小的车轮上，这两条支腿的高度

很小，支腿连同货叉可插入托盘底部，然后再起升托盘和货物。由于被举起的货物重心位于前后车轮所包括的底面积之内，因此能保证叉车的稳定。

插腿式叉车由于两个前轮很小，承载能力不大，因此，只适用于小起重量的叉车，起重量一般在 2t 以下。它的优点是外形长度小，转弯半径小，能用于通道狭窄的仓库。

另外还有一种叫跨腿式叉车（图0-3），它的支腿较高，不能伸入托盘底部，但两条支腿的间距大于货物和托盘的宽度，因此两条支腿可以跨在货物的两边，而货叉则插入托盘或货物底部，装卸货物。使用这种叉车时，要求货物与货物之间留有一定的间距，以便叉车的支腿插入其间。

③前移式叉车：

这种叉车也有两条前伸的支腿，但两个前部车轮较大，支腿较高，叉取货物时支腿不插入托盘下面，而是货叉可以前移，插入托盘或货物底下，稍微起升一个高度，当货物底部超过支腿高度后，货叉带着货物缩回。这样，货物重心位于前后车轮所包括的底面积内，保证叉车运行时的稳定。

前移式叉车有两种结构型式，用得较多的一种是门架前移式，即门架带着整个起升机构沿着支腿内侧的轨道向前移动，如图0-4所示。另一种是叉架前移式，这种叉车的门架不动，叉架连接在交叉铰接的伸缩机构上，当伸缩机构伸出时，叉架带着货叉前移，如图0-5所示。

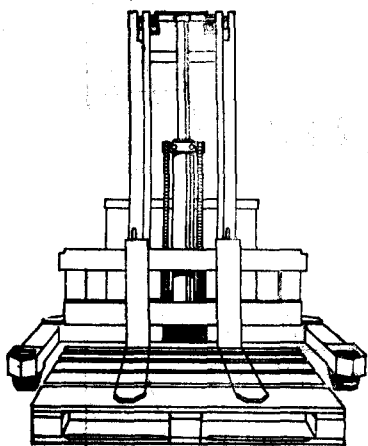


图0-3 跨腿式叉车

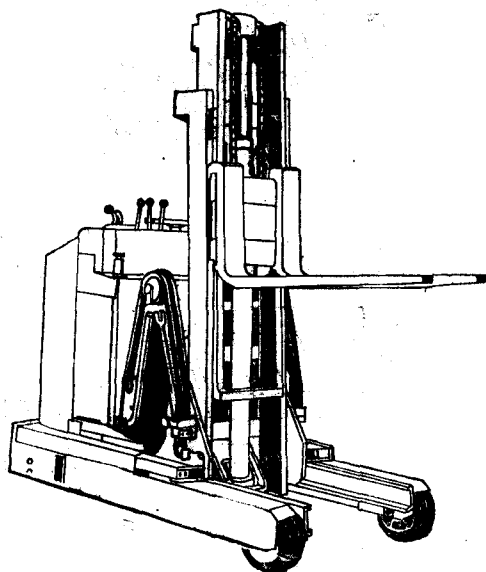


图0-4 门架前移式叉车

（2）侧面式叉车 这种叉车的特点是货叉朝向叉车的侧面。它的门架、起升机构及货叉位于叉车的中部，并可以沿横向导轨向侧面移动。货叉从叉车侧面叉取货物后，起升一定的高度，再将门架向内移动，然后将货物置于叉车的货台上（见图0-6）。侧面叉车用来装卸运输长件货物，如钢材、木材等。叉取货物时，往往先将侧面液压支腿放下，以减小该侧轮胎的负荷，并保证叉车的横向静稳定性。

