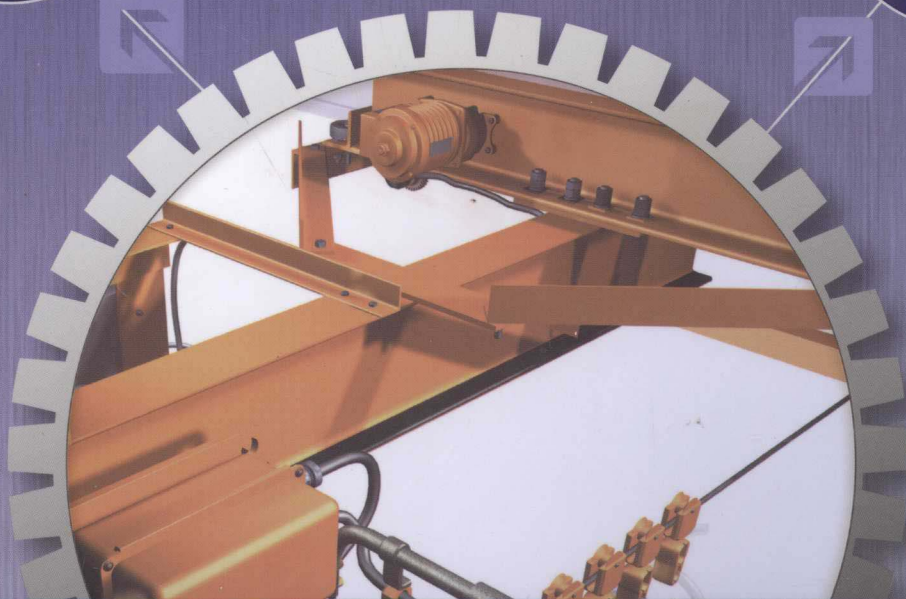


G

ONGCHENG JIXIE DIANQI KONGZHI XITONG

# 工程机械 电气控制系统

陈继文 范文利 等编著



化学工业出版社

G ONGCHENG JIXIE DIANQI KONGZHI XITONG

# 工程机械 电气控制系统

陈继文 范文利 等编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书全面介绍了工程机械的电气控制系统的构成及工作原理,以电工、电子技术及工程机械构造为基础,系统讲述了常用工程机械电气控制设备的构造、工作原理、维护及检修等方面的知识,主要包括蓄电池、交流发电机及其调节器、启动机、点火系统、照明及信号系统、仪表与报警系统、辅助电气设备、全车电路总线、施工现场供电及安全用电、故障诊断技术。本书内容比较丰富全面,且在叙述上考虑了知识的系统性,同时注重结合工程实践、实例说明、图文并茂、深入浅出,突出新技术、新工艺、新材料、新设备。

本书可供从事工程机械设计、制造、安装、检验与试验人员及有关管理与维护保养人员参考,也可作为高等院校工程机械及相关专业的教材。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

工程机械电气控制系统/陈继文等编著. —北京:化学工业出版社, 2012.10  
ISBN 978-7-122-15157-5

I. ①工… II. ①陈… III. ①工程机械-电气控制  
IV. ①TU6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 202409 号

---

责任编辑:张兴辉  
责任校对:顾淑云

文字编辑:陈喆  
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:大厂聚鑫印刷有限责任公司  
787mm×1092mm 1/16 印张19¼ 字数488千字 2013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: 68.00 元

版权所有 违者必究

# 前言

## Foreword



电气控制系统是工程机械的重要组成部分，其性能直接影响了工程机械的动力性、经济性、工作可靠性、运行安全性、施工质量、生产效率以及使用寿命等。微电子技术、计算机技术、智能技术、总线技术、传感与检测技术、机器人技术等正在向工程机械领域不断渗透，促进了工程机械由模拟控制向数字控制发展，提高了工程机械的作业精度、工作可靠性、过程自动化程度和工作效率，也使工程机械实现智能控制、网络化与整体控制成为可能。

本教材从工程机械的实际情况出发，在内容安排上突出科学性和系统性，理论联系实际，实用性强，内容新颖、系统和详尽，原理介绍深入浅出，图文并茂，难易适度，便于自学。

本教材以工程机械典型电气设备与系统为基础，详细叙述了工程机械电气设备的基本结构、原理和工作特性，着重论述了工程机械电气设备的拆装、检查、调试、试验、维护、修理和使用注意事项等，还编入了一些工程机械电气设备与系统的典型实例，同时还有选择地介绍了一些电气设备的新结构和新技术。

本书共分 11 章，主要包括：蓄电池、交流发电机及其调节器、启动机、点火系统、照明与信号系统、仪表与报警系统、辅助电气设备、全车电路总线、施工现场供电及安全用电、故障诊断技术。

