

# 目 录

第一章 挖掘机概述.....	员
第一节 挖掘机在国民经济建设中的重要地位.....	员
第二节 挖掘机械发展概述.....	员
第三节 挖掘机械简介.....	源
第二章 履带式挖掘机底盘构造与原理 .....	员
第一节 传动系统 .....	员
第二节 转向系统 .....	怨
第三节 行走系统 .....	愿
第四节 制动系统 .....	愿
第三章 轮胎式挖掘机底盘构造与原理 .....	怨
第一节 传动系统 .....	怨
第二节 转向系统 .....	怨
第三节 行走系统和支腿结构及布置.....	员
第四节 制动系统.....	员
第四章 挖掘机工作装置构造与原理.....	员
第一节 反铲挖掘机 .....	员
第二节 正铲挖掘机 .....	员
第五章 液压系统.....	员
第一节 液压系统概述.....	员
第二节 液压系统分析.....	员
第六章 控制系统分析.....	员
第一节 挖掘机的电子控制系统.....	员
第二节 精载圆一猿挖掘机的控制系统 .....	员
第七章 液压挖掘机液压系统故障诊断与排除.....	员
第一节 挖掘机液压系统故障的特征及排除步骤.....	员
第二节 挖掘机的使用及维修技术.....	员
主要参考文献.....	员

# 第一章 挖掘机概述

## 第一节 挖掘机在国民经济建设中的重要地位

挖掘机是工程机械的主要机种之一,是土石方开挖的主要机械设备,广泛应用于工业与民用建筑、交通运输、水利电力工程、农田改造、矿山采掘以及现代化军事工程等的机械化施工中。挖掘机在近 10 年发展很快,由于机电液一体化的运用,挖掘机的性能得到很大的提高。现代挖掘机具有各种工作装置与功能,去掉挖斗的挖掘机是一个工作平台。随着我国经济建设的飞速发展,特别是国家逐步增加对高等级公路、铁路、住宅和水利设施的投入,挖掘机越来越显示出适应性强、作业效率高、优越性。据统计,工程施工中约有 70% 左右的土石方量由挖掘机来完成。

据统计,目前中国境内生产液压挖掘机的专业厂和兼业厂约有 100 余家。1980 年全国液压挖掘机产量为 1000 台,1985 年为 10000 台,比 1980 年增长了 10 倍,而 1990 年产量达到 100000 台,与 1985 年相比较则增长了 10 倍;1995 年产量为 100000 台,又比 1990 年增长 10 倍;1998 年全国液压挖掘机产量达到 100000 台,比 1995 年增长 10 倍。1998 年挖掘机的销售量接近 100000 台,分别比 1995 年增长 10 倍和 10 倍。从 1980 年到 1998 年近 18 年时间全国液压挖掘机产量翻了两番。在 1998 年近 100000 台的销售量中,中外合资企业和外商独资企业的销售量为 10000 台(含贵州詹阳机械工业有限公司),占总销量的 10%。1998 年挖掘机产销量达到 100000 台,增加了 10 倍。1998 年增势犀利无比,上半年 10 家主要挖掘机中外合资、外商独资企业较 1997 年同期增幅达 10 倍。从全国挖掘机市场的销售情况来看,10 吨至 100 吨级的中型液压挖掘机最受用户欢迎,需求量最大,约占挖掘机总销量的 70% 以上。从以上这些数字可以看出挖掘机市场在中国的巨大潜力,挖掘机在经济建设中起着越来越重要的作用。

随着国民经济的高速发展,液压挖掘机在各种工程建设领域,特别是在基础设施建设中的作用越来越明显,液压挖掘机作为一种快速、高效的施工作业机械愈来愈受到重视。这几年沿海的购机热潮很明显,增长速度接近 10 倍。

## 第二节 挖掘机械发展概述

### 一、挖掘机发展概况

#### 1. 中国挖掘机行业的兴起和发展

我国挖掘机生产起步于 20 世纪 50 年代,1958 年成功地试制出我国第一台斗容为 1 立方米的机械传动正铲挖掘机。进入 60 年代以来,我国挖掘机行业通过技术引进、消化和合作生产等方式,吸收国外挖掘机生产的先进技术,使我国的挖掘机产品在技术水平、产品质量和生产管理等方面都有了进一步提高。国内挖掘机的发展起步较晚,目前国内市场国产挖掘机大多数

为 100 吨级的,超过 300 吨级的液压挖掘机较少。

从 1956 年我国开始自行研制液压挖掘机,至今经历了三个发展阶段:(1)自主开发阶段(1956-1980 年)。(2)技术的引进、消化、吸收与提高阶段(1980-1995 年)。(3)国外液压挖掘机生产企业全面进入我国市场,独资与合资企业迅速发展的阶段(1995 年至今)。我国是一个发展中国家,在其辽阔的土地上正在进行大规模的经济建设,这就需要大量的土石方施工机械为其服务,而液压挖掘机是最重要的一类土石方施工机械。因此,在中国存在着一个巨大的液压挖掘机的现实市场和更为巨大的潜在市场。一方面,近年来,我国液压挖掘机的产量和数量在不断增加,而另一方面,现在广大用户、各级施工单位对液压挖掘机在施工作业中的重要性认识越来越清晰,在众多场合用液压挖掘机替代装载机、推土机进行施工作业的效益也越来越明显,可以肯定液压挖掘机的发展空间很大。随着国家经济建设的不断发展,液压挖掘机的需求量正逐年大幅度增长。可以预料,今后几年我国液压挖掘机行业仍会有一个很大的发展,液压挖掘机的年产量将会以高于 10% 的速度增长。国内市场,主要由以下几个领域组成:交通运输工业领域、能源工业领域、原材料工业领域。国内液压挖掘机市场的特点:

- (1)国外独资与中外合资企业在全行业中比重逐年迅速上升;
- (2)国内市场对液压挖掘机机型的需求,以 100-300 吨级中型机型为主;
- (3)国内用户对液压挖掘机的高性能、高质量与高可靠性的要求已被视为首要条件;
- (4)采用国际先进配套件,注意不断提高制造水平与产品质量的企业,能够在国内液压挖掘机市场中占有一定的份额。

机电一体化、机器人化目前已成为工程机械的发展方向。将微电子技术、工业传感技术、实时控制技术和现代化控制理论与机械、液压技术综合运用于工程产品上,可大大提高产品的自动化程度和作业效率,且能耗少,连续作业能力强。在众多的工程机械产品中,液压挖掘机的控制技术有一定的代表性和通用性。

国外在挖掘机上应用机电一体化技术,主要体现在以下几个方面:

- (1)泵驱动机电电子负荷传感控制系统。
- (2)液压挖掘机工况检测与故障诊断系统。
- (3)无线遥控挖掘机。
- (4)作业过程的局部自主化控制(即半自动化液压挖掘机)。
- (5)全自动液压挖掘机。挖掘机自动化的最终目标是机器人化,由人指定挖掘任务后,其余工作由挖掘机自动完成。目前,低层次的局部自主式挖掘机发展较快,而全自动的液压挖掘机进展缓慢。

我国的工程机械机电一体化技术在工程机械上的应用与国外相比差距很大。目前我国在液压挖掘机上应用机电一体化技术研究较多,相对成熟的是节能技术、工况检测与故障诊断技术,至于遥控、半自动、全自动作业等机电一体化技术上几乎为空白。