（3）多面式叉车 这种叉车的特点是门架或叉架可绕垂直轴线旋转，因此，货叉有可能朝向两个方向或三个方向。

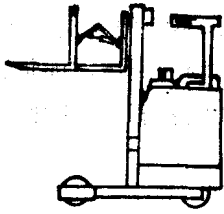


图0-5 叉架前移式叉车

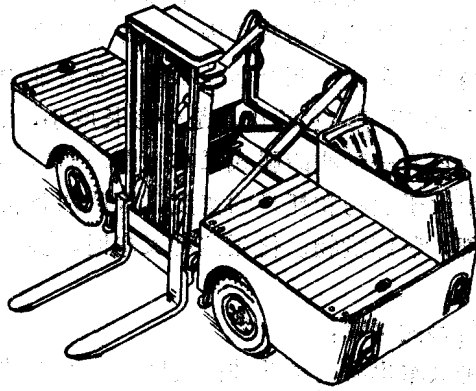


图0-6 侧面式叉车

图 0-7 所示为门架可旋转的叉车。装卸货物时，门架和货叉朝向前方，能方便地叉取货物，当货物起升一定高度以后，门架连同货叉及货物绕垂直轴旋转 90° ，使货物位于叉车的侧面，放在货台上，以便于运输。这种叉车也是用来装卸运输长件货物的。

