45. 液压技术在建筑、工程机械中的应用

45.1 液压技术在建筑机械中的应用

45.1.1 概述

液压技术具有传递功率大，体积小，相对重量轻，结构简单，使用方便，效率高，且易於实现过载保护和远距离操纵等优点。随着近年来高新微电子技术的发展和在液压技术上的应用，使建筑机械，路面机械的发展更加迅速，产品的更新越来越快，产品的综合技术水平越来越高，同时提高了这些机械的广泛适应性，进一步提高了使用寿命和可靠性，以及操作安全性，舒适性和维修性能。

在建筑施工机械中，混凝土机械是建筑机械的主要设备。混凝土搅拌设备，混凝土振实机械以及混凝土输送机械大多采用了液压传动系统，在建筑业使用的桩工机械和液压打桩机静液压压桩机，液压锤，磨桩机和连续将抓斗等建筑施工设备也都采用了液压系统。

随着交通运输业的发展，必然加快城乡道路和高速公路网的建设，对路面机械的需求量越来越大，机种越来越多，混凝土路面机械主要有沥青混凝土搅拌机械和沥青混凝土摊铺机和水泥混凝土摊铺机，水泥混凝土搅拌机。沥青混凝土摊铺机最大摊铺厚度可达35mm，摊铺宽度12.5m，水泥摊铺机最大摊铺厚度可达610mm，摊铺宽度16.5m。路面铣刨机最大铣刨深度254mm，宽度可达427m，稳定土拌合机最大拌合宽度2.5m，拌合深度可达610mm，天津工程机械研究所设计研制的WB320型拌合机和WB360型拌合机为全液压轮式稳定土拌合机。其性能参数为最大拌合深度450mm，拌合宽度2100mm。

45.1.2 沥青混凝土摊铺机

沥青混凝土的摊铺是筑路过程中繁重而重要的工作，摊铺机可以一次性完成混凝土的摊铺、捣实、熨平三道工序，形成具有一定密实度，一定厚度，一定宽度的平整路面，适用于各种等级的公路，市政道路，机场等高等级道路的修建，是机械化道路施工必不可少的设备，其外形见图45.1－1。

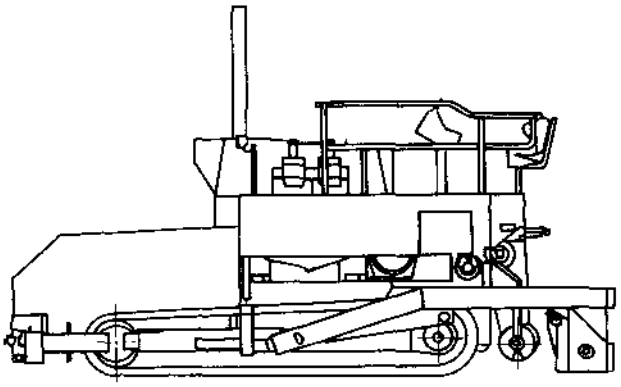

图45.1－1 摊铺机外形图

该机各执行元件的动作均由液压系统控制，其中有：①全液压行走系统，②全液压转向系统，③熨平板自动延伸，④振动和振捣机构，⑤熨平板拱度调节，⑥自动调平系统，⑦供料装置液压驱动系统。其中全液压行走系统和供料液压系统为两套独立的闭式系统，其余的为多泵供油的开式系统。

（1）行走液压驱动系统

发动机驱动变量柱塞泵供油，驱动变量柱塞马达带动变速箱主传动，差速器，减速箱，链传动，驱动车轮实现机器行走，液压泵的变量形式为电气控制，马达为液控变量，其系统见图45.1－2。

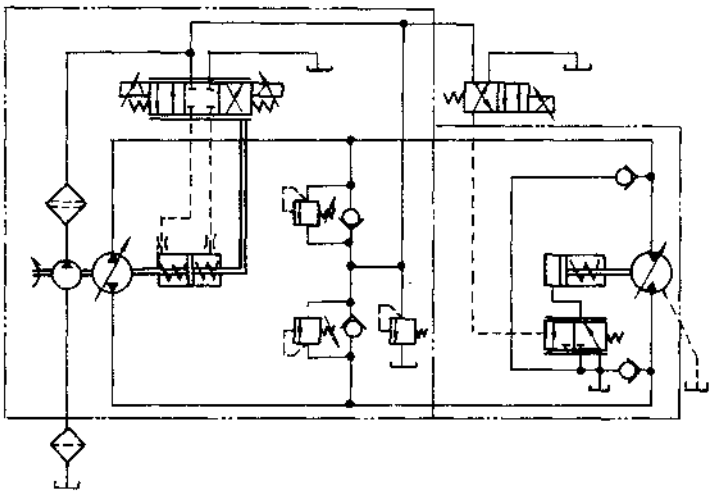

图 45.1－2 行走液压系统

(2) 供料液压系统

该系统完成摊铺机的沥青混凝土的接收，供料，分料。它由液压马达通过链轮箱，刮板器，螺旋分料器，受料斗，顶推杆实现物料的接收和分料功能。其系统原理见图 45.1－3。由电动变量泵和定量马达组成闭式系统。

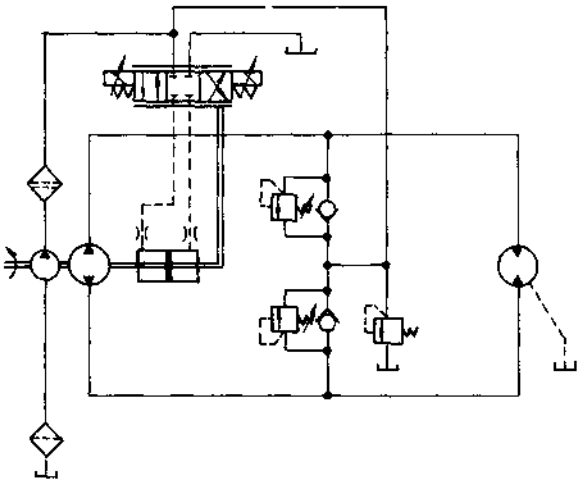

图 45.1－3 供料液压系统

(3) 其他液压传动系统

其他液压系统为一个四泵组成的开式系统，其液压系统原理图见图 45.1－4。

本系统包括转向系统，振动振捣系统，自动调平系统，料斗开启液压缸，料门控制液压缸，熨平板提升和左右延伸液压缸，冷却风扇马达等。

自动调平装置由纵坡控制器和横坡控制器(包括遥控显示器，执行机构，以及纵向参考基准等)组成，控制器的输出分别控制左右调平液压缸的电磁阀，对大臂牵引点的升降进行调节，对路面不平度进行调节控制。

熨平工作装置将供料系统送来的松散堆积的混合物料按一定的拱度，厚度均匀而平坦地摊铺在路面上，并给予一定的压实度。熨平装置主要有大臂，熨平底板，熨平延伸装置，厚度调整机构，拱度调整装置，振动振捣及加热装置等。

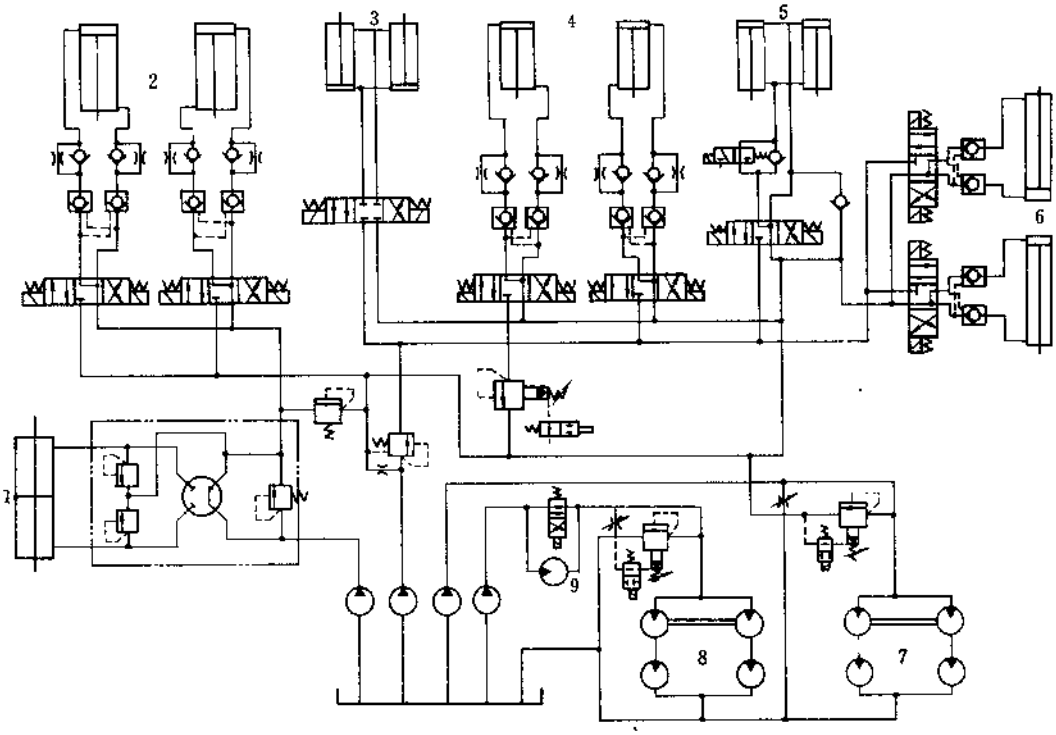

图 45.1－4 开式液压系统

1—转向液压缸；2—调平液压缸；3—料斗液压缸；4—料门液压缸；5—熨平板升降液压缸；6—熨平板延伸液压缸；7—振捣马达；8—振动马达；9—冷却风扇马达

45.1.3 稳定土拌合机

稳定土拌合机是一种多功能路面施工机械，是用于各种公路，市政道路的基础，基底层稳定土拌合作业施工的主要设备。它可以对Ⅰ Ⅱ Ⅲ级土壤及砂石、水泥、煤灰碴及碎石等稳定材料进行理想拌合，该机为全液压驱动，即行走和作业全由液压系统来完成。WB－360 型稳定土拌合机见图 45.1－5。拌合深度 450mm 最大宽度 2100mm。本机液压驱动系统由两套独立的闭式系统和一套开式系统组成。行走驱动和拌合转子驱动为闭式系统，拌合转子工作装置在机器的后部，由液压缸控制拌合转子和转子臂的升降，以及由液压缸控制拌合转子罩尾门的启闭。闭式传动系统见图45.1－6，发动机驱动两台变量柱塞泵，可以实现无级变速。行走液压回路中的液压马达驱动两挡变速箱，经万向联轴器，后桥差速器，轮边减速器驱动车轮转动。

