

## 第1篇

# 装 载 机

---

# 装载机总体介绍

## 1. 定义

装载机是一种自行履带式或轮胎式机械，前端装有主要用于装载作业的工作装置（如铲斗），是通过机械向前运动进行装载或挖掘的设备。

## 2. 用途

装载机的主要功能是对松散物料进行铲装及短距离运输作业。它不仅可以对散状物料进行铲装、搬运、卸载及平整作业，也可以进行轻度的铲掘工作，而且通过换装不同的辅助工作

装置还可以进行推土、起重和其他物料（如木材）的装卸作业（如图 I-1 所示）<sup>①</sup>。在道路，特别是在高等级公路施工中，装载机用于路基工程的填挖、沥青混合料和水泥混凝土料场的集料与装料等作业。因而，装载机被广泛用于公路、铁路、建筑、水电、港口、矿山等工程的建设，对于减轻劳动强度、加快工程建设速度、提高工程质量起着重要的作用。所以，装载机在国内外不论是在种类或是在产量方面，发展的速度都十分迅速。

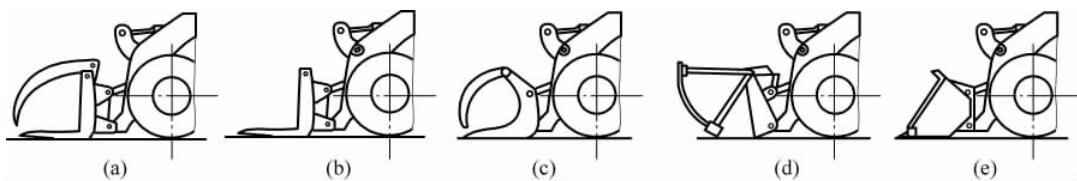


图 I-1 装载机可换的工作装置

## 3. 作业过程

装载机的作业过程是：快速驶近料堆，在距料堆约 1~1.5m 处停车，变速机构换挂另一挡并下放铲斗；然后再向前行驶，使铲斗插入料堆；待插入一定深度后转斗、提升动臂至运输位置，后退，驶往卸料点；根据料场或运输车辆高度，再适当提启动臂，卸下物料，再返回装料点进行下一个作业循环。实际作业时，熟练的驾驶员在卸完料，驶向料堆的过程中就放斗、变速，铲斗插入料堆一定深度时即转斗、提

臂，使铲斗装满，后退调头，在驶往卸料地点的过程中提臂至卸料位置，并把物料卸入运输工具，上述动作都是同时连续进行的。

## 4. 分类

装载机按其结构形式可分为单斗装载机和多斗装载机两大类，而以单斗装载机应用最广。本手册将重点介绍建筑施工中大量使用的单斗装载机，包括轮式装载机、履带式装载机与装载挖掘两用机，如图 I-2 所示。

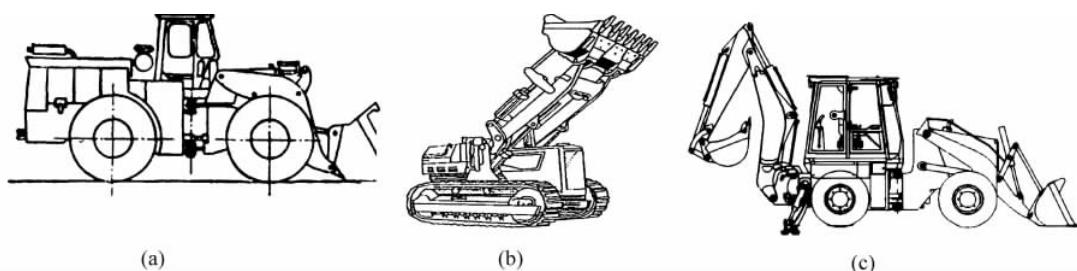


图 I-2 单斗装载机的结构形式

(a) 轮式装载机；(b) 履带式装载机；(c) 装载挖掘两用机

<sup>①</sup> 位于篇首的图、表按罗马数字排序，例如图 I-1，表示第 1 篇篇首中第 1 张图，余类推。

## 轮式装载机

### 1.1 概述

#### 1.1.1 定义

轮式装载机是以轮胎式专用底盘为基础，

配置工作装置及其操纵系统等而组成的，用来装载或挖掘的设备，是建筑施工工程中不可缺少的一种土方工程机械，如图 1-1 所示。轮式装载机按其车架结构形式可分为整体式装载机和铰接式装载机两大类。