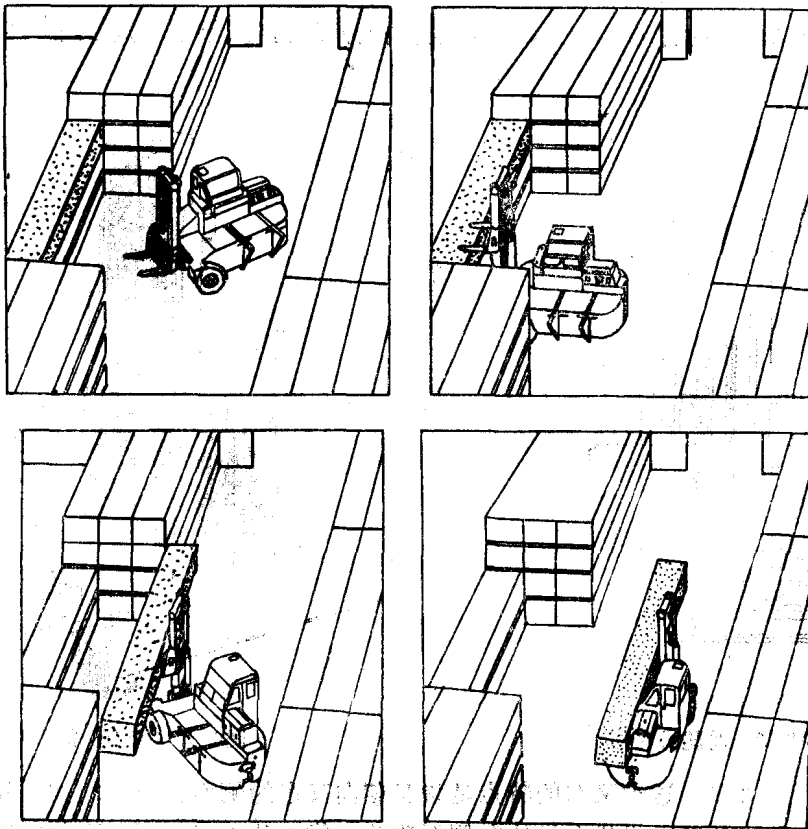


图0-7 两面式叉车

图 0-8 是叉架可绕垂直轴旋转的叉车，它的货叉可朝向前方，也可朝向左方或右方，这种叉车可进行正面和侧面的取货或卸货。

2) 搬运车：

搬运车是一种机动载货小车，一般只能进行货物的水平搬运。根据货物承载构件的情

况，它可以分为以下几种。

(1)固定平台搬运车(图0-9)。它的载货平台是固定不动的，必须依靠其它机械或人力进行货物装卸。

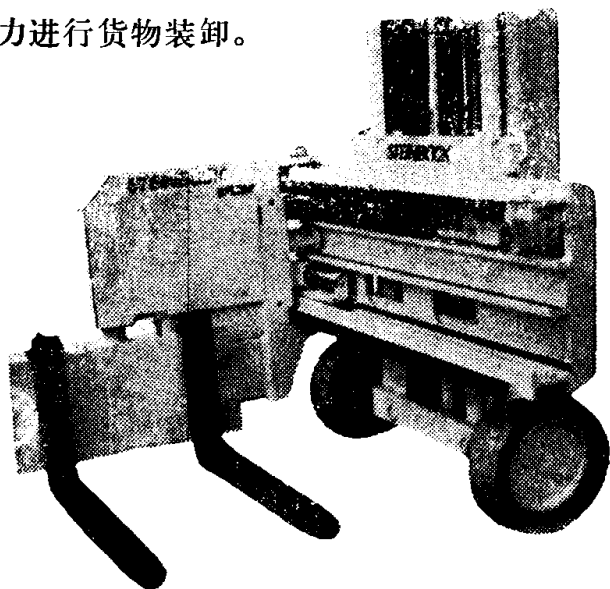


图0-8 三面式叉车

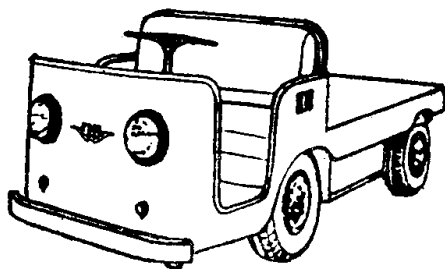


图0-9 固定平台搬运车

(2)升降平台搬运车(图0-10a)。它的车轮较小，载荷平台很低，可以伸入货架或托盘底部，然后平台起升一个不大的高度(100~200mm)，托起货架或托盘，使之离开地面一个距离，即可进行搬运。当运至卸货地点后，平台下降，货架或托盘支于地面，搬运车即可开走。升降平台搬运车的优点在于能够自行装卸托盘或货架上的货物。

(3)低起升货叉搬运车(图0-10b)。它和升降平台搬运车的区别仅在于它的货物承载构件不是平台，而是一对货叉。货叉就在支腿上面，能方便地和支腿一起插入标准托盘下面，货叉起升一个不大的高度，便可将托盘和货物运走。这种搬运车又称托盘车。

3)牵引车：

这种机动车辆没有载荷平台及取物装置，不能装货和取货。但它具有牵引装置(挂钩)，专门用来牵引多辆载货挂车进行水平搬运。它要求具有较大的挂钩牵引力。

4)挂车：

挂车是无动力的车辆，必须由牵引车拖带运行。普通挂车又称平板车，其载货台面为平面，货物可直接放在台面上，也可在台面上安放托盘、货斗或货架，货物放在托盘或货架上，或放在货斗里。由于货物的装卸必须依靠其他装卸机械，因此使用托盘、货架或货斗便于装卸。

牵引车和平板车配合使用，对成批货物进行较大距离的水平搬运。牵引车和平板车运行时，因有较长的拖挂长度，道路和场地不能过份窄小。

对于集装箱的水平搬运，常用专门的集装箱牵引车及集装箱挂车。

5)跨运车：

跨运车也称跨车(图0-11)，是一种高腿型机动车辆。从正面看，它象一个门字形的车辆，可以跨在货物上方来搬运货物。它主要用于装卸搬运长件货物(如木材、钢材等)。专门用来对集装箱进行装卸、搬运和堆码工作的跨运车称为集装箱跨运车(图0-12)。

