液压气压传动与控制技术问题对策

方昌林　凌智勇　◎ 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

液压气压传动与控制技术问题对策

方昌林　凌智勇　编著

机械工业出版社

本书以问答方式介绍了液压、气压传动与控制领域经常遇到的若干技术问题及其解决办法，也介绍了正确使用、合理调试、检测该领域元部件及系统的方法与手段。本书以“比较分析”的形式将液压、气压传动与控制方面的问题整合在一起，分设7章218个问题，讲述了相应的破解对策以供读者参考。

本书是一本实用的工具书，书中所列问题大多从实践中来，并尽力做到理论联系实际。本书可供从事机电液气一体化及相关领域的工程技术及研究人员阅读参考，也可供大专院校相关专业师生学习参考。

图书在版编目（CIP）数据

液压气压传动与控制技术问题对策/方昌林，凌智勇编著．—北京：机械工业出版社，2010

ISBN 978-7-111-30986-4

Ⅰ．①液…　Ⅱ．①方…②凌…　Ⅲ．①液压传动—问答②气压传动—问答　Ⅳ．①TH137-44②TH138-44

中国版本图书馆CIP数据核字（2010）第111311号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号　邮政编码100037）

策划编辑：张秀恩　责任编辑：张秀恩　版式设计：张世琴

责任校对：张玉琴　封面设计：赵颖喆　责任印制：杨　曦

北京鑫海金澳胶印有限公司印刷

2010年10月第1版第1次印刷

169mm×239mm·13.25印张·257千字

0001-3000册

标准书号：ISBN 978-7-111-30986-4

定价：28.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

编辑热线：(010)88379770

电话服务

社服务中心：(010)88361066

销售一部：(010)68326294

销售二部：(010)88379649

读者服务部：(010)68993821

网络服务

门户网：http://www.cmpbook.com

教材网：http://www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

前　言

为促进流体传动与流体动力控制技术的发展，为适应广大读者快节奏的工作与生活，本书以问答的形式对液压、气压传动及其动力控制领域遇到的工程技术问题和解决方法进行叙述。问题有大有小、有浅有深、有偏于感性、也有偏于理性。作者期望把自己长期实践中的理解、感受和经验写出来与同行交流，对读者甚或有一些参考价值。

液压、气压传动及动力控制技术过去一直偏向于分开进行分析与介绍，很少将三者揉合在一起加以分析与研究。为了使人的认识过程更符合实践规律，有利于读者在学习过程中的联想思维，有些则能更贴近实际工程问题的原有特征，本书采用整合、比较方式进行介绍。期望本书能成为解决流体动力传动与控制问题“求医问药”的向导，成为读者解决该领域实际问题的顾问。

