

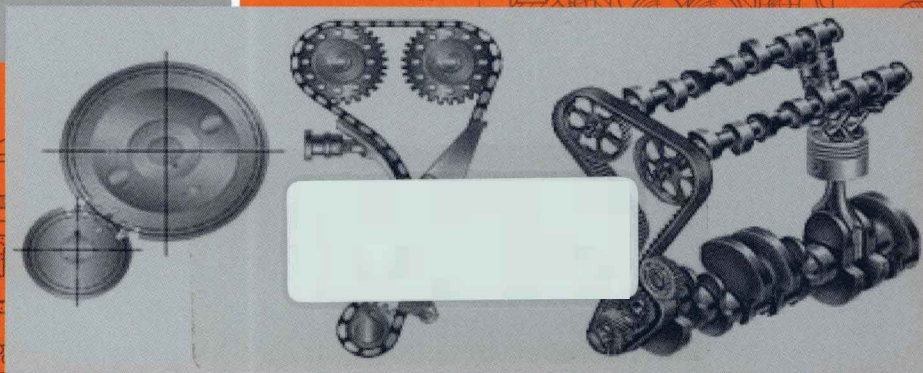
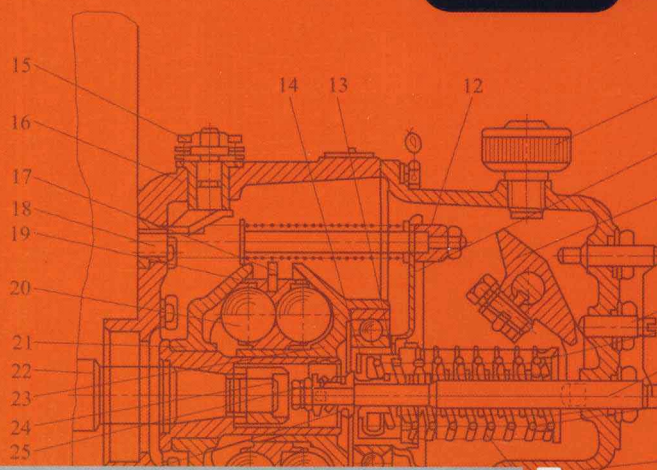
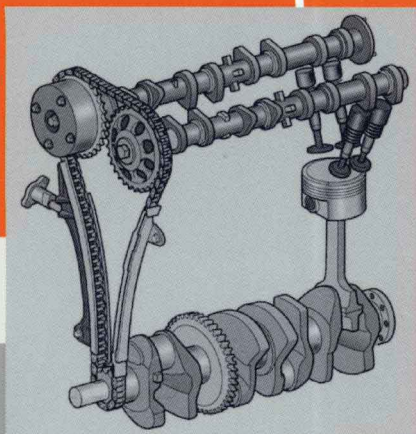


现代工程机械技术丛书

XIANDAI GONGCHENG JIXIE JISHU CONGSHU

工程机械发动机 构造与使用维护

王云超 周梅 林冬燕 编著



GONGCHENG JIXIE FADONGJI
GOUZAO YU SHIYONG WEIHU



化学工业出版社



现代工程机械技术丛书

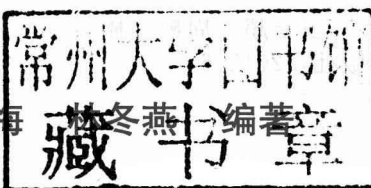
XIANDAI GONGCHENG JIXIE JISHU
CONGSHU

工程机械发动机 构造与使用维护

GONGCHENG JIXIE FADONGJI GOUZAO YU SHIYONG WEIHU

王云超

周梅



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是《现代工程机械技术丛书》之一。

本书详细介绍了工程机械发动机各组成部分的结构、工作原理、使用维护以及常见故障诊断与维修,包括曲柄连杆机构、配气机构、柴油机燃油供给系统、汽油机燃油供给系统、润滑系统、冷却系统、启动系统和点火系统等。全书内容实用、全面,结合具体的车辆机型进行分析介绍,操作性强。

本书适用于工程机械、工程车辆的使用、管理、维护、检修的工程技术人员以及高等院校车辆工程专业师生学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程机械发动机构造与使用维护/王云超,周梅,林冬燕编著. —北京:化学工业出版社,2012.6

(现代工程机械技术丛书)

ISBN 978-7-122-14133-0

I. 工… II. ①王…②周…③林… III. ①工程机械-发动机-构造②工程机械-发动机-使用方法③工程机械-发动机-机械维修 IV. TU603

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 082858 号

责任编辑:张兴辉

文字编辑:陈喆

责任校对:顾淑云

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:北京永鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张22¼ 字数572千字 2012年8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:69.00 元

版权所有 违者必究



现代工程机械技术丛书

XIANDAI GONGCHENG JIXIE JISHU
CONGSHU

工程机械发动机 构造与使用维护

前言

FOREWORD

随着国民经济以及基础设施建设的快速发展,工程机械行业呈现了前所未有的迅猛发展态势。这不仅推动了新理念、新技术、新工艺、新材料的不断发展,同时这些新的发展又给予工程机械新的生命力。工程机械发展迅猛异常,使得工程机械种类更加繁多,应用更加广泛,从而导致对工程机械行业的工程技术人员需求的迅速攀升,与此同时,也给工程技术人员带来了新的挑战和考验。