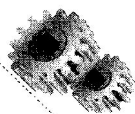
本书可以作为高等院校工程机械及相关专业的教材，还可以供从事工程机械设计、制造、安装、检验与试验人员及有关管理与维护保养人员参考。

本书由陈继文、范文利等编著，参与编写工作的还有王晓伟、王峰（大陆汽车电子有限公司）、张涵、张青、逢波、刘辉、沈孝芹、刘沛鑫（大陆汽车电子有限公司）、杨红娟等。陈继文负责统稿，全书由山东建筑大学于复生教授、大陆汽车电子（济南）有限公司刘超经理主审。山东建筑大学宋现春、董明晓等几位教授为本书的编写提出了宝贵的意见，同时感谢山东建筑大学机电工程学院及机电教研室的大力支持。在本书编写过程中，参阅了相关书籍和文献资料，在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平所限，加之时间仓促，书中不足之处在所难免，敬请批评指正。

# 目 录

## Contents



<b>第 1 章 总论</b> .....	1
1.1 常用工程机械的类型 .....	1
1.2 工程机械的发展 .....	2
1.3 工程机械电气系统的组成及特点 .....	3
1.3.1 工程机械电气控制系统的组成 .....	3
1.3.2 工程机械电气控制系统特点 .....	4
1.4 电气线路基础 .....	5
1.5 电子电路基础 .....	6
<b>第 2 章 蓄电池</b> .....	9
2.1 蓄电池的类型 .....	9
2.2 启动型铅蓄电池的功能 .....	10
2.3 蓄电池的构造 .....	10
2.4 蓄电池的型号和规格 .....	13
2.5 蓄电池的工作原理与特性 .....	14
2.6 蓄电池的工作特性 .....	16
2.7 蓄电池的容量及其影响因素 .....	18
2.7.1 蓄电池的容量 .....	18
2.7.2 蓄电池容量的影响因素 .....	19
2.8 蓄电池组的连接 .....	21
2.9 蓄电池的充电 .....	21
2.9.1 蓄电池充电方法 .....	22
2.9.2 蓄电池充电 .....	24
2.10 蓄电池的常见故障与排除 .....	27
2.10.1 外壳破裂 .....	27
2.10.2 极板硫化 .....	28
2.10.3 自行放电 .....	29
2.10.4 极板活性物质大量脱落 .....	29
2.11 新型铅蓄电池 .....	29
2.11.1 新型铅蓄电池 .....	29
2.11.2 碱性蓄电池 .....	32
2.11.3 高能蓄电池 .....	32
2.12 铅蓄电池的使用与维护 .....	32
2.12.1 蓄电池正、负极柱的判断 .....	32

2.12.2	铅蓄电池的正确使用	33
2.12.3	铅蓄电池的保养	33
2.12.4	蓄电池技术状况的检查	34
2.13	蓄电池的拆卸和安装	37

### 第3章 交流发电机及其调节器 38

3.1	交流发电机	39
3.2	交流发电机的基本结构	39
3.2.1	转子	40
3.2.2	定子	40
3.2.3	整流器	42
3.2.4	端盖和其他部件	43
3.2.5	国产交流发电机的型号	44
3.3	交流发电机的工作原理	45
3.3.1	交流电动势的产生	45
3.3.2	整流原理	46
3.3.3	交流发电机的励磁方式	48
3.4	交流发电机的工作特性	49
3.4.1	空载特性	49
3.4.2	输出特性	49
3.4.3	外特性	50
3.5	新型交流发电机	50
3.5.1	八管交流发电机	50
3.5.2	九管交流发电机	52
3.5.3	十一管交流发电机	53
3.5.4	无刷交流发电机	53
3.5.5	带泵交流发电机	54
3.6	永磁式无刷交流发电机	55
3.7	交流发电机调节器	55
3.7.1	调节器的基本原理	56
3.7.2	电磁振动式调节器	57
3.7.3	晶体管调节器	61
3.7.4	集成电路调节器	65
3.7.5	交流发电机调节器的型号	67
3.8	交流发电机的检查与修理	67
3.8.1	交流发电机在车上的检查	68
3.8.2	交流发电机的拆卸	68
3.8.3	交流发电机的检测	69
3.8.4	交流发电机的分解	70
3.8.5	交流发电机零部件的检修	70
3.9	调节器的检测与调整	72
3.10	充电系运行故障的诊断	74
3.10.1	不充电	74

3.10.2	充电电流过小	75
3.10.3	充电电流过大	76
3.10.4	充电电流不稳	77
3.10.5	发电机异响	77
3.11	交流发电机及其调节器使用注意事项	78
3.12	微机控制交流发电机充电系统	79

