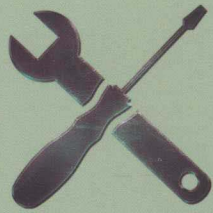


住友挖掘机



液电控制维修手册

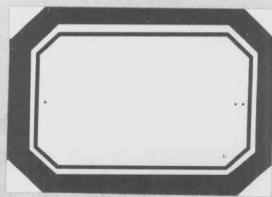
ZHUYOU

WAJUEJI YEDIAN KONGZHI WEIXIU SHOUC

李波 主编



化学工业出版社



住友挖掘机

液电控制维修手册



ZHUYOU

WAJUE JI YEDIAN KONGZHI WEIXIU SHOUCE

李波 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书将住友、神钢、沃尔沃、大宇、现代等品牌液压挖掘机归为一类，以住友为代表，重点介绍液电控制系统的结构原理及故障维修，包括液压控制、电控制（主要是电脑控制为主）和诊断维修。主要分为三部分共7章，第1、2章为基本部分，分别阐述了液电控制的最初发展到今天电脑控制的变化过程，总述液电控制的各种方式，及液电控制的特点；第二部分是主体部分（第3~6章），重点阐述了该机型各个不同时期的液电控制特点，以及最近最新的液电控制详解分析；阐述它的功能效果。对其结构、维修特点、故障排除层层解析；第三部分是第7章，主要是解决液电控制产生的故障，如何判断、怎样检查、如何排除及故障代码。液电故障代码基本是独立系统而且全面提供在书中，便于随手查阅和及时解决故障。

本书适用于挖掘机维修人员、技术工人查阅和参考。

图书在版编目（CIP）数据

住友挖掘机液电控制维修手册/李波主编. —北京：化学工业出版社，2013.8

ISBN 978-7-122-17883-1

I. ①住… II. ①李… III. ①挖掘机-液压控制-控制系统-维修-手册②挖掘机-电气控制系统-维修-手册 IV. ①TU621.07-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2013）第 150505 号

责任编辑：张兴辉

文字编辑：陈 喆

责任校对：吴 静

装帧设计：王晓宇

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011）

印 装：三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张19 $\frac{3}{4}$ 字数491千字 2014年1月北京第1版第1次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：88.00 元

版权所有 违者必究

前 言

目前挖掘机方面的图书有很多,也许读者手中正在阅读,可是就笔者查阅和了解所知,有关专门介绍挖掘机液电控制的知识和资料甚少;在教学和从事维修的人员中,一旦遇到液电控制系统的问题,感到很棘手;从挖掘机实际应用过程中反映出的故障来看,在很大程度上都是液电控制方面的故障,这方面的故障,不论是在新机的保修范围,还是在后期的应用阶段,液电控制的故障占有比例最多,况且当今挖掘机液电合一的程度很高,缺一不可,因此有不少人迫切渴望有关挖掘机液电控制方面的图书,以便维修从业人员专门深层探究,熟练掌握、娴熟运用,快速地解决挖掘机使用中发生的故障。

由于每个挖掘机品牌都有自己独立研发的液电控制系统,使得我们必须以每个品牌的独立系统为对象加以研究。在研究的过程中,找到了一定的规律,可以把住友、神钢、沃尔沃、大宇、现代归为一类,找出共同特点,以便逐类旁通。

本书对上述挖掘机的液电控制系统:液压控制、电子控制(主要是电脑控制为主)和判断维修三大部分进行了论述。主要分为三大部分共7章:第1、2章为基础部分,分别论述了液电控制的最初发展到今天电脑控制的变化过程,总述液电控制的各种方式,以及液电控制的特点;第二部分为3~6章,是主体部分,重点论述了该机型各个不同时期的液电控制特点,以及最近的最新的液电控制详解分析,阐述它的功能效果,对其结构、维修特点、故障排除层层解析;第三部分是第7章,主要是解决液电控制产生的故障,如何判断、怎样检查、如何按故障代码排除液电控制系统发生的故障。液电故障代码在挖掘机上是独立的系统,书中作了比较全面的讲述,便于随手查阅和在故障发生现场对照使用。

本书由李波主编,李文强、李秋、朱永杰、徐文秀、马志梅、张翠等参与编写并给予大力支持,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,在编写过程中难免出现不足之处,恳请广大读者批评指正。