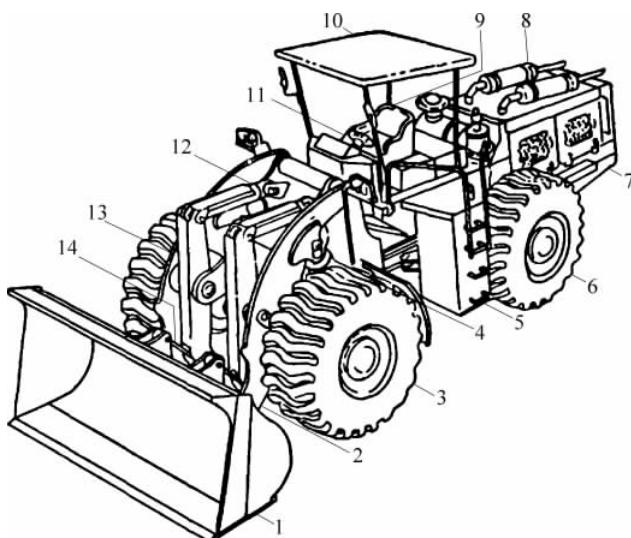


图 1-1 轮式装载机简图

1—铲斗；2—动臂；3—前轮；4—升降液压缸；5—燃油箱；6—后轮；7—发动机；8—消音装置；9—驾驶座位；10—驾驶室；11—工作油箱；12—转斗液压缸；13—推杆；14—连杆

#### 1.1.2 用途

目前世界上轮式装载机比履带式装载机使用要广泛得多，它既可以在路面上用来铲装、搬运、卸载、平整散装的物料，也可以对岩

石、硬土等进行轻度的铲掘工作；换装不同的工作装置后，还能完成土方碎石、物料抓运、棒料装卸土质疏松等（见图 1-2）；在缺乏牵引车辆的场合，装载机又可以用作牵引动力；在道路，特别是在高等级公路施工中，轮式装载机

常用于路基工程的填挖、沥青混合料和水泥混凝土料场的集料与装料等作业。因而,轮式装载机被广泛用于公路、铁路、建筑、水电、港口、矿山等工程的建设,对于减轻劳动强度、加快工程建设速度、提高工程质量起着重要的作用。

轮式装载机具有重量轻、速度快、机动灵活、效率高、行走时不破坏路面、维修方便等优点,因此近年来轮式装载机的形式和生产规模都得到了很大的发展。



图 1-2 具有不同工作装置的轮式装载机

### 1.1.3 国内外发展概况及趋势

#### 1. 国内发展概况

我国现代轮式装载机起始于 20 世纪 60 年代中期的 Z435 型。该机为整体机架、后桥转向。经过几年的努力,在吸收当时世界最先进的轮式装载机技术的基础上,开发成功了功率为 162kW 的铰接式轮式装载机,定型为 Z450(即后来的 ZL50),并于 1971 年 12 月 18 日正式通过专家鉴定,我国第一台铰接式轮式装载机诞生,从此我国装载机行业形成并在之后取得了快速发展。

中国装载机行业经过近 50 年的发展,特别是经过最近 10 年的超高速发展,中国装载机已经占据世界 2/3 以上的市场份额,并已经成为世界第一装载机制造大国。同时,经过这 10 年的发展,我国装载机产品技术质量有了很大的提高,与世界先进水平的差距越来越小,已得到世界市场(包括最苛刻的欧美市场)的广泛认可。也由于这 10 年的高速迅猛增长,各装载机企业,特别是主要企业均大大地扩大了产