柴油机作为工程机械配套用动力发动机,无论在结构、性能、维护保养和故障检查及诊断方法方面,都具有特殊性。随着柴油机的电控柴油喷射系统的出现,发动机组成更加复杂,检查和维修方法发生重大改变,而系统性介绍关于柴油发动机结构、维护保养和检修方面的书籍有限,无法满足发动机迅速发展的需求。该书正是为了适应这种需求而编写的,旨在能够为我国工程机械行业的发展有所增益,企盼以此弥补当前工程机械发动机类图书匮乏的现状。本书在编写过程中,始终贯穿了理论结合实践的原则,以柴油发动机为主,兼顾汽油发动机的介绍,在结构介绍的基础上,重点强调发动机日常使用和维护方法、常见故障、原因剖析及检测维修方法,并引入相关的典型故障案例,以便加深读者的理解和掌握。该书的特点为图文并茂,结构完整,重点突出,内容新颖,通俗易懂,突出实践应用技术,适用面广。因此,本书特别适合从事工程机械和车辆工程行业的教学、维修和售后服务人员阅读。

本书是《现代工程机械技术丛书》之一。书中结合多年教学经验与科研成果,在汲取前人经验的基础上,参阅大量资料,编写了本书,本书从介绍发动机的结构特点和工作原理出发,依次介绍了发动机的使用和维护方法、发动机故障的检测和维修方法、发动机典型故障的诊断、排除方法及其原因剖析。

本书由王云超、周梅、林冬燕编著,吉林大学汽车学院郭建华主审。本书共分9章。第1章、第3章和第8章由王云超编写,第2章、第4章、第7章和第9章由周梅编写,第5章、第6章由林冬燕编写。

本书在编写的过程中得到了集美大学车辆工程教研室赖祥生高级工程师及其他老师的帮助,他们为本书的编写提供了大量宝贵资料,同时也获得了各界同仁和朋友的大力支持、鼓励和帮助,并参阅了相关资料,在此一并表示感谢!

由于编者水平有限,书中不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者



现代工程机械技术丛书

XIANDAI GONGCHENG JIXIE JISHU
CONGSHU

工程机械发动机 构造与使用维护

目录

CONTENTS

第1章 绪论

Page 1

1.1 工程机械发动机发展趋势	1
1.1.1 工程机械上使用的发动机	1
1.1.2 工程机械发动机的发展趋势	1
1.1.3 电控柴油喷射系统	3
1.2 发动机的总体构造	5
1.2.1 发动机组成	8
1.2.2 发动机分类	9
1.2.3 发动机产品的型号编制规则	11
1.3 发动机的工作原理	12
1.3.1 发动机的基本名词和术语	12
1.3.2 四冲程发动机的工作原理	13
1.3.3 二冲程发动机的工作原理	15

第2章 发动机使用维护常识

Page 18

2.1 发动机维护与修理	18
2.1.1 发动机维修概念和分类	18
2.1.2 发动机常用工具和量具	25
2.1.3 发动机的拆卸与装配	36
2.1.4 发动机零件修复方法	45
2.1.5 发动机维修中安全操作规程	48
2.2 发动机的使用和保养	48
2.2.1 发动机使用的基本要求	48
2.2.2 发动机正常使用规范	49
2.2.3 柴油机的维护与保养	50
2.2.4 发动机免拆保养	55
2.2.5 燃油、润滑油、冷却液的选用	57
2.3 发动机特殊条件下的使用和保养常识	58

2.3.1	走合期发动机的维护保养	58
2.3.2	低温条件下的发动机维护保养	59
2.3.3	高温条件的维护保养	60
2.3.4	高原和山区条件的维护保养	61
2.3.5	风沙严重条件的维护保养	62
2.3.6	发动机的节油技术	63
2.4	发动机故障诊断基本知识	63
2.4.1	发动机故障诊断定义	63
2.4.2	发动机故障产生原因、现象、原则和类型	63
2.4.3	发动机传统故障诊断方法	66
2.4.4	发动机现代故障诊断方法	70
2.4.5	发动机故障诊断的一般程序	75

第3章 曲柄连杆机构的构造及典型故障分析

Page 78

3.1	概述	78
3.2	机体组的构造	79
3.2.1	汽缸体的构造	79
3.2.2	汽缸盖的构造	81
3.2.3	汽缸垫	82
3.2.4	油底壳	83
3.3	活塞连杆组	83
3.3.1	活塞	84
3.3.2	活塞环	88
3.3.3	活塞销	91
3.3.4	连杆	92
3.4	曲轴飞轮组	94
3.4.1	曲轴	95
3.4.2	飞轮	97
3.4.3	曲轴扭转减振器	98
3.4.4	发动机滑动轴承	99
3.5	曲柄连杆机构的检测与维修	100
3.5.1	机体组的检测与维修	100
3.5.2	活塞连杆组的检测与维修	105
3.5.3	曲轴飞轮组的检测与维修	110
3.6	曲柄连杆机构典型故障分析	118
3.6.1	活塞敲缸异响	118
3.6.2	发动机拉缸异响	120
3.6.3	活塞销响	122
3.6.4	汽缸漏气响	123
3.6.5	曲轴轴承响	124
3.6.6	曲柄连杆机构异响诊断方法	126