主编

目 录

第1章 挖掘机液电控制系统的

发展 1

1.1 挖掘机液电控制系统的应用 1

1.1.1 挖掘机液电控制系统的种类 1

1.1.2 液电控制系统的基本要求 2

1.1.3 液电控制的使用维护 3

1.2 液电控制系统的发展趋势 6

1.2.1 电子-液压集成控制 6

1.2.2 传感器技术 6

1.2.3 虚拟现实技术 (VR) 7

1.2.4 其他重要相关技术 7

1.2.5 挖掘机液电控制系统的未来

要求 8

第2章 液电控制系统的原理及

特点 9

2.1 液电控制系统的种类及形式 9

2.1.1 液压系统的工作原理及组成

特点 9

2.1.2 液压控制系统的工作原理 10

2.2 挖掘机液电控制系统种类 12

第3章 液压泵的结构控制与拆装

维修 16

3.1 液压泵的组成与工作原理 16

3.2 K3V系列泵的结构 19

3.2.1 K3V系列泵的应用与组成 19

3.2.2 液压泵 (K3V型) 20

3.2.3 调节器的功能与原理 26

3.2.4 先导泵 39

3.2.5 液压泵电磁阀 41

3.3 液压泵的拆装 44

3.4 液压泵的维修 54

第4章 控制阀结构与拆装维修 58

4.1 控制阀的作用、类型 58

4.2 控制阀的结构组成 60

4.2.1 主控阀的结构与原理 60

4.2.2 手控操纵阀的结构与原理 85

4.2.3 行走先导操纵阀的结构与原理 86

4.2.4 单独操作油路 87

4.3 液压控制阀的拆装 95

4.3.1 控制阀总成的拆卸 95

4.3.2 手控制阀的分解 101

4.3.3 行走控制阀总成的分解 109

4.4 液压控制阀的常见故障诊断与

排除 118

4.4.1 压力控制阀的常见故障诊断与

排除 118

4.4.2 方向控制阀的常见故障诊断与

排除 122

4.4.3 流量控制阀的常见故障诊断与

排除 125

第5章 液压马达、液压缸的结构原理与

拆装维修 127

5.1 液压马达、液压缸的概述 127

5.2 液压马达的结构与原理 128

5.2.1 回转马达的结构与原理 128

5.2.2 回转马达的工作特点 131

5.2.3 行走马达的结构与原理 136

5.2.4 液压缸的结构与原理 152

5.3 液压马达、液压缸的拆装分解 156

5.3.1 回转马达的拆装分解 156

5.3.2 行走马达的拆装分解 165

5.3.3 行走马达减速器的拆卸 173

5.3.4 行走马达减速器的装配 176

5.3.5 液压缸的拆装分解 180

5.4 柱塞式液压马达的常见故障诊断与

排除 184

5.5 液压缸的初期性能和常见故障诊断与

排除 185

第6章 液压辅件原件结构与维修 189

6.1 液压油箱和热交换器 189

6.1.1 液压油箱的结构特点 189

6.1.2 液压油箱的结构 189

6.1.3 热交换器 191

6.1.4 过滤器 192

6.1.5 蓄能器 194

6.1.6 油管及管接头 197

6.1.7 住友 200-3 型挖掘机中心回转

接头 198

6.1.8 密封装置 201

6.2 辅助元件与工作液的维修 202

6.2.1 液压辅助元件的常见故障诊断与

排除	202	诊断	229
6.2.2 过滤器的常见故障诊断与 排除	203	7.3.4 服务诊断显示功能	232
6.2.3 蓄能器的常见故障诊断与 排除	204	7.3.5 沃尔沃液电控制系统故障 诊断	237
6.2.4 冷却器和密封件的常见故障诊断 与排除	204	7.3.6 大宇挖掘机液电控制故障诊断与 排除实例	247
6.2.5 压力继电器的常见故障诊断与 排除	205	7.3.7 故障诊断实例	256
第7章 挖掘机液电控制的故障诊断与 排除	206	7.4 整机主要性能测试与方法	291
7.1 挖掘机液电控制的结构特点	206	7.5 主要压力测试与调整方法要领	295
7.2 液压系统故障诊断方法	209	7.5.1 压力测定要领	296
7.3 液电控制故障诊断实例操作	212	7.5.2 主压力的测定	298
7.3.1 挖掘机液电控制回路的特点	213	7.5.3 工作装置的测定	299
7.3.2 挖掘机自诊断故障代码提取 实操	226	7.5.4 先导压力的测定	301
7.3.3 神钢 200-6 型液电控制故障 诊断		7.5.5 液压泵流量的测定	301
		7.5.6 流量测定	303
		7.5.7 排油量的测量	303
		7.5.8 排气的调整	305

第1章 挖掘机液电控制系统的发展

1.1 挖掘机液电控制系统的应用

目前几乎所有工程机械的工作装置都采用了液压传动控制。即使以前很少采用液压技术的塔式起重机,现在也开始用低速大转矩液压马达驱动起重机的提升、变幅、回转等机构,出现了全液压塔式起重机,大大提高了起重机操作性能和调速性能。装载机采用了转向液压缸来实现整机转向控制,全液压挖掘机则通过对内外侧车轮的驱动液压马达转速的控制实现滑移转向,甚至原地转向,大大提高了整机的机动性和灵活性。由于静液转动具有满载工况下启动平稳、功率损耗小、易于实现前进倒退的转换、可实现无级调速、传递功率大等优点,而广泛应用于工程机械行走系统中。总之,液压传动与控制技术几乎渗透到工程机械的每个部分,达到了“无液不成机”的程度。

同时,随着微电子和计算机技术的迅猛发展,使现代控制理论在工程机械液压传动装置中的应用成为现实。计算机控制的变量泵系统、采用高速开关阀和步进电机驱动的数字阀大大提高了液压系统的效率。出现了智能型液压挖掘机、凿岩隧道机器人、混凝土泵车等工程机械机型,大大提高了设备的作业精度和发动机的功率利用率。以计算机技术为核心的机电液一体化技术在液压系统中的应用标志着现代工程机械液压传动与控制的最高水平。

工程机械大都采用了液压操作的动力换挡变速箱,大大减轻了司机的劳动强度,提高了传动系换挡性能。此外,由于液压制动器动作响应快、制动平稳可靠,因而在工程机械制动系中得到了普及应用。

1.1.1 挖掘机液电控制系统的种类

挖掘机发展到今天,是液压挖掘机机、液、电一体化发展的主要代表之一,是实现液压挖掘机的全自动化过程;即人们对液压挖掘机的研究,逐步向机、电、液控制系统方向的发展;使挖掘机由传统的杠杆操纵逐步发展到液压操纵、气压操纵、电气操纵、液压伺服操纵、无线电操纵、电液比例操纵和计算机直接操纵的发展过程。所以,通过对挖掘机的机、电、液一体化的了解学习,可以充分了解液压挖掘机的液压、电控技术。

液压挖掘机控制系统是对发动机、液压泵、多路换向阀和执行元件(液压缸、液压马达)等构成的动力系统进行控制的系统。

按控制功能,可分为位置控制系统、速度控制系统和力(或压力)控制系统。
按控制元件,可分为发动机控制系统、液压泵控制系统、多路换向阀控制系统、执行元件控制系统和整机控制系统。

目前,液压挖掘机控制系统已发展到复合控制系统。在现有挖掘机中,由于液压泵的确,使得分配阀的配置要与液压泵相匹配,也就是由液压泵决定分配阀、马达和操作系统。

挖掘机液电控制系统简图见图 1-1。

通过挖掘机液电系统的发展,可见挖掘机液电系统的具体应用类型,目前常见液压系统主要有以 K3V 液压泵为代表的住友、神钢、沃尔沃、大宇(斗山)、现代,而小松、日立、卡特都是自己独立的系统,个性鲜明,自成体系,因此要区别对待,逐一研究,重点掌握。其挖掘机以 20t 级为例,液压系统、液压控制系统、液压电控系统的类别见图 1-2。