能,因此市场竞争异常激烈。

2011 年,我国装载机的销售量为 238560 台,达到了中国装载机行业近 50 年来的顶峰。从 2011 年第二季度开始,中国装载机行业进入了一个“深度变革与转型升级”的新时期。从 2011 年第二季度一直到 2016 年底的近 6 年时间,是这一变革与转型升级时期的过渡期。在这期间内,中国装载机销量呈大幅度下滑趋势。

“十三五”期间我国社会固定资产投资仍将保持较高的增长速度,国家将进一步加大保障性住房、水利工程、海洋建设工程、铁路、公路、城镇公共交通和基础设施、电力、输气工程、输电工程建设,行业前景被看好。

中国目前已经是全世界最大的装载机制造大国,但在技术水平与价值方面与世界先进水平相比还存在一定差距,还不是装载机制造强国。近几年来,中国装载机开拓国际市场成效显著,平均每年以 45% 以上的速度高速增长。

## 2. 国外发展概况

世界上公认的装载机的起源是产于1929年的一台装载机。它是用拖拉机底盘改装的，发动机前置，前轮小，后轮大，前桥驱动，前轮转向，门架式工作装置，钢丝绳提臂翻斗装卸机具，铲斗容量量 $0.753\text{m}^3$ ，载质量680kg。缺点是牵引力小，铲斗切入力小，作业速度较低。

1947年，美国克拉克公司通过改进，用液压连杆机构取代了门架式结构，并采用专用底盘，制造出了新一代的轮式装载机，具备了现代装载机的外形，提高了提升速度、卸载高度、掘起力和切入力，因而可用于铲装松散的土方和石方，这是装载机发展过程中的第一次重大突破。1951年，美国开始采用液力机械传动技术，同时，车架结构采用三点支承，发动机后置，提高了车辆的越野性和牵引性。

20世纪50年代中期是传动系统发展的关键性10年，形成了柴油机—液力变矩器—动力换挡变速器—双桥驱动的传动结构，这是装载机的第二次重大突破，提高了整机的传动效率、牵引性、使用效率及寿命。这个时期开始形成了系列化专业化的生产。

20世纪60年代，装载机制造开始弃用刚性车架，转而采用铰接式车架技术，铲斗随前车架转向，这是装载机发展过程中的第三次重大突破。车架中间铰接，分为前后两部分，前车架铰接转向；与刚性车架比，一个作业循环内平均行驶路程少50%以上，生产效率提高50%；转弯半径小，机动灵活，适用于狭窄场地作业。这些与现在的装载机结构相同。

70年代至80年代，这个时期装载机的结构向安全、操纵省力、维修方便、减少污染和舒适度增加等方向发展。20世纪末，装载机主要在环保、安全、简化操作等方面发展，而不只是追求单机效率，并进入了电子化时期。当然，规模化生产也是主要的方向。

轮式装载机由于有用途广、作业生产率高、机动性好、短距离铲运土石方时作业成本低等

优点，因此随着建筑、水利、采矿等大型工程发展的需要，在国外出现了不断设计制造新型的大功率、大铲斗容量轮式装载机的趋向。例如，美国国际收割机公司设计的580型装载机，功率达 $1075\text{hp}$ <sup>①</sup>，铲斗容量为 $16.1\text{m}^3$ 。又如，美国克拉克公司设计的675型装载机，功率达 $1316\text{hp}$ ，铲斗容量为 $18.4\text{m}^3$ 。

随着装载机的大型化，相应地在动力、传动系统、转向系统、制动系统、行走系统和工作装置等各个方面也有了相应的发展。

### 1) 动力装置

目前占主导地位的仍然是以柴油机为动力装置，并普遍采用涡轮增压的发动机。为了适应大功率装载机设计的需要，675型装载机采取将两台飞轮功率为658马力的柴油机并联使用。此外，还出现了采用柴油机—发电机—电动机的动力驱动系统。美国的一些公司正在研制采用燃气轮机作为大型装载机的动力装置。