6)单斗车：

单斗车也称单斗装载机。它是一种机动装卸车辆，它的装卸工具是铲斗，可用来对散货进行装载(装汽车或火车)及短距离水平转运。

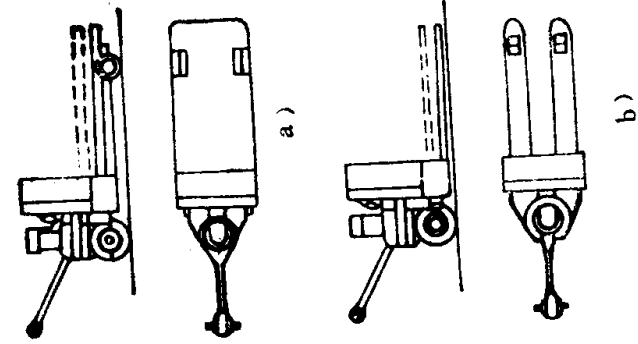


图0-10 升降平台搬运车和低起升货叉搬运车

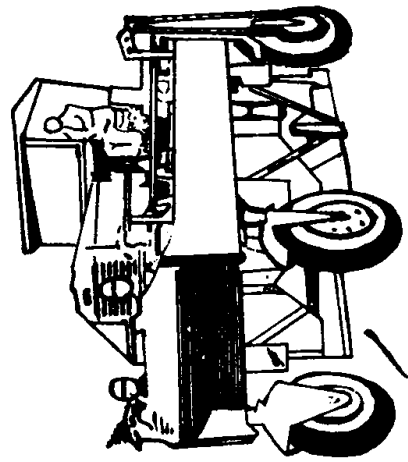


图0-11 跨运车

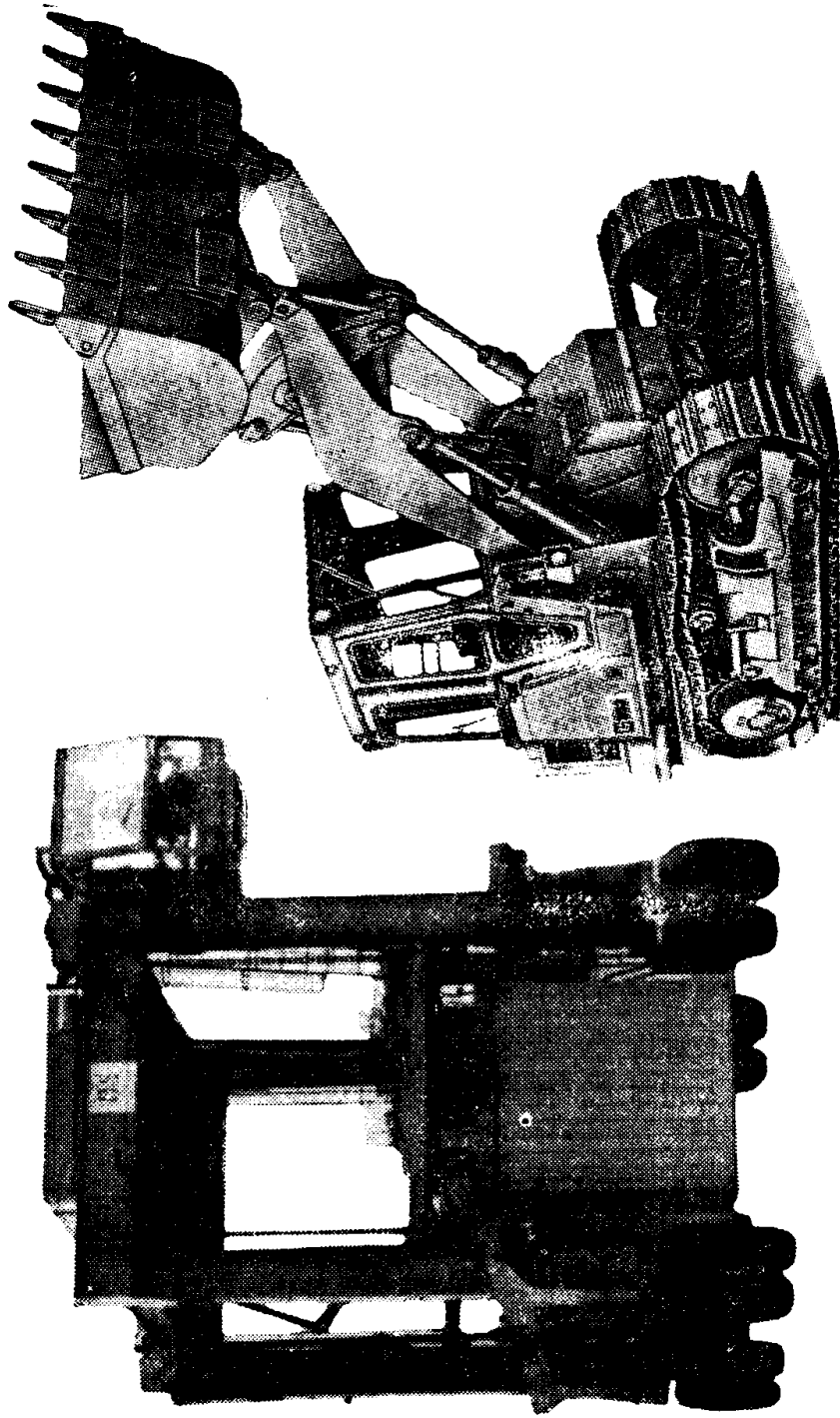


图0-12 集装箱跨运车

图0-13 前卸式单斗车

单斗车根据卸货方式的不同，分为前卸式、后卸式和侧卸式几种。

(1) 前卸式单斗车 (图0-13)：

这种单斗车从前方铲取物料后，退出料堆并转过一个角度，再从车的前方将物料卸入货车内。这种方式既方便又安全，所以应用最为广泛。但是这种单斗车每次作业循环时间稍长。

(2) 后卸式单斗车：

这种单斗车从前方铲取物料后，铲斗带着货物从驾驶室上方翻过，将物料卸入位于后方的货车内。这种方式每次作业循环时间稍短，但铲斗从驾驶室上方经过，驾驶员感到不够安全，且后方卸载影响驾驶员观察，故目前应用较少。

(3) 侧卸式单斗车：