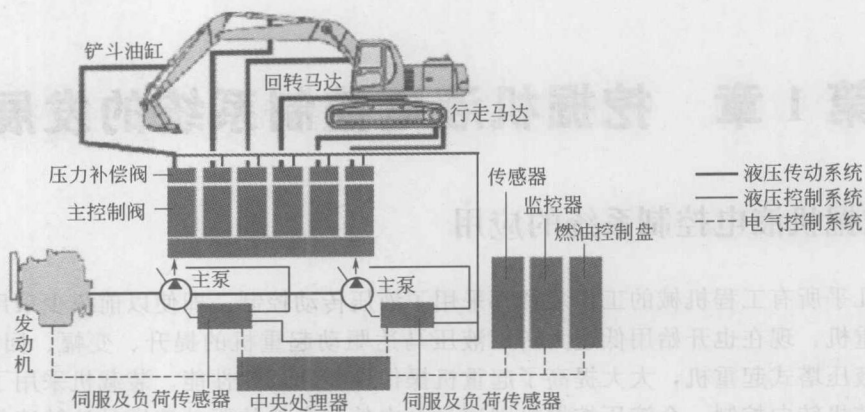
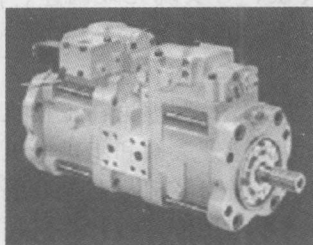
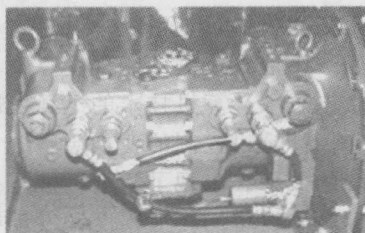
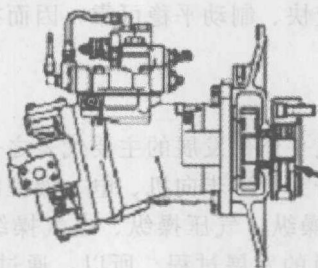


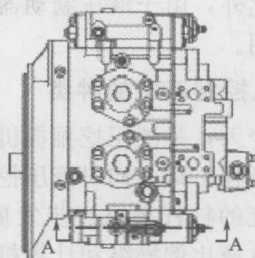
图 1-1 挖掘机液电控制系统简图

住友、神钢、沃尔沃
太宇(斗山)、现代液压泵

小松液压泵



日立液压泵



卡特液压泵

图 1-2 20t 级四种不同液压泵构成的液压系统

1.1.2 液电控制系统的基本要求

按照挖掘机工作装置和各个机构的传动要求，把各种液压元件用管路有机地连接起来的组合体，称为挖掘机的液压系统。

液压挖掘机的动作复杂，主要机构经常启动、制动、换向，负载变化大，冲击和振动频繁，而且野外作业，温度和地理位置变化大，因此根据挖掘机的工作特点和环境特点，液压系统应满足如下要求。

- ① 要保证挖掘机动臂、斗杆和铲斗可以各自单独动作，也可以互相配合实现复合动作。
- ② 工作装置的动作和转台的回转既能单独进行，又能作复合动作，以提高挖掘机的生产率。
- ③ 履带式挖掘机的左、右履带分别驱动，使挖掘机行走方便、转向灵活，并且可就地

转向,以提高挖掘机的灵活性。

④ 保证挖掘机的一切动作可逆,且无级变速。

⑤ 保证挖掘机工作安全可靠,且各执行元件(液压缸、液压马达等)有良好的过载保护;回转机构和行走装置有可靠的制动和限速;防止动臂因自重而快速下降和整机超速溜坡。

为此,液压系统应做到以下方面。

① 有高的传动效率,以充分发挥发动机的动力性和燃料使用经济性。

② 液压系统和液压元件在负载变化大、急剧的振动冲击作用下,具有足够的可靠性。

③ 设置轻便耐振的冷却器,减少系统总发热量,使主机持续工作时的液压油温不超过 80°C ,或温升不超过 45°C 。

④ 由于挖掘机作业现场尘土多,液压油容易被污染,因此液压系统的密封性能要好,液压元件对油液污染的敏感性低,整个液压系统要设置滤油器和防尘装置。

⑤ 采用液压或电液伺服操纵装置,以便挖掘机设置自动控制系统,进而提高挖掘机技术性能和减轻驾驶员的劳动强度。按液压泵特性,液压挖掘机采用的液压系统大致上分定量系统、变量系统和定量、变量复合系统三种类型。

1.1.3 液电控制的使用维护

1.1.3.1 液压控制系统的维护

挖掘机长期使用后,会产生自然磨损、疲劳和松劲。恶劣的作业环境,又是加剧磨损的重要因素。因此,定期检查、维护和保养挖掘机,可以减少挖掘机的故障,延长挖掘机的使用寿命,缩短机器的停工时间,提高工作效率,大大降低作业成本,使机器达到最佳状态。