本书由方昌林、凌智勇两位教授合作编写。全书由方昌林教授修改定稿。

由于时间与水平的限制，本书难免存在一些缺点甚至错误，恳求广大读者批评指正。

方昌林　凌智勇

2010 年 1 月

目　录

前言

第1章　能源装置 …… 1

1-1　液压泵困油现象的根源是什么？设计时如何防治？ …… 1

1-2　液压泵气穴现象的根源是什么？使用时如何防治？ …… 2

1-3　如何根据粘度选择液压泵用油的牌号？为什么在高纬度与低纬度地区应使用不同牌号的油液？ …… 2

1-4　液压动力控制系统工作时的线性粘性负载系数与液压油粘度的关系如何表述？ …… 3

1-5　液压伺服控制系统与普通液压传动系统相比对液压源有哪些更高的要求？ …… 4

1-6　什么是液压冲击，如何防范？ …… 5

1-7　液压泵工作压力决定于什么？为什么持续工作时其工作压力必须小于或最多等于其公称压力？ …… 5

1-8　什么是液压泵的公称压力（铭牌压力或额定压力）？ …… 6

1-9　为什么液压传动用泵多为容积式泵，而气压传动中则也有使用动力式泵？ …… 6

1-10　什么是液压泵的自吸性能？在使用高压柱塞泵时配备输液泵有什么好处？ …… 7

1-11　就动力源的性质和构成而言，液压源与气压源有什么异同？ …… 8

1-12　液压泵的容积效率与其工作压力有什么关系，若已知容积效率的铭牌值如何换算其他正常工作压力下的值？ …… 8

1-13　叶片泵拆洗后再装应注意叶片原有的倾斜方向不变，否则将引起什么后果？ …… 9

1-14　为什么齿轮泵中的齿轮不采用渐开线啮合的标准齿轮而用正变位齿轮？确定变位系数的原则与一般的传动齿轮有什么不同？ …… 10

1-15　试以高、低压齿轮泵为例，说明液压泵具有不同压力等级的条件？ …… 11

1-16　螺杆泵的主要特点有哪些？应用如何？泵与马达是否完全可逆？ …… 11

1-17　为什么叶片泵配油盘上封油区的夹角应大于相邻两个叶片间夹角而小于定子内圆弧部分的夹角？又为什么在压油窗口的首端（工作腔油液开始转为压油时刻）还开有三角槽？ …… 12

1-18　设计柱塞泵时，柱塞数的选取应按什么原则进行？为什么？ …… 13

1-19　空气压缩机的铭牌压力应如何选定？为什么在选定空气压缩机的铭牌流量时，必须将对象的压缩空气流量换算为自由空气流量后方可选用，怎样换算？ …… 13

1-20　在使用一般的恒压气源装置时，气泵的间歇工作是怎样实现的？ …… 14

1-21 伺服泵与普通变量泵在工作原理、性能等方面有何异同点？应用如何？ …… 15
1-22 一般液压泵的变量控制方式有哪几种？传统的手动恒压控制变量泵与现代比例控制压力调节泵相比较有什么异同点和优缺点？ …… 17
1-23 传统的复合弹簧控制恒功率调节变量泵有什么特点？应用如何？ …… 20

第2章 流体动力执行元部件 …… 23
2-1 液压泵与液压马达、气泵与气马达虽原理上可逆，但在使用中能否交换使用？ …… 23
2-2 用于液压传动与液压伺服系统的液压缸的结构、性能、尺寸选取等方面有何不同？ …… 23
2-3 液压传动液压缸有哪些种类，设计时应考虑哪些问题？ …… 24
2-4 单杆活塞式液压缸的差动连接是一种什么样的连接方式，有何用途？ …… 26
2-5 仿生气动肌腱 MAS 的工作原理是什么？它有什么技术特性和应用前景？ …… 27
2-6 根据液压缸、气缸的不同工作特性，在已知工作负载和系统压力的情况下，其缸径的选取有什么不同？ …… 28
2-7 气马达与液压马达在工作特性方面有什么不同？如何正确选用气马达？ …… 29
2-8 气缸、气马达的寿命与润滑的关系怎样？如何保证其良好而持久的润滑？ …… 30
2-9 快排型冲击气缸为什么比普通型有更大的冲击能？它有什么结构特点？怎样与气源气控回路连接？ …… 31
2-10 由于液压马达与液压泵工作条件不同，在使用中应注意哪些问题？ …… 33
2-11 液压马达最高转速受哪些条件的限制？其使用寿命主要取决于什么？ …… 34
2-12 液压马达以什么指标评价其制动性能？哪种液压马达的制动性能为最佳？为什么？ …… 34
2-13 液压马达最低稳定转速与哪些因素有关？如何评定？目前有无统一的标准？ …… 35
2-14 液压控制动力机构（动力部件或作动器）由哪些部分组成？可分为哪几种？各有何优缺点？ …… 36
2-15 什么是阀控缸液压控制动力机构的液压固有频率？为什么活塞在缸体上的不同位置时，液压固有频率的值不同？设计时一般使用哪个频率值作为基础？ …… 36
2-16 比较泵控马达式与阀控马达式动力机构，其液压固有频率等参数有什么不同？这对所构成的位移闭环伺服系统的带宽有什么重大影响？ …… 37
2-17 有哪些措施可提高液压伺服系统中动力部件的阻尼比？各有何优缺点？ …… 38
2-18 什么是液压动力部件及其组成系统的动态刚度？它与工作频率的关系如何？ …… 39
2-19 设计液压动力部件时为什么要考虑与负载匹配的问题？怎样考虑？ …… 41
2-20 为什么用气动流量阀难于实现低速、变负荷气缸的恒速控制？为此应注意哪些问题或采取什么措施方能确保气缸活塞的恒速运动？ …… 43