拌合转子的旋转是单方向的，由低速大扭矩液压

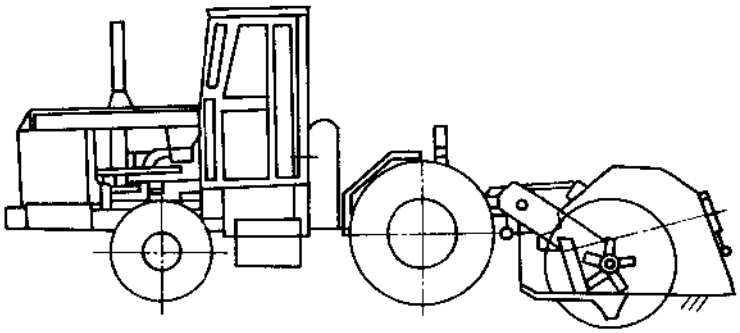

图 45.1－5 WB360 稳定土拌合机

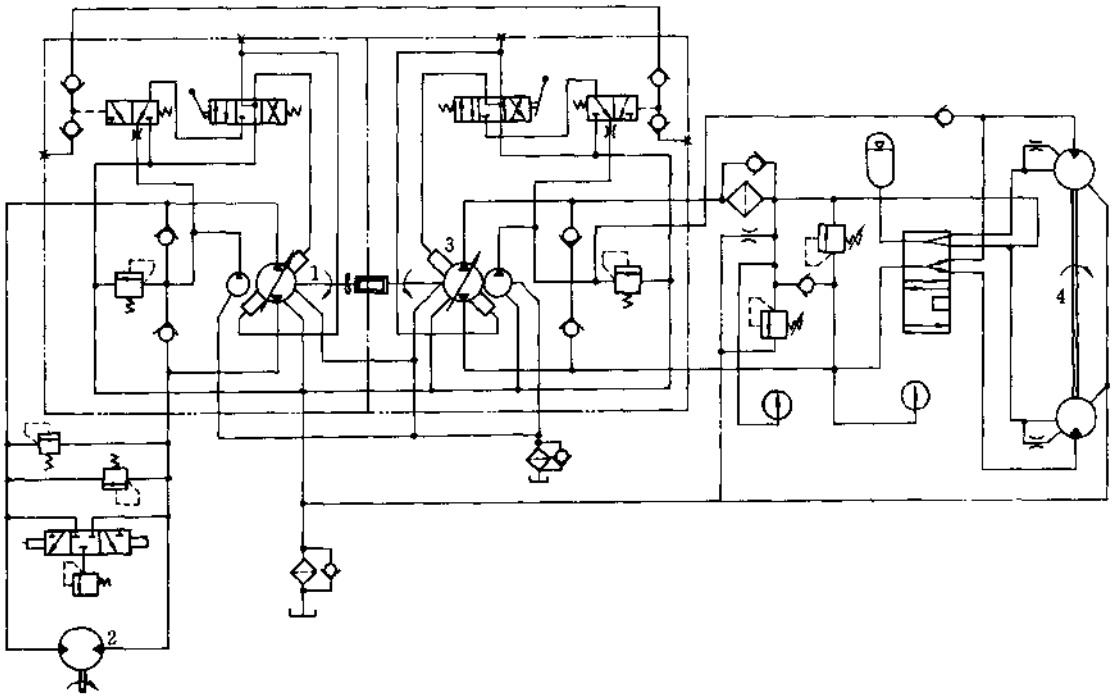

图 45.1－6 拌合机行走,拌合液压系统

1—行走变量泵;2—行走马达;3—拌合变量泵;4—拌合转子马达

马达直接驱动。用两台相同排量的液压马达并联或串联来实现拌合转子的低速,高速两级速度。高性能的稳定土拌合机均设有功率自动匹配系统,它能把行走系统和拌合转子系统之间有效的进行协调匹配,即当拌合转子马达负荷较大,功率需求增加,此时能自动地减慢行走速度,以适应拌合转子功率的需要,达到充分的粉碎和拌合。这样既保证了拌合质量,又充分有效地利用了发动机功率,使行驶保持在最佳的速度,提高了作业效率。该装置是将拌合转子的负载(作业时的压力)信号输入行走变量泵的变量控制机构,使拌合机行走变量泵的排量与拌合转子负载大小相匹配。当拌合转子液压系统由于负载过大,超过其设定值时,其反馈信号使行走变量泵变量机构动作,减小排量,使行走速度自动减慢,甚至停止前进,以保证拌合功率。

辅助操纵系统为一个开式系统,它包括转子和转子臂的升降,斗门的启闭和转向系统。其原理见图45.1－7。

全液压转向器驱动转向液压缸,使机器的前轮转向。斗门的开度与拌合转子的切削深度和拌合材料有关,斗门的提升量可控制转子出料状况和平整度。转子的提升量控制拌合时切削拌合深度。当机器行走时转子要全部升起,该系统设有溢流阀保证系统不过载。液压锁可以锁定液压缸的位置,保证一定的拌合深度,不会在任何工况下浮动。当转子下降时,通过单向节流阀,调节其下降速度。以防止拌合转子突然过载。

45.1.4 混凝土输送泵车

在建筑业中混凝土的输送(特别是往大型工地输送),是相当繁重而劳累的。随着大型施工的需要和发展,混凝土的搅拌,运输,输送,振实逐渐实现了机械化。混凝土机械主要包括混凝土搅拌运输设备,混凝土输送泵,混凝土振实机构,液压系统广泛应用于上述机械。

混凝土输送泵车是近年来在建筑业应用最广的一种施工设备。它是由汽车底盘和在底盘上装配一套液压设备,实现混凝土的全部输送过程,用液压缸驱动活塞式混凝土泵来实现混凝土的输送。它的主要优点是自行式移动,结构紧凑,灵巧,操纵方便,安全可靠,易於实现过载保护,能实现远距离操纵,输送混凝土的能力向大型化,高压化,长距离发展,泵送混凝土的高度越来越高,水平输送距离越来越远,工作效率也越来越高。

图 45.1－8 为一混凝土泵车外形图。HPE85B 型混凝土泵车性能参数如下:

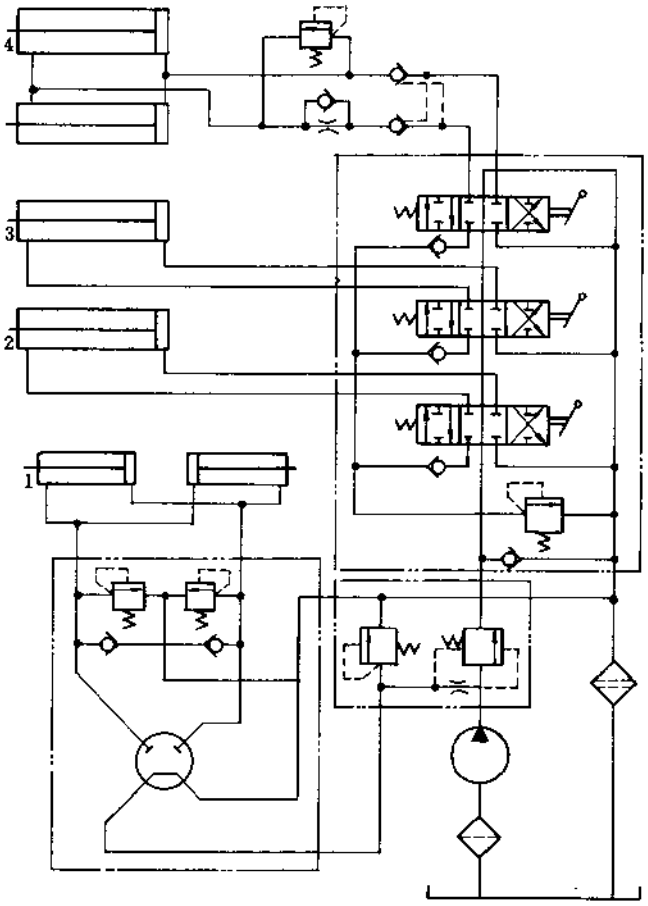

图 45.1－7 液压操纵系统

1—转向缸；2—尾门启闭缸；3—喷水开关缸；4—转子臂升降缸

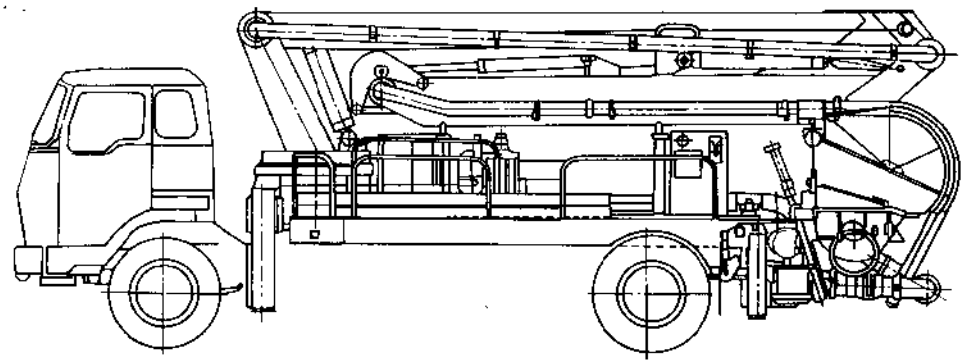

图 45.1－8 混凝土泵车

混凝土泵：类型：水平单动双列液压活塞式

排出量：10～85m³/h 输送距离：水平520m，或垂直110m。

混凝土管清洗：水洗式

类型：往复式活塞水泵 输出压力：5.2MPa 流量200L/min

汽车底盘 发动机功率188马力2300转/分

臂架 类型：三段液压折叠式

支腿 水平、垂直液压式

混凝土输送泵有自行式和拖拉式两种，拖拉式混凝土输送泵以电机驱动液压泵工作为主；自行式是以汽车发动机驱动液压泵用其压力油来驱动和控制各设备。

混凝土泵由料斗、泵体、驱动滑阀的液压缸、滑阀、输送缸、主液压缸和先导阀组成，见图45.1－9。

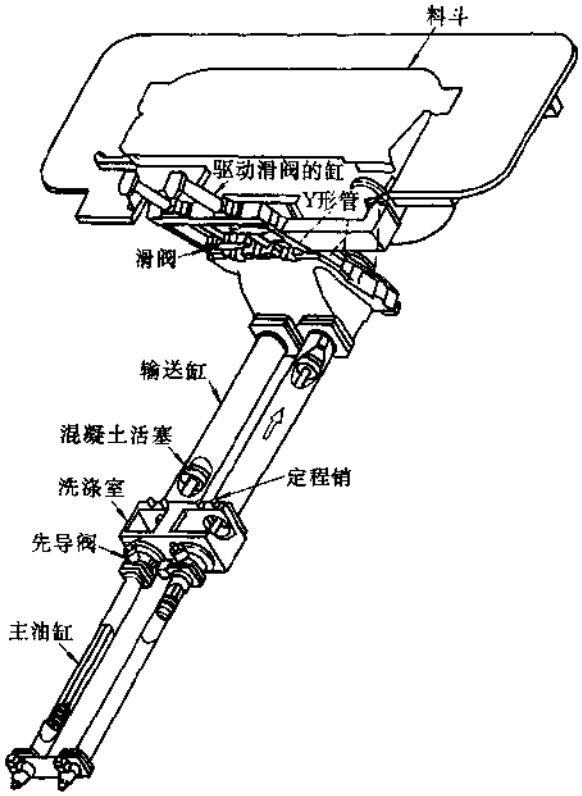

图45.1－9 混凝土泵工作原理图

混凝土的吸入和送出过程是：当主液压缸带动混凝土活塞缩回，在搅拌叶片的推动下，被倒进料斗的混凝土通过滑阀吸入口被吸入输送缸，当主液压缸向前运动时，推动混凝土输送缸活塞前进，通过滑阀输送到Y形管，其工作过程可以从下表看出。

	混凝土缸活塞	滑 阀	
吸入混凝土	缩 回	吸入门打开	输出门关闭
输送混凝土	推 进	吸入门关闭	输出门打开

由于主液压缸，输送缸，滑阀各有两套，左右交替工作，因而实现混凝土的连续输送。混凝土泵车的液压系统由以下几部分组成①混凝土输送泵液压系统，②混凝土的搅拌和液压冷却系统③水泵和清洗液压系

统，④臂架支腿和转台液压系统。为清楚起见，将上述系统分别介绍。

(1) 混凝土泵输送液压系统(见图 45.1-10)

一般该系统均由一台大流量高压恒功率变量泵供油，供给两套并联装置，一套滑阀液压缸，一套主液压缸，主系统溢流阀压力调至 28MPa，至滑阀缸油路，通过减压阀调至 21MPa，为了使主液压缸的动作滞后於滑阀缸，系统中设有蓄能器和顺序阀，为了实现左右主液压缸和左右滑阀缸自动交替工作，设有自动换向控制系统，包括装于主液压缸上的行程先导换向阀，电磁阀，液动阀等。行程先导阀在主液压缸前进过程结束时换向，通过控制油路使手动液动升压阀换向，从而使主液动阀换向，使主液压缸换向，主液压缸有杆腔的压力为减压阀后的压力。

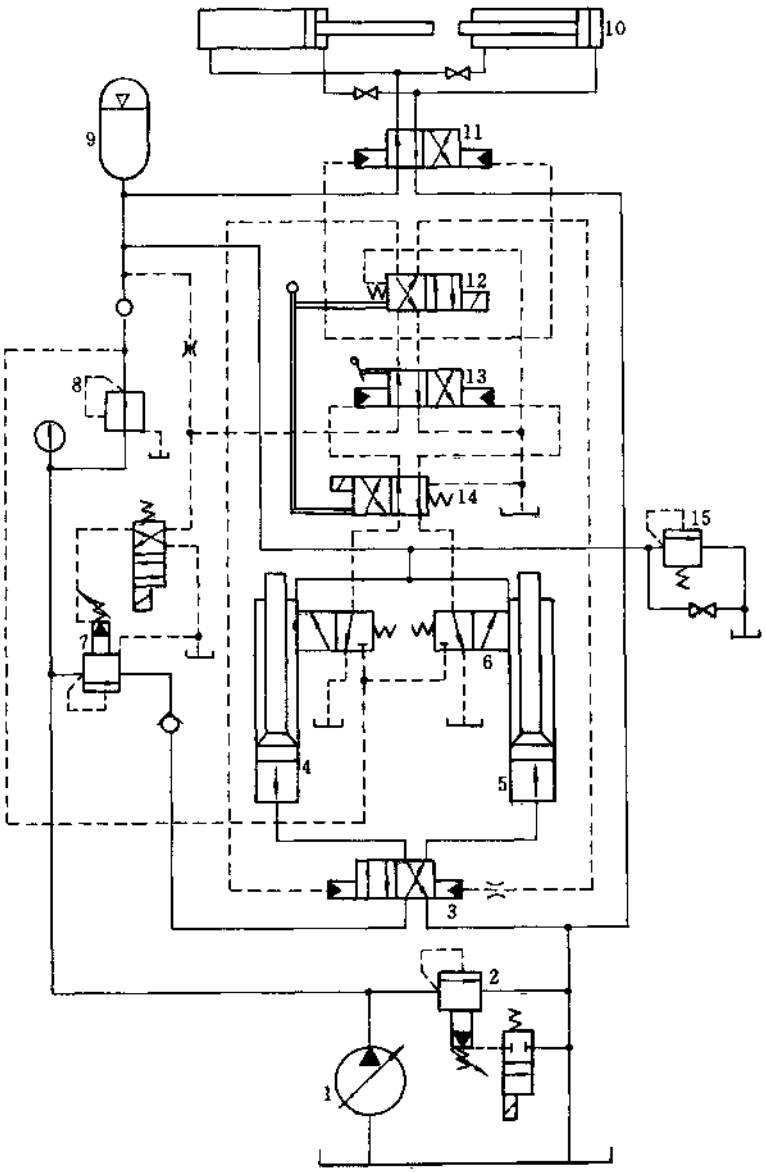

图 45.1-10 混凝土泵输送液压系统

1—主液压泵；2—电磁溢流阀；3—主液动阀；4—主左缸；5—主右缸；6—行程先导阀；7—电磁顺序阀；8—减压阀；9—蓄能器；10—滑阀缸；11—液动阀；12、14—电磁阀；13—升压阀；15—背压阀

(2) 混凝土泵车的搅拌冷却系统(见图 45.1－11)

它由定量泵供油，机械定位式手动换向阀实现马达的转动，进行混凝土搅拌作业，并将物料送到接料斗，通常在正转下工作，当搅拌叶片被卡住时压力升高，顺序阀打开，使先导阀换向，再使液动阀换向，从而使搅拌马达反转，当压力降低后又自动开始正转。

本系统在搅拌马达回路中的背压阀前设有两位二通手动换向阀，使冷却马达转动，带动风扇进行油液的风冷。

(3) 清洗系统(见图 45.1－12)