4.1 配气机构的构造和工作原理	128
4.1.1 概述	128
4.1.2 配气机构的布置形式及驱动方式	128
4.1.3 配气机构的零件	132
4.1.4 气门间隙	140
4.1.5 配气相位	141
4.1.6 可变配气技术	142
4.1.7 进、排气系统	147
4.2 配气机构的检修	157
4.2.1 配气机构的拆装	157
4.2.2 气门组零件的检修	159
4.2.3 气门传动组零件的检修	167
4.2.4 气门间隙的调整	172
4.2.5 配气相位的检查与调整	173
4.3 配气机构常见故障诊断与排除	174
4.3.1 配气机构异响分析	175
4.3.2 气门漏气	177
4.3.3 配气相位失准	178
4.3.4 气门弹簧失效	179
4.4 配气机构典型故障分析	180
4.4.1 气门异响	180
4.4.2 推杆弯曲	180
4.4.3 柴油机异响	181
4.4.4 汽油机异响	181
4.5 进、排气系统的检修	183
4.5.1 进气歧管拆卸与安装	183
4.5.2 排气歧管拆卸与安装	183
4.5.3 进排气系统的检修	184
4.6 进、排气系统常见故障诊断与排除	185
4.6.1 进排气系统异响故障分析	185
4.6.2 进气歧管绝对压力检测与分析	186
4.6.3 排气歧管处漏油	186
4.6.4 柴油机排气烟色异常故障分析	187
4.6.5 废气涡轮增压器常见故障	189
4.7 进、排气系统典型故障分析	190
4.7.1 发动机不能启动	190
4.7.2 怠速不稳、加速不畅	191
4.7.3 发动机动力下降并熄火	191
4.7.4 发动机加速乏力	192

4.7.5 发动机过热	192
-------------------	-----

第5章 柴油机燃油供给系的构成及典型故障分析

Page 194

5.1 柴油机燃油供给系统概述	194
5.2 柴油混合气的形成和燃烧	195
5.2.1 柴油的性能	195
5.2.2 可燃混合气的形成和燃烧	196
5.3 燃烧室的构造	198
5.3.1 统一式燃烧室	199
5.3.2 分隔式燃烧室	200
5.4 燃油供给系统低压油路主要设备构造	201
5.4.1 柴油箱和管路	201
5.4.2 柴油滤清器	202
5.4.3 输油泵	203
5.4.4 油水分离器	204
5.4.5 供油提前角自动调节器	204
5.5 喷油泵的构造	205
5.5.1 柱塞式喷油泵	205
5.5.2 转子分配式喷油泵	207
5.6 喷油器的构造	209
5.6.1 孔式喷油器	210
5.6.2 轴针式喷油器	210
5.7 调速器的构造	211
5.7.1 调速器的功用及分类	211
5.7.2 调速器的构造及基本工作原理	211
5.8 柴油机燃油供给系统的维护与检修	216
5.8.1 柴油机燃烧室的维护	216
5.8.2 柴油滤清器的维护	217
5.8.3 输油泵的检修	218
5.8.4 喷油泵的维护	218
5.8.5 喷油器的维护	220
5.8.6 喷油器的调试	221
5.8.7 喷油器的检修	223
5.8.8 喷油器故障检测	224
5.8.9 喷油泵总成的检修	226
5.8.10 喷油泵调速器总成的调试	227
5.9 P-T 燃油供给系统	230
5.9.1 P-T 燃油供给系统的基本组成	230
5.9.2 P-T 燃油泵	230
5.9.3 P-T 喷油器	233
5.10 电控柴油喷射系统的构造与检修	234
5.10.1 电控柴油喷射系统概述	234

5.10.2	VE 泵电控系统	235
5.10.3	电控共轨喷射系统	235
5.10.4	电控柴油喷射系统的检修	240
5.11	柴油机燃油供给系统的综合故障诊断	243
5.11.1	燃油供给系统引起的故障	243
5.11.2	几个典型的故障案例分析	251

第 6 章 汽油机燃油供给系的构成及典型故障分析

Page 256

6.1	汽油燃油供给系统构成	256
6.1.1	汽油机燃油供给系统概述	256
6.1.2	传统化油器式燃油供给系统	256
6.1.3	汽油箱	256
6.1.4	汽油泵	257
6.1.5	汽油滤清器	258
6.2	电控燃油喷射式燃油供给系统	258
6.2.1	汽油喷射的类型	258
6.2.2	电子控制式汽油喷射系统	259
6.3	汽油机燃油供给系统的故障诊断	261
6.3.1	化油器式汽油机常见故障	261
6.3.2	电子控制汽油喷射系统的检修	264