(1) 油液维护保养注意事项

液压油、齿轮油、油脂、机油、柴油和防冻液的更换与管理的要求如下。

① 在恶劣的条件(高温、高压)下,发动机和工作装置用的油会变质。因此,即使油不脏,也应在规定的时间按要求更换新油。

② 油相当于人体内的血液,使用时一定要小心,以防杂物(如水、金属颗粒、粉尘等)进入其中,挖掘机在作业中发生的故障,大多数都是由于油液中混入杂质而引起的。

③ 严禁混用不同牌号和等级的油。

④ 应按照规定量加油,加油太多或太少都会产生不良现象。

⑤ 换油时,一定要同时更换相应的滤油器。

⑥ 为了检查挖掘机的工作状态,应定期对油的品质进行分析。

(2) 对液压油的要求和选用

① 对液压传动介质的要求 在液压传动中,液压油既是传动介质,又兼作润滑油,因此,它比一般润滑油要求更高。对液压油的要求如下。

a. 要有适宜的黏度和良好的黏温特性,一般液压系统所选用的液压油的运动黏度为 $(13\sim 68)\times 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$ (40°C)。

b. 具有良好的润滑性,以减少液压元件中相对运动表面的磨损。

c. 具有良好的热安定性和氧化安定性。

d. 具有较好的相容性,即对密封件、软管、涂料等无溶解的有害影响。

e. 质量要纯净,不含或含有极少量的杂质、水分和水溶性酸碱等。

f. 要具有良好的抗泡沫性,抗乳化性要好,腐蚀性要小,防锈性要好。液压油乳化会降低其润滑性,而使酸值增加,使用寿命缩短。液压油中产生泡沫会引起气穴现象。

g. 液压油用于高温场合时,为了防火安全,闪点要求要高,在温度低的环境下工作时凝点要求要低。

h. 对人体无害, 成本低。

② 液压传动介质的选用 液压传动介质的合理选用, 实质上就是对液压油的品种和牌号的选择。

a. 液压油品种的选择。石油基液压油的品种较多, 由于制造容易, 来源多, 故价格较低。在工程机械设备中, 几乎 90% 以上是使用石油基液压油。但难燃液压油既有抗燃特性, 又符合节省能源与控制污染的要求, 故受到各国的普遍重视, 是一种具有很大潜力的液压油。所以应从工程机械设备中液压系统的特点、工作环境和液压油的特性等出发, 来选择液压油的品种。表 1-1 为液压油品种选择参考表。

表 1-1 液压油品种选择参考表

液压设备液压系统举例	对液压油的要求	可选的液压油品种
低压或简单机具的液压系统	抗氧化安定性和抗泡沫性一般、无抗燃要求	HH, 无本产品时可选 HL
中、低压精密机械等液压系统	要求有较好的抗氧化安定性、无抗燃要求	HL, 无本产品时可选用 HM
中、低压和高压液压系统	要求抗氧化安定性、抗泡沫性、防锈性、抗磨性好	HM, 无本产品时可选用 HV、HS
环境变化较大和工作条件恶劣的(指野外工程和远洋船舶等)低、中、高压系统	除上述要求外, 要求凝点低、黏度指数高、黏温性好	HV、HS
环境温度变化较大和工作条件恶劣的(野外工程和远洋船舶等)低压系统	要求凝点低、黏度指数高	HR, 对于有银部件的液压系统, 北方选用 L-HR 油、南方用 HM 油或 HL 油
液压和导轮润滑合用的系统	在 HM 油基础上改善黏滑性(防爬行性好)	HG
煤矿液压支架、静压系统和其他不要求回收废液和不要求有良好润滑的情况, 但要求有良好的难燃性, 使用温度为 5~50℃	要求抗燃性好, 并具有一定的防锈、润滑性和良好的冷却性, 价格便宜	L-HFAE
冶金、煤矿等行业的中压和高压、高温以及易燃的液压系统。使用温度为 5~50℃	抗燃性、润滑性、防锈性好	L-HFB
需要难燃液的低压液压系统和金属加工等机械, 使用温度为 5~50℃	不要求低温性、黏温性和润滑性, 但抗燃性要好, 价格便宜	L-HFAS
冶金和煤矿等行业的低压和中压液压系统, 使用温度为 20~50℃	低温性、黏温性和对橡胶的适应性好, 抗燃性好	HFC
冶金、火力发电、燃气轮机等高温高压下操作的液压系统。使用温度为 20~100℃	要求抗燃性好, 抗氧化安定性和润滑性好	HFDR

b. 液压油牌号的选择。在液压油的品种已定的情况下, 选择液压油的牌号时, 最先考虑的应是液压油的黏度。如果黏度太低, 就使泄漏增加, 从而降低效率, 降低润滑性, 增加磨损; 如果液压油的黏度太高, 液体流动的阻力就会增加, 磨损增大, 液压泵的吸油阻力增大, 易产生吸空现象(也称空穴现象, 即油液中产生气泡的现象)和噪声。因此, 要合理选择液压油的黏度。选择液压油时要注意以下几点。

- 工作环境。当液压系统工作环境温度较高时, 应采用较高黏度的液压油; 反之, 则采用较低黏度的液压油。

- 工作压力。当液压系统工作压力较高时, 应采用较高黏度的液压油, 以防泄漏; 反之, 用较低黏度的液压油。

- 运动速度。当液压系统工作部件运动速度高时, 为了减少功率损失, 应采用黏度较低的液压油; 反之, 采用较高黏度的液压油。

- 液压泵的类型。在液压系统中, 不同的液压泵对润滑的要求不同, 选择液压油时应考虑液压泵的类型及其工作环境, 如表 1-2 所示。

c. 合理使用液压油的要点。

表 1-2 各类液压泵推荐用液压油

液压泵类型		油液黏度(40℃时)/(10 ⁻⁶ m ² /s)		适应液压油的种类和黏度牌号
		液压系统温度 5~40℃	液压系统温度 40~80℃	
叶片泵	7MPa 以下	30~50	40~75	L-HL32、L-HM46、L-HM68
	7MPa 以上	50~70	55~90	L-HM46、L-HM68、L-HM100
齿轮泵		30~70	95~165	中、低压时用: L-HL32、L-HL46、L-HL68、L-HL100、 L-HL150
径向柱塞泵		30~50	65~240	中、高压时用: L-HM32、L-HM46、L-HM68、L-HM100、 L-HM150
轴向柱塞泵		30~70	70~150	