在作业结束后，要清洗剩余混凝土及杂质，防止混凝土固化。

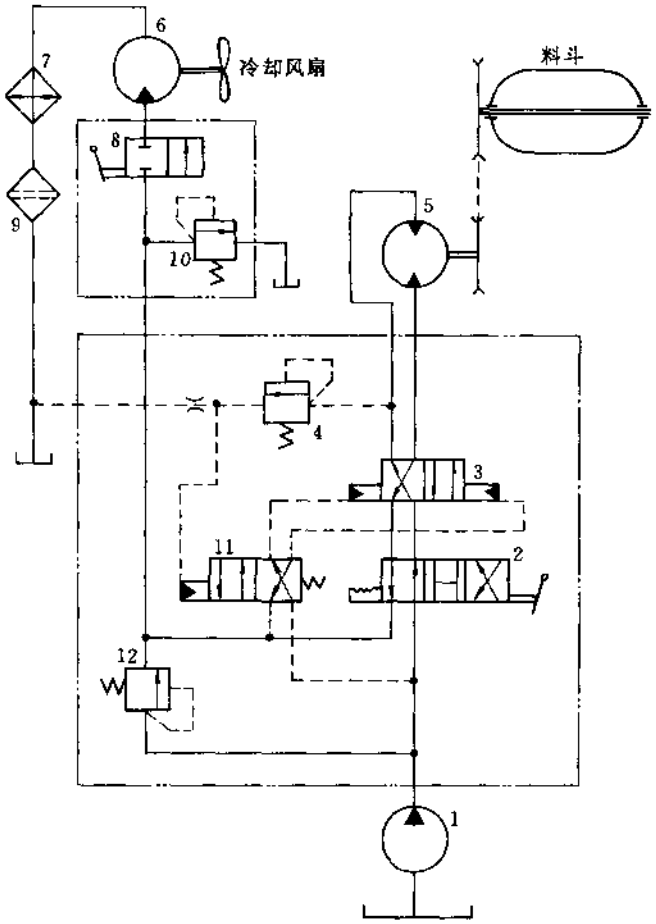

图 45.1－11 搅拌和冷却液压系统

1—液压泵；2—手动换向阀；3—液动换向阀；4—顺序阀；5—搅拌马达；6—冷却马达；7—冷却器 8—手动换向阀；9—滤油器；10—溢流阀；11—先导换向阀；12—主溢流阀

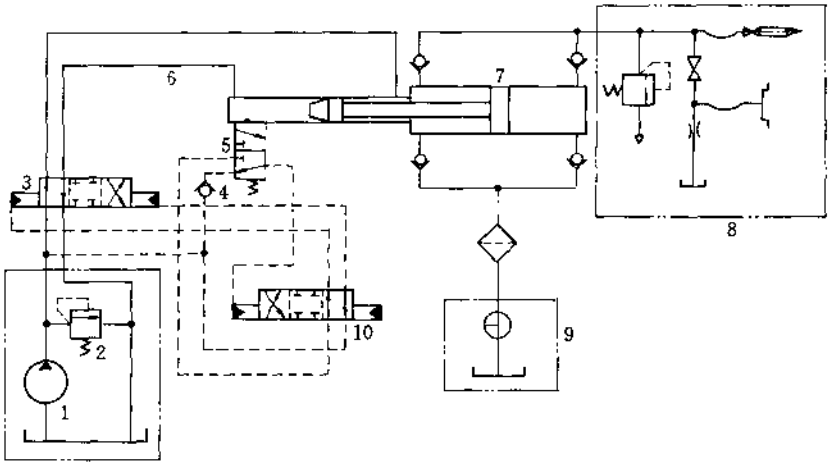

图 45.1－12 水洗和清洗液压系统

系统由定量泵供油，驱动液压缸。通过液压缸活塞杆带动水泵活塞。由贮水箱吸进清洗用水，并由单向阀排出，通过喷头进行清洗。为了实现液压缸自动换向设有行程先导阀，溢压阀，液动换向阀。

(4) 自行式混凝土车(见图 45.1－13)

本车除有混凝土泵外还有独立的臂架、支腿和回转平台液压系统。水平和垂直支腿靠手动阀控制，其余部分由电磁阀控制，回转部分有制动阀和制动缸。

45.2 液压技术在工程机械中的应用

45.2.1 概述

液压技术越来越多地应用在工程机械中，如各种大中小型的液压挖掘机，铲斗运输机械的推土机，装载机，铲运机，平地机，工程起重机，压实机械，凿岩机械，叉车，以及各种专用工程机械等。

近年来挖掘机的发展非常迅速。高新技术的不断应用，形成了挖掘机的新特点。

①采用电子控制系统，自动监测发动机和液压系统的全部功能，避免发生事故，安全可靠。

②采用液压负荷传感系统，可以控制一个或多个执行元件，微调性能好，同时节能。

③计算机控制的发动机－泵(E－P)系统。使用功率模式选择器，发动机转速传感系统，和自动怠速系统，可以根据现场作业情况提供最佳作业模式。

④优化液压系统。利用两台变量泵，使执行元件具有高度的独立性作业又可使挖掘机进行平稳的复合操作，因而缩短了工作循环周期。最新型的挖掘机采用了电子控制的负荷传感挖掘系统，即把液压系统，电子系统和其他机械系统合并成一个集成组件，即机电一体化系统。挖掘机配备了先进的精巧的智能技术，司机根据作业工况选择合适的功能模式，便可自动进行合适的挖掘作业，能获得极高的工作可靠性和生产率，减轻了司机的劳动强度。

45.3 压桩机液压系统

在建筑基础施工中，传统的打桩机械是柴油动力的打桩锤，靠冲击动能将基础桩柱打入地下，产生很大的冲击，振动与噪声，对周围环境影响很大。

打桩机械的新型换代产品是全液压静压压桩机。它采用液压技术，具有无冲击振动，无污染、低噪声，昼夜施工不扰民，压桩速度快等特点，是旧城区改造高层建筑、厂房、电站、港口建筑基础施工的理想设备，得到了越来越广泛的使用。

(1) 压桩机工作原理

图 45.3－1 是一台 5000kN 全液压静压压桩机的结构示意图。

A.压桩

在压桩机的夹桩箱 3 中有夹持桩柱的固定钳口与活动钳口。由固定在夹桩箱壁外的夹桩缸 5，通过扛杆机构推动活动钳口夹紧桩柱。夹桩箱3通过球铰与

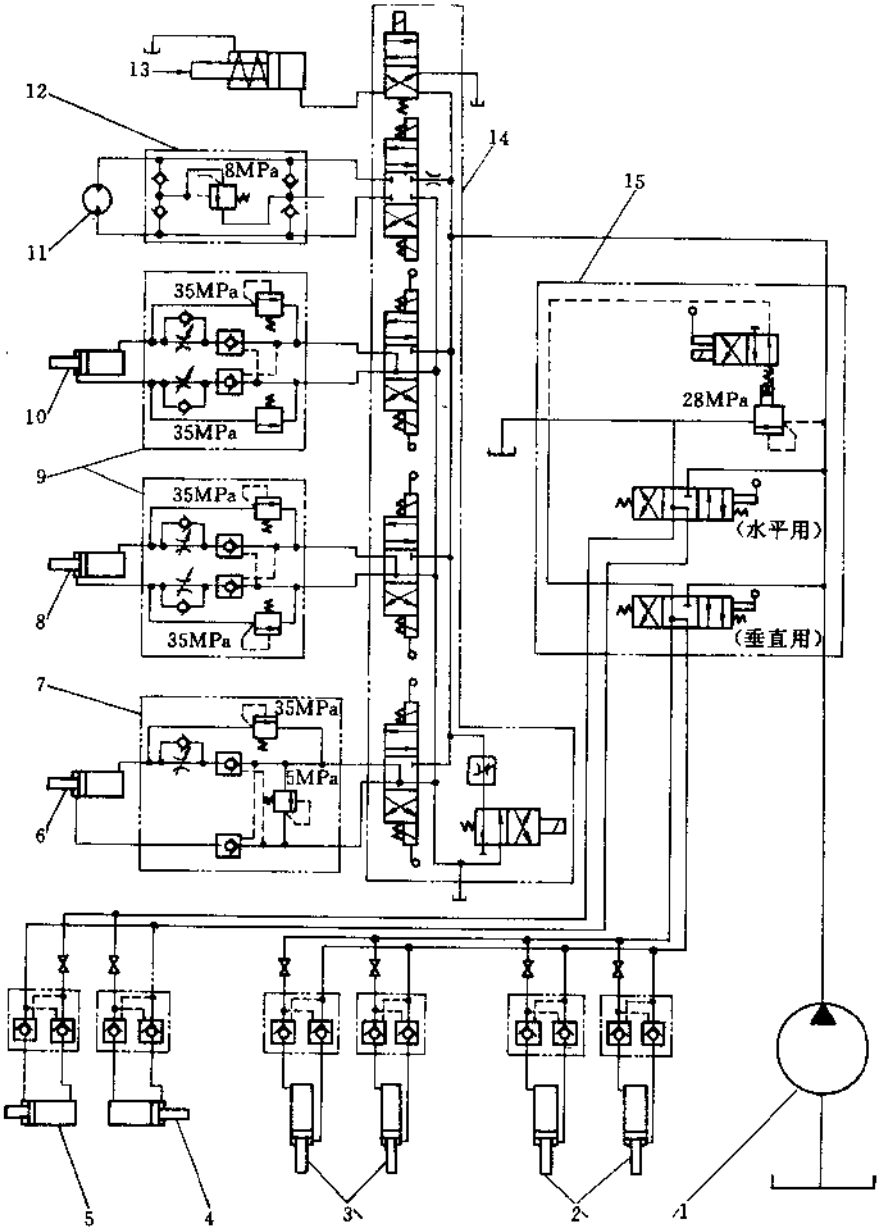

图 45.1－13 臂架、支腿、回转液压系统

1—底盘系统液压泵；2—后支腿液压缸；3—前支腿液压缸；4—水平支腿右缸；5—水平支腿左缸
6—下臂液压缸；7—下臂缸平衡阀；8—中臂液压缸；9—平衡阀；10—上臂液压缸；11—回转马达
12—解动阀过载补油；13—制动器液压缸；14—臂架电磁阀；15—支腿电磁阀