第 7 章 润滑系统的构造及典型故障分析

Page 268

7.1	概述	268
7.1.1	润滑系的功用	268
7.1.2	润滑方式	269
7.1.3	润滑系的组成及油路	269
7.1.4	润滑剂	271
7.2	润滑系主要零部件的构造	278
7.2.1	机油泵	278
7.2.2	机油滤清器	280
7.2.3	机油冷却器和机油散热器	283
7.2.4	曲轴箱通风	285
7.3	润滑系主要零件的检修	286
7.3.1	机油泵的检修	286
7.3.2	机油滤清器的检修	288
7.3.3	机油散热器的检修	289
7.3.4	曲轴箱通风的检修	289
7.3.5	机油压力表及传感器的检查	289
7.4	润滑系常见故障诊断与排除	289
7.4.1	润滑油压力过低	290

7.4.2	润滑油压力过高	292
7.4.3	润滑油消耗过多	293
7.4.4	油底壳油面自行升高	295
7.4.5	润滑油易变质	295
7.4.6	油压不稳定	296
7.5	润滑系典型故障分析	296
7.5.1	润滑油压力不稳定	296
7.5.2	冒蓝烟	297
7.5.3	烧润滑油	298
7.5.4	行驶中突然无润滑油压力	298

第8章 冷却系统的构造及典型故障分析

Page 300

8.1	发动机的冷却系统	300
8.1.1	冷却系统的功用	300
8.1.2	冷却系统的冷却方式及组成	301
8.1.3	冷却系统的主要部件	302
8.1.4	冷却水和防冻液	309
8.2	发动机冷却系统的检修	310
8.2.1	散热器的检修	310
8.2.2	节温器的检修	312
8.2.3	水泵的检修	312
8.2.4	冷却液的选择和检查更换	313
8.3	发动机冷却系统典型故障分析	314
8.3.1	冷却水温度过低	315
8.3.2	冷却水温度过高	315
8.3.3	冷却系漏水	317

第9章 启动系统的构造及典型故障分析

Page 319

9.1	概述	319
9.1.1	启动系的功用	319
9.1.2	发动机的启动方式	319
9.1.3	启动系的组成	320
9.2	启动系主要零部件的构造	320
9.2.1	启动机的组成与分类	320
9.2.2	典型启动机	321
9.2.3	传动机构	325
9.2.4	控制机构	327
9.2.5	启动机的型号	330
9.2.6	启动机的工作特性	330
9.2.7	预热启动系统	332

9.3 启动系控制电路	333
9.3.1 开关直接控制启动系	333
9.3.2 启动继电器控制启动系	333
9.3.3 启动组合继电器控制启动系	333
9.4 启动机主要零件的检修	334
9.4.1 励磁绕组的检修	334
9.4.2 启动机电枢的检修	335
9.4.3 换向器的检修	335
9.4.4 电刷及电刷架的检修	336
9.4.5 电磁开关的检修	337
9.4.6 单向离合器和驱动齿轮的检修	338
9.4.7 轴承衬套间隙的检修	338
9.5 启动系的维护和试验	338
9.5.1 启动机维护	338
9.5.2 启动继电器的检修	339
9.5.3 启动机的调整	339
9.5.4 启动系试验	340
9.6 启动系的常见故障诊断与排除	340
9.6.1 启动机不转	340
9.6.2 启动机运转无力	341
9.6.3 启动机空转	342
9.6.4 启动机撞击异响	343
9.6.5 启动机失去自动保护功能	343
9.6.6 启动机其他常见故障	344
9.7 启动系典型故障分析	345
9.7.1 启动机运转无力	345
9.7.2 启动机挂齿	345
9.7.3 汽车启动机不能启动	346
9.7.4 启动机热车启动无力	346
9.7.5 启动机启动困难	347



第1章

绪论

CHAPTER 1

1.1 工程机械发动机发展趋势

1.1.1 工程机械上使用的发动机

当前工程机械用的动力装置有电动机、燃气轮机、汽油机和柴油机等。电动机具有功率范围广、噪声小、无污染等优点,但是,其使用范围受到电源的限制,因此,常用在很少移动或移动距离较短的挖掘机、起重机上。燃气轮机的特点是结构简单,尺寸小,重量轻,运转平稳等,但其功率比汽油机和柴油机低,因而主要用于航空动力方面。汽油机与柴油机相比,由于升功率较高,噪声与振动较小,所以它多应用于中小型汽车上。而柴油机工作可靠,经济性好,适用范围广,故广泛用于国民经济的各个领域,并成为工程机械的主要动力。

1.1.2 工程机械发动机的发展趋势

发动机是工程机械产品的“心脏”,这颗“心脏”的健康程度决定了产品的动力性能和尾气排放状况。目前国家大力倡导节能减排,推动绿色经济的发展,作为与国家宏观政策密切相关的工程机械行业,“低碳”已成为发展趋势。随着大型工程项目的增多和规模的扩大,工程机械有向大型化发展的趋势。与其配套的发动机(主要指柴油机)也在向系列化、提高单机功率、降低燃油消耗率和减少排放及噪声污染的方面发展。