## 第4章 启动机 81

4.1	启动机的组成和分类	81
4.2	电磁式启动机结构与原理	83
4.2.1	直流电动机	83
4.2.2	传动机构	86
4.2.3	启动机的控制装置	89
4.3	启动机的预热装置	95
4.3.1	电热塞	95
4.3.2	火焰预热塞	95
4.3.3	启动液喷射装置	96
4.3.4	PTC 预热器	96
4.4	新型启动机	97
4.4.1	永磁启动机	97
4.4.2	电枢移动式启动机	98
4.5	启动机的使用与试验	100
4.5.1	启动机的正确使用	100
4.5.2	启动机的试验	100
4.6	启动系统的常见故障及诊断排除	101
4.6.1	启动机不转	101
4.6.2	启动机运转无力	102
4.6.3	启动机空转	102
4.6.4	启动机异响	103
4.6.5	启动机失去自动保护功能	103

## 第5章 点火系统 104

5.1	概述	104
5.1.1	点火系统的作用	104
5.1.2	点火系统的类型	104
5.1.3	点火系统的基本要求	105
5.2	传统点火系统	106
5.3	电子点火系统	108
5.3.1	电子点火系统的组成、特点及分类	108
5.3.2	有触点电子点火系统	109
5.3.3	电容储能式电子点火系统	110
5.3.4	电感储能式电子点火系统	110
5.3.5	电子点火系统的使用与部件检修	123

5.4	微机控制点火系统 .....	126
5.4.1	微机控制点火系统 .....	126
5.4.2	有分电器微机控制点火系统 .....	126
5.4.3	无分电器微机控制点火系统 .....	129

## 第6章 照明及信号系统 ..... 133

6.1	照明系统 .....	133
6.1.1	照明设备的种类与用途 .....	134
6.1.2	技术要求 .....	134
6.1.3	前照灯 .....	135
6.1.4	灯光保护继电器 .....	141
6.1.5	车灯开关 .....	142
6.2	信号系统 .....	143
6.2.1	信号系统的作用和组成 .....	143
6.2.2	灯光信号装置的类型和应用 .....	144
6.2.3	转向灯闪光继电器 .....	145
6.2.4	制动信号装置 .....	149
6.2.5	倒车信号装置 .....	149
6.3	喇叭 .....	151
6.3.1	喇叭的分类 .....	151
6.3.2	普通电喇叭的工作原理 .....	151
6.3.3	电子电喇叭 .....	152
6.3.4	喇叭继电器 .....	152
6.3.5	电喇叭的调整 .....	153
6.4	照明与信号系统的故障诊断与排除 .....	153
6.4.1	照明系统常见的故障及诊断排除 .....	153
6.4.2	信号系统常见的故障及诊断排除 .....	154
6.4.3	电喇叭常见的故障及诊断排除 .....	155

## 第7章 仪表与报警系统 ..... 157

7.1	仪表系统 .....	157
7.1.1	电流表 .....	157
7.1.2	燃油表 .....	158
7.1.3	机油压力表 .....	159
7.1.4	水温表 .....	161
7.1.5	转速表 .....	162
7.1.6	车速里程表 .....	164
7.1.7	气压表 .....	165
7.1.8	仪表电源稳压器 .....	165
7.2	报警系统 .....	166
7.2.1	机油压力报警装置 .....	166
7.2.2	水温报警装置 .....	167
7.2.3	燃油不足报警装置 .....	167



7.2.4	制动液面过低报警装置 .....	167
7.2.5	制动系统低气压报警装置 .....	168
7.2.6	驻车制动报警装置 .....	168
7.3	工程机械传感器 .....	169
7.3.1	温度传感器 .....	170
7.3.2	转速传感器 .....	172
7.3.3	角位移传感器 .....	176
7.4	工程机械电子仪表 .....	178
7.4.1	常用电子显示装置 .....	178
7.4.2	工程机械电子仪表电路 .....	182
7.4.3	工程机械电子组合仪表 .....	186
7.5	仪表常见的故障及诊断排除 .....	188
7.5.1	电流表的常见故障及检修 .....	188
7.5.2	燃油表的常见故障及检修 .....	189
7.5.3	油压表的故障与排除 .....	190
7.5.4	水温表的常见故障及检修 .....	191
7.5.5	转速表故障与检修 .....	191
7.5.6	车速里程表的故障与检修 .....	192
<b>第8章 辅助电气设备 .....</b>		<b>194</b>
8.1	空调系统 .....	194
8.1.1	空调系统组成与类型 .....	194
8.1.2	空调暖风系统 .....	194
8.1.3	空调制冷系统 .....	195
8.1.4	空调控制系统 .....	206
8.1.5	自动空调控制系统 .....	209
8.2	电动雨刮器 .....	218
8.2.1	永磁电动机 .....	219
8.2.2	雨刮器自动复位装置 .....	219
8.3	风窗除霜装置 .....	220
8.4	风窗清洗装置 .....	221
8.5	柴油机辅助启动装置 .....	221
8.5.1	电热式预热器 .....	222
8.5.2	热胀式电火焰预热器 .....	222
8.5.3	电磁式火焰预热器 .....	222
8.5.4	电网式预热器 .....	222
8.6	电气设备的防干扰系统 .....	223
8.7	空调系统的使用与维护 .....	224
8.8	空调系统的常见故障诊断与排除 .....	225
<b>第9章 全车电路总线 .....</b>		<b>229</b>
9.1	常用低压电器元件 .....	229
9.1.1	单片机及可编程序控制器 .....	229