### 2) 传动系统

由于液力机械传动系统具有质量小、适应作业要求的性能好、操作方便等优点，因而仍是普遍采用的结构形式。

液力机械传动系统的变矩器，采用单级三元件结构的居多。此外，双涡轮变矩器由于制动工况变矩比大，而且双涡轮的工作情况相当于两个排挡，可以减少动力换挡变速器的排挡数，简化传动系结构，所以至今仍在很多型号装载机上获得采用。

近年来国外在研制新型号装载机的工作中，比较注意解决发动机功率在作业过程中的合理分配与利用问题。例如，美国国际收割机公司的580型、卡特彼勒公司的988B型和日本神户制钢所的LK1500型装载机等，都装有在作业过程中可对工作装置与行走系统进行功率分配的装置。其中一种结构形式，是在发动机与变矩器之间装一个油压压紧力可调的调节离合器，凭借这个系统，发动机的动力可按驾驶员的意感，以任何比例分配给工作装置的

<sup>①</sup> 1hp=735.49875W。

液压泵和行走系统。这就可以在铲装时把较大功率分配给工作装置,在运输时把较大功率传给行走系,从而保持发动机始终处于较高的转速下工作,提高作业生产率。

为了实现在作业过程中合理分配发动机功率这一目的,美国新生产的卡特彼勒 988B 型装载机采用了双泵轮变矩器,它有内外两个泵轮,在操作手柄的控制下可以独自工作、同时工作或相对工作,从而使得变矩器的吸收功率和输出功率可以在一个相当大的范围内进行无级变化。这样,就可以根据装载机的作业工况,把发动机功率合理地分配给工作装置与行走系统。

液力机械传动系统的动力换挡变速器仍然有定轴式和行星式两种结构。但是,随着装载机作业范围的扩大,装载机的排挡数目有扩大的趋向。例如,美国卡特彼勒 988B 型装载机原为 3 个前进挡、3 个倒退挡,而 988B 型已改为 4 个前进挡、4 个倒退挡。另外,对动力换挡变速器的设计,比较注意改善液压控制系统的性能,如换挡离合器的分离,接合性能,保证装载机的启动安全性等。

### 3) 转向系统

装载机普遍采用液压助力转向系统,并发展了全液压转向的设计方案,例如双管路系统与采用流量放大分配阀的方案等。这些新方案的特点是有较好的转向性能,简化了转向系部件在装载机上的布置,并能使转向操纵系统实现高度标准化。

另外,为了保证装载机的使用安全性,国外对紧急情况下的转向问题也比较注意。例如,为了保证在发动机过载熄火、下坡熄火等情况下不使装载机失去操纵,有些公司生产的装载机装有供紧急情况下使用的由电动泵或蓄能器构成的辅助转向系统。

### 4) 制动系统

大型装载机在制动时要吸收大量的能量,这些能量大部分在制动器中转化为热能而散失掉。因此,在大型装载机的制动器设计中,

摩擦热的消散、摩擦材料的磨损成为必须很好解决的突出问题。钳盘式制动器虽然具有良好的散热与制动性能,摩擦材料也有足够长的寿命,但由于受结构布置的限制,制动容量不能过大。因此,近几年在国外一些大型装载机上,例如卡特彼勒 988B 型装载机,开始采用封闭结构的多片湿式制动器。由于采用多片结构,制动面积大,同时因为用油液循环冷却,散热效果好,因而具有较大的制动容量与较好的制动效果。

### 5) 行走系统

由于轮胎在装载机的生产成本和使用成本中占有很大比重,因此国外对改进轮胎的结构、提高轮胎的使用寿命,进行了许多研究工作。通常,国外一种型号装载机,备有供不同条件下使用的数种轮胎,例如用于沙土与软路面的牵引轮胎,抗磨性较好的岩石路面用的浅花纹或深花纹轮胎,无花纹平面轮胎等。为了减少轮胎在矿山等多岩石场地使用时的磨损,国外还很注意研究轮胎的保护装置,其中一种为“垫式履带装置”,它由包在特制的圆筒形轮胎外面的一圈履带板构成,用来保护轮胎免受刺穿。