(1) 专用系列化

动力机械专用系列化、通用化、标准化等程度愈高,就愈便于大量生产、提高产品质量和降低成本,并且便于使用和维护。同时,它还可以用较少的品种,满足工程机械的多种机型、多挡功率的要求。在工程机械发展较早的国家,如美国、德国、日本和英国等,都已有了工程机械专用的柴油机系列。如美国康明斯公司的 NT、KT 和 VT 柴油机系列;卡特彼勒公司的 3000、3200、3300、3400 及新 3500 柴油机系列。我国在《1981~1990 年全国中小功率柴油机产品发展纲要(试行)》中,特别对柴油机专用系列化做出了具体的规定,以适应各种机械配套的需要。与工程机械配套的柴油机主要有 H、F、J、M、L、T、K 等系列。

(2) 提高转速

提高转速是提高功率的一种有效途径,但要受到机件磨损、混合气形成、燃烧过程恶化及热载荷的限制。工程机械的载荷沉重且带有冲击性,又受到底盘传动系统齿轮强度的限制,因此转速不宜过高。但近年来,随着现代设计方法、新结构、新材料、新工艺的不断出现和使用,使机件的强度和寿命不断提高,所以发动机的转速也有不断提高的趋势。

(3) 采用废气涡轮增压

发动机采用废气涡轮增压,是提高发动机功率最有效的方法之一,也是发动机发展的重要趋势。目前,国外工程机械用柴油机,其功率在 150kW 以上的大部分采用废气涡轮增压。根据工程机械的工作特点,其柴油机增压多为中等程度的增压,加装中冷器后,其功率还可提高 15%~30%。

最近几十年,气波增压器发展很快,并且初步进入实用阶段,气波增压具有低速时转矩大、加速性好等优点。这些特点很适合工程机械及汽车的要求。但其噪声、重量和体积均较大,而且需要发动机提供动力,故还需要进一步研究和发展。气波增压器也是一种值得重视的增压器。

(4) 降低燃油消耗率和采用代用燃油

目前,世界能源状况比较紧张,节约和采用代用燃油也是发动机发展的重要趋势之一。降低燃油消耗率的方法有以下几点。

① 改进燃烧方式、燃烧室及燃油喷射系统,例如采用电子控制式燃油喷射系统要比机械控制式燃油喷射系统节约燃油 7%;汽油机采用缸内喷射分层燃烧技术可使燃油消耗率 b_e 下降 30% 等。

② 提高机械效率。

③ 采用增压技术。

④ 与工程机械合理匹配。

(5) 废气净化和降低噪声

随着社会的发展,汽车的排放已经成为气候变化不可承受之重,对环境的保护和对生态平衡的要求也愈来愈高,低碳成为未来发展趋势。发动机工作时,对环境的危害主要是废气和噪声污染。对于隧道或井下作业的工程机械尤为突出。为此,我国已颁布了载重汽车的噪声及废气污染量限制标准、中小功率发动机噪声限制标准、工程机械噪声的颁布标准等。国内发动机企业在发动机的技术创新方面也做出了一定的贡献,如玉柴机器 2009 年底,发布了两项前沿的低碳动力新技术,这两项技术引领了低碳动力发展的新方向。

(6) 计算机辅助设计

计算机辅助设计已广泛应用于现代汽车、工程机械发动机的研制和新产品开发中,其优点是可以充分利用现有已成熟的发动机新技术和新成果,并将发动机模型的预测与优化融入设计中,实现发动机设计和选型的计算机化。它不仅能解除设计工作者的繁重劳动,还能大幅缩短研发周期和节约开发经费,计算机辅助设计已成为现代发动机设计的必然趋势。

(7) 发动机企业与整机企业合作

发动机企业与整机企业合作,这种一对一的合作配套方式,无论对整机企业还是对发动机企业而言,都有一定的有利之处。通过合作,发动机企业可以生产出与整机企业相适应的产品,并且保证了发动机企业产销的渠道和产量的稳定性。整机则可通过发动机企业,获得满足整机需求的发动机配套。双方在人力、沟通、研发等生产成本上,大大减少了不必要的开支。

柴油机电控技术在我国的研究起步较晚,虽然已取得一些可喜的成果,从总体上讲,我

国的柴油机电喷技术现在仍滞后于世界上许多发达国家，主要在四个方面急需加强。

① 高速高压电磁阀是关键部件，国外已达 0.27ms 的开闭周期；我国仍处于研制阶段，所涉及电工材料、微电子技术方面的问题较难解决。

② 在共轨式喷油系统中，供油泵的供油量控制尚缺少灵敏的控制机构。因此，在供油过程中，油压与油量的脉动变化仍制约着供油量的准确性。

③ 在执行机构的开发研制上，仍限于传统的机械装置，未能从根本上向机电一体化和微电子化方向发展。

④ 共轨油道中的控制油多以中、高压为主。因此，许多工作部件因为润滑不当使磨损加剧，影响密封而使泄漏增加，在产生泄漏后不可避免造成压力降低，因此，针对密封强和防泄漏效果佳的密封材料的研究有待进一步加强。

1.1.3 电控柴油喷射系统

近年来，全球环境日益恶化，能源危机意识日益加强，对柴油机的排放污染和经济性都提出了更高的要求。在施工现场，由于工程机械和运输车辆来往比较频繁，且通风条件较差，这些工程机械排放的有害气体严重超标且弥漫于整个工作面，极大危害工人的健康和施工的正常运行，因此对柴油机排放问题有十分重要的意义。