• 换油前液压系统要清洗。液压系统每次使用液压油前,必须彻底清洗干净;在更换同一品种液压油时,也要用新换的液压油冲洗一两次。

• 液压油不能随意混用。一种牌号的液压油,未经设备生产厂家同意和没有科学依据时不能随意与不同牌号的液压油混用,更不得与其他品种的液压油混用。

• 注意液压系统密封应良好。液压系统必须保持严格的密封,防止泄漏和外界各种尘土杂物和水等混入。

• 加入新油时,必须按要求过滤。

• 根据换油指标及时更换液压油。

(3) 液压系统维护保养注意事项

在作业中和作业结束时,液压油温度仍然很高,因此,检查和保养液压系统时要特别小心。

① 将机器置于水平地面上,铲斗降至地面,然后释放液压缸管路压力。

② 让发动机熄火,等油温下降之后再进行维护保养。即使油温下降,系统内部仍存有压力,当检查和保养液压回路时,为释放系统内部压力,应从液压油箱中排出空气。

③ 定期检查液压油油位,更换滤油器,加注液压油。

④ 当拆卸高压软管后,应检查 O 形圈或密封垫是否损坏,如损坏,应更换。

⑤ 清洗或更换液压油滤油器滤芯和滤网之后,或拆卸液压管道之后,应排出油路中的空气。

⑥ 蓄能器内有高压氮气,使用不正确是相当危险的,一定要严格遵照规定使用。

1.1.3.2 电控系统的维护

(1) 电气系统维护保养注意事项

① 如果电线受潮或绝缘层损坏,则电气系统会漏电,并可能导致机器误动作或造成其他事故。

② 检查风扇皮带的张紧度、损坏程度和磨损情况,检查蓄电池电解液液位。

③ 不得拆卸或分解安装在机器上的任何电气元件。

④ 不得安装不符合要求的伪劣电气元件。

⑤ 当清洗机器或在雨天作业时,不要使电气系统沾水。

⑥ 在海滩工作时,应仔细清洁电气系统,以防腐蚀。

⑦ 当安装冷风机或其他电气设备时,应将其连接在独立的电源接头上。所选的电源绝不可连接在熔断器、启动开关或蓄电池继电器上。

(2) 焊接与维修时注意事项

① 切断电源(将启动器开关拨至“OFF”)。

② 如果连接了电气部件(微电脑),请将其拆卸(诸如控制器等电气部件)。

- ③ 清理焊接区域 1m 范围内的地面。
- ④ 不要连续使用 200V 以上的电压。
- ⑤ 不要将任何密封零件或轴承放在焊接区域与地面之间。
- ⑥ 在焊接或加热经过刷漆的区域前,应先清除油漆,加热刷漆区域会产生有害气体。
- ⑦ 在靠近液压设备与管道的位置加热时,会产生易燃气体并开始燃烧。

1.2 液电控制系统的发展趋势

1.2.1 电子-液压集成控制

电子控制技术与液压控制技术相结合的电子-液压集成控制技术近年来获得了巨大发展,现代的液压挖掘机(国外先进产品)在各功能部件的自动控制和各功能部件的联合控制方面已趋成熟,并且实现整机的电子-液压集成控制。

电子-液压集成控制的优点如下。

① 提高系统可靠性。液压挖掘机作为在较恶劣环境下持续工作的施工设备,各功能部件都会受到恶劣环境的影响,而作为控制系统中必不可少的线束和液压管路将会分布到机器的很多部分,这将成为系统不稳定的一个重要因素。而采用电子-液压集成控制,既能保证控制功能,又能有效提高系统可靠性。

② 扩展了系统功能。电子-液压集成控制的调整控制单元是根据通用标准设计的,其功能及完成的具体任务是由控制中心的微处理器决定并控制的,通常微处理器中可存储多套功能控制方案,以适应不同结构功能的控制要求。变换机器的功能只需调换相应的执行机构,选择相应的控制形式即可。

③ 为系统维护和现代化的管理奠定了坚实的基础。由于电子-液压集成控制对整机各功能部件的主要参数进行实时监控,且本身具备自适应能力与故障诊断能力,使机器的维护十分方便,借助于通信接口可以和工程管理系统进行数据交流,便于现代管理,从而延长机器寿命,提高生产率。

电子-液压集成控制存在两种形式。

(1) 通用集成控制中心和电子-液压集成调节执行单元

其特点是:机器的所有功能控制命令都由通用集成控制中心发布。电子-液压集成调节执行单元只负责接收并协调执行中心发来的功能控制命令,并将相应的运行参数送往中心处理,属主机型控制方式。

(2) 协调控制中心和电子-液压控制执行单元

其特点是:控制中心负责协调、管理各控制执行单元,而各控制执行单元负责本部件的控制与执行,并且各功能部件的参数往往不直接送入控制中心,只是在需要时,才由中心调入各控制执行单元的状态及参数,属客户机/服务器控制方式。

在实际应用中采用哪一种控制方式应根据具体情况而定。如果对控制对象的实时性和可控性要求严格,往往采用主机方式控制;如果对各功能部件的协调工作要求较高,往往采用客户机/服务器方式控制。

1.2.2 传感器技术

传感器技术在工程机械中应用越来越广,引进传感器技术是促进液压挖掘机智能化发展的前提。挖掘机用集成化、多功能化、智能化传感器是一个极其重要的部件。只有在伺服用传感器装备率得到提高的前提下,才能实现精确运动,而要真正实现智能化,还要采用视觉传感器、图像处理等多种新技术。

表 1-3 为用于液压挖掘机的传感器类型。

表 1-3 液压挖掘机的传感器类型

控制装置位置		传感器类型
车体		倾斜计、力加速计(空置传感器)、视觉传感器
发动机		转速、节气门传感器
主液泵		倾角计、压力(压差)传感器
控制系统	控制阀	负荷压力、流量 ^①
	工作装置	关节角度(液压缸 ^① 、行程)
	行走	压力

① 表示有待今后开发。

1.2.3 虚拟现实技术 (VR)