在工程挖掘机的开发上应开发高性能的大型挖掘机以适应我国重大工程项目之需;应开发微型机,以满足开沟挖渠、埋线缆等窄小作业的需要;为发展适应煤炭、水利、农田、城建各方面需要的新品种挖掘机;应开发对挖掘机各种工况可进行监测、控制并改善操作人员劳动条件的挖掘机。挖掘和装载在现代工程中大量使用,因此开发两头忙的液压挖掘装载机是未来的一大趋势。有前途的产品是:大中型液压挖掘机、微型挖掘机、无人驾驶液压挖掘机、遥控水下挖掘机。

目前国外工程机械发展总的趋势是:发展快,水平高。如国外工程机械产品在集成电路、

微处理器、微型计算机及电子监控技术等方面都有广泛的应用,一些节能新技术得到了推广,可靠性、安全性、舒适性、环保性能得到了高度重视,并向大型化和微型化方向发展。借鉴国外工程机械产品的发展趋势,我国工程机械产品的发展走势应是:大力发展机电一体化产品,实现挖掘机工作状态的自动监测和控制,实现在有毒、有危险环境下机械作业的遥控,大力提高产品的质量、可靠性和技术水平,大力发展机械品种,加强新技术的应用,改善驾驶员的工作条件。

挖掘机的发展引人注目,而超大型挖掘机的发展更是惊人。大约在1950年,世界上首次出现工作重量超过15000kg的超大型挖掘机。经过60多年的发展,超大型液压挖掘机的工作重量最大现已达100000kg以上,铲斗斗容突破10m<sup>3</sup>。由于具有构造简单、操作方便、运动灵活及易于维护保养等优点,液压式挖掘机逐步代替了机械式和电动式挖掘机,并形成了超大型液压挖掘机系列。超大型挖掘机主要用于各种大规模露天矿山的开采及大型基础设施建设,同时还被用于填海造地工程及波斯湾河道疏通工程,其中正铲式挖掘机占大部分。目前生产超大型挖掘机的厂商较多,主要分布在美国、日本、德国,如卡特皮勒、小松、日立、德马克、韶运等公司。

大型液压挖掘机的开发生产大约从20世纪50年代初开始,如日立公司在1950年~1955年间开始开发的15000kg正铲大型挖掘机,其斗容量10m<sup>3</sup>,工作重量15000kg;1955年开发的25000kg正铲大型挖掘机,斗容量15m<sup>3</sup>,工作重量25000kg;1960年开发的45000kg正铲大型挖掘机,斗容量30m<sup>3</sup>,工作重量45000kg;1965年又开发了75000kg正铲超大型挖掘机,斗容量50m<sup>3</sup>,工作重量75000kg;1970年开发的100000kg超大型挖掘机在欧美等地的许多矿山得到了使用,其可靠性及耐久性得到认可。1975年,当时世界最大的150000kg正铲超大型挖掘机(斗容量75m<sup>3</sup>,工作重量150000kg)在日本开发成功,并在这一年又开发了斗容量100000kg,工作重量100000kg的正铲超大型挖掘机。此时世界其他公司也相继开发生产超大型液压挖掘机,如小松的150000kg型,三菱的200000kg型,利勃海尔的250000kg型,韶运的300000kg型,德马克的350000kg型等。1980年以后,超大型液压挖掘机的斗容不断增加,达100m<sup>3</sup>以上;机重不断加大,达150000kg以上,目前已经形成超大型挖掘机系列。

超大型挖掘机的快速发展与普及非常惊人,这主要是液压挖掘机具有非常好的工作性能和耐久性、可靠性,提高工作效率和经济效益。

#### (1) 优越的操纵特性及作业性能

超大型液压挖掘机采用发动机、燃油泵的电气控制系统,可以最大限度地发挥发动机性能,降低油耗,使机械高效地工作。大部分挖掘机采用故障检测系统,利用装在驾驶室显示器为驾驶员提供各主要部件、系统及整机的工作状况,机械操作的自动化程度及适应性提高。另外,工作装置也进行了很大的改进,在斗杆与铲斗之间采用了平行伸缩机构,使铲斗的工作范围加大,作业性能提高。为使驾驶员容易观察到大型自卸汽车的装卸状况,挖掘机驾驶室的前窗采用了前倾斜的形式,具有良好的视野。为改善驾驶室的工作条件,驾驶室内均采用了大容量空气调节器,使驾驶员可以长时间工作而不致感到疲劳。一些超大型挖掘机上采用了履带接地长度可伸缩机构,能按需要改变挖掘机的接地面积,大大提高了挖掘机的作业性。

#### (2) 适应自卸汽车大型化的需要

近年来,矿山、大型水利工程及基础设施建设用的自卸汽车在不断向大型化方向发展,目前大多使用的是100000kg~200000kg吨级的自卸车。为了与自卸车相匹配,超大型挖掘机必须提高斗容量,使单位时间内的工作量增加,保证在联合作业中有较高的生产效率。

#### (3) 提高维修及保养性能

对于超大型挖掘机,良好的维修及保养性与提高生产率、降低成本有着直接的关系,也是

其重要的性能之一。超大型挖掘机根据机械结构及部件设立多个监测项目,驾驶员可以通过设置在驾驶室里的显示器了解机械各部分,如机械结构、液压系统、行走系统、回转系统及工作装置等的工作状况。为了日常易于进行维修保养,超大型挖掘机还装有许多自动润滑装置。

#### (源大型反铲挖掘机需求装置

超大型挖掘机为了获得最大的装载能力,大部分采用的是大容量正铲斗。近年来与正铲挖掘机斗容量相当的反铲挖掘机的开发引起了世界注目。如  $10000\text{m}^3$  型超大型反铲挖掘机,其斗容量为  $10000\text{m}^3$ ,挖掘高度可达  $100\text{m}$ 。反铲挖掘反力非常稳定,可进行强有力的挖掘,具有较高的挖掘效率。

### 第三节 挖掘机械简介

挖掘机械是机械工程中的主要机种。各种类型与功能的挖掘机械,在国民经济建设的许多行业被广泛地采用,完成了绝大部分的土石方工作。现介绍一下挖掘机的分类。

#### 一、按用途及结构特征分类(表 1-1)

分 类	基本类型	主 要 特 点
按土方斗数分	单斗挖掘机	循环式工作,挖掘时间占 $15\% \sim 20\%$
	多斗挖掘机	连续式工作,对土壤和地形适应性较差,生产率高
按结构特性分	正铲挖掘机	斗齿朝外,主要开挖停机面以上的土
	反铲挖掘机	斗齿朝内,主要开挖停机面以下的土
	抓斗挖掘机	土斗用钢丝绳吊挂于支架上,主要用于挖掘停机面以下的泥沙
	抓斗挖掘机	土斗具有活瓣,吊挂于支杆上,主要开挖停机面以下水中的土壤及装卸散粒物料
	其他机型	主要有刨土机、起重机、拔根机、打桩机、刷坡机等
按操作动力分	手柄杆操纵	操纵紧张、生产率低
	脚踏操纵	操作平稳、作业范围较广
	气动操纵	操作灵敏、省力,主要用于制动装置