第3章 控制阀门 …… 44
3-1 各种控制阀门的控制作用几乎均决定于其阀口，就其阀口而论各种开关类阀与比例阀、伺服阀有何不同？ …… 44
3-2 液压传动开关类阀按其所起的作用可分为哪几种，其连接方式又分为哪几种？应用如何？ …… 44
3-3 为什么在阀芯与阀套或阀体间的动密封方式上液压阀与气动阀不同，前者大多采用硬质密封，而后者则采用软质密封？这对使用性能与制造成本有什么影响？ …… 45
3-4 电磁换向阀所用的电磁铁有哪几种，各有什么优缺点？为什么现代液压工程多采用湿式直流或湿式交流而很少采用干式交流电磁铁？ …… 45
3-5 为什么电磁换向阀的流量规格一般不超过100L/min，超过者应采用哪一种换向阀？ …… 47
3-6 电液动换向阀中以弹簧复位式液动阀为主阀时，其先导阀的中位为什么应当是Y型而不用O型结构？ …… 48
3-7 在电磁换向阀中，无弹簧复位的两位阀如何实现工作状态的记忆功能？应用如何？ …… 48
3-8 电磁球式换向阀有什么性能特点？应用怎样？ …… 49
3-9 电磁换向阀的常见故障有哪些？如何排除？ …… 51
3-10 为什么带卸荷子阀芯的液控单向阀具有更小的控制压力？如何选用？ …… 52
3-11 为什么液控单向阀有些有泄油口需外接油箱，有些则无？它们各适用于何种应用场合？ …… 53
3-12 什么是换向阀的滑阀机能，在购置换向阀时应如何正确表示？ …… 53
3-13 在电液动换向阀中，控制液动阀动作的控制油除了引自液动阀主油路外还可引自独立的控制油源或主油路的减压支路，两者各有何优缺点？其接法有何不同？ …… 54
3-14 直动式与先导式顺序阀各有何优缺点与不同的应用场合？ …… 55
3-15 溢流阀的压力、流量规格应如何正确选择？为什么其实际溢流量最好在所选阀的额定流量附近？ …… 56
3-16 什么是减压阀的压力输入-输出特性和输出压力-流量特性，其对减压回路的影响怎样？ …… 57
3-17 减压回路中，如果减压阀的实际工作压力（阀后压力）波动较大，其主要原因有哪些？ …… 57
3-18 在溢流阀、减压阀、顺序阀中，压力弹簧所在腔中的油压为何要卸泄为零表压？卸泄方式有何不同？ …… 57
3-19 何为压力继电器的通断灵敏度？如何根据使用压力及其波动范围正确选用合适规格的压力继电器产品并作相应调整，以免使用中出现“点头”现象？ …… 58
3-20 何为节流阀的调节特性和流量-压力特性？如何提高节流阀的调节精度与