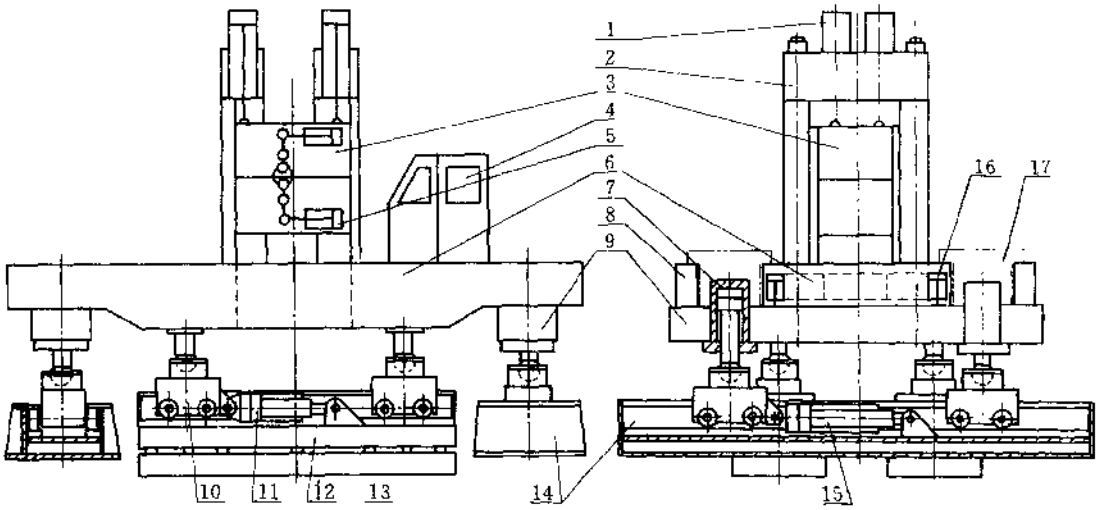

图 45.3-1 5000kN 全液压静压压桩机结构示意图

1—压桩缸;2—压桩框架;3—夹桩箱;4—操纵室;5—夹桩缸;6—压桩平台;7—支腿缸;8—配重梁;9—平台支承梁;10—移动小车;11—纵移缸;12—纵移步履上座;13—纵移步履下座;14—横移步履;15—横移缸;16—装卸支承缸;17—配重

压桩缸 1 的活塞杆相连,活塞杆推动夹柱箱 3 带着桩柱沿压桩框架 2 导轨下行,将桩柱压入地下。在活塞行程终了,夹桩缸 5 回程,松开夹桩活动钳口,压桩缸 1 回程,提升压柱箱 3 到上始点,而后夹桩缸 5 再次推动活动钳口夹紧桩柱,压桩缸 1 再次下行压桩,依此逐次将柱柱压入地下。最后桩柱剩余部分由夹柱箱夹持与桩柱等截面的金属送桩杆将桩柱压到地下预定深度为止。

压桩时横移步履 14 着地。当施工场地不平整或有局部坡度时,可单个操纵支腿缸 7 的升降,使压桩平台 6 保持水平,保证压桩的垂直度。

由于压桩时力系不封闭,当压桩力大于压桩机自重时,需堆放配重块加载。配重应对称,均布在压桩平台 6 与配重梁 8 上。

B.纵横向移动

当一根桩压完后,压桩机能作纵向或横向的迈步式移动,以对准下一根桩位进行压桩。

在图 45.3-1 所示状态下,横移步履 14 离地,纵移步履 12、13 着地。纵移缸 11 的活塞杆固定在纵移步履上座 12 上,缸体与移动小车 10 相连。小车通过球铰与压桩平台 6 相连。此时纵移缸 11 进油,小车 10 与整个压桩平台 6 向左或右方向移动。当移动到液压缸行程终点时,动作停止。支腿缸 7 无杆腔进油、有杆腔排油,横移步履 14 下降着地。继续给油、升压,则支腿缸 7 将整个压桩平台 6 顶升,带动纵移步履 12、13 离地。这时再给纵移缸 11 进油,使纵移步履复位并停止。操纵支腿缸 7 有杆腔进油,上腔排油,活塞回程,将压桩平台 6 及纵移步履 12、13 放下,着地后继续供油则支腿缸 7 将横移步履 14 提升,脱离地面。这时再给纵移缸 11 进油则又可将压桩平台 6 移动一个液压缸行程的距离。依此循环作迈步式的纵向移动,直到所需的桩位为止。

横向移动的程序与上述纵向移动的过程相似;当纵移步履 12、13 离地,横移步履 14 着地后,横移缸 15 进油,则可推动整个压桩平台 6 移动,行程到位后停止,支腿缸 7 进油,放下压桩平台 6 至纵移步履 12、13 着地,提升横移步履 14 离地后,横移缸 15 进油使横移步履复位,到位后再次放下横移步履 14,提升压桩平台 6 及纵移步履 12、13,依此即可进行横向迈步式移动。

C.转向

纵向移动步履由上座 12 与下座 13 构成。上、下座用中心转轴连接,上、下座之间有滚柱。上座能绕中心轴相对于下座转动。当需要压桩机作转向动作时,

纵移步履下座 13 着地，横移步履 14 离地，外力牵引纵移步履上座 12 绕心轴转 5°－10°，然后支腿缸 7 将横移步履 14 放下着地，撑起压桩平台 6，使纵移步履 13 离地并复位至纵移步履上、下座对齐，再放下纵移步履 14，依次逐步旋转，可作 360°的转向运动。

D.装卸支承缸

压桩机外形尺寸庞大，仅压桩平台 6 的平面尺寸就有 11 米×3.3 米，无法整体运输，在转场作业时，需分部件撤运。

在横移步履 14 着地，纵移步履离地时，将压桩平台 6 与平台支承梁 9 之间的连接螺栓卸下。支腿缸 7 缩回，纵移步履 12、13 着地，使平台支承梁 9 与压桩平台 6 分离。移出运走横移步履 14 与平台支承梁 9。这时拉出在压桩平台两端 4 角内的装卸支承缸与梁 16，在对应缸下放置辅助支座，松开纵移步履小车 10 球铰轴与压桩平台 6 之间的连接螺栓，操纵装卸支承缸 16 的活塞杆压在辅助支座上，撑起压桩平台 6，使之与纵移步履小车 10 分离。移出纵移步履及移动小车，将平板运输拖车开到压桩平台 6 底下，放下平台，收起装卸支承缸，平板运输车即可将压桩平台拉走。

(2) 压桩机液压系统(图 45.3－2)

A、动力部分

考虑工地施工现场配电设备容量的限制，采用两套液压泵电机组作为系统动力源，单机分别启动，降低了启动电流。在一套机组出现故障停机维修时，可用单机组降速工作，而不致于工程停工，提高了设备可靠性。

液压选用恒功率压力补偿变量轴向柱塞泵。压桩速度在压力＜10MPa 时是恒定高速。当压力＞10MPa 后压桩速度随压桩力的增大而自动减小。充分利用装机功率，提高压桩效率，压桩速度最大可达 2m/min。

B.压桩缸控制回路

压桩缸控制回路采用了二通插装阀，按钮电动操纵，解决了无高压大通径多路换向阀时压力损失大、系统发热，功率消耗大的缺点。

阀 6、7 控制压桩缸上腔的进、排油。阀 8、9 控制下腔的进、排油与压力。它们由一个电磁阀 10 集中控制阀的开启和关闭。阀 9 有二级阀压；阀 11*a* 的调节压力控制压桩缸下腔的背压，保证夹桩箱停止时不因自重而下滑。而阀 11*b* 调节压力用于控制压桩缸的回程提升力。

压桩时电磁铁 YA1、2、3 通电，阀 5 关闭切断了通多路换向阀的油路。阀 6、8 关闭，阀 7 开启，泵 P_1、P_2 的油经阀 2、4、7 到压桩缸的上腔。下腔油经阀 9(受阀 11*a* 调节压力的控制)排回油箱。

回程时电磁铁 YA1、2、4 通电，阀 6、8 开启，阀 7 关闭，压力油经阀 8 到压桩缸下腔，下腔工作压力取决于阀 11*b* 调节压力。上腔油经阀 6 排回油箱。

C.多路换向阀控制回路

压桩机其它各缸按工作压力高低，分别用两组手动多路换向阀控制，实现动作联锁。凡需要保压与静止支撑的缸均用液压锁封闭进出油路，避免下滑。

D.系统其他控制功能

压桩机露天作业，环境恶劣，液压系统设有较完善的辅助功能。

设有专门的单独油液过滤系统，能在主泵不工作时单独启动进行过滤，以保持系统油液清洁度。

油箱有电加热器，便于在低温天气下液压泵启动。电加热器加热功率有限，当主泵能启动后，可用主泵溢流加载的方式快速对油箱油液加热。油箱中还有油温传感器，在司机室内能方便地观察到数显的油温变化。

在压桩缸回路上还设有压力传感器，在司机操纵面板上数显压桩力 kN。

在压桩缸行程下端设有双保险的超程保护行程开关。当夹桩箱运行到压桩箱行程终点的极限位置时，行程开关 SQ1、2 会发讯切断阀 10 电磁铁的电源，使运行停止并报警。

45.4 单斗挖掘机液压系统

45.4.1 普通单斗液压挖掘机液压系统

(1) 挖掘机的组成

单斗液压挖掘机是工程机中主要的机械，它广泛应用于工程建筑、施工筑路、水利工程、国防工事等土石方施工以及矿山采掘作业。挖掘机者按其传动形式分类，可分为机械式和液压式两类。目前中小型挖掘机几乎全部采用了液压传动，液压挖掘机较之机械式挖掘机具有体积小，重量轻，操纵灵活方便，挖掘力大，易于实现过载保护，采用恒功率变量泵还可以充分有效地利用发动机功率。近年发展起来的负荷传感控制技术在挖掘机液压系统中的应用，使机器在满足控制机各种功能的前提下，更加节省功率、提高效率，有更佳的经济性、可靠性和先进性。