### 6) 工作装置

反转连杆机构的结构形式在铲斗铲装时具有较大的挖掘力,因此,在一些新型的装载机上得到了广泛的采用。在铲斗结构形式方面,国外有些公司研制了强制卸载的铲斗,它可以在铲斗呈水平或不大的倾斜度情况下,强行把物料推出。这样不但可以保证把黏附在铲斗上的物料卸尽,同时也增加了卸载高度。在工作装置的液压操纵系统方面,过去采用油压在  $150 \sim 200 \text{ kgf/cm}^2$ <sup>①</sup> 的较多,目前有的装载机已将工作油压提高到  $300 \text{ kgf/cm}^2$ ,从而大大提高了装载机的工作能力。

## 3. 轮式装载机的发展趋势

中国轮式装载机工业在发展的同时,一些问题也日益显露出来。特别是该行业的进入门槛极低,价格恶性竞争导致企业盈利能力低下,

①  $1 \text{ kgf/cm}^2 = 0.098 \text{ MPa}$ 。

营销理念缺失,市场难以拓展,产品质量及可靠性差。此外,产品及组织结构老化以及服务升级导致增加的成本难以消化等因素严重制约了行业的进一步发展和品质的提高。因此,中国装载机企业必须抓住新的发展形势,在产品研发上体现差异化战略和成本领先战略,继续加强行业以企业国家级技术中心和高校及科研院所为主体的科研开发体系建设,打造价值链营销,加强品牌建设,提升品牌价值,只有这样才能在新形势下立于不败之地。我国装载机要发展并跻身于世界市场,需要解决以下问题:

(1) 重点研发设计大型和小型轮式装载机,竞争最为激烈的中型装载机更新速度将越来越快。

(2) 根据各生产厂家的实际情况,重新进行总体设计,优化各项性能指标,强化构件的强度及刚度,使整机可靠性得到大幅提高。同时,对系统结构进行细化,如动力系统的减振、散热系统的结构优化、工作装置的性能指标优化及各铰点的防尘、工业造型设计等。

(3) 利用电子技术和传感技术实现变速器的自动换挡及液压变量系统的应用,提高效率、节约能源、降低装载机作业成本。

(4) 重视人机工程设计与操作舒适性设计,提高安全性、舒适性。驾驶室逐步具备防滚翻保护装置和防落物保护装置,驾驶室内环境将向汽车看齐,转向盘、座椅、各操纵手柄位置均能调节,使操作者处于最佳位置工作。

(5) 降低噪声和排放,强化环保指标。目前在欧美等发达国家已经开始推行 Stage V(欧洲)和 Tier 5(美国)标准。在我国,国Ⅲ排放标准已经执行,达不到该标准的工程机械(包括装载机在内)从 2016 年 4 月开始已经不允许销售。国Ⅳ排放标准已经在酝酿之中,执行该标准可能是 2~4 年内的事。

(6) 广泛利用新材料、新工艺、新技术,特别是机、电、液一体化技术,提高产品的寿命和可靠性。

(7) 最大限度地简化维修,尽量减少保养次数和维修时间,增大维修空间;普遍采用电子监视及监控技术,进一步完善故障诊断系

统,并提供驾驶员排除问题的方法。

(8) 智能化将在装载机上广泛采用。产品将逐步实现实时监控、人机交互、自动驾驶等。

## 1.2 分类

在结构上,轮式装载机有单斗和多斗两种;如按使用场合来区分,则可分为露天和井下两种。由于工程上常用的是单斗装载机,因此本手册只介绍单斗装载机。

根据用途和使用要求,装载机发展形成了不同的结构类型,通常按下列几种方式进行分类。

### 1.2.1 按发动机功率分类

装载机按发动机功率可分为小型、中型、大型和特大型四种。

小型: 功率小于 74kW, 额定载质量 3t 以下(不包括 3t);