#### 二、主要挖掘机类型简介

##### 履带型挖掘机

该机型挖掘机的特点是具有反铲、正铲、拉铲、抓斗、起重吊钩等数十种工作装置,其中以反铲为主,可进行多种作业;多数是小型挖掘机,斗容量一般较小,在  $1\text{m}^3$  以下,斗容大于  $1\text{m}^3$  以上的挖掘机应用较少。单斗挖掘机一般都由一台柴油机驱动,也有用电动机或其他动力源驱动的。现今市场的挖掘机基本都由柴油机驱动。行走装置有履带式和轮胎式两种,行驶速度快,能远距离自行转场,机体重心低,运行稳定性好,操纵主要采用液压或气动。适用于挖掘限  $100\text{m}$  级土及爆破后的  $100\text{m}$  级岩石。

##### 轮胎型挖掘机

其主要工作装置为正铲,个别的配有拉铲装置和起重装置,斗容量较大,一般为  $1\text{m}^3 \sim 10\text{m}^3$ 。

现在在向液压控制和操纵普及,主要用于露天矿挖掘后的装载作业。

### 剥离式挖掘机

有履带式 and 步行式两种,用于露天矿表面的剥离和大型建设工程及河道疏通和挖掘、土壤改造等工程中。履带式为正铲工作装置,斗容量一般为 3~10m<sup>3</sup>,可开挖 I~II 级土壤。步行式工作装置为拉铲,斗容为 3~10m<sup>3</sup>。行走装置采用步行机构,其直接接地比压小,稳定性好,适宜于在松软、沼泽地面工作。这种行走装置当整机质量为 10~20t,作用于地面的压力仅为 0.1~0.2MPa。步行挖掘机作业范围大,斗容量也在向更大型化发展,最大已超过 10m<sup>3</sup>,臂长 10~15m,被广泛用于露天矿表层的剥离、砂砾石开采、河道开挖及大型土坝、路基、桥基、水电站基础开挖等工程,有逐步取代履带式正铲挖掘机的趋势。

### 隧道挖掘机

具有特种工作装置和较小的转台尾部回转半径,专用于隧道、坑道、地铁等狭窄的工作环境下,挖掘和装载 I~II 级土壤或爆破后的灾变岩石。

### 多斗挖掘机

它是一种由若干个挖斗连续循环进行挖掘作业的挖掘机械,主要用于 II 级以下土壤中挖取土方或开挖沟渠、剥离采料场或露天矿场上的浮土、修理坡道以及装卸松散物料等作业。多斗挖掘机可分为链斗式多斗挖掘机和轮斗式多斗挖掘机。链斗式多斗挖掘机是将挖斗连接在挠性构件(斗链)上。现代链斗式多斗挖掘机的挖掘深度已超过 10m,高度达到 100m,斗容量达 10m<sup>3</sup>,生产率可达 1000m<sup>3</sup>/h。机体质量达 1000t。轮斗式多斗挖掘机是轮斗固定在刚性构件(斗轮)上,以刚性斗轮取代斗链,用简单高效的输送带将土运出,因此,具有切削力大、切削速度快、生产效率高、运转平稳、动载荷小、卸土简便、可靠性好等优点。斗轮装在动臂端部,动臂长度和倾角可调,转台可旋转,故能挖出多种多样的掌子面。理论生产率为 100~1500m<sup>3</sup>/h。上下挖掘总采掘高度 10~20m,斗轮直径 10~15m,斗容量 10~15m<sup>3</sup>,斗杆长 10~15m,动力装置功率为 100~1500kW,机体质量 100~1500t。

### 单斗液压挖掘机

单斗液压挖掘机(图 1-1)是一种采用液压传动并以一个铲斗进行挖掘作业的机械。它是在机械传动单斗挖掘机的基础上发展而来的,是目前挖掘机械中重要的品种。

它的作业过程是以铲斗的切削刃(通常装有斗齿)切削土壤并将土装入斗内,斗装满后提升、回转至卸土位置进行卸土,卸空后铲斗再转回并下降到挖掘面进行下一次挖掘。当挖掘机挖完一段土后,机械移位,以便继续工作,因此,是一种周期作业的自行式土方机械。

## 三、单斗液压挖掘机的基本组成和工作原理

单斗液压挖掘机为了实现上述周期性作业动作的要求,设有下列基本组成部分:工作装置、回转机构、动力装置、传动操纵机构、行走装置和辅助设备等。常用的全回转式(转角大于 360°)挖掘机,其动力装置、传动机构的主要部分、回转机构、辅助设备和驾驶室等都装在可回转的平台上,简称为上部转台。因而常又把这类机械概括成由工作装置、上部转台和行走装置三大部分组成。挖掘机的基本性能也就决定于各组成部分的构造和性能。

液压挖掘机与机械挖掘机的主要区别在于传动装置的不同,以及由于传动的改变而引起的工作装置机构形式的不同。机械传动的挖掘机采用啮合传动和摩擦传动装置来传递动力。这些装置由齿轮、链条、链轮、钢索滑轮组等零件组成。液压挖掘机则采用液压传动来传递动力,它由油泵、油马达、油缸、控制阀及油管等液压元件组成。由于传动装置不同,控制装置也

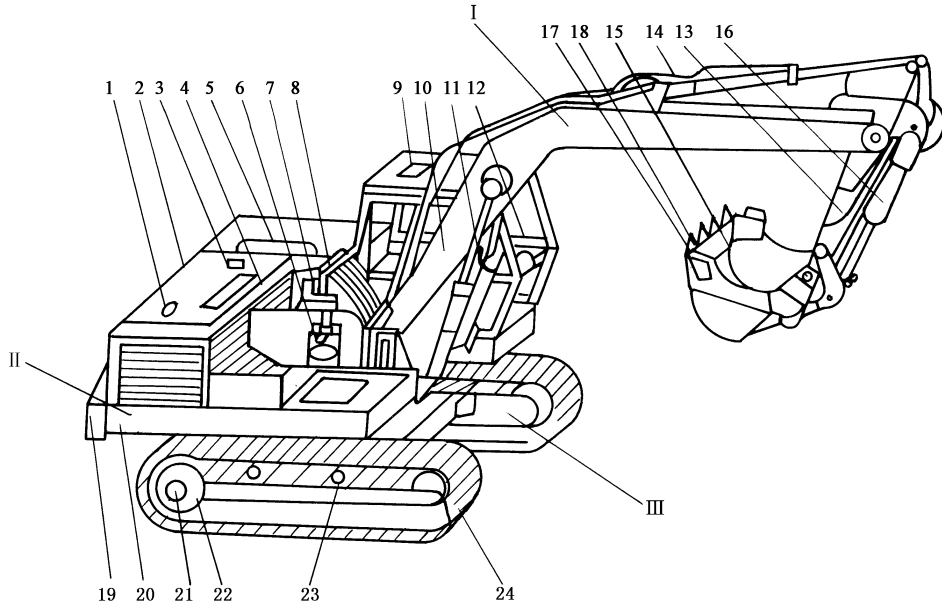


图 1 履带式反铲型液压挖掘机主要结构图

柴油机、发动机罩、油泵、液压控制多路阀、液压油箱、回转减速阀、液压马达、回转接头、操纵台、动臂、动臂油缸、操纵杆、操纵杆油缸、铲斗、铲斗油缸、铲斗齿、铲斗齿、平衡重、回转台、行走减速阀、行走重轮、行走链轮、履带板、工作装置、上部转台、行走装置