单斗液压挖掘机工作过程由动臂升降，斗杆收放，铲斗转动，平台回转、整机行走等动作组成。为了提高

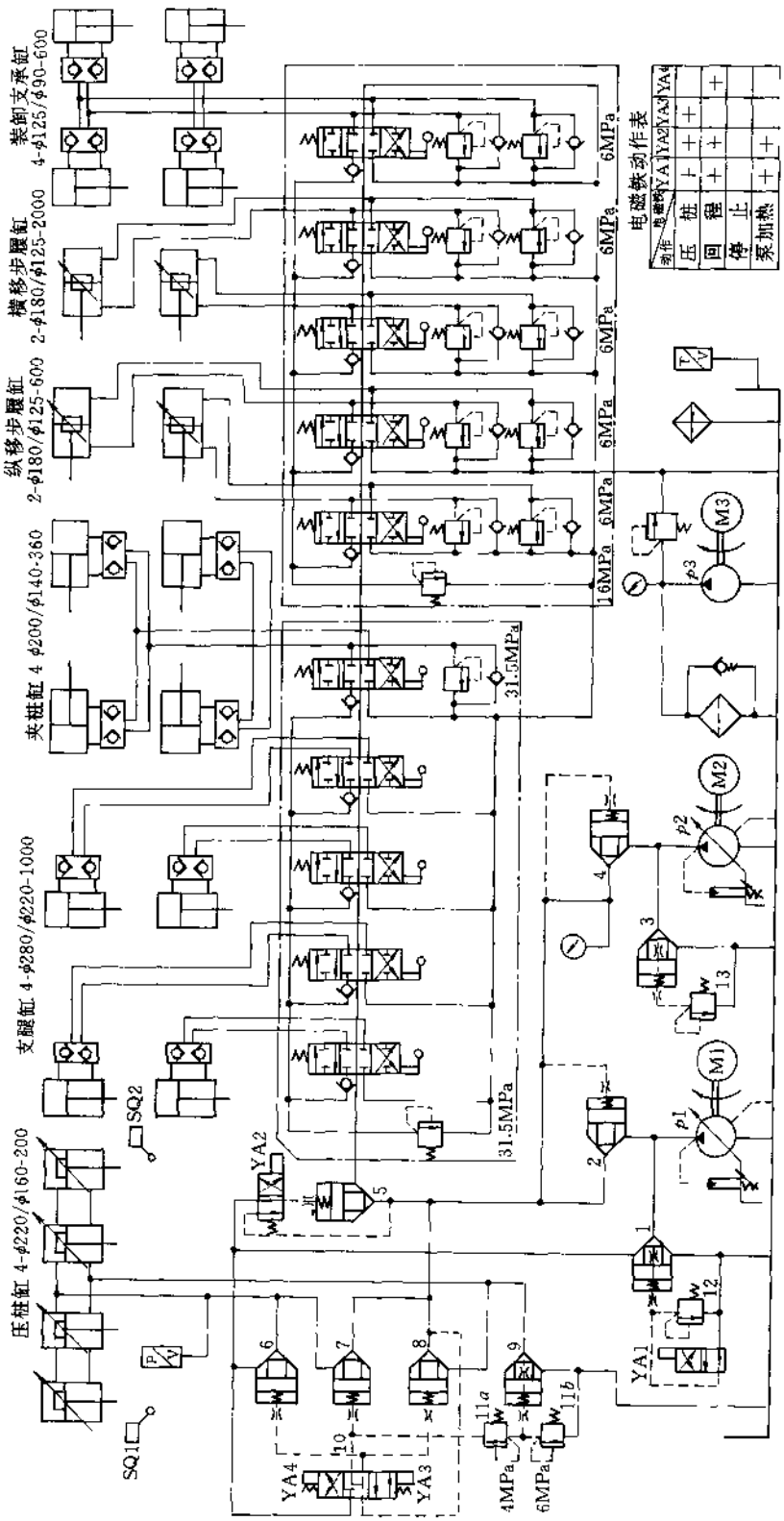

图 45.2-2 5000kN 全液压静压压桩机液压原理图

作业效率，在一个循环作业中可以组成复合动作。

①挖掘作业，铲斗和斗杆复合进行工作。

②回转作业，动臂提升同时平台回转。

③卸料作业，斗杆和铲斗工作同时大臂可调整位置高度。

④返回，平台回转，动臂和斗杆配合回到挖掘开始位置，进入下一个挖掘循环，在挖掘过程中应避免平台回转。挖掘机组成及传动示意图见图 45.4－1。

为了提高生产率，多采用复合动作，因此设计成双泵供油系统。除小型挖掘机外，多采用恒功率变量泵。根据两泵有无关联，又有分功率变量和总功率变量两种型式。采用总功率变量更能有效地利用发动机功率。

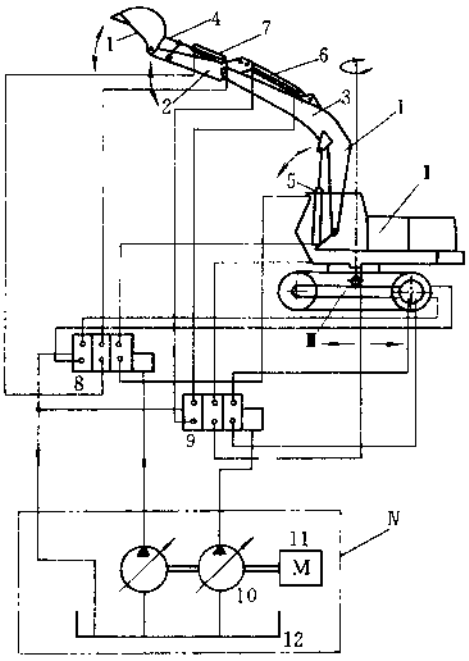

图 45.4－1 单斗挖掘机基本组成和传动示意图

1—铲斗；2—斗杆；3—动臂；4—连杆；5、6、7—液压缸；8、9—分配阀；10—双联变量泵；11—发动机；12—油箱；Ⅰ—挖掘装置；Ⅱ—回转装置；Ⅲ—行走装置；Ⅳ—动力油源

由于大型挖掘机需要的流量大，压力高，为了方便操纵，有利总体布置、提高性能，多路换向阀已由手动直接操纵变成手动减压式先导阀操纵，使之操纵更加灵活省力。先导控制压力一般调定在 3.5～4MPa，为了使控制系统压力平稳、可靠，先导控制系统设有蓄能器。

（2）PC200 和 PC220 挖掘机

PC200 和 PC220 是一种斗容量为 $1m^3$ 的单斗液压挖掘机，其液压系统采用总功率变量泵，采用于负荷传感控制技术。

该系统具有下列功能：

①回转马达设有双向过载阀单向补油阀，以及常闭式弹簧液压制动器。

②左右行走马达由左右两台主泵分别供油根据需要操纵电磁阀实现马达两级速度控制，同时设有限速阀和制动阀。

③主泵 1 供油给平台回转，斗杆，右行走马达，主泵 2 供油给动臂，铲斗和左行走马达。动臂提升或斗杆挖掘采用了合流系统，以提高动作速度，提高生产率。在动臂液压缸大腔设有保持阀，使之下降平稳可靠。

④系统中设有回转优先阀。当同时操纵回转和斗杆先导阀时，其先导油路将优先阀自动切换，使之处于节流状态，主泵所供油液优先满足回转的需流量，保证回转优先。

⑤斗杆，动臂或铲斗同时动作时，控制油路使进入斗杆换向阀前的斗杆节流阀处于节流状态，油液首先满足动臂或铲斗。

⑥系统中设有直线行走阀，由直线梭阀控制换向，在挖掘机行走过程中操纵了斗杆，动臂或回转，其先导油路通过行走梭阀来控制直线行走阀，使主泵同时供油给右行走马达使左右行走马达由一个泵供油，成并联回路，实现工作装置有动作时也能慢速直线行走。此时主泵供油给动臂，斗杆或铲斗，回转。

⑦该挖掘机最大优点设有负荷传感控制系统，所谓负荷传感（或负载传感）就是把系统的外负荷（系统的工作压力）的变化通过传感元件反馈到变量泵的变量控制系统，使之根据需要自动调节输出流量，以减少溢流损失，和管路压力损失。变量控制机构工作原理见图 45.4－2。

两主泵的变量控制部份包括伺服阀，单泵超压切断阀 CO，空载闭合阀 NC，总功率变量控制阀 TVC，等 4 部份。主泵排量 9 的大小取决于进入伺服阀的信号压力 p_i，当 $p_i = p_T$ 时，即信号压力等于先导泵控制压力时，此时信号压力最大，伺服阀处于右位（左位），来自先导泵的控制压力油使伺服缸左（右）移，主泵变量摆角增至最大，排量也最大。当压力减小时主泵摆角减小，排量也随之减小。p_i 的大小受切断阀 CO，闭合阀 NC，总功率控制阀 TVC 控制。