提高变负载下的流量稳定性？ …… 58
3-21 如何减小油温对节流阀流量稳定性的影响？ …… 59
3-22 为保证调速阀的正常使用，应如何确认最小压差并调节其两端实际压差？ …… 59
3-23 溢流型节流阀（三通型调速阀）在汽车恒流型动力转向系统中有什么重要作用？ …… 59
3-24 在完成液压执行元件换向动作时，采用电磁换向阀或电液动换向阀有哪些不同？ …… 60
3-25 三位四通液压对中型电液动换向阀的工作原理与弹簧对中型有何不同？主阀两端的行程调节螺钉的作用是什么？ …… 60
3-26 电液动换向阀控制油的回油方式有哪几种？其优缺点如何？ …… 62
3-27 电液动换向阀的换向可靠性决定于哪些因素？为什么说关键决定于相配先导电磁阀的工作可靠性？ …… 62
3-28 手动换向阀比其他换向阀更为简单可靠，使用中受稳态液动力、卡紧力的影响小，其后盖容腔中的泄漏油必须单独引回油箱，否则会出什么事故？ …… 63
3-29 转阀与滑阀相比有何优缺点，应用如何？ …… 63
3-30 怎样从液压挖掘机液压系统的工作要求了解工程机械多路换向阀的集成原理？ …… 63
3-31 多路换向阀与一般换向阀有什么不同与相同之处，按各联阀之间的油路连接方式应如何分类？ …… 64
3-32 为什么多路换向阀的开口形式多采用正开口？为防止正开口阀在控制执行机构中出现“点头”现象，应在集成器件内附加什么元件？ …… 66
3-33 多路阀中位卸荷方式有几种，各有何优缺点？ …… 67
3-34 普通手动型多路换向阀的流量规格有什么限制？为什么？ …… 67
3-35 多路换向阀阀芯台肩处加工出特殊形状切口有什么重要作用？ …… 67
3-36 什么是滑阀的轴向稳态液动力？它对滑阀的工作性能有什么重要影响？ …… 68
3-37 什么是溢流阀的启闭特性？主流式、支流式、差动式三种直动型溢流阀就结构、启闭特性、响应速度等方面各有何特点？ …… 69
3-38 在中高压系统中常用的先导型溢流阀与上述直动型溢流阀有何主要区别？如何利用先导型溢流阀的远程控制口实现多级调压与卸荷等功能？ …… 70
3-39 先导型溢流阀的导阀阀芯和主阀阀芯各有哪些不同的结构形式？有什么优缺点？ …… 71
3-40 溢流阀的常见故障有哪些？如何排除？ …… 71
3-41 受二位二通先导电磁阀推力的限制，使用电磁溢流阀应如何根据流经溢流阀回油口回油背压的高低，合理选定回油形式？ …… 73
3-42 带二位四通先导电磁阀的电磁溢流阀主阀阀盖上的油孔设置与上述带二位二通先导电磁阀的有何区别？在使用此类电磁溢流阀时，应如何根据需要选用先导滑阀的机能？ …… 73
3-43 在蓄能器卸荷回路中，液压泵的稳定卸荷与系统保压功能由卸荷溢流阀

（如图3-27中点画线内元件）保证，若将卸荷溢流阀改用外控式先导顺序阀加单向阀，可否实现同样的功能？ …… 74
3-44 压力表开关分单点式、多点式、卸荷式、限压式等多种，试问它们的图形符号和应用各有何不同？ …… 76
3-45 在用节流阀元件实现执行机构往返调速时，为什么应使用单向节流阀或单向调速阀？ …… 77
3-46 如何解决单向节流阀实际应用中的流量调节失灵问题？ …… 78
3-47 什么是行程节流阀？它有什么应用？ …… 78
3-48 调速阀与节流阀不同，安装时其进、出口不能接反，如果接反了会产生什么后果？ …… 78
3-49 什么是分流-集流阀，哪些因素会影响其流量分配误差从而影响其速度同步精度？常见故障有哪些？应怎样排除？ …… 79
3-50 液压传动用溢流阀、减压阀、顺序阀在结构原理和图形符号上有何异同，如这些阀的进、出口接反，会出现什么现象？ …… 81
3-51 先导式溢流阀的静态压力-流量特性曲线为什么有两段明显不同的斜率？调试时应使稳态工作点落在哪一段上方为合适？ …… 82
3-52 选用溢流阀为什么不应使实际溢流量超过其额定（公称）流量？否则，会出现什么后果？ …… 82
3-53 为什么判断减压阀在回路中起减压作用与否，可观察其泄油口或泄油管中有无间断液流，若无间断液流则说明该减压阀不起减压作用？ …… 83
3-54 压力继电器的常见故障有哪些？如何解决？ …… 83
3-55 具有锥阀式、滑阀式或组合式等不同结构的平衡阀各有哪些不同的工作特性？为什么说组合式结构的平衡阀性能较优？ …… 83
3-56 PQ阀是一种什么性质的控制阀，其结构与控制原理怎样？有何应用？ …… 85
3-57 什么是叠加阀与叠加阀系统？它有什么特点？应用怎样？ …… 86
3-58 什么是插装阀？它有什么特点？应用如何？ …… 87
3-59 气动换向阀从阀芯结构看哪几种类型应用较多？各有什么优缺点？ …… 89
3-60 气动单向型控制阀类的梭阀和与门型梭阀在气动逻辑回路中各有什么用途？ …… 89
3-61 气动换向阀有哪几种控制方式？有何特点与应用？ …… 90
3-62 气动逻辑控制元件按结构原理、工作压力分别可分为哪几类？它与上述用作逻辑功能的方向控制阀有什么区别？ …… 92
3-63 快速排气阀是一种什么阀，为什么常将其安装在气制动系统靠近制动气室一边？ …… 92
3-64 气动系统中溢流式减压阀与非溢流式减压阀有何区别？应用怎样？ …… 93
3-65 气动系统所用的减压阀为什么要采用双弹簧结构？两个弹簧串联或并联对阀的调压性能有何影响？ …… 94
3-66 在气动系统中，内部先导式减压阀与外部先导式减压阀的区别是什么？如何