不同机械传动挖掘机采用各种摩擦式或啮合离合器和制动器来控制各个机构的起动、制动、逆转和调速等运动，液压挖掘机则采用液压分配器及各种控制阀来控制各机构的运动。

图 2 所示为液压挖掘机基本组成及传动示意图。如图所示，柴油机驱动两个油泵，把高压油输送到两个分配阀，操纵分配阀，将高压油再送往有关液压执行元件（油缸或油马达）驱动相应的机构进行工作。

液压挖掘机的工作装置采用连杆机构原理，而各部分的运动则通过油缸的伸缩来实现。

图中所示为液压挖掘机最常用的工作装置——反铲装置。它由铲斗、斗杆、圆动臂、连杆、以及相应的三组油缸组成。动臂下铰点接在转台上，利用动臂油缸的伸缩，使动臂（亦即整个工作装置）绕动臂下铰点转动，依靠斗杆油缸使斗杆绕动臂的上铰点摆动，而铲斗铰于斗杆前端，

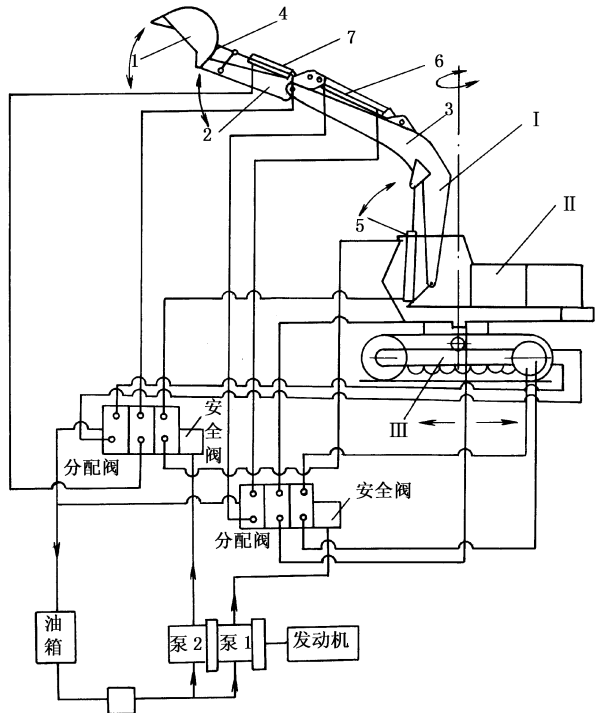


图 2 液压挖掘机基本组成及传动示意图

铲斗、斗杆、动臂、斗杆油缸、动臂油缸、回转装置、行走装置

并通过铲斗油缸和连杆使铲斗绕斗杆前铰点转动。

挖掘作业时,接通回转机构油马达,转动上部转台,使工作装置转到挖掘地点,同时操纵动臂油缸,小腔进油油缸回缩,使动臂下降至铲斗接触挖掘面为止。然后操纵斗杆油缸和铲斗油缸,油缸大腔进油而伸长,使铲斗进行挖掘和装载工作。斗装满后,将斗杆油缸和铲斗油缸关闭并操纵动臂油缸大腔进油,使动臂升高离挖掘面,随之接通回转马达,使转斗到卸载地点,再操纵斗杆和铲斗油缸回缩,使铲斗反转进行卸土。卸完后,将工作装置转至挖掘地点进行第二次循环挖掘工作。

实际挖掘工作中,由于土质情况、挖掘面作业条件以及挖掘机液压系统等不同,反铲装置三种油缸在挖掘循环中的动作配合可以是多种多样的,但也受到一定的限制(如能否复合动作等),上述仅为一般的工作过程。

总之,液压挖掘机采用三组油缸使铲斗实现有限的平面运动,加上油马达驱动回转运动,使铲斗运动扩大到有限的空间,再通过行走油马达驱动行走,使挖掘空间可沿水平方向得到间歇地扩大(即坐标中心可水平移位),从而可以满足挖掘作业的要求。由于挖掘作业要求的提高和多样化,工作装置的结构和驱动方式也在发展中。

#### 四、单斗液压挖掘机的基本类型

单斗液压挖掘机可按用途及其主要装置的特征进行分类

液压挖掘机按主要用途及工作装置的不同分为通用型和专用型两种。中小型挖掘机大部分为通用型,它装有反铲、正铲、装载、起重等多种可换工作装置。大型和中型液压挖掘机主要用于矿山采掘和装载,称为采矿型或矿用型,只配有正铲或装载工作装置。

按工作装置的结构不同分为铰接式和伸缩臂式挖掘机,常用者均为铰接式。伸缩臂式挖掘机因可用于平整清理场地和坡道等作业,故有挖掘平地机之称。

按行走装置的不同,液压挖掘机分为履带式、轮胎式、悬挂式及拖式等种。

履带式因有良好通过性能应用最广,对松软地面或沼泽地带还可采用加宽、加长以及浮式履带来降低接地比压。

轮式挖掘机具有行走速度快、机动性好、可在城市街道通行,故近年来在中小型液压挖掘机中发展较快。

汽车式、悬挂式是以汽车及拖拉机为基础机械(底盘)装设挖掘或装载工作装置的小型挖掘机,适用于城建小量土方工程及农村建筑。拖式则没有行走驱动机构,转移时由牵引车牵引,主要优点为结构简单、成本低。

按回转部分转角的不同,液压挖掘机有全回转和半回转两类。大部分液压挖掘机是全回转式的,小型液压挖掘机如悬挂式等工作装置仅能作 $180^\circ$ 左右的回转,为半回转式。

液压挖掘机按主要机构是否全部采用液压传动分为全液压式与半液压式两种。两者区别在于半液压传动挖掘机的行走机构采用机械传动,少数挖掘机仅工作装置采用液压传动。部分轮胎式液压挖掘机多采用半液压式。

单斗挖掘机的发展概况

单斗挖掘机开始出现于20世纪40年代末。它是在拖拉机上应用液压技术制成的一种悬挂作业装置而成为悬挂式液压挖掘机。

20世纪50年代后欧洲的一些厂家纷纷研制液压挖掘机,使液压挖掘机由悬挂式发展到全回转半液压式,再发展到全液压式,如1954年法国马泰斯公司制成半液压挖掘机;1958年

的联邦德国 沃特公司制成履带式全液压挖掘机等都属于小型挖掘机。

在 1940 年前液压挖掘机的初步发展中,由于对液压技术的应用不熟悉,液压元件和附件的制造质量不过关,试验工作薄弱,配套件供应跟不上以及成本较高等一系列问题,使液压挖掘机发展较慢。1950 年西欧市场上液压挖掘机的产量仅占挖掘机总产量的 15%。

20 世纪 50 年代中期后,由于液压挖掘机结构的逐步完善,工程施工应用充分显示出其优越性,使产量急剧上升,得到迅速发展,到 60 年代末世界各国液压挖掘机产量占挖掘机总产量的平均值已达 80% 以上。

20 世纪 70 年代初,多数液压挖掘机已经过改型,其主要特点是广泛采用了带液压伺服装置的高压变量系统,并且向高速、高压、大功率发展。液压挖掘机不仅用于建筑工程,并开始在各种露天矿场试用成功。此时,液压挖掘机产量占挖掘机总产量的比重愈来愈大,日本 1970 年已达 85% 以上;联邦德国为 90% 以上;美国 1970 年生产的单斗挖掘机(包括悬挂式)已有 90% 采用液压传动;法国生产的挖掘机基本上都是液压的。