侧卸式单斗车的全部工作装置安装在一个转盘上。它从前方铲取物料，然后工作装置旋转90°，可将物料卸入位于侧面的货车内。这种作业循环时间短，但侧向稳定性差。

由于前卸式单斗车应用最多，故在以后提到的单斗车都是指前卸式单斗车。单斗车除了在港口散货码头用来进行散货装卸外，还可在矿山和其它工程中对矿石和沙石等进行轻度的挖掘工作，从这方面来说，单斗车又是一种工程机械。

归纳起来，从功用上看，装卸搬运车辆可以分为两大类：一类车辆（如叉车、跨运车、单斗车等），它们既能进行装卸或堆垛，又能进行水平搬运，称为装卸车辆；另一类车辆（如搬运车、牵引车和挂车等），主要用来进行水平搬运，称为搬运车辆。

三、装卸搬运车辆的组成

由于装卸搬运车辆的类型和功用不同，其构造也不尽相同。但从组成和构造上看，有它们的共同点。对于装卸车辆，它们由三部分组成：

- 1) 工作装置，用来完成对货物的装卸；
- 2) 运行底盘，用来保证车辆的运行，实现货物的水平搬运；
- 3) 动力装置，用来供给工作装置和运行底盘工作所需要的动力。

对于搬运车辆，主要进行货物的水平搬运，它主要由运行底盘和动力装置所组成。所以，动力装置和运行底盘是任何机动装卸搬运车辆所共有的。至于工作装置，不同类型的车辆，其构造差别很大。