中型: 功率 74~170kW, 额定载质量 3~6t(不包括 6t);

大型: 功率 170~515kW, 额定载质量 6~15t(不包括 15t);

特大型: 功率大于 515kW, 额定载质量 15t 以上。

### 1.2.2 按传动形式分类

装载机按传动形式可分为机械传动、液力机械传动、液压传动和电力传动。

#### 1. 机械传动

由柴油机通过离合器带动变速器传动,再通过传动轴、主传动、轮边减速装置以带动驱动轮转动,使装载机行走。同时,柴油机通过分动箱带动液压泵以操纵工作装置。这种传动方式结构简单,制造容易,成本较低,效率高并且没有间接能量损失,使用维修也比较容易;缺点是传动系统所受的振动和冲击较大,大载荷时发动机可能熄火,功率不能充分利用,不适用于轮式装载机。目前仅有少数小型装载机采用这种传动方式。因其成本低,在农村使用广泛。

## 2. 液力机械传动

与机械传动形式类似,液力机械传动只取消了离合器而换用了变矩器,取消了普通人力换挡变速器而换用了动力换挡变速器。通过采用液力变矩器与机械变速器串联方式连接进行传动,这样变矩器能吸收在作业时传给传动系统的冲击和振动,提高了传动零件的使用寿命,并可随外界载荷的变化自动调节车速。而且可以在不停车的情况下进行换挡,操作方便,减少了驾驶员的疲劳。这也是目前采用最为广泛的一种传动方式,一般在中大型装载机中采用。

## 3. 液压传动

液压传动即静液传动,是由泵、马达、管路、传动装置及控制部分组成的一种非刚性连接的传动装置。这种装置把机械能转换为液体的压力能,再将液体的压力能转换为机械能,起着能量传递的作用。其优点是可无级调速,操纵简便;液压传动的效率高,比液力传动效率高20%~35%,其节能效果好。缺点是启动性差,液压元件不易获得,寿命较低,故使用成本高。目前只在小型装载机上使用。

## 4. 电力传动

由柴油机驱动交流发电机发电,在发动机(柴油机)与轮胎之间,用发电机及电动机来传动。其组成包括发电机、轮边电动机、轮边减速器、控制箱、电阻箱、鼓风机、电线等。电力传动技术包括交直直、交直交、交交系统,目前使用较多的是交直交系统。交直交传动是发动机带动发电机,经整流成直流后,再将直流电逆变成交流(这样可以通过变频进行调速),

交流电驱动交流电动机运转,交流电动机带动轮边减速器,从而驱动轮胎运转。电力传动能够实现无级调速,工作可靠、维修简单,但成本较高,一般在大型装载机上采用。

### 1.2.3 按车架结构形式分类

轮式装载机按其车架结构形式可以分为整体式装载机和铰接式装载机。

#### 1. 整体式装载机

整体式装载机的车架是一个整体,其转向方式有后轮转向、全轮转向、前轮转向以及差速转向4种。

**后轮转向:**装载机在转向时,后轮的转向半径大于前轮的转向半径。与前轮转向正好相反,驾驶员不能用偏转前轮转向的方式来估计后轮躲避障碍物(见图1-3(a))。

**全轮转向:**转弯半径小,机动性好,前后轮转向半径相同,转向时后轮沿着前轮的轮迹滚动,这样使得在松软的地面上转向时行驶阻力小(见图1-3(b))。

**前轮转向:**这种转向方式常用于汽车、拖拉机。由于装载机的工作装置布置在前端,所以前轮转向会给工作装置和偏转车轮的布置造成困难,而且在满载时前轮负荷较大,转向阻力较大。因此,装载机一般不用前轮转向,只是在利用工农业拖拉机改装装载机时才使用前轮转向(见图1-3(c))。