随着电控喷射、共轨、涡轮增压中冷等新技术被应用到现代发动机中，以前人们印象中笨重、噪声大、喷黑烟的柴油机在重量、噪声、烟度方面已取得重大突破，达到了汽油机的水平。与汽油机相比，柴油机的环保和节能优势明显。业内公认的是：在相同路况下，同等排量的柴油车与汽油车的油耗比例为 7 : 10，可节省燃油约 30%，降低柴油发动机温室效应气体的排放总量 45%，且柴油发动机能够产生更大的动力和灵活性。先进的小型高速柴油发动机，其排放已经达到欧洲Ⅲ号的标准，成为“绿色发动机”，目前已经成为欧美许多新轿车的动力装置。

与传统的机械控制柴油喷射系统相比，电控柴油喷射有以下优点：

① 机械控制喷射系统的基本控制信息是柴油机的转速和加速踏板的位置，而电控喷射系统则通过许多传感器检测柴油机的运行状态和环境条件，并由电控单元计算出适应柴油机运行状况的控制量，然后由执行器喷射。因此控制精确、灵敏，而且在需要扩大控制功能时，只需改变电控单元的存储软件，便可实现综合控制。

② 机械控制喷射系统往往由于设定错误和磨损等原因，造成喷油时刻产生误差。而在电控喷射系统中，总是根据曲轴位置的基本信号进行再检查，因此不存在产生失调的可能性。这些优点也就注定了第三代的共轨柴油发动机将拥有更强劲的动力以及更经济的使用性能。

现代柴油机的电控喷射系统是在 20 世纪 70 年代开始开发的，到目前为止，柴油机电控燃油喷射系统的发展已经历了三个阶段：位置控制式系统、时间控制式系统和压力时间式系统（共轨式系统）。

20 世纪 80 年代，位置控制式电喷系统开始出现。位置控制式系统的特点是完全保留了传统的喷油泵-高压油管-喷油嘴系统以及喷油泵中的齿条、柱塞套和柱塞上的斜油槽等油量调节机构，通过增设发动机转速和油门踏板角度传感器，替代传统机构中的机械离心飞块，用电控元件代替机械式调速机构，对齿条和滑套的运动位置进行电子控制，实现供油量的调节。通过各种形式的电控液压提前角控制器代替传统的机械式或液压式喷油提前角控制器，从而控制燃油喷射量和喷油正时，提高了燃油系统的控制能力和适应性。

随着用户对柴油机性能要求及排放标准等的日趋严格,同时也为了进一步提高柴油机的竞争力和整体性能水平,这一时期又发展了时间控制式系统。时间控制式系统仍然采用脉冲高压供油原理,只是利用高速强力电磁阀的开闭正时准确地控制燃油的喷射量和喷射正时,使燃油的喷射过程更加符合燃烧过程的要求。系统的控制精度、控制范围、响应速度和控制能力得到了进一步提高,但其难点在于高速强力电磁阀的响应速度,此外喷射压力也无法控制。

20 世纪 90 年代,为了使负荷调节更加精确,产生了共轨技术。共轨技术是指高压油泵、压力传感器和 ECU 组成的闭环系统中,将喷射压力的产生和喷射过程彼此完全分开的一种供油方式,由高压油泵把高压燃油输送到公共供油管,通过对公共供油管油压的精确控制,使高压油管压力大小与发动机的转速无关,可以大幅度减小柴油机供油压力随发动机转速的变化,从而减少了传统柴油机的缺陷。共轨技术采用压力+时间式燃油计量原理,由 ECU 控制喷油器的喷油量,喷油量大小取决于燃油轨(公共供油管)压力和电磁阀开启时间的长短。压力时间控制式系统的控制自由度及控制精度都优于其他两种,共轨式电控燃油喷射技术有助于减少柴油机的有害物质的排放量,并具有降低噪声和燃油消耗、提高发动机的动力输出等综合优点。高压共轨电控燃油喷射技术的应用加速促进柴油机工业、汽车工业,特别是工程机械相关工业的快速发展,故共轨系统代表了目前柴油电喷技术的最新水平和今后的发展方向。

目前,投放市场的典型共轨式电控燃油喷射系统主要有以下几种。

(1) 日本电装公司的 ECD-U2 高压共轨系统

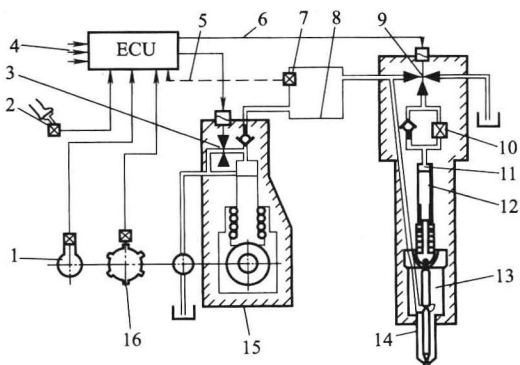


图 1-1 日本电装公司的 ECD-U2 高压共轨系统
1—汽缸检测器; 2—发动机负荷信息; 3—泵控制阀;
4—辅助信息; 5—泵控制脉冲; 6—三通阀喷油脉冲;
7—燃油压力传感器; 8—高压共轨; 9—三通阀; 10—单向节流阀; 11—喷油腔; 12—液压柱塞; 13—普通针阀;
14—喷油器; 15—高压燃油泵; 16—发动机转速和凸轮轴转角