选用？ …… 95
3-67 气动平衡式减压阀与背压式减压阀的压力-流量特性何者较优？较为常用的是哪一种？ …… 96
3-68 在气动测量、调节仪表及低压微压装置中采用的精密减压阀（定值器）与普通减压阀相比有什么特点？ …… 97
3-69 气动“阀岛”是一种什么样的控制器件？其特点与发展前景怎样？ …… 98
3-70 什么是电液伺服阀的动态特性？其对构成系统的工作特性有什么重要影响？ …… 98
3-71 简述电液比例控制阀的基本结构？它与传统液压用阀、电液伺服阀有哪些重要区别？应用怎样？ …… 99
3-72 什么是比例电磁铁的位移-推力特性？其与普通电磁铁的吸力特性有何明显不同？对比例阀的功能有何重要影响？ …… 100
3-73 电液比例方向流量阀用的比例放大器与电液伺服阀用伺服放大器有何主要区别？能否彼此代用？ …… 102
3-74 在电-气压伺服系统中常用的电-气压伺服阀在结构上与常用的力反馈电液伺服阀有哪些区别？为什么？ …… 103
3-75 伺服阀阀口有哪几种预开口（或重叠）形式？它对阀的性能有什么影响？常用的是哪几种？ …… 105
3-76 为什么说液压伺服滑阀最常用的工作点是零位工作点？其零位工作点的零位条件是什么？ …… 106
3-77 在液压伺服滑阀结构设计中，既能避免流量饱和，又能采用全周开口的条件是什么？当此条件不满足时其节流窗口的形式应作何改变？ …… 107
3-78 为什么现代电液伺服阀中的力矩马达多采用干式而不用湿式？ …… 108
3-79 电液伺服阀或比例方向流量阀工作时，为什么在主控信号上有时还需叠加一个高频小振幅的交变电流信号？ …… 108
3-80 电液伺服阀中液压放大元件由前置级和功率级构成，试问两级的功能和主要区别有哪些？ …… 108
3-81 某电液伺服阀在输入信号电流小于或等于其额定值的一半时测得频宽为150Hz，当输入信号电流增大至大于或等于额定值时阀输出响应频宽会不足100Hz，试解释这是什么原因？ …… 109

第4章 介质、密封与辅件 …… 110
4-1 空气与油液在粘度与粘温特性方面有什么不同？它对液压、气动元件的工作有何影响？ …… 110
4-2 密封的作用机理是什么？何为动密封，何为静密封？两者在接触式密封材料选用与结构设计、密封效果方面有什么不同？ …… 111
4-3 液压与气动元件在密封件与密封方式上有哪些不同？为什么？ …… 112
4-4 为什么O形密封圈安装沟槽的尺寸必须与相应的密封圈相匹配方能取得预