进入 20 世纪 80 年代,液压挖掘机的液压系统得到进一步完善,单斗挖掘机基本采用液压传动,质量和外观精益求精。液压系统向机电液一体化发展,根据挖掘机的工作状况自动调节发动机的转速和输出功率。电液伺服系统得到迅速发展,液压挖掘机进一步向大型化和超大型化发展,挖掘机的效率得到进一步提高。

20 世纪 90 年代以来,在挖掘机的开发和生产中基本采用了电液伺服系统和故障自诊功能。在人机配合性能上得到充分重视,操作越来越轻松、驾驶室越来越舒适、配置越来越豪华,产品更新越来越快,逐步向自动化、智能化、机器人化发展,这都归功于电子技术的发展。挖掘机在电液伺服控制系统上的长足发展使挖掘机在国外的铲土运输机械中占据了主流。挖掘机仍在继续朝着多功能化的方向发展,以主机作工作平台,配置多种工作装置以满足各种工况需要还将成为液压挖掘机的一大优势。大型化和微型化挖掘机、轮式挖掘机以及挖掘装载两用机等机型也是 21 世纪的热点。

### 挖掘机的技术革命

近年来,由于电子技术的飞速发展及计算机的普遍使用,挖掘机开始广泛采用机电液一体化技术,向自动化、智能化和机器人化的方向发展,从而使挖掘机能进一步提高效率、节约能源、提高施工质量。这也就是工程机械发展史上的第三次革命。

机电液一体化技术的优点:

- (1) 提高了作业质量和工作的舒适性。
- (2) 节约了能源,提高了效率。采用机电液一体化技术,可节约能源 10% ~ 15%。
- (3) 改善了操纵性能,使操纵简单省力,可实现无人操纵或远距离操纵。
- (4) 提高了安全性和可靠性,可进行状态自动监测和故障诊断。
- (5) 为实现自动化、智能化提供了可能。

机电液一体化促进液压行业技术进步,电子技术的应用给液压技术的发展带来了新的革命,促使液压行业本身不断进行技术改进。

(1) 动力元件——泵 为适应闭环反馈自动控制的电液比例变量泵、电液伺服变量泵、负载敏感泵和控制元件集成形成多功能模块。

(2) 控制元件——阀 适应自动控制、通流能力大、响应速度快、易于集成的插装阀,精度高、响应速度快的数字阀,控制精度高、灵敏度高的伺服阀、比例阀;成本低、可靠性好的高速开关电磁阀等都被广泛采用。

愿

(执行元件——液压缸 采用带陶瓷镀层的液压缸能防腐蚀、耐磨损,便于在污染环境中工作。位置自动调节式液压缸,便于自动调节位置及行程。

(源液系统整体结构模块化 集成化可方便地构成各种形式,进一步提高可靠性。随着模式技术、计算机仿真技术的成熟,一些现代控制理论如线性系统的自适应控制,非线性系统的模糊控制等,已开始~~在~~在液压控制中得到应用。

#### 源机电液一体化技术在挖掘机上的应用

电子技术包括计算机技术、集成电路技术、数字电路技术以及通讯技术。电子技术、传感器技术与液压技术相结合,实现了机械的自动控制、自动监测和处理,即为机电液一体化的媒介——感觉器官;以微机为核心的电子技术是机电液一体化的中枢、大脑,它接受传感器送入的各种信息,进行处理后送至执行机构执行。

工程机械机电液一体化技术的内容主要包括如下诸方面:整机电子控制,如电液传动及操纵控制、仿型控制、远距离控制、无线遥控及智能控制等;发动机电子控制,如燃油喷射、发动机工况和电控泵的监测与控制、冷却系统和润滑系统的检测与保护等;行走系统的电子控制,如自动调速、恒速控制、全轮独立自动转向、直线行使控制、功率分配控制等;工作装置的电子控制,整机电子—液压集成控制。随着电子技术的飞速发展,特别是大规模集成电路的出现与应用,以微处理器为核心的各种控制系统已非常普遍。过去由分立元件构成的系统,现在可以集成到一起。控制系统的集成化使系统的整体结构趋于模块化,从而使结构更简单,操纵更方便,可靠性更好。

### 五、挖掘机系统介绍

图5-1 卡特皮勒生产的改进型悦精型液压挖掘机,无论从外观还是从发动机、液压系统、操作模式、舒适性和安全性等方面都有全方位的提高。

#### 主要技术参数

##### 发动机

型号	悦精涡轮增压型柴油发动机
额定功率(千瓦)	15.5
最大扭矩(牛·米)	250

##### 回转装置

回转压力(公斤)	15
回转速度(转/分)	1.5
回转转矩(牛·米)	2500

##### 工作装置

最大压力(公斤)	15.5
最大流量(升/分)	15
空载循环时间(秒)	15
铲斗回收	15
斗杆外伸	15
动臂提升	15
最大挖掘深度(米)	15
最大外伸距离(米)	15

最大卸载高度(皂)	远缘
铲斗最大挖掘力(噪)	员愿
行走装置	
最大行走速度(噪轳)	缘缘
最大牵引力(噪皂)	员远
工作重量	
标准型(噪)	员远
加长型(噪)	圆缘
超长臂型(噪)	圆缘
外形尺寸(标准型)	
长伊宽伊高(皂)	怨源伊圆缘伊员远
噪声(噪)	苑源
圆结构特点	
员工作液压系统	

动臂和斗杆采用回油再利用回路(图 员缘) 大大缩短了循环时间,速度更快,从而提高了生产率,并降低了使用成本。据测定,猿缘的生产效率相对于猿缘提高了苑缘~员缘。

选配的辅助液压系统设有可叠装阀,为其其他专用附属工作装置提供匹配的液压流量和压力,可最大限度地发挥机器的多功能性。其他附属工作装置如冲击锤、破碎钳、压路辊和抓斗等。

#### 圆主要零部件

回转平台采用高强度耐用金属的钢架结构,设计合理,坚固耐用;

底座为载形、箱式断面结构,具有较大的抗扭抗弯曲强度;

履带支重轮架为五边形断面,冲压成形,承载能力强;

支重轮、托链轮和引导轮采用密封润滑,履带链节采用密封及油脂润滑,减少了内衬套的磨损,延长使用寿命达 员缘~圆缘。

#### 猿驾驶室

猿驾驶室按人机工程学原理设计,各构件结构简单,便于安装润滑,手柄和踏板操作省力;座椅有软、硬两种可供选择,椅背可平放。

重新设计的驾驶室控制台不同于猿,简单实用,两个操控台均安装在可调的扶手上,驾驶室门的上部窗户可滑移开启,提供户外通风,便于同机外人员交谈;车窗框,改善了驾驶员视野;前车窗上部可开闭,收存在驾驶室顶部。