该系统如图 1-1 所示,主要用于载重汽车用的柴油发动机上,日本日野汽车、日产和三菱汽车公司生产的载重汽车的柴油发动机大多采用该系统。该系统包括高压输油泵、共轨、ECU 和喷油器等,高压输油泵将燃油输送到共轨中,通过 ECU 控制输油泵上的电磁阀,确保共轨中的压力稳定,并根据发动机的转速和负荷将压力设定在最佳值,其喷射压力可以超过 100MPa。喷油正时由电控三通阀的开闭正时来控制,喷油量由接通三通阀的持续时间来控制。该系统可以实现喷油量和喷油正时的电子控制,及在任何转速、任何负荷下的高压喷射,对低速低负荷工况有利。另外,英国的 Lucas Varity 公司的 LDCR 和意大利 FIAT 集团的 Unijet 也都属于高压共轨式控制系统。

(2) 美国 BKM 公司的 Servoijet 蓄压共轨系统

该系统如图 1-2 所示,由共轨油泵、油压增压器、蓄压式喷油嘴、液力电磁阀、滑阀和油管组成,它采用蓄压式的喷油嘴,其特有的蓄压性能允许泵油能量的积累和喷射过程有一定的时间间隔,这样就大大降低了对供油压力的要求。其喷射过程与发动机的转速无关,在所有转速都可以有十分高的压力和非常短的喷油持续期。其喷油量由共轨系统中的压力来决

定，故喷油过程的控制较为简便，并且每缸的喷油量也可以调整。该系统的缺点是随着喷油压力的降低，喷油率越来越小，造成喷油规律先急后缓，这样喷油初期喷油量大大增加，预混合燃烧比例增大，工作粗暴，氮氧化物排放增加。

(3) 美国 Caterpillar 公司的 HEUI 共轨液压式喷射系统

该系统如图 1-3 所示，主要由高压机油泵、油道压力控制阀、电控液压喷嘴、各种传感器、电控模块 (ECM) 以及燃油泵等部分组成。系统共轨中使用发动机机油，油压由电磁阀控制在 4~23MPa，经过增压 (增压活塞与柱塞面积之比为 7:1) 后喷射压力可达 150MPa。电磁阀接通时刻即为喷油始点，电磁阀接通时间决定喷油量。采用机油作为共轨的工作油，主要是为了解决柴油在热工况下，黏度降低，造成的热启动困难的问题。日本小松公司的 KOMPICS 也属于该系统。

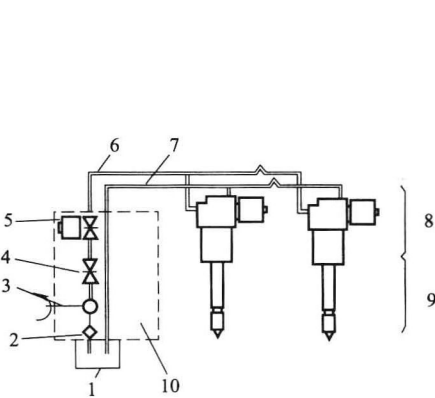


图 1-2 美国 BKM 公司的 Servojet 蓄压共轨系统

- 1—燃油箱；2—滤清器；3—油泵；
- 4—溢流阀；5—调压阀；6—共轨供油道；
- 7—回油道；8—控制和增压单元；
- 9—喷油嘴；10—供油单元

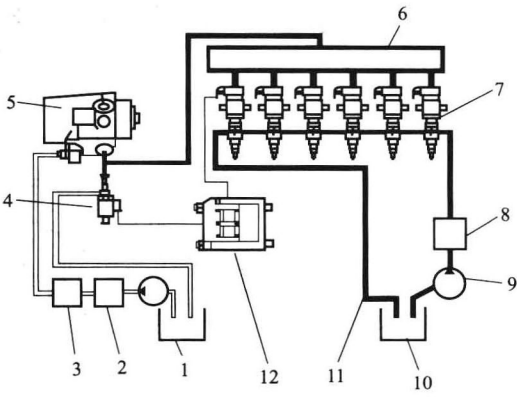


图 1-3 美国 Caterpillar 公司的 HEUI 共轨液
压式喷射系统

- 1—机油箱；2—机油冷却器；3—机油滤清器；
- 4—油道压力控制阀 (RPCV)；5—高压机油泵；
- 6—高压机油轨；7—电控液压泵喷嘴 (HEUI)；
- 8—燃油滤清器；9—燃油输油泵；10—燃油箱；
- 11—燃油回油管；12—电控模块 (ECU)