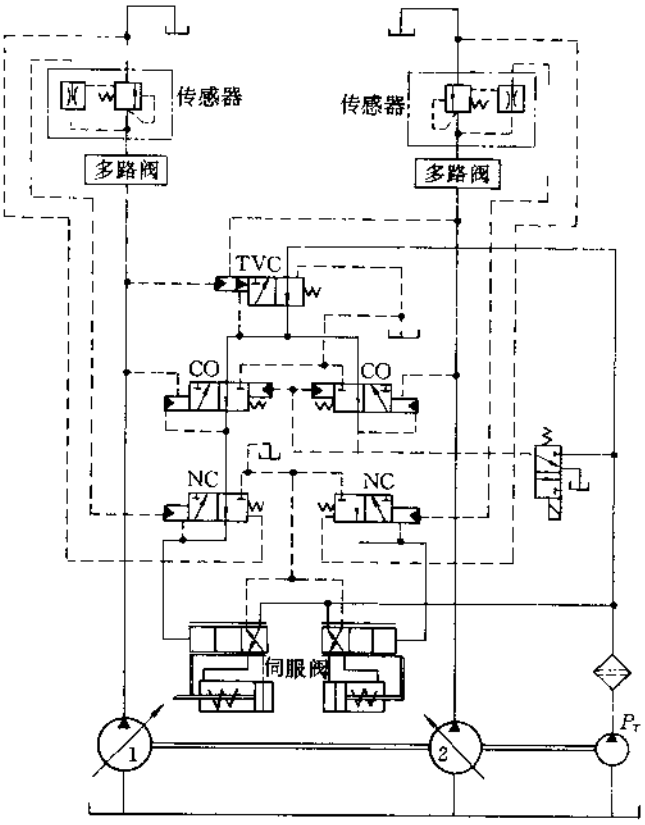

图 45.4-2 负荷传感变量控制原理图

当执行元件不工作即多路阀处于中位时，主泵排出的油经喷嘴传感器和溢泵阀使闭合阀 NC 换向，信号压力被切断，$p_t \approx 0$，变量泵处于"零排量"状态，系统中管路的压力损失几乎为零。通过喷嘴传感器的压力取决于换向阀的开口量，在微调过程中，通过喷嘴传感器的流量产生的压力使 NC 阀处于节流状态，从而控制信号压力 p_t，当换向阀开口量越小，通过喷嘴传感器的流量越多，产生的压力越大，使 NC 阀换向位移越小，节流越大，使进入伺服阀的信号压力越小，泵的摆角也小，也就是说通过喷嘴传感器和 NC 阀的作用。主泵的排量与换向阀的开口量成正比，也就是在用换向阀开度进行调速时，泵的排量减少，因此减小节流损失。

切断阀 CO 进行单泵控制，将 CO 阀的换向压力调整到接近调定的溢流压力，当工作压力达到该压力时，CO 阀换向使信号压力 p_t 减小，泵的排量减小，起到恒压变量泵的功能。当工作压力达到溢流阀调定压力时，泵的摆角到"零"，不产生溢流损失。

TVC 阀受来自两个主泵压力同时控制，决定泵流量变化的是两个泵压力和即 $p_1 + p_2$，$(p_1 + p_2) \times q$ 为一常数，即总功率为常数，变量时其压力和流量为一双曲线关系，功率得到充分有效的利用。

系统中设有电磁阀作为主泵的控制开关，当它不工作时，多路阀主溢流阀不能建立起压力。同时该油路又控制液压泵的 CO 阀，电磁阀不工作时 CO 阀处于切断状态，泵也不能建立正常的压力和所需的流量。

45.4.2 带同步控制器的单斗挖掘机

目前国内挖掘机采用的液压系统大致可分为：双泵双路定量系统、双泵双路全功率变量系统和双泵分功率变量系统。但这些系统或多或少都存在着一些问题，与当今世界先进水平有着一定差距。而标志着当代先进挖掘机水平的主机系统应当具有这样的特点：

提升力和挖掘力大；执行元件速度快，能高效灵活地工作；执行元件运动相互独立互不干扰，全部功率可由任一用户独立使用；操纵灵活、微动性能好；尽可能不受外界负荷影响等特点。

为了满足这些要求，德国林德公司(Linde)研究了一种先进的 LSC 系统(Linde Synchronous Control 同步控制系统)，其精髓在于压力补偿和负荷传感技术。特点是可用单泵驱动多个动作系统，通过集成为一体的相应数量的同步控制阀(简称 VW 阀)，使得流量按照操作者所希望的数量比例分配到各动作系统，且各动作间相互独立、互不干扰。其系统原理如图 45.4－3 示。(此图仅以三动作用户为例)。

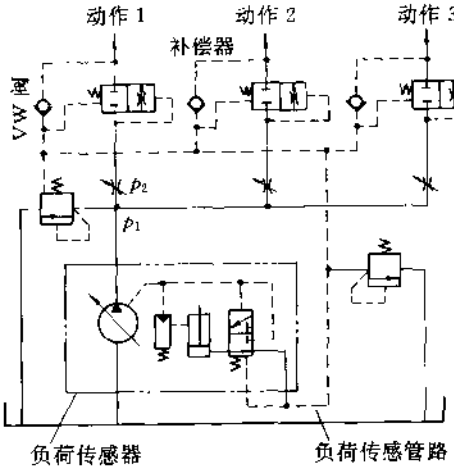

图 45.4－3 同步控制液压系统原理图

此系统的基本工作流程是：多功能集成的负荷传感泵供油，通过操作者调定的可变节流口和压力补偿器(两者集成于同步控制阀中)到最终动作。由于压力补偿作用，使得可变节流口两端压差 $\Delta p = p_1 - p_2 =$ 常数，故当控制各动作的节流口过流面积一经调定，各动作间的流量关系便不受外界干扰保持不变，从而保证各动作精确地同步工作。再者当各动作不同时工作而泵供油过大，以及受到外界干扰产生压力或流量变化时，系统能立即敏感其变化，通过负荷传感回路及时地调节泵排量，使整个系统始终处于最佳工作状态，减少能量损失。此系统的另一特点是，当操作者的要求超出泵供流量能力时，或者当功率调节装置限制泵供油流量时，所有受控动作速度受到限制，但此刻各动作间的速度比例关系仍保持原调定值不变。

系统中的负荷传感回路只敏感多动作中最大的负载压力，此压力传递到所有的平衡器，调节每个节流口处的压差 Δp 使之不变，这种功能无需操作者干预即可实时进行，可大大减轻劳动强度。

此系统一般采用多功能集成泵，其功能有：负荷传感调节控制泵根据各动作的负载处于最佳工作状态；功率限制，避免发动机超载而熄灭，并有益于所谓的极限负荷调节；最大压力切断，防止溢流消耗和产生不必要的热能量。

45.5 小型遥控装载机液压系统

45.5.1 概述

该装载机是采用电气控制，液压操纵，液压驱动的四轮滑移式装载机。其特点是机架可绕自身轴线旋转；转弯半径小；铲入力掘起力大；机动性与灵活性均优于铰接式装载机，在极狭小的场地内也可高效快速地工作，并可实现远距离有线遥控，特别适于在危险或有污染的场合下工作，例如管道排险，高温、剧毒、粉尘等场合。

外形简图见图 45.5－1。

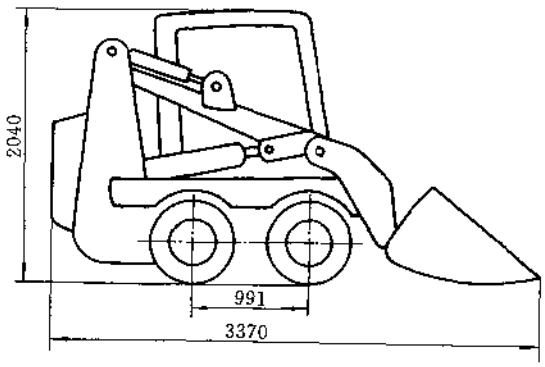

图 45.5－1 小型遥控装载机外形图

45.5.2 行走无级调速系统

该装载机行走无级调速系统是二次调节液压驱动系统，(见图 45.5－2)由恒压网络，二次元件(液压马达)调节系统及安全保护环节组成。恒压网络由恒压变量液压泵 1、蓄能器 8、安全阀 9、冷却器及滤油器 10 组成。两个变量液压马达 6 并联于恒压网络中。变量液压马达转速由电反馈单环控制系统调节，该系统由电子调节器、测速电机、电液伺服阀及电控手柄组成。调速原理如图 45.5－3 所示；给定信号与测速电机反馈电信号相比较后经调节器通入伺服阀的线圈中，调节器装在反馈回路上，其速度方框图见图 45.5－4。