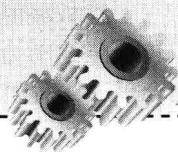
9.1.2	开关装置 .....	230
9.1.3	电路保护装置 .....	237
9.1.4	中央接线盒 .....	239
9.1.5	电线与线束 .....	240
9.1.6	插接器 .....	242
9.2	电气设备的布线原则 .....	243
9.3	电路图的表达形式 .....	243
9.3.1	电路图的类型 .....	244
9.3.2	电路符号使用与识读 .....	247
9.3.3	电路图的绘制方法 .....	248
9.3.4	电路图的识读方法 .....	249
9.4	电路故障的诊断分析 .....	252
9.5	全车电路实例分析 .....	253
9.5.1	汽车总线路 .....	253
9.5.2	压路机总线路 .....	256
9.5.3	装载机总线路 .....	259
9.5.4	挖掘机总线路 .....	262

## 第 10 章 工程建设施工现场供电及安全用电..... 270

10.1	电网供电.....	270
10.1.1	配电基本过程.....	270
10.1.2	配电变压器.....	270
10.2	施工现场用电原则.....	273
10.3	施工现场临时用电的基本保护系统.....	277
10.3.1	接地保护系统.....	277
10.3.2	过载与短路保护系统.....	278
10.3.3	漏电保护系统.....	278
10.4	施工现场用电组织设计.....	279
10.4.1	现场勘测.....	279
10.4.2	确定走线位置与走向.....	279
10.4.3	负荷的计算.....	280
10.4.4	配电系统的设计.....	280
10.4.5	设计防雷装置.....	284
10.4.6	确定防护措施.....	284
10.4.7	安全用电措施和电气防火措施.....	286
10.5	建筑机械和手持式电动工具用电.....	287
10.5.1	起重机械用电.....	287
10.5.2	桩工机械用电.....	288
10.5.3	夯土机械用电.....	288
10.5.4	焊接机械用电.....	288
10.5.5	手持式电动工具用电.....	288
10.5.6	其他电动建筑机械用电.....	289
10.6	柴油发电机组.....	289

10.6.1	用途及特点	289
10.6.2	组成及型号	289
10.6.3	机组的匹配	289
10.6.4	技术使用	291
<b>第 11 章 工程机械故障诊断技术</b>		<b>294</b>
11.1	故障诊断技术	294
11.2	故障诊断的主要思路	296
11.3	故障诊断方法	296
11.4	工程机械电气系统故障诊断技巧	297
11.5	自诊断技术	299
11.6	发动机上的自诊断系统	301
11.7	工程机械上的自诊断系统	301
<b>参考文献</b>		<b>306</b>

# 第1章 总论



## 1.1 常用工程机械的类型

目前,我国工程机械是机械工业的重要组成部分。它与交通运输建设(公路、铁路、港口、机场、管道输送等)、能源工业建设和生产(核电、水电、煤炭、石油、火电等)、原材料工业建设和生产(黑色矿山、有色矿山、建材矿山、化工原料矿山等)、农林水利建设(农田土壤改良、农村筑路、农田水利、农村建设和改造、林区筑路和维护、储木场建设、育材、采伐、树根和树枝收集、江河堤坝建设和维护、湖河管理、河道清淤、防洪堵漏等)、工业民用建筑(各种工业建筑、民用建筑、城市建设和改造、环境保护工程等)以及国防工程建设诸领域的发展息息相关,与这些领域实现现代化建设的关系更加密切。工程机械主要可分为16种类型:

① 挖掘机械。包括单斗挖掘机、多斗挖掘机、挖掘装载机、隧道掘进机等。挖掘机在矿山特别是露天矿山使用较多,多数为大型、重型、履带式正铲,少数用反铲。

② 起重机械。包括塔式、汽车、轮胎、履带、桅杆、绳索、抓斗、管道起重机、卷扬机和施工升降机。

③ 铲土运输机械。包括推土机、铲土机、装载机、平地机、运输机、平板车和翻斗车。

④ 压实机械。包括夯实机、轮胎式压路机、振动压路机和静载压路机。

⑤ 桩工机械。包括柴油打桩锤、柴油打桩架、振动打拔桩锤、振动打拔桩架、压桩机和钻孔机。

⑥ 钢筋和预应力机械。包括钢筋强化、加工、焊接机械、预应力加工机械及设备。

⑦ 混凝土机械。包括混凝土搅拌机、搅拌楼、搅拌站、搅拌运输车、输送泵、喷射机、浇注机和振动器。

⑧ 路面机械。它是公路路面施工及维修养路的机械,包括沥青喷洒机、沥青混凝土摊铺机、混凝土摊铺机、混凝土振实机、道路翻松机、土壤拌和机、石料摊铺机、石屑撒布机等。

⑨ 装饰机械。它是建筑装饰机械,包括灰浆制备及喷涂机械、地面修整机械、装修升降平台及吊篮、手持机具等。

⑩ 凿岩机械与气动工具。包括各种凿岩机、凿岩台车、气动工具等。

⑪ 叉车。包括各种叉车和装卸机械。

⑫ 铁道线路机械。它是铁路线路施工及养护的专用机械。包括捣固机、起拨道机、清筛机、线路维修综合列车及其他线路养护机械。

⑬ 军用工程机械。

⑭ 其他专用工程机械。

## 1.2 工程机械的发展

工程机械的发展在技术上大致经历了三次革命。第一次是柴油机的出现,使工程机械有了较理想的动力装置。第二次是液压技术被广泛应用,使工程机械的工作装置、传动装置更趋合理。工程机械作业形式多种多样,工作装置的种类繁多,要求实现各类复杂运动。一个动力装置要驱动多种装置,而且传动距离往往比较长,20世纪50年代出现了液压传动,为工程机械提供良好的传动装置。与最初采用的纯机械和液力传动相比,液压传动的主要优点是调节便捷和布局灵活。发动机在任一转速下工作,传动系统都能发挥出较大的牵引力,而且传动系统在很宽的输出转速范围内仍能方便地获得各种优化的动力传动特性,以适应各种作业的负荷状态。但液压系统维护比较严格,不易检修,且受环境因素影响较大,容易对环境产生污染,与电力传动相比,效率相对较低。电力传动是通过电动机驱动车辆行走部分运动,通过电子调节系统调节电动机轴的转速和转向,它具有布局简单、调速范围广、效率高、能源可回收、环保节能等优点,是未来工程机械发展的趋势。工程机械电力驱动系统按驱动电机形式分为直流电机驱动系统、交流感应电机驱动系统、开关磁阻电机驱动系统和永磁同步电机驱动系统等。

第三次是电子技术,尤其是计算机技术的广泛应用,使工程机械有了较完善的控制系统。为了提高安全性,需要安全控制,进行运行状态监视,故障自动报警;随着建设领域的扩展,为了避免人员去无法及不易接近的场所和作业环境十分恶劣的地方作业,就需采用远距离操纵和无人驾驶技术;为了减轻驾驶员劳动强度和改善操纵性能,需要采用自动控制,实现工程机械自动化;要完成高技能的作业,就需要智能化;要使工程机械高效节能,就要对发动机和传动系统进行控制,合理分配功率,使其处于最佳工况。这一切都说明了工程机械当前的主要问题是操纵和控制。工程机械不能停留在人工操纵阶段,靠人的感觉、经验和技能操纵机械将大大影响工程机械技术的发展,也不能使人从繁重、复杂的操纵劳动中解放出来。因此,近年来工程机械的发展主要是操纵和控制机构的改进。例如,动力装置方面,柴油机已采用微机控制电子喷射和电子调速器;挖掘机、推土机和装载机都采用了发动机工况控制,根据作业工况通过电子控制,使发动机输出不同的功率。传动装置方面,如装载机变速器采用了电操纵、微机控制自动换挡和换挡品质控制等。工作装置方面,推土机、平地机刀板自动调节,铣刨机和摊铺机自动找平、挖掘机轨迹控制、自动挖掘等。液压系统方面:节能控制,全功率控制,泵、阀和马达联合控制等。操纵系统方面,从先导操纵到先导比例操纵,最近正在向点操纵杆方向发展。推土机、装载机等操纵杆正在减少,操纵功率大大下降,操纵越来越方便。有的装载机转向操纵已从方向盘改为操纵杆式转向。