1. 平衡重式叉车

平衡重式叉车由工作装置、运行底盘和动力装置组成。

其工作装置由取物装置、起升机构、门架、门架倾斜机构及液压传动系统等构成。工作装置总是布置在叉车的最前方，以便于进行装卸工作。它的通用取物装置是货叉，一般用货叉托取货物，也可用其它取物装置夹取货物。货叉（或其它取物装置）支承在滑架上，滑架由液压起升机构带动升降。升降时滑架沿门架运动。门框形门架是起升机构的骨架和导轨。门架依靠倾斜油缸可以向前或向后各倾斜一定角度，以实现货叉向下或向上倾斜一个角度。货叉下倾是便于取货（插入货物底下）和卸货，货叉上倾是便于在叉车运行时，货物在货叉上保持稳定。

平衡重式叉车可以是内燃机驱动，也可以是蓄电池—电动机驱动。动力装置不同，给底盘带来较大的差别。

平衡重放在叉车的最后部位，与车架固定连接。蓄电池或内燃机一般安置在叉车的较后部位，起到一部分对重作用。

2.前卸式单斗车

单斗车也是由工作装置、运行底盘及动力装置所组成。

前卸式单斗车工作装置也是位于车的前方，它包括铲斗、动臂、连杆机构、动臂升降油缸和转斗油缸等。铲斗用来铲取物料，铲斗与动臂前端及连杆机构铰接，动臂后端铰接在车架上，动臂升降油缸伸缩时，依靠动臂的摆动实现铲斗的升降。连杆机构的作用是在动臂摆动的过程（即铲斗升降的过程）中，使铲斗基本保持水平，斗中物料不致撒落。转斗油缸动作时，连杆机构要保持铲斗转动足够的角度，使斗内物料完全卸空。

单斗车的动力装置一般都是内燃机。

四、装卸搬运车辆的性能和参数

装卸搬运车辆有各种性能，不同车型，其性能也不同，但归纳起来有三大方面的性能：装卸性能、运行性能和总体性能。各种性能一般用性能参数来表示。

1.装卸性能

装卸性能（或载重性能）用来表征车辆的装卸能力（或载重能力）和工作范围。

表示叉车装卸性能的参数有：额定起重量，载荷中心距，最大起升高度，自由起升高度，最大起升速度，门架前、后倾角等。

表示单斗车装卸性能的参数有：额定载重量，额定斗容量，铲斗最大卸载高度，最大卸载距离，铲斗倾斜角等。

表示搬运车载重性能的参数主要是载重量及载货平台尺寸。

2.运行性能

运行性能表征车辆运行的各种能力及适于运行的场合。运行性能包括牵引性能、制动性能、机动性和通过性等。

1)牵引性能（又称动力性）。它表征车辆能克服各种运行阻力而以需要的速度运行的能力。表示牵引性能的主要参数是最大运行（行驶）速度、最大爬坡度、挂钩牵引力以及车辆的加速能力等。

2)制动性能。即车辆迅速减速停车的能力。通常以紧急制动时的制动距离来衡量。

3)机动性。即车辆通过狭窄曲折通道及在最小面积内回转的能力。表示机动性的主要参数有最小外廓转弯半径、直角通道最小宽度和堆垛通道最小宽度、回转通道最小宽度等。

4)通过性。即车辆克服各种道路障碍、通过各种道路和门户的能力。

3.总体性能

总体性能用来表示车辆实现各种工作状态的能力，它与车辆总体布置、装卸条件及运行状况有关。例如叉车和单斗车的稳定性，就是一种总体性能。

五、装卸搬运车辆在港口装卸工作中的作用

装卸搬运车辆是港口装卸机械中不可缺少的一部分，在件货码头及某些散货码头的装卸作业中，占据相当重要的地位。

装卸搬运车辆具有下列优点：

1)由于装卸搬运车辆都具有无轨运行机构，且外形尺寸较小，重量较轻，因此具有高度的机动灵活性。码头前沿和后方库场之间的货物转运，仓库、场地、船舱内的货物装卸、堆码等作业，码头前沿或后方的装车、卸车作业，都需要装卸搬运车辆，并可在上述作业区域内任意调动。