未来的液压挖掘机不仅需要各功能部件的自动控制，而且需要整个机器的自动控制，更进一步需要机器能够实现以智能控制为基础的总体综合控制，以期达到人机的合理配置与交流。适应这种控制需求的技术已经出现，并引起了重视，其应用前景广泛，这便是虚拟现实技术。虚拟现实技术是一种探讨如何实现人与机器间理想交互方式的技术。根据 VR 所应用对象的不同，VR 的具体作用可以表现为不同的形式。相对未来的液压挖掘机来说，实现逼真的现场效果与达到任意复杂环境下的可视控制与操作，将是一种重要的作用形式。

在各功能部件自动控制的前提下，采用微电脑对液压挖掘机进行集中控制与监测，进一步将操作人员与挖掘机有机结合形成一种全新控制模式，即虚拟现实。在此模式下，操作人员可以在驾驶室里，甚至更多的是在远方的控制室对液压挖掘机进行全方位的监视与控制，达到人机合一的最佳状态。虚拟现实 (VR) 技术的最终结果是实现液压挖掘机的机器人化。图 1-3 为 VR 技术在未来新型液压挖掘机上的应用组成框图。

当然，虚拟现实 (VR) 技术的实现仍有不少关键技术有待研究，如位置辨识技术、方向控制技术、作业对象外观认识技术、遥控和无人驾驶技术等。

1.2.4 其他重要相关技术

(1) 人机工程与外观造型技术

随着液压挖掘机功能的日益完善，操作者对现代施工设备的要求越来越高，在挖掘机性能稳定完善的情况下，舒适的操作性能和完美的外观造型已经成为他们看中的一个重要品质。因此，在进行产品设计过程中，在满足产品性能的前提下，必须充分运用人机工程学知识和外观造型技术。但是，由于产品的使用者有年龄、国别、地区、性别的不同，人体尺寸也随之变化，为使设计的产品符合使用者的要求，设计人员应当首先明了产品的使用范围，然后参考有关的人体尺寸来确定产品造型设计在人体工程学方面的原始形态和原始设计尺寸。在外观造型技术方面，可以利用三维造型软件，对所设计的产品进行外观造型分析，提前显现所设计的产品外形，从而可以大大减少设计过程中隐藏在产品中的缺陷。在众多的挖掘机产品互相竞争，而在产品性能方面谁也不具备太多优势的今天，注重产品的人机工程内涵和外观造型，将不失为提高产品竞争力的有效手段。

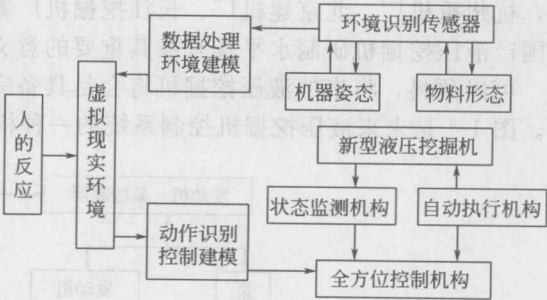


图 1-3 VR 技术在未来新型液压挖掘机上的应用组成框图

(2) 机械振动技术的研究与应用

在液压挖掘机上采用振动掘削技术,可以有效降低挖斗的掘削阻力,减少能耗,提高工作效率。振动掘削是指通过机械激振或液压激振作用,使挖斗在掘进过程中同时具有小幅振动,从而有效减小挖掘阻力的一种振动利用技术。目前国内在这方面的研究还处于起步阶段,有待进一步研究。

1.2.5 挖掘机液电控制系统的未来要求

① 重视科研工作,增强技术投入。国外厂商都非常重视新产品的开发,科研试验费用约占产品销售额的3%以上,具有完善的试验台架和试验厂来进行整机和结构强度的试验。制造系统实现集成化,从而提高产品设计质量,缩短生产周期,使企业获得较大利润。今后我们也将加大对挖掘机技术的研制开发力度,特别是先进液压控制系统和精密液压控制元件的研制。

② 提高加工和工艺装备水平。国外加工设备采用多工位、多刀具的加工中心、光电数控机床和仿形切割机床,基本实现数控化,重要零部件总装前都要进行质量控制,从而保证零部件和整机的可靠性。我国已将计算机集成制造系统的研究列入“863工程”,其成果必然会促进液压挖掘机的发展,提高相应的加工工艺和管理水平,保证产品质量。

③ 组织配套件的专业化生产。专用配套件生产厂的特点是批量大、效率高、寿命长、竞争力强。如美国有50多家公司专门为液压挖掘机生产配套件,已形成标准系列;日本一些公司专门生产液压挖掘机的配套机具和工作装置等。这些配套件和工作装置在美国卡特彼勒公司、日本日立公司和德国O&K公司都得到广泛应用。我国配套件质量不高的原因与缺乏专业化配套件生产厂有重要关系,因此组建、完善专业化配套件厂是发展我国液压挖掘机的重要举措,这样既可以节省大量的外汇来进口配套件,又可提高自身的生产制造水平。

④ 适应市场要求,开发市场急需的规格型号的液压挖掘机产品。现在国外市场对微型挖掘机的市场需求比较大,这种趋势还将持续下去,因此,发挥我国在微型液压挖掘机生产方面的相对优势,积极占领市场,在稳住这一市场的情况下,稳妥地推进大中型液压挖掘机的研制开发和生产。可以采取自主创新和技术引进相结合的办法,加快自身的发展。在这方面,杭州重机厂、北京建机厂、长江挖掘机厂等已取得了成功的经验,这对于提高和加速发展国产液压挖掘机研制水平具有极其重要的意义。