期效果？ …… 113
4-5 为什么唇形（Y形）密封圈安装时必须将唇口对着介质压力方向？为保证Y形密封圈的使用寿命，还应注意些什么？ …… 115
4-6 液压系统气囊式蓄能器用作辅助、应急动力源和保压补泄用途时容量计算如何进行？举例说明。 …… 116
4-7 气动系统中气罐作用是什么？其容量应如何计算？ …… 117
4-8 液压系统油箱的主要作用有哪些？什么叫开式油箱？什么是闭式油箱？各用于何种场合？ …… 118
4-9 液压系统油箱有效容积的定义？其大小一般应如何确定？ …… 118
4-10 液压系统所用过滤器有哪几种过滤方式？其主要性能指标是什么？ …… 120
4-11 选用过滤器应考虑哪些因素，不同安装位置对过滤器有什么不同要求？ …… 120
4-12 液压系统什么时候需安装冷却器、加热器或两者均安装？冷却器所造成的压力损失一般应控制在多大范围？为什么单个加热器的功率不能选得太高？ …… 121
4-13 气源调节装置（气动三联件）是指哪三个元件的组合件？图形符号中应如何排位？为什么在气罐与气动系统之间必须安装此三联件？ …… 122
4-14 气动系统中消声器的作用是什么？为什么通常在气动元件的排气口安装消声器？如何选定消声器的类型与尺寸？ …… 123
4-15 液压、气动用管及其管接头有哪几种？它们各有哪些不同的使用范围？ …… 124
4-16 液压系统所用油液发生污染的原因有哪些？如何控制污染？ …… 126
4-17 如何评定工作介质的污染程度及如何判定我国液压元件、液压系统的清洁度等级？ …… 126

第5章 回路与系统分析 …… 129
5-1 在进口、出口、旁支油路节流调速回路中，当液压缸上负载变化时液压泵工作压力有无变化？回路中溢流阀的作用是什么？ …… 129
5-2 上述三种节流调速回路各有什么优缺点？各用于什么场合？ …… 129
5-3 何为容积调速？三种容积调速各用于什么场合？ …… 130
5-4 试比较容积、节流以及容积-节流联合调速的优缺点及应用场合？ …… 130
5-5 生产线上采用的限压式变量叶片泵与调速阀的联合调速回路，应怎样按机床快进、快退、工进速度要求与负载变化来调节泵与调速阀？ …… 131
5-6 在采用进口节流调速回路的多轴钻床上，为什么在液压缸的出口还要加装一只溢流阀？该阀的压力如何调节？ …… 132
5-7 为什么在带有变化较大的负值负载专机上，液压系统应采用出口节流调速方案？ …… 132
5-8 在采用出口节流调速的回路中，若仍用压力继电器发布工作方式切换信号，应如何选用与调节压力继电器？ …… 133
5-9 在以限压式变量泵为油源的组合机床液压系统工作循环各阶段中，系统的压

力、流量将如何变化？若采用双联定量泵为油源时，其系统的压力、流量又将如何变化？ …… 133
5-10 在 Q2—8 型汽车起重机液压系统中如何保证支腿的位置刚度？为什么起升液压马达回路在装平衡阀后，仍需安装制动闸机构？ …… 134
5-11 Q2—8 型汽车起重机中以液压马达或液压缸为执行元件的液压回路，应采取哪些不同措施以保证工作性能与安全？ …… 135
5-12 汽车起重机液压系统所用的平衡阀与一般的单向外控顺序阀有什么不同？能否用后者代替前者？ …… 135
5-13 在采用 M 型或 H 型中位机能电液换向阀的换向回路中，如何保证液压泵卸荷后系统的重新起动？ …… 136
5-14 液压伺服控制系统可分为哪几种？各有何优缺点和应用领域？ …… 136
5-15 一个三通阀控缸系统，当伺服阀阀芯处在中位时，液压缸活塞是否会停止运动？为什么？ …… 137
5-16 液压伺服系统中常用的简单零位工作点附近线性化分析法为什么在电液比例控制系统中不适用？比例控制系统一般应采用什么方法进行分析？ …… 138
5-17 电液伺服控制系统与电液比例控制系统有何主要区别？如何选择应用？ …… 138
5-18 在恒流型汽车动力转向系统中，驾驶员的“路感”是如何获得的？为减少汽车在直线行驶中的功率消耗并保证足够的转向灵敏度，应如何设计或选用伺服阀的预开口量？ …… 139
5-19 在汽车动力转向系统中，怎样确定液压泵的排量才能保证怠速急转弯时的速度要求？ …… 141
5-20 为什么在以液压马达为动力机构的伺服系统中常要设置减速装置，怎样选择减速装置？减速装置与液压马达和负载之间若存有间隙，哪一处的间隙对系统精度的影响更大？ …… 141