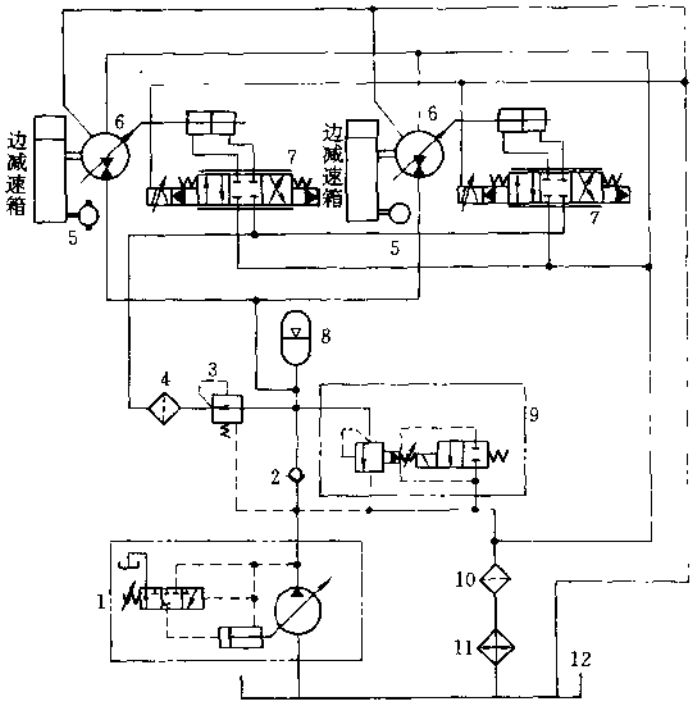

图 45.5-2 行走无级变速原理图

1—变量泵；2—单向阀；3—减压阀；4—滤油器；5—测速电机；6—变量马达；7—电液比例阀；8—蓄能器；9—安全阀组；10—滤油器；11—冷却器；12—油箱

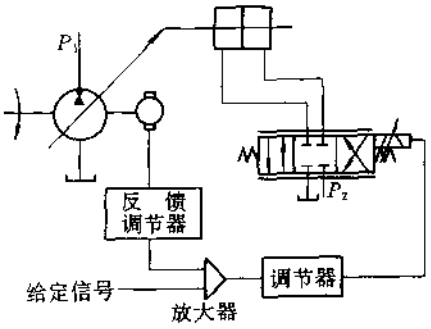

图 45.5-3 恒压网络调速方式原理图

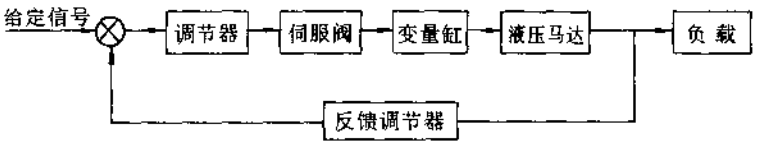

图 45.5-4 恒压网络调速方框图

发动机通过变速箱驱动恒压变量液压泵，恒压网络驱动变量液压马达，液压马达通过减速箱驱动行走轮，马达的转速随电控手柄给定的信号变化，实现无级调节。当外负载变化时，变量液压马达的输出转矩也相应变化，与外负载相匹配，以保证液压马达转速稳定，从而保证主机工作稳定可靠。

该系统的安全保护装置为带电磁阀的安全阀。当系统压力超过额定值，或液压马达转速超过最高位，以及电气系统出现故障时，都会导致安全阀的电磁阀动作，使恒压变量泵卸荷。

电控手柄既可控制液压泵的转速及转向，也可控制装载机的大臂和铲斗液压缸的动作。该手柄可在 $Z-X$ 平面及 $Z-Y$ 平面内转动，转角为 $\pm 5^\circ \sim 35^\circ$，并与输出电压成正比。

45.5.3 大臂、铲斗液压控制系统

大臂、铲斗液压控制系统原理图见图 45.5－5。该系统包括电液比例阀、优先阀、液压缸，由恒压网络提供动力。大臂和铲斗液压缸的移动速度均由电液比例阀和优先阀控制，因而装卸速度平稳，同时系统中的过载补油阀，可使平衡缸保证铲斗随大臂起升平移，从而保证驾驶员的工作安全。

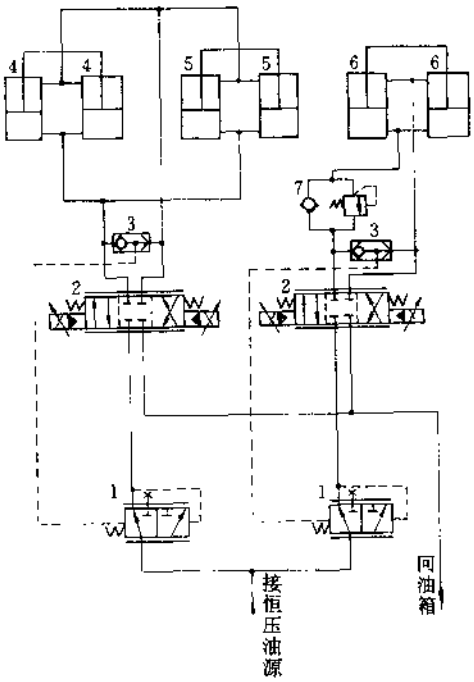

图 45.5－5 大臂及铲斗液压系统原理图

1—优先阀；2—电液比例阀；3—梭阀；4—铲斗缸；5—平衡缸；6—大臂液压缸；7—单向溢流阀

电控手柄通过电液比例阀实现远距离操纵大臂和铲斗液压缸进行装卸作业。两组液压缸可分别操纵，互不干扰，液压原理图见图 45.5－5。

45.5.4 装载机的转向及制动系统

装载机的转向及制动由电控手柄，通过电液伺服阀控制两个液压马达的转动方向，因而实现装载机的转向及制动。

当装载机制动时，由于蓄能器能吸收系统中的部分能量，从而达到节能的效果。

45.6 叉车液压系统

(1) 叉车的组成

叉车是一种由自行式底盘和能垂直升降并可前后倾斜的工作装置组成的搬运车辆。

根据不同的动力源，叉车可分为电瓶叉车和内燃叉车两大类。前者噪声低、污染小，主要用于起升重量较小的室内作业。产量最大、用途最广。

图 45.6－1 为内燃平衡重式叉车外形图。按其功能可分为工作系统(包括门架和货叉)、转向系统和行走系统三部分。门架前倾角一般为 6°，后仰角为 10°，货叉提升高度一般在 2.5 米～6 米，最高可达 7 米。根据其作业特点，底盘为前轮驱动，后轮转向。工作及转向系统一般采用液压传动。为保证起升货物时车辆的整体稳定性，在车体尾部配有平衡重块。

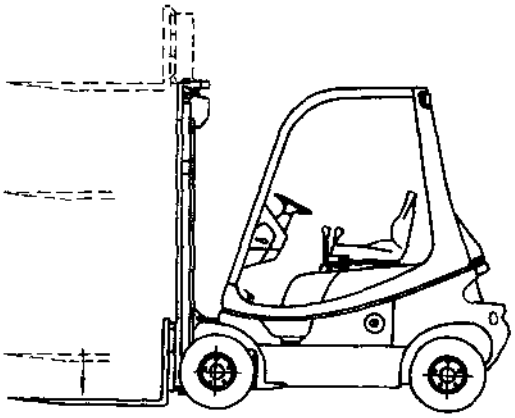

图 45.6－1 内燃平衡重式叉车

内燃叉车的起升重量通常在 0.5～42t 之间，目前已开发出的产品可达 80～100t。行走系统按起升重量划分，一般 1t 以下为机械传动，1～8t 为静压传动或液力传动，8t 以上为液力传动。行走系统也采用液压传动的叉车被称为全液压或“静压传动”叉车，该系统通

常由一个变量泵加两个液压马达构成的闭式回路组成。通过改变变量泵斜盘倾角，控制两个定量或变量马达的正反转速度，驱动叉车前轮，实现叉车进退中的无级变速。油路上并联的左、右驱动马达具有差速运转功能。早期静压传动的叉车也有用单个液压马达通过传统的机械驱动桥传动的方式。全液压叉车由于具有良好的操纵性、很高的作业效率及低能耗，现已被广泛采用。当今世界上全液压叉车的代表首推德国林德(Linde)公司，国内现已建成的合资公司林德——厦门叉车有限公司为目前亚洲最大的叉车生产基地。

(2) 叉车的液压系统

图 45.6－2 为一种叉车工作及转向液压系统简图。泵 1 排出的压力油经优先阀 2 进入转向器 9，操纵与转向器相联的方向盘可使压力油进入转向缸 8，推动叉车后轮实现转向。另一油路进入多路换向阀 3，通过操纵起升阀 A 和倾斜阀 B，实现起升缸 5 和倾斜缸 6 的动作。调速阀 4 用于限制货叉重载时的下降速度；在倾斜阀处于中位或发动机意外熄火时，液压锁可使门架倾斜角度较长时间保持不变，以确保安全。优先阀 2 的作用是当泵 1 输出流量随发动机转速变化时，它首先保证向转向系统输出足够流量。本系统采用了负荷传感型液压转向器和优先阀，可以省去专用的转向泵。

双起升缸 5 置于门架两侧构成宽视野门架，通过绕结在提升缸顶部的链条带动货叉及内门架升降。货叉处可安装不同附属工具，用附加的液压缸推动，实现诸如货叉夹持、转动等功能。为此，叉车上需要相应地增加多路阀的联数。

目前，国外一些厂家已开发出新一代电液控制全液压叉车。其特点是由中央控制器根据实际工况对发动机油门及行走系统变量泵的排量进行控制，以达到各参数间的最佳匹配，进一步改善全液压叉车的操作性，减轻作业者的工作强度，降低能耗。

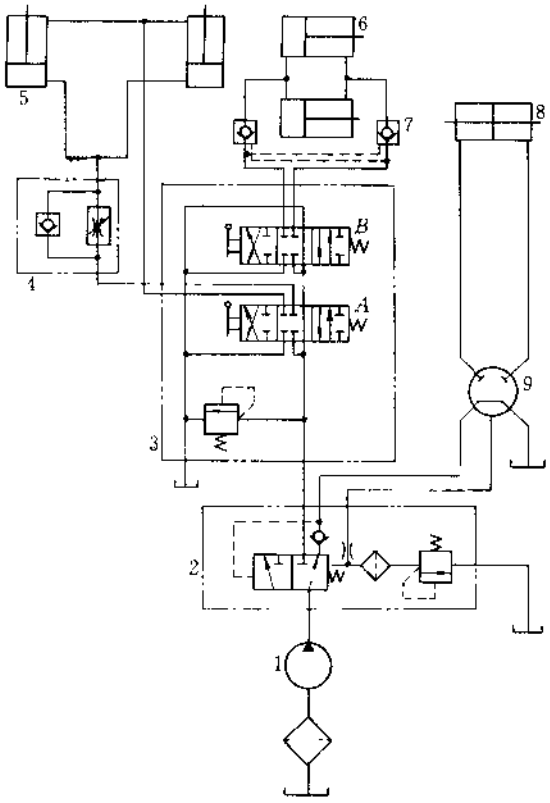

图 45.6－2 叉车工作及转向部分液压系统