可以预料,将来的液压挖掘机将会是具备完善的控制系统的高度自动化和智能化的机器人。图1-4是未来液压挖掘机控制系统的一种构想。

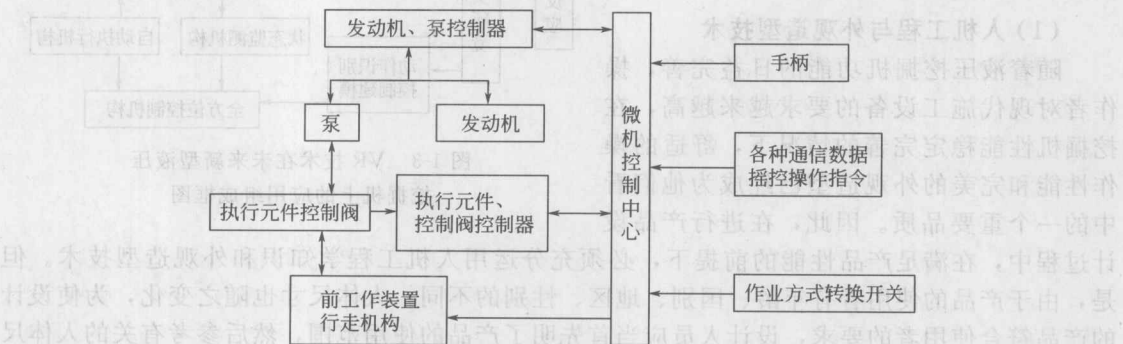


图 1-4 未来液压挖掘机控制系统构想

目前,我国液压挖掘机技术与发达国家相比还有一定差距,但我们坚信,随着国家改革开放的不断深入,在引进与自主开发相结合的原则下,国产高技术、智能化液压挖掘机是一定可以实现的。

第2章 液电控制系统的原理及特点

2.1 液电控制系统的种类及形式

液电控制系统的叫法与电液控制系统的内容是一样的,实际含义包含两方面的内容,即液压的控制和电子控制的意思;目前几乎所有工程机械的工作装置都采用了液压传动控制。液压传动与控制技术几乎渗透到工程机械的每个部分,达到了“无液不成机”的程度。同时以计算机技术为核心的机电液一体化技术在液压系统中的应用标志着现代工程机械液压传动与控制的最高水平。这方面的技术在挖掘机上可以说得到了充分的运用。

2.1.1 液压系统的工作原理及组成特点

按工作特征和控制方式的不同,液压系统可划分为液压传动系统和液压控制系统两大类。

(1) 液压传动系统的工作原理

下面以液压千斤顶为例来说明液压传动的工作原理。

如图2-1所示,手柄1带动活塞上提,泵缸2容积扩大形成真空,排油单向阀3关闭,油箱5中的液体在大气压力作用下,经管6、吸油单向阀4进入泵缸2内;手柄1带动活塞下压,吸油单向阀4关闭,泵缸2中的液体推开排油单向阀3,经管9、10进入液压缸11,迫使活塞克服重物12的重力 G 上升而做功;当需液压缸11的活塞停止时,使手柄1停止运动,液压缸11中的液压力使排油单向阀3关闭,液压缸11的活塞就自锁不动;工作时截止阀8关闭,当需要液压缸11的活塞放下时,打开此阀,液体在重力 G 作用下经此阀排往油箱5。

液压千斤顶作为简单又较完整的液压传动装置由以下几部分组成。

① 液压泵 是把机械能转换成液体压力能(液压能)的元件。泵缸2、吸油单向阀4和排油单向阀3组成一个阀式配流的液压泵。

② 执行元件 是把液体压力能转换成机械能的元件。如液压缸11(当输出不是直线运动而是旋转运动时,则为液压马达)。

③ 控制元件 是通过对液体的压力、流量、方向的控制,来实现对执行元件的运动速度、方向、作用力等的控制的元件,用以实现过载保护、程序控制等。如截止阀8即属控制元件。