驾驶室装备有自动恒温空调和玻璃除霜器,操作者通过调整操作手柄可任意调节空调的风向;落物保护板由螺栓直接固定在驾驶室外部。

为了减少和避免灰尘的进入,可对驾驶室进行缘的加压。将发动机罩改为强韧性凹陷金属板的平罩,使司机拥有更大的后部视野。

#### 肆操作功能

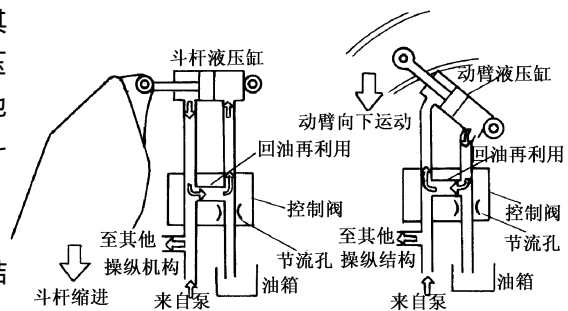


图 员缘 动臂及斗杆的回油再利用回路

沃尔沃采用动臂优先、回转优先、精细控制和驾驶员模式。沃尔沃则采用自动工作模式,动臂和回转自动优先系统会依据跟踪式操作手柄的动作行程选择最好的工作模式。

沃尔沃对沃尔沃的监控器做了全新的变换,是一种全智能的控制系统,向操作者提供更清晰、更简单的作业状态显示。

监控内容包括:燃油量、发动机冷却液温度、液压油温度、文字显示故障、保养周期(油液及滤清)、发动机、液压泵、行走马达及多种不同工作装置的工作时数、调整储存控制器、发动机转速、液压系统压力、动力提档压力和自动模式等。

新监控器可以用四个国家的文字进行显示。

#### 维修功能

在保养及维修方面,沃尔沃作了更多的改进。日常保养通常可在地面进行,延长了保养周期。

## 第二章 履带式挖掘机底盘构造与原理

履带式挖掘机绝大部分为全液压式挖掘机。一般将挖掘机底盘分为四大系统,即传动系统、转向系统、行走系统、制动系统。传动系统传递的是挖掘机的动力,即挖掘机油路中的液压油,使转向系统、行走系统、制动系统、工作装置能正常工作,完成挖掘机的工作要求。

### 第一节 传动系统

#### 一、传动系的功用与类型

工程机械的动力装置和驱动轮之间的传动部件总称为传动系统。

传动系的功用是将动力装置的动力,按需要传递给驱动轮和其它操纵机构。由于柴油机或汽油机的输出特性具有转矩小、转速高和转速变化范围小的特点,这与工程机械运行或作业时所需的转矩大、速度范围大相矛盾。所以工程机械采用传动系将发动机的动力按需要适当降低转速增加转矩后传到驱动轮上,使之适应工程机械运行和作业中的动力切换,以及实现机械前进与倒退、转弯等的要求。

传动系统的类型有机械式、液力—机械式、全液压式和电动轮式等四种。在挖掘机上采用的传动系统主要是全液压式,只有微型挖掘机采用机械式或电动轮式。少数轮式挖掘机的工作装置采用液压式,而行走装置采用机械式。

采用液压传动有以下特点:

可方便地实现无级调速,调速范围大。液压传动的调速范围可达  $1000:1$ ,柱塞式液压马达的最低稳定转速为  $100\text{r/min}$ ,这是电力传动很难达到的。

易于实现直线往复运动,以直接驱动工作装置。各液压元件间可用管路连接,故安装位置自由,便于机械的总体布局。

能容量大,即较小重量和尺寸的液压件可传递较大的功率。例如液压泵与同功率的电动机相比外形尺寸为后者的  $1/3 \sim 1/2$ ,重量为后者的  $1/4 \sim 1/3$ ,因此整个机械的重量大大减轻。

由于液压元件的结构紧凑、重量轻,而且液压油具有一定的吸振能力,所以液压系统的惯量小、起动快、工作平稳,易于实现快速而无冲击地变速与换向,应用于工程机械上,可减少变速时的功率损失。

液压系统易于实现安全保护,同时液压传动比机械传动操作简便、省力,因而提高了机械生产率和作业质量。

液压传动的工作介质本身就是润滑油,可使各液压元件自行润滑,因而延长了元件的使用寿命。

液压元件易于实现标准化、系列化,便于组织专业化大批量生产,从而提高了生产率,提高了产品质量,降低了成本。

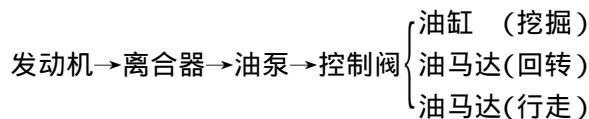
与电、气配合,可设计出性能好、自动化程度高的传动及控制系统,操作轻便。

但要注意的是液压油的泄漏难以避免,外泄会污染环境并造成液压油的浪费,内泄会降低传动效率,并影响传动的平稳性和准确性,因而液压传动不适于严格定比例传动的场合。当前液压传动机械的效率低,这是许多机械传动不能被液压传动取代的主要原因。而且,液压油的粘度随温度变化而变化,从而影响传动机构的工作性能,因此在低温或高温条件下,均不宜采用液压传动。液压元件制造精度要求较高,因而价格较贵,使用和维修要求有较高的技术和一定的专业知识。

液压传动系统。由液压动力元件(油泵)、控制元件(各种阀类)、液压执行元件(油马达、油缸)和液压辅助元件(油箱、油管、滤油器、接头和密封件等)所组成,是液压挖掘机的重要组成部分。

油泵将发动机所输出的机械能传递给执行元件,执行元件再将液压能转变为机械能,从而完成预期的各种动作。

履带式液压挖掘机的传动路线是:



传动系统中通过控制阀按需要通液压油,实现挖掘机的各个动作。

## 二、以悦载型悦载型挖掘机为例介绍传动系统及各液压元件

(一)悦载型液压挖掘机由美国卡特皮勒(悦载型)公司生产,其总体液压系统如图 所示。

### 员概述

该机器由主液压系统(为机器的油缸和油马达供油,进行挖掘、回转、行走等)、先导液压系统(为控制回路供油,控制各阀的动作)、电子控制系统(控制发动机和油泵的输出功率,实现最优化)三个系统驱动并控制。

### 员主液压系统

主液压系统由主油泵 和 驱动。油泵 和 是斜轴式变量柱塞泵,二者的使用性能相同。下泵 通过弹性联轴器直接与发动机相连,油泵 和 通过齿轮分动箱与发动机连接,先导齿轮油泵 安装在箱体内,直接与下泵相连,驱动先导液压系统。发动机的所有输出功率都用来驱动这三个油泵。每个主油泵在空载时的流量都为 额定流量,先导泵在额定载荷下的流量为 额定流量。当发动机运转时,油泵就给主液压回路供油。

如果挖掘机不工作,油泵输出的油就经控制阀返回到液压油箱。此时主控制阀给每个油泵发出信号(反向流动控制),使油泵的排量最小。

当载荷增加时,主油泵的排量降低。在系统压力增加或减小时保持液压功率与发动机功率大体相同,上、下油泵输出的油分别进入主控制阀 的右、左阀体。如果操作手柄不动作,主控制阀 直接将油送入各个液压缸(动臂、铲斗、斗杆)和液压马达(回转和行走)。主控制阀 包括不同的阀杆、阀口通道、单向阀和节流孔,既允许单独操作,又允许与其他部分联合操作。主液压系统的最大工作压力由主溢流阀限制,在行走操作时设置为 额定压力,在工作机构动作和回转操作时设置为 额定压力。操作手柄动作时,液压油根据操作的要求供油。