现在国内外柴油机的研究机构均投入大量精力，对电控高压共轨式喷射技术进行研发。新近开发的系统喷压已达 250MPa，由于喷射压力非常高，能使很细的喷射油束与空气更好地混合，从而使燃烧更加清洁，效率更高。柴油机电控共轨式喷射技术将成为成功地控制柴油机污染排放和降低燃油消耗的主要技术手段，将全面替代机械式燃油喷射系统。相信柴油机在未来的应用发展方面将会取得更大的进展，最终实现柴油机的全电子控制。

1.2 发动机的总体构造

发动机是一种复杂的能量转换机器，包含着很多系统和机构，其形式也多种多样 (图 1-4、图 1-5)。近年来，随着科学技术水平的不断提高，新产品和新技术日新月异。此外，发动机的用途、生产年代和生产厂家也多有不同，故各种类型发动机的具体构造及其布置也就各异，如果是汽油机，必须有点火系统。如果是增压发动机，还应有增压系统。

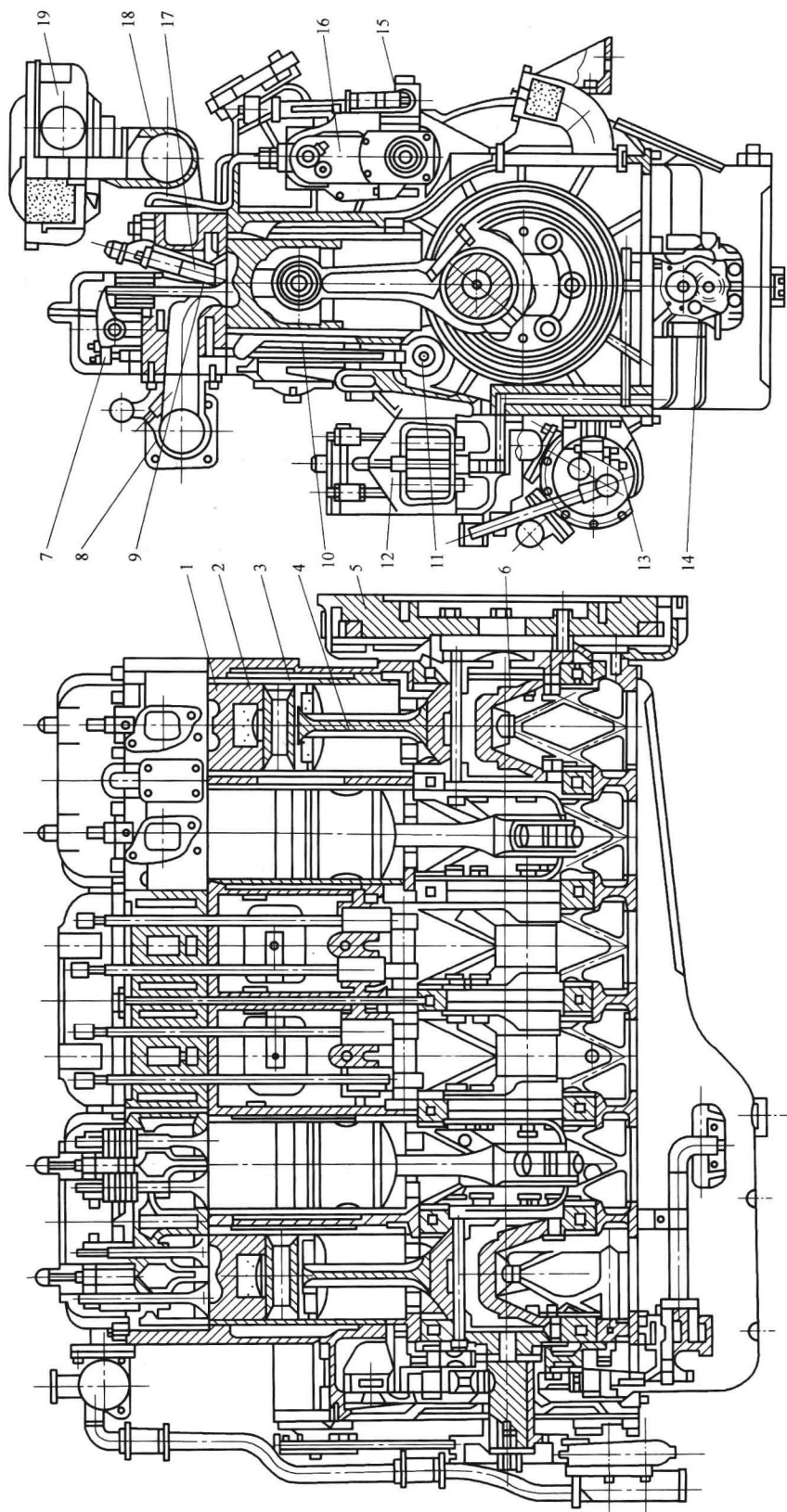


图 1-4 6135 型柴油机纵横剖面图

1—活塞；2—汽缸套；3—连杆；4—飞轮；5—曲轴；6—排气门；7—推杆；8—凸轮轴；9—机油泵；10—机油滤清器；11—机油散热器；12—进气管；13—空气滤清器；14—燃油泵；15—喷油器；16—燃油泵；17—进气管；18—空气滤清器；19—燃油泵