当前工程机械的先进技术主要集中于操纵与控制,要解决控制问题,仅从机械和液压角度考虑很难使产品有质的飞跃,必须引入良好控制性能和信息处理能力的电子技术、传感器技术和电液转换技术等。电子控制和信息处理技术已成为现代工程机械不可或缺的有机组成部分。国内外工程机械技术主要发展趋势有:机、电、液一体化高新技术的应用更加广泛;向节能、高效、可靠和环保型发展;向大型化和微型化发展;大型工程机械都安装了倾翻保护结构和重物坠落保护结构;拥有先进的配套动力技术;研究与应用虚拟现实(VR)技术。

## 1.3 工程机械电气系统的组成及特点

### 1.3.1 工程机械电气控制系统的组成

工程机械的电气设备系统是整机的重要组成部分，其性能的好坏直接影响到整机使用的经济性、可靠性和安全性。为了使机器发动，需要使用启动机，为了保证安全行驶，需要各种指示仪表信号装置和照明电器的正常工作。实践证明，由于工程机械处于振动和灰尘等恶劣的工作环境下，加上操作人员的使用不当，不能及时地维护保养，很容易使电气设备损坏。据统计，电气设备所出现的故障占总故障的30%左右，由此可见，为了保证工程机械设备的正常使用，对电气设备正确使用维护保养就显得特别重要。

工程机械电气系统主要由电气设备和电子系统两大部分组成。电气设备包括蓄电池、发电机与调节器、启动系统、充电系统和各种用电设备；电子系统包括发动机电子控制燃油喷射系统、电子控制自动变速器、电子检测与监控系统、电子负荷传感系统、电子功率控制系统、电子智能控制系统等，该系统也可看作是电气系统中用电设备的一部分。工程机械电气系统的电气设备数量和种类众多，但按其用途通常可以分成以下五个部分：

#### (1) 电源系统

电源系统由蓄电池、发电机及其调节器组成，两者并联工作，其作用是向全车提供稳定的低压直流电能。发电机是主电源，蓄电池是辅助电源。其标称电压多为12V、24V制两种，大功率柴油机因为启动机功率大，多采用标称电压24V制。发电机配有调节器，其主要作用是在发电机转速随发动机转速变化时，自动调节发电机的电压，使之保持稳定。

#### (2) 用电设备系统

机械装备上的用电设备种类和数量很多，大致分为以下几种。

① 启动系统：包括启动机、启动电路等，用于启动发动机。

② 点火系统：作用是产生高压电火花，点燃汽油发动机汽缸内的可燃混合气。有传统点火系统、电子点火系统和计算机点火系统之分。

③ 照明系统：包括车内外各种照明灯，以保证夜间安全行车所必要的灯光，其中以前照灯最为重要。

④ 信号系统：主要有灯光信号装置和喇叭，包括电喇叭、闪光器、蜂鸣器及各种信号灯，主要用来提供安全行车所必要的信号。

⑤ 辅助电器：包括电动刮水器、风窗洗涤器、空调器、低温启动预热装置、收录机、点烟器、玻璃升降器、座椅调节器等。辅助电器有日益增多的趋势，主要向舒适、娱乐、保障安全等方面发展。

#### (3) 检测仪表与报警装置

检测仪表与报警装置包括仪表电路、照明电路和其他用电及辅助用电设备。监测仪表包括用于监视发动机及控制系统工作情况的各种检测仪表，如电流表、电压表、机油压力表、温度表、燃油表、发动机转速表、车速里程表等。报警装置包括防盗报警装置、警告报警装置以及各种报警灯，如蓄电池充放电指示灯、油压过低报警灯、紧急情况报警灯、制动气压过低报警灯、温度过高报警灯、各种电子控制的故障报警灯等。

#### (4) 配电装置

配电装置包括各种开关、中央接线盒、保险装置、插接件和导线等。

#### (5) 电子控制系统

机械装备电子控制系统主要指由微机控制的装置，例如电子控制点火装置、发动机电子

控制燃油喷射系统、电子检测与监控系统、电子控制防抱死装置、驱动防滑装置、电子控制自动变速器、电子控制悬挂系统、电子控制动力转向等。

工程机械电子控制装置与车上机械部件进行配合使用，形成“机电一体化”系统，直接用于控制设备运行并改善其性能。如发动机电子控制、底盘电子控制、工作装置电子控制等。车载电子装置是在设备工作环境下独立使用的电子装置，和设备本身的性能无直接关系，如车载 GPS、车载电话、汽车音响及多媒体等。工程机械电子控制系统组成框图如图 1.1 所示。