**差速转向:**装载机的转向是利用左右车轮的速度差来实现的,多用于小型全液压驱动和大型电传动装载机上(见图1-3(d))。

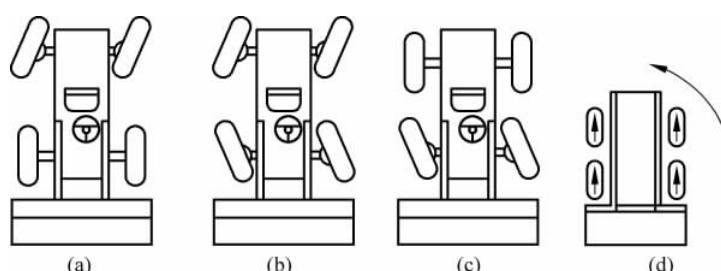


图1-3 整体式装载机转向方式示意图

(a) 后轮转向式; (b) 全轮转向式; (c) 前轮转向式; (d) 差速转向式

## 2. 铰接式装载机

铰接式装载机的车架由前车架和后车架两部分组成,中间由垂直铰销连接起来,故称铰接式装载机,如图 1-4 所示。这种形式的装载机有一对连接在前后车架上的转向液压缸,通过左右液压缸活塞杆的相反运动推动前车架相对于后车架绕垂直铰销转动,从而实现整机转向。由于折腰度大,所以转弯半径小。这种装载机可以在比较狭小的场地进行作业,缩短了行驶路程和时间,提高了生产效率。

铰接式装载机一般轴距较大,纵向稳定性较好,行车时纵向颠簸也小,驾驶员不易疲劳,但转向和高速行驶稳定性较差。

由上述可见,铰接式装载机的优点比较突出,因此,该机种近年来在国内外得到了快速发展,它不但应用于露天作业,在井下的装载运输作业中也得到了应用。国产 ZL 系列装载机都是这种形式。

### 1.2.4 按装载方式分类

装载机按其装载方式可以分为前卸式(前端式)、回转式和后卸式三种。

#### 1. 前卸式

前卸式装载机(图 1-5(a))在其前端铲装与卸载,卸载时装载机的工作装置与运输车辆垂直,这种卸载方式较费时间。但由于前卸式装载机结构简单,工作可靠,前视野好,所以得到了普遍的应用和较快的发展。几乎所有装载机都采用这种卸载方式。

#### 2. 回转式

回转式装载机(图 1-5(b))的工作装置安装在可回转  $90^\circ \sim 360^\circ$  的转台上,工作时铲斗在前端铲装,卸载时转台可相对车架转过一定的角度,这样工作时装载机和运输车辆可以成任意角度作业,装载机不需要调车,也不需要较严格的对车,卸载对准性好,工作效率高,可在