### 员先导液压系统

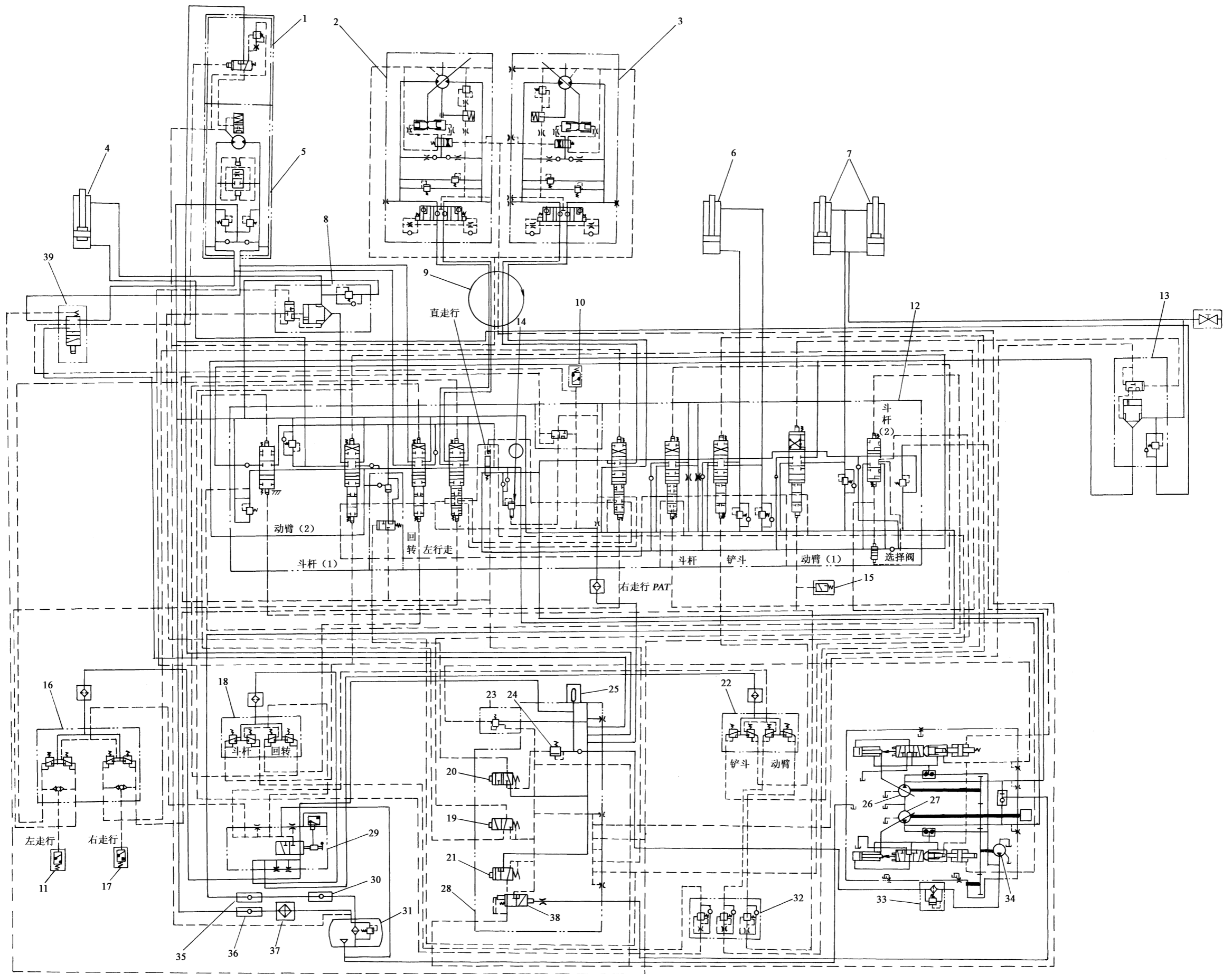


图 1 倪 125 型液压挖掘机液压系统图

1. 回转制动控制阀 2. 左行走马达 3. 右行走马达 4. 斗杆油缸 5. 回转马达 6. 铲斗油缸 7. 动臂油缸 8. 斗杆锁紧阀 9. 回转接头 10. 压力转换开关(工作装置 回转) 11. 压力转换开关(左行走) 12. 主控制阀 13. 动臂锁紧阀 14. 主溢流阀 15. 压力转换开关 16. 先导控制阀 17. 压力转换开关(右行走) 18. 电磁阀(微动控制) 19. 电磁阀(回转优先) 20. 电磁阀(行走速度) 21. 比例减压阀 22. 先导溢流阀 23. 蓄能器 24. 上泵 25. 下泵 26. 先导油分流器 27. 液压起动控制阀 28. 回路单向阀 29. 液压油箱 30. 减振器 31. 先导过滤器 32. 先导油泵 33. 回路单向阀 34. 节流阀 35. 液冷却器 36. 行走速度变换阀 37. 电磁阀(微动回转) 38. 39.

先导泵 1 向先导回路中输送连续的压力油流 , 先导操作压力增加到先导溢流阀的设定压力 ( 先导溢流阀 2 ) 。先导油路控制了几乎所有的阀的动作和其他的控制 , 其主要有如下三种功能 :

( 1 ) 操作控制阀 : 当操作操纵杆或踏板时 , 先导油流经先导控制阀 3 和 4 分别进入主控制阀。先导油的压力推动主控制阀杆 , 使得主油泵中的油流入液压缸 5 和 6 的供油回路中。

( 2 ) 控制油泵输出 : 比例减压阀 7 收到电子信号后 , 使用先导液压油来形成液压信号 , 液压信号进入主油泵的调节器 , 控制油泵的输出流量。

( 3 ) 在先导油路中形成先导压力信号和压力控制 , 使以下油流控制能够得以实现 :

① 起动发动机自动速度控制系统 ( 调速 ) , 在不需要或只需要轻微的液压操作时可以自动降低发动机转速。

② 改变给行走或工作装置、回转操作设置的主溢流压力。

③ 释放回转马达停车制动器。

④ 通过控制直线行走控制阀 , 使之在行走和工作装置复合操作时保持机械直线行走。

⑤ 控制单一装载或挖沟作业时相关的操作。

### 先导电子控制系统

电子控制系统通过控制器控制发动机和油泵的输出功率 , 实现油泵根据机器负载和发动机转速来提供最佳的功率匹配输出。

### 主油泵

主油泵如图 1 所示。主油泵包括上泵 1 和下泵 2 二者通过壳体 3 相连。上、下油泵的结构、操作和控制系统都是相同的。液压油箱出来的油进入进油口 4 该油口是两油泵共用的 , 每个油泵分别经自己的出油口 5 或 6 输出压力油。先导油泵 7 通过进油口 4 进油而通过出