第 6 章 实际应用中一些问题的对策 …… 143
6-1 在组合机床单杆活塞式液压缸快进差动连接的液压系统中，主换向阀的流量规格按等于液压泵流量选用后工作时发生振动、噪声是什么原因？应如何解决？ …… 143
6-2 对于由溢流阀、二位二通电磁阀和远程调压阀组成的二级调压回路，若二位二通电磁阀接在溢流阀的远程控制口而远程调压阀接在油路的末端，那么，当电磁阀由断开到接通时系统会产生较大压力冲击，为什么？如何解决？ …… 143
6-3 如图 6-2 所示系统，当两个系统一起被起动运行时，溢流阀调定的系统压力不稳定并发出振动、噪声；而当单个系统工作时，压力稳定无明显振动。试问为什么？应如何解决？ …… 144
6-4 如图 6-3 所示系统，当电液动换向阀 5、6 切换时，由减压阀控制的第二油路（图中去往夹紧缸的油路）压力不稳定，波动较大，为什么？

如何解决？ …… 145
6-5 在采用二位二通电磁阀与溢流阀并接实现液压泵卸荷的回路（图6-4）中，电磁阀的规格应如何选择方能避免液压泵卸荷不畅？ …… 145
6-6 在采用溢流阀远程控制口接二位二通电磁阀使液压泵卸荷的回路中，当控制口与电磁阀之间配管过长或当电磁阀阀芯磨损时，将发生什么样的故障？如何解决？ …… 146
6-7 如图6-5所示两缸顺序动作系统B缸负载为A缸负载的两倍，A缸运动速度由进油路节流阀调节，顺序阀4如图6-5a所示安装，当电磁阀3得电时A、B两缸一起动作，不能实现A缸先动B缸后动的顺序要求，试问什么原因？应如何改进？ …… 146
6-8 图6-6所示是二位三通阀控制的立式液压缸换向系统。液压缸返程下行靠自重。但发现下行时虽有调速阀出口节流，运动速度却不稳定，为什么？如何改进？ …… 147
6-9 在两种工作进给速度换接回路中，调速阀并联方式具有两种速度单独调节互不影响的优点，但若连成如图6-7a所示回路形式却使速度换接时产生较大冲击，试问应如何解决？ …… 148
6-10 在双联定量泵供油系统中，小流量泵（主泵）负责工作进给供油，快速动作由双泵合流完成。当合流点位置距主泵出口较小时系统易出现振动与噪声，试问为什么？应如何解决？ …… 149
6-11 图6-8所示是一个利用液控单向阀随时可对液压缸（连同重物）进行空中锁紧的回路，现采用O型机能换向阀，当换向阀切换到中位时却不能使下降的液压缸立即停止，而要下降一段距离后方能停止，试问为什么？如何解决？ …… 149
6-12 图6-9所示是一用二位二通机动换向阀和调速阀并联组成的快慢速换接回路，为何在并联回路上还要加接一单向阀？若将二位二通机动阀改为电磁换向阀，则应注意什么问题？ …… 150
6-13 在高压大流量的机床液压系统中，为避免换向冲击，常采用电液动换向阀代替电磁换向阀，而在同属高压大流量的工程机械中，却用手动换向阀来完成执行件的无冲击换向。试问为什么？ …… 151
6-14 内圆磨床工作台换向缓冲采用何种结构？当缓冲头用旧磨损后会出现什么故障？如何排除此故障？ …… 151
6-15 液压缸及其连接管道内积存有空气，为什么会严重影响液压缸的稳定运行并产生爬行？如何防范？ …… 151
6-16 液压缸工作时产生爬行的根本原因是什么？它除了与液压系统中是否混入空气有关外，还与哪些问题有关？如何排除？ …… 153
6-17 什么是液压卡紧现象，产生的原因有哪些？有什么危害？如何克服？ …… 153
6-18 液压系统噪声过大的原因有哪些？如何解决？ …… 154
6-19 用计算机对由电液伺服阀、电液比例阀或电液数字阀组成的系统进行