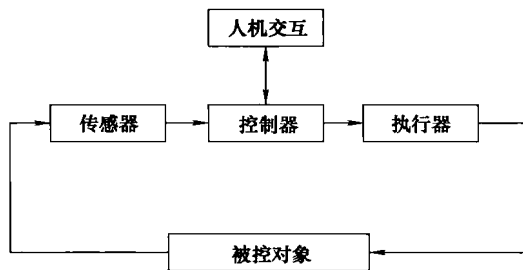


图 1.1 工程机械电子控制系统框图

① 传感器。传感器是将某种变化的物理量或化学量转化成对应的电信号的元件。

② 电子控制单元。电子控制单元 ECU

(electronic control unit) 即工程机械的微机控制系统，是以单片机为核心而组成的电子控制装置，具有很强的数学运算和逻辑判断功能。

③ 执行器。执行器是 ECU 动作命令的执行者，主要是各类机械式继电器、直流电动机、步进电动机、电磁阀或控制阀等执行器件。

### 1.3.2 工程机械电气控制系统特点

最初的机械装备上，除汽油机的点火装置外，几乎没有什么电气设备。随着电气设备在工程机械上的应用日益增多和广泛，工程机械的动力性、经济性和操纵性、安全性、舒适性不断提高，如启动、点火、照明、仪表、信号、暖风及刮水、空调等装置，都离不开电气系统。同时，机械工业、电子工业的进步，促进了电子技术在机械装备上的应用日益增多，车用电子装置的新产品不断涌现，传统电气设备面临着巨大的冲击。如交流发电机已经取代了直流发电机，晶体管调节器取代了触点式调节器，无触点电子点火系统正在取代传统的点火装置，各种信号、空调电控设备也大量应用了电子器件。尤其是大规模集成电路及微型处理机的应用，以计算机技术为主要特征的电子控制装置（如汽油喷射系统、柴油喷射系统、防抱死制动系统、自动变速器等）已逐步普及应用于机械装备。随着机械工业和电子工业的发展，工程机械上所配备的电气与电子设备将会逐步增加，将发挥越来越重要的作用。机械装备电子技术的发展主要分为三个阶段。

第一阶段：1965~1975 年，机械装备电子产品主要是由分立电子元件组成电子控制器，并由分立电子元件向集成电路（IC）过渡，其主要产品有晶体管硅整流发电机、电子式电压调节器、电子点火控制器、电子式闪光器、电子式间歇刮水控制器等。

第二阶段：1975~1985 年，主要开发专用的独立控制系统。主要产品有电子控制汽油喷射系统、空燃比反馈控制系统、电子控制自动变速系统、防抱死制动系统、座椅安全带收紧系统、车辆防盗系统、安全气囊系统等。

第三阶段：1985 年后，主要研制各种功能的综合系统及各种车辆整体系统的微机控制，进入了机械装备的电子时代，控制技术向智能化方向发展。微机控制系统可以实现对发动机的点火时刻、空燃比、怠速转速、废气再循环、自动变速器、制动防抱死、仪表、信号等多项控制。控制系统还配备故障自诊断和保护功能，提高了工作的可靠性。

现代机械装备上所装用的电气与电子设备的数量很多，在工业发达国家，电子装置的成本已占整车成本的 30%~35%。

工程机械电气系统分布于机械车辆全身，线路错综复杂，其共同的特点如下：

① 低压。工程机械电气系统的额定电压通常为 12V 和 24V。大功率柴油机车大多采用 24V 直流供电，汽油车大都采用 12V 直流电压供电。低电压情况下布线、查线较为安全，这已是国际通用标准。

② 直流。工程机械发动机是靠串励直流电动机来启动的，它必须由蓄电池供给强大的直流电流，蓄电池放电后又必须由直流电源给予充电，因此工程机械电气系统为直流系统，故工程机械的电源都采用方向和大小不随时间变化的直流电。这样，车上的其他电器也都选用了直流电器。

③ 用电设备并联。用电设备并联就是指工程机械上的各种用电设备都采用并联方式与电源连接，每个用电设备都由各自串联在其支路中的专用开关控制，互不产生干扰，避免某一电器出现故障，影响其他电器正常使用。

④ 单线制。工程机械的金属机体就是良好的导体，可以作为一根公共导线。所有用电设备均为并联，即从电源到用电设备只需一根导线（火线）连接，而用工程机械车身、发动机等金属体作为另一根公共导线，俗称“搭铁”。任何一个电路中的电流都是从电源的正极出发，经导线流入到用电设备后，通过金属车架流回电源负极而形成回路。采用单线制不仅可以节省材料（铜导线），使电路简化，线路清晰，而且便于安装和检修，降低故障率，且电器也不需与车体绝缘。但在一些不能形成可靠的电气回路或需要精确电子信号的回路，采用双线。