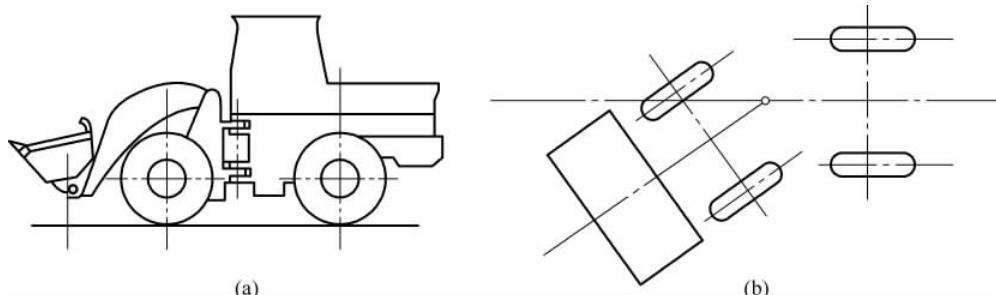


图 1-4 铰接式装载机

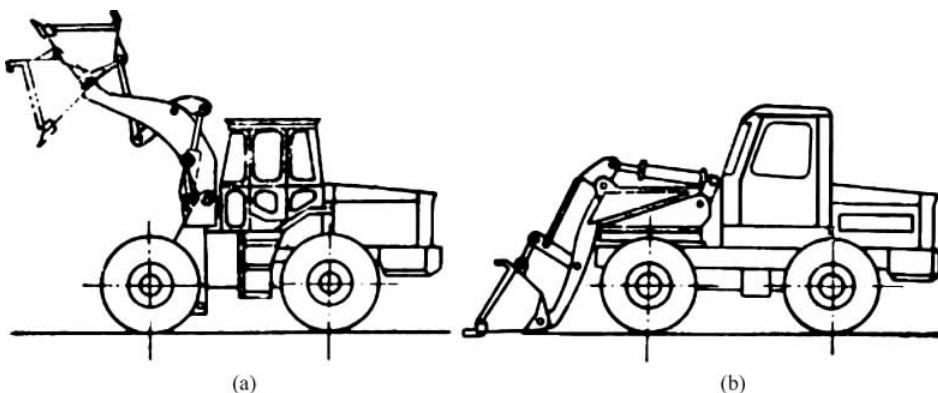


图 1-5 装载机装载方式

(a) 前卸式装载机; (b) 回转式装载机; (c) 后卸式装载机

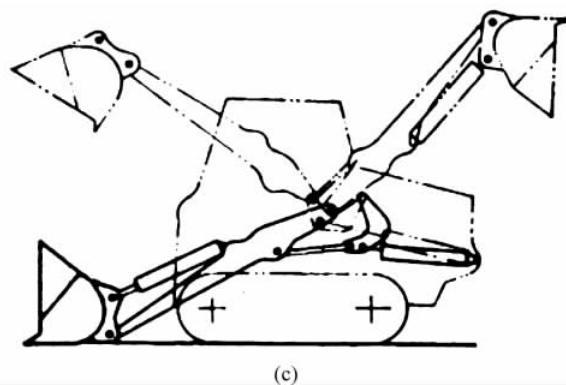


图 1-5 (续)

比较狭窄的场合工作。但这种装载机需要增设一套回转装置,结构较复杂,质量和成本也相对较高。而且在回转卸载时,是偏心卸载,两侧轮胎受载不一,有一侧轮胎超载很大,侧向稳定性较差,因此铲斗容量不能过大。

### 3. 后卸式

后卸式装载机(图 1-5(c))在前端装料,在后端卸料,作业时装载机不需要调车,可直接向停在其后面的运输车辆卸载,从而可以节约时间,作业效率高。但卸载时,铲斗必须越过驾驶员上空,很不安全,因此应用不广。

### 1.2.5 按驱动轮数分类

轮式装载机按照驱动轮数又分为前轮驱动、后轮驱动和全轮驱动三种。

全轮驱动的装载机具有牵引力大,越野通过性能好,便于铲挖、拖运等优点,特别有利于在恶劣的环境下工作。

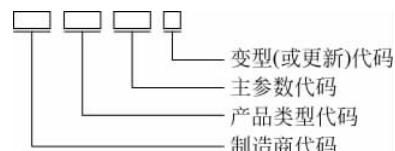
## 1.3 典型产品的结构组成、工作原理及技术性能参数

### 1.3.1 典型产品的结构组成与工作原理

轮式装载机是一种用途十分广泛的机械,具有用途广、机动性好、生产率高、作业成本低等优点,因此随着建筑、水利、采矿、矿山建设等大型工程建设的需要,国内外设计制造了新型的大功率、大铲斗容量轮式装载机。国家和

各装载机生产企业也制定了诸多标准。

根据部标 JB/T 9725—2014 的规定,国产装载机型号由制造商代码、产品类型代码、主参数代码、变形(或更新)代码构成,如下所示:



轮式装载机按照结构形式可以分为整体式装载机和铰接式装载机,下面分别介绍。

#### 1.3.1.1 整体式装载机

现以国产 Z435 型装载机为例,详细介绍后轮转向的刚性车架式装载机的结构和各部件的工作原理。

##### 1. Z435 型装载机的基本结构和技术规格

国产 Z435 型装载机(图 1-6)是一种中型的以装卸散状物料为主的工程机械,并可进行推土、铲挖、牵引等作业。



图 1-6 国产 Z435 型装载机外形