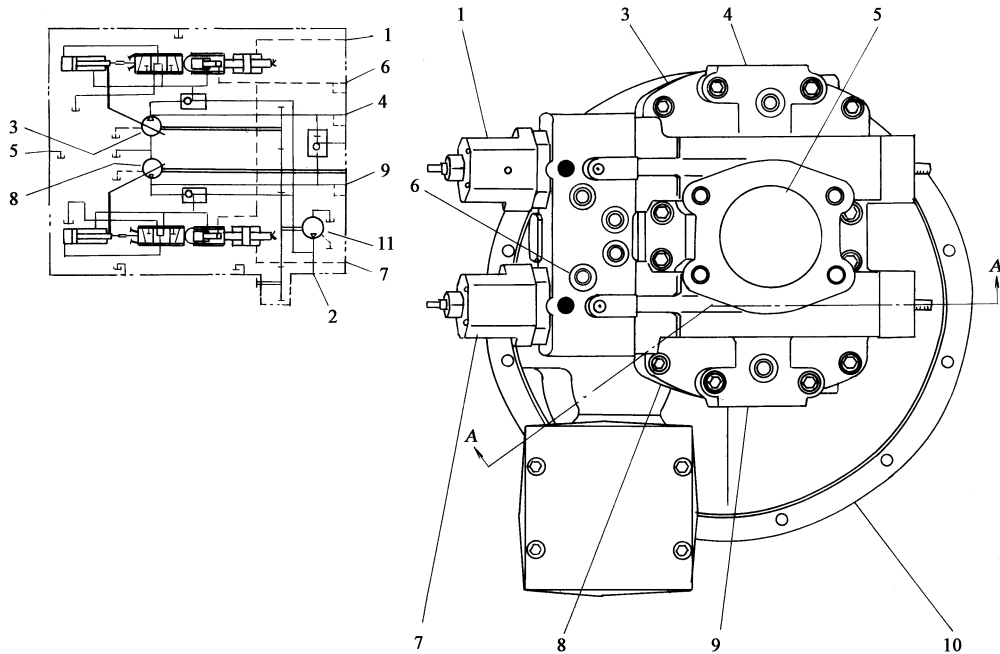


图 1 主油泵

1 进油口 ( 上泵反向流动控制压力 ) , 2 出油口 ( 先导泵 ) , 3 壳体 , 4 进油口 ( 上泵 ) , 5 出油口 ( 功率变换压力 ) , 6 出油口 ( 下泵反向流动控制压力 ) , 7 进油口 ( 下泵 ) , 8 出油口 ( 下泵 ) , 9 壳体 , 10 先导泵

油口 圆排油。

用于控制电子控制器功率变换的压力油通过油口 远进入主油泵 ,来自主控制阀的反向流动控制压力油分别经油口 贡和 苑进入主油泵。

主油泵结构如图 圆所示。油泵为斜盘式柱塞泵 ,通过改变缸体的角度来改变排量。下泵驱动轴 愿与发动机飞轮直接耦合。驱动轴 愿上的齿轮 圆与轴 圆上的齿轮 圆啮合。当发动机飞轮驱动轴 愿时 ,上泵的轴 圆也由于齿轮 圆和 圆的机械啮合而转动。因为齿轮 圆和 圆的齿数相同 ,所以上、下油泵均和发动机的转速相同。由于齿轮 圆与先导泵 愿的驱动轴齿轮 愿啮合 ,所以先导泵 愿也随主油泵运转。

### 员油泵操作

上、下油泵操作相同。以下油泵为例说明如下 :驱动轴 愿由发动机驱动。驱动轴 愿通过七个柱塞 圆带动缸体 圆转动。缸体 圆与配流盘 圆相接触 ,缸体 圆在配流盘上回转。缸体 圆上装有柱塞 圆 齿轮 圆的斜盘 圆夹住柱塞 圆头部 ,使他们能在缸体孔内回转。

液压油从油箱中流出 ,经进油口 缘进入油泵壳体 愿,该油分别流经配流盘 圆的进油通道 猿和 猿,然后从进口通道 猿进入缸体 圆的通道 猿被打开 ,并转动到通道 猿的位置。柱塞 圆根据缸体 圆的角度改变它的行程位移 ,当柱塞移出缸体 圆孔时吸油 ,当柱塞进入油缸孔时压油。柱塞压入的油液经过通道 猿再经配流盘 圆的出口通道 猿,然后压力油经出油口 怨从下泵进入液压回路。

配流盘 圆在壳体 愿的机械加工槽内运动。配流盘 圆的中心孔 猿连接枢销 圆的一端 ,枢销的另一端连在调节器 愿的柱塞 圆上。当操作调节器使柱塞 圆移动移出时 ,由于枢销 圆和配流盘 圆的机械连接而使缸体改变了角度。当配流盘 圆沿径向 悦移动时 ,缸体角度减小 ,柱塞行程减小 ,油泵的排量减少。当配流盘沿径向 阅运动时 ,缸体角度增大 ,柱塞行程增加 ,油泵排量增大。

配流盘 圆表面和缸体 圆表面之间的摩擦副将吸油和压油区隔离开 ,配流盘 圆的另一面与机械加工槽形成密封。摩擦副由精加工而成 ,因此在拆卸和装配时要加以保护。

配流盘结构如图 圆所示。下泵的配流盘 圆与上泵的配流盘 猿是不同的 ,要特别注意配流盘 圆和 猿的安装位置要正确。

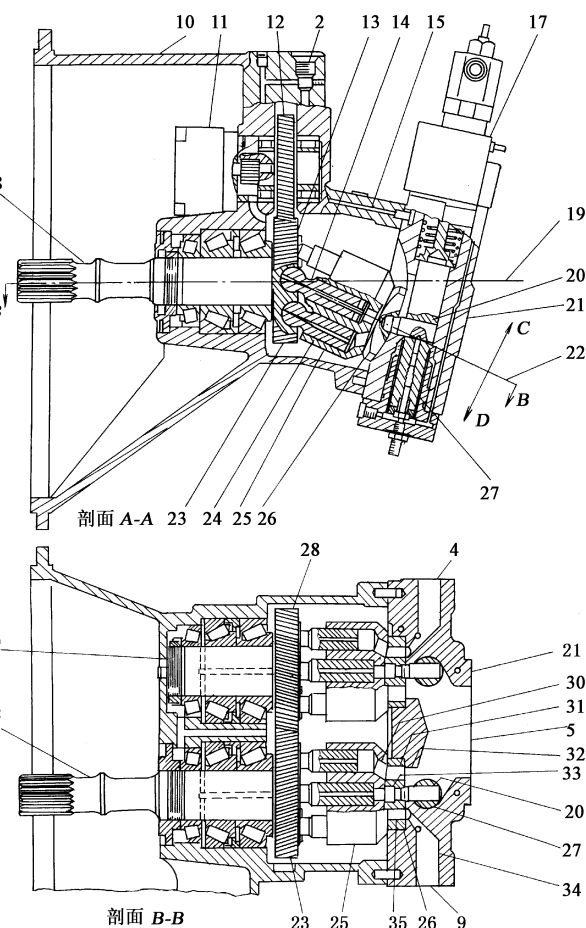


图 圆 主油泵结构图(图 圆的局部)

圆出油口(先导泵) ; 圆出油口(上泵) ; 缘进油口 ; 圆出油口(下泵) ; 愿壳体 ; 愿先导泵 ; 愿齿轮(先导泵) ; 愿斜盘 ; 愿销 ; 愿通道(先导泵) ; 愿调节器 ; 愿驱动轴(下泵) ; 愿中心线 ; 愿枢销 ; 愿齿轮(下泵) ; 愿柱塞 ; 愿缸体 ; 愿配流盘 ; 愿齿轮(上泵) ; 愿轴(上泵) ; 猿缸通道 ; 猿进口通道 ; 猿中心孔 ; 猿出口通道