④ 辅助元件 除上述三个组成部分以外的其他元件,如管道、管接头、油箱、滤油器等为辅助元件。

(2) 液压传动系统的组成

分析液压千斤顶的原理图,可以看出液压传动系统是由以下五部分组成的。

① 动力元件 把机械能转换成液压能的装置,由泵和泵的其他附件组成,最常见的是液压泵,它给液压系统提供压力油。

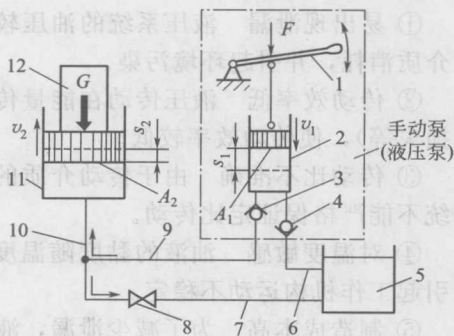


图2-1 液压千斤顶工作原理图

1—手柄; 2—泵缸; 3—排油单向阀; 4—吸油单向阀; 5—油箱; 6、7、9、10—管; 8—截止阀; 11—液压缸; 12—重物

② 执行元件 把液压能转换成机械能带动工作机构做功的装置。它可以是做直线运动的液压缸，也可以是做回转运动的液压马达。

③ 控制元件 对液压系统中油液压力、流量、运动方向进行控制的装置，主要是指各种阀。

④ 辅助元件 由各种液压附件组成，如油箱、油管、滤油器、压力表等。

⑤ 工作介质 液压系统中用量最大的工作介质是液压油，通常指矿物油。

(3) 液压传动系统的特点

与机械传动和电气传动相比，液压传动有以下优点。

① 功率质量比大 在同等功率下，液压装置的体积小，质量小，即功率密度大。如液压马达的体积约为同等功率电动机的 12%，质量约为同等功率电动机的 12%~20%。

② 工作平稳 由于体积小、质量小、惯性小，因而启动、制动迅速，变速、换向快速而无冲击，液压装置运动平稳。

③ 无级调速 能在运行过程中进行无级调速，调速方便，调速范围大（可达 2000:1）。

④ 自动控制 与电气、电子或气动控制相配合，对液体压力、流量和方向进行调节或控制，易于实现系统的远程操纵和自动控制。

⑤ 过载保护 可以方便地用压力阀控制系统的压力，从而防止过载，避免事故发生。

⑥ 元件寿命长 液压系统中使用的介质大都为矿物油，它对液压元件产生润滑作用，因而元件寿命较长。

⑦ 标准化、系列化和通用化 液压元件标准化、系列化和通用化程度较高，有利于缩短液压系统的设计、制造周期，并可降低制造成本。

液压传动的缺点如下。

① 易出现泄漏 液压系统的油压较高，液压油容易通过密封或间隙产生泄漏，引起液压介质消耗，并引起环境污染。

② 传动效率低 液压传动在能量传递过程中，常存在较多的能量损失（压力损失和流量损失等），使传动效率较低。

③ 传动比不准确 由于传动介质的可压缩性、泄漏和管路弹性变形等因素影响，液压系统不能严格保证定比传动。

④ 对温度敏感 油液的黏度随温度而变，黏度变化引起流量、泄漏量和阻力变化，容易引起工作机构运动不稳定。

⑤ 制造成本高 为了减少泄漏，液压元件的制造精度要求较高，从而提高了制造成本。

2.1.2 液压控制系统的工作原理

图 2-2 所示为一简单的液压伺服系统原理图，系统的能源为液压泵 1，以恒定的压力

（由溢流阀 2 设定）向系统供油。液压驱动装置由四通控制滑阀 3 和液压缸 4（杆固定）组成。滑阀 3 是一个转换放大元件，它将输入的机械信号转换成液压信号（流量、压力）输出，并加以功率放大。液压缸为执行器，输入的是压力油的流量，输出的是运动速度或位移。此系统中阀体与液压缸体连成一体，从而构成反馈控制。其反馈控制过程是：当滑阀处于中间位置（零位，即没有信号输入， $x_i=0$ ）时，阀的四个窗口均关闭，阀没有流量输出，液压缸体不动，系统的输出量 $x_p=0$ ，系统处

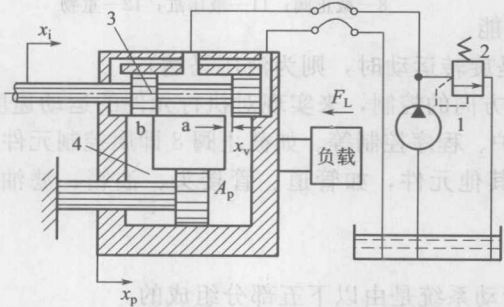


图 2-2 液压伺服控制系统原理图

1—液压泵；2—溢流阀；3—四通控制滑阀；4—液压缸

于静止平衡状态。给滑阀一个输入位移,如阀芯向右移动一个距离 x_i ,则节流窗口 a、b 便有一个相应的开口量 $x_v = x_i$,压力油经窗口 a 进入液压缸无杆腔,推动缸体右移 x_p ,左腔油液经窗口 b 回油。因阀体与缸体为一体,故阀体也右移 x_p 。使阀的开口量减小(即 $x_v = x_i - x_p$),直到 $x_p = x_i$ (即 $x_v = 0$)时,阀的输出流量等于 0,缸体停止运动,处在一个新的平衡位置上,从而完成了液压缸输出位移对滑阀输入位移的跟随运动。如果滑阀反向运动,液压缸也反向跟随运动。

(1) 液压控制系统的组成

实际的液压控制系统不论如何复杂,都是由一些基本元件构成的,并可用图 2-3 所示的方块图表示。这些基本元件包括检测反馈元件、比较元件及转换放大装置(含能源)、执行器和控制对象等部分。

① 输入元件 输入元件也称指令元件,它给出输入信号(也称指令信号),加于系统的输入端。机械模板、电位器、信号发生器或程序控制器都是常见的输入元件。输入信号可以手动设定或由程序设定。



图 2-3 液压伺服系统的构成

② 检测反馈元件 检测反馈元件用于检测系统的输出量并转换成反馈信号,加于系统的输入端与输入信号进行比较,从而构成反馈控制。各类传感器为常见的反馈检测元件。

③ 比较元件 比较元件将反馈信号与输入信号进行比较,产生偏差信号加于放大装置。比较元件一般不单独存在,而是与输入元件、反馈检测元件或放大装置一起,共同完成比较、反馈或放大功能。

④ 转换放大装置 它的功用是将偏差信号的能量形式进行变换并加以放大,再输入执行机构。各类液压控制放大器、伺服阀、比例阀、数字阀等都是常用的转换放大装置。

⑤ 执行器 其功用是驱动控制对象动作,实现调节任务。它可以是液压缸或液压马达及摆动液压马达。

⑥ 控制对象 被控制的主机设备或其中一个机构、装置。

⑦ 液压能源 即液压泵站或液压源,它为系统提供驱动负载所需的具有压力的液流。

(2) 液压控制系统的特点

① 单位功率的质量小,力矩-惯量比(或力-质量比)大 由于液压元件的功率-质量比和力矩-惯量比(或力-质量比)大,可以组成结构紧凑、体积小、重量轻、加速性好的控制系统。对于中、大功率的控制系统,这一优点尤为突出。例如,电气元件的最小尺寸取决于最大的有效磁通密度、功率损耗所产生的发热量与电流密度的关系,最大有效磁通密度受磁性材料的磁饱和限制,而发热量散发又比较困难,因此电气元件的结构尺寸较大,功率-质量比和力矩-惯量比小。液压元件功率损耗所产生的热量可由油液带到散热器去散发,它的尺寸主要取决于最大工作压力。由于最大工作压力可以很高(目前可达 32MPa 甚至更高),所以液压元件的体积小、质量小,而输出力或力矩却很大,使功率-质量比和力矩-惯量比(或力-质量比)大。统计资料表明,一般液压泵的质量只是同功率电动机质量的 10%~20%,几何尺寸约为后者的 12%~13%。液压马达的功率-质量比一般为相当容量电动机的 10 倍,而力矩-惯量比为电动机的 10~20 倍。

② 负载的刚度大,精度高 液压控制系统的输出位移(或角度)受负载变化的影响小,即有较大的速度-负载刚度(速度-力或转速-力矩曲线斜率的倒数很大),定位准确,控制精度高。由于液压固有频率高,允许液压控制系统,特别是电液伺服系统有较大的开环放大系