⑤ 负极搭铁。工程机械均采用负极搭铁。所谓搭铁，就是采用单线制时，将蓄电池的一个电极用导线连接到发动机或底盘等金属车体上。若蓄电池的负极连接到金属车体上，称为负极搭铁；反之，若蓄电池的正极连接到金属车体上，称为正极搭铁。我国标准中规定汽车电器必须采用负极搭铁。目前世界各国生产的汽车也大多采用负极搭铁方式。

工程机械电子系统主要由传感器、微机控制器和执行装置等组成。工程机械电子系统中，由于微处理器及大量电子元器件的应用，将一部分管脚连接形成另一个“地”，这个“地”一般相对于微处理器的供电电源，所测得的电压、电流指测点对微处理器供电电源的电压、电流。因此，一定要分清所述参数的相对“地”。

⑥ 两个电源。两个电源就是指蓄电池和发电机两个供电电源。蓄电池是辅助电源，在汽车未运转时向有关用电设备供电；发电机是主电源，当发动机运转到一定转速后，发电机转速达到规定的发电转速，开始向有关用电设备供电，同时对蓄电池进行充电。两者互补可以有效地使用电设备在不同的情况下都能正常地工作，同时也延长了蓄电池的供电时间。

## 1.4 电气线路基础

### (1) 电路的基本概念

电路：电流的通路，为了某种需要，由某些电工设备或元件按一定方式组合起来的。包括电源、负载和中间环节。

回路：电路中任一闭合路径称为回路。

电源：电路中提供电能的设备。

负载：电路中取用电能的设备。

中间环节：传输、控制和分配电能的作用。

电路通常有通路、断路、短路及接触不良四种状态。

### (2) 整机线路的组成

整机线路按功能划分一般包括以下几个部分：

① 电源电路：由蓄电池、发电机、电源开关及相应指示装置电路组成。



② 启动电路：由点火开关、继电器、启动马达、发电机、预热控制器及相关保护装置电路组成。

③ 仪表电路：由仪表、传感器、各种报警指示灯及控制电器组成的电路。

④ 行走控制电路：由行走液压泵、行走液压马达及相关控制阀组上的电磁阀组成的电路。

⑤ 工作装置控制电路：由主液压泵、主液压马达或主油缸及相关控制阀组上的电磁阀组成的电路。

⑥ 辅助装置控制电路：为提高车辆安全性、舒适性、经济性等各种功能而设置的电气装置组成的电路，包括风窗刮水装置、音响装置、空调装置及照明电路等。

### (3) 电路的保护

电气控制系统必须在安全可靠的条件下来满足施工工艺的要求，因此在以下线路中必须设有各种保护装置，保证设备和人身安全。

① 短路保护：由熔断器或低压断路器来实施保护。

② 过载保护：电器因长期超载运行而引起的温升和电流超过额定值，一般利用热继电器、电流反馈实施监测和保护。

③ 零位保护：确保工作装置在非工作位置才容许机器启动而实施的保护，如发动机或电动机启动。

④ 自锁及互锁：统称为电器的联锁控制。

## 1.5 电子电路基础

电子技术是在常规电气技术基础上发展起来的，却具有与常规电气不同的技术概念。其基础理论主要包括模拟电子技术和数字电子技术。

### (1) 模拟电子技术

模拟电子技术是处理连续变化的电信号的技术，一般来说，电压、电流、阻抗等都是模拟信号，即用电信号的变化来传递“量”的变化。如图 1.2 所示的温度测量电路， $R_t$  为热敏电阻式水温传感器，通过与一个电阻  $R_1$  串接到 5V 电压电路，把随温度变化的阻值转换成变化的电压值，输出给 ECU（电子控制单元）。

### (2) 数字电子技术

数字电子技术是处理脉冲信号的技术，用两个符号即“0”和“1”来表示量，它是离散的数值和符号，相应的有通、断型传感器，或者是开关触点的通、断状态。数字电路的主要特点：数字信号采用数字形式表示，在时间上是不连续的，总是发生在一系列离散的瞬间；

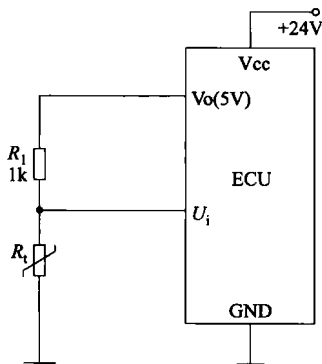


图 1.2 温度测量电路

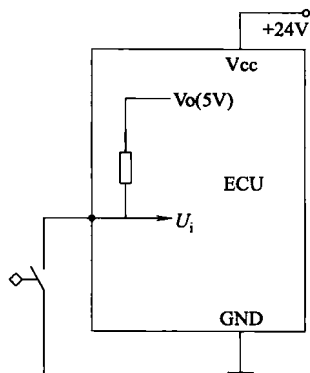


图 1.3 节气门开关电路