2)大部分装卸搬运车辆具有自动取货和卸货的功能，从而大大提高了装卸工作的机械化程度，减轻了繁重的体力劳动，具有明显的经济效益。

3)利用叉车、跨运车进行堆码，可以增加货堆高度，从而充分利用仓库和货场的有效面积。

4)与其它大型港口装卸机械比较，装卸搬运机械具有成本低、投资少、易于购置等优点。

使用滚装集装箱船的装卸系统中，只需要使用集装箱牵引车和挂车以及集装箱叉车，便可完成全部装卸作业。在通常的件杂货码头和集装箱码头，装卸搬运车辆一般和其它港口装卸机械配合使用，组成合理的机械化装卸系统。在专用的散货码头，主要使用连续动作的装卸机械，而单斗车在散货堆场可以用来装车或供料。

总之，装卸搬运车辆无论是单独使用或与其它装卸机械配合使用，都会大大减轻装卸工人的繁重体力劳动，提高装卸效率，缩短船舶和车辆在港停留时间，降低装卸和运输成本，因此，在港口获得广泛的使用。

叉车等装卸搬运车辆不仅在港口广泛使用，而且在国民经济的各个部门，如工厂、车站、机场、邮电部门、物资储运部门、各类商业仓库和冷冻仓库、军事后勤部门等等，都获得广泛应用。在国外，这类车辆发展更为迅猛，使用极其广泛。在英、美等国，这类车辆（除单斗车外）称为“工业车辆”，在日本称为“产业车辆”。

第一篇 装卸搬运车辆运行 理论和底盘设计

第一章 装卸搬运车辆的动力装置

第一节 概 述

动力装置的作用是供给装卸搬运车辆工作所需的能量，驱动车辆运行，驱动工作装置的液压油泵和动力转向系统的液压油泵，以及满足其他能量的需要。

装卸搬运车辆的动力装置应满足下列要求：

- 1) 为了保证车辆良好的流动性，应有独立的随车的能量来源，经常处于准备工作的状态；
- 2) 重量要轻，比功率要高，以减少车辆运行过程中自身重量引起的能量消耗；
- 3) 外形尺寸小，以保证车辆具有较小的外形尺寸及良好的机动性；
- 4) 原动机的机械特性要适应车辆工作的特点，其扭矩应能随着运行阻力的变化而在较大范围内变化；
- 5) 费用低廉；
- 6) 耐久可靠、维修简便；
- 7) 对环境污染小，噪声低。

完全满足这些要求的动力设备目前还没有。能满足主要要求并实际使用的动力装置，主要有三种：一是电力驱动，即蓄电池-直流电动机驱动系统；二是内燃机驱动；三是内燃机-电力驱动，即内燃机带动发电机发电，电能供给电动机驱动。

第二节 蓄 电 池

蓄电池是一种能量转换和储存装置，充电时，将电能转换为化学能，加以储存；放电时，化学能转换成电能，输送给电动机。由于它便于携带，因此作为电动装卸搬运车辆的电能来源。

蓄电池由正负电极和电解质组成。按照电解质的化学性质，蓄电池分为酸性蓄电池及碱性蓄电池。实用的酸性蓄电池有铅蓄电池，以硫酸（ H_2SO_4 ）为电解质。碱性蓄电池常以苛性钾（ KOH ）为电解质，常用的有铁-镍蓄电池、镉-镍蓄电池及锌-银蓄电池等。碱性蓄电池由于需用贵重金属，成本较高，目前很少用作装卸搬运车辆的能源。我国装卸搬运车辆主要应用铅蓄电池。

一、铅蓄电池的电化学反应及充放电过程

铅蓄电池正极板上的活性物质是氧化铅，负极板上的活性物质是海绵状纯铅，电解质是