控制时有什么不同？后者较前者有什么优缺点？ …… 156
6-20 电液伺服系统与机械液压伺服系统在设计、调试、校正等方面有什么不同？ …… 156
6-21 设计机械液压伺服系统时，液压能源压力、伺服阀阀口的面积梯度对伺服系统的开环增益有什么影响？如何设计？ …… 157
6-22 为什么位置控制型机械液压伺服装置在使用中常被称为放大器或助力器？它把什么物理量放大了？ …… 158
6-23 机械液压伺服系统中采用机械反馈元件实现反馈控制时，反馈元件的刚度将对系统产生什么影响？ …… 158
6-24 为什么电液控制系统需用带电-机转换装置的液压放大器？为保证比例型电-机转换装置（例如永磁式力马达、力矩马达）的静态工作稳定性，又务必使装置中的机械弹簧刚度满足什么条件？什么样的电-机转换装置可以不用机械弹簧？ …… 159
6-25 在分析电液伺服系统动态特性时，什么情况下其中的电液伺服阀可视作惯性环节、振荡环节甚至是比例环节？ …… 160
6-26 在电液伺服控制施力系统中，由负载质量与负载刚度构成的机械固有频率对系统频宽有什么影响？如何提高此类系统的频宽？ …… 160
6-27 具有弹性负载的电液位置伺服系统与纯惯性负载位置伺服系统相比有什么特点？设计时应注意哪些问题？ …… 162
6-28 当未经校正的液压位置伺服系统供油压力降低至原有压力值的一半时，系统稳定性及静动态品质会发生什么样的变化？为什么？ …… 164
6-29 当采用液压马达作执行元件构成液压控制系统时，应按什么原则选用不同排量和传动比的组合？ …… 165

第7章 液压测试与调试 …… 166
7-1 液压试验怎样分类？标准有哪几种？其基本内容包括哪些？ …… 166
7-2 为圆满完成液压测试，传感器、测量仪器应如何进行选择与校准标定？ …… 166
7-3 在进行液压动态性能测试中，为获取准确的测试结果，应怎样选取测试系统的频带宽度、固有频率？如何分析解决测试系统中的非线性问题？ …… 167
7-4 在用多种多台仪器组成测试系统时，应如何注意避免“负载效应”和实现“阻抗匹配”问题？ …… 168
7-5 被测点压力波动往往会造成直读式压力表指针的振动，使读数无法进行且易于损坏压力表，为克服此弊病，应采取什么措施？ …… 169
7-6 液压泵开式与闭式性能试验油路的主要区别有哪些？各有哪些优缺点？ …… 169
7-7 在测量与瞬时流量脉动有关的液压泵压力脉动时，为什么不用压力表而需用压力传感器？ …… 170
7-8 压力仪表是怎样进行标定和校准的？为测量动态压力变化，除进行静态标定外，还应考虑哪些动态指标？ …… 170

7-9 液压试验中的加载方法有哪几种？如何选择？ …… 171
7-10 液压泵性能试验时的节流加载方法有哪几种？画出试验油路并简要说明其工作原理。若被试泵为双向泵其试验油路应怎样设计？ …… 172
7-11 在液压泵压力冲击试验中，如何获得加载压力的突变？画出其液压加载油路？ …… 173
7-12 按题7-10试验油路将泵的动力源用被试马达代替，则油路中的液压泵便成了被试马达的加载泵。但此试验油路只能试验高速马达，为什么？若要试验低速马达应怎样修改试验油路？ …… 174
7-13 液压马达背压加载试验有何应用价值？为什么不能模拟实际带载工况？ …… 174
7-14 如何利用加载液压缸实现对被试液压缸的对顶加载？如何改变对顶负载？如何防范高速高压试验时加载缸内油液的发热？ …… 175
7-15 液压试验中如何考虑油源和压力表的超压保护？如何实现过滤器的污染报警保护？ …… 176
7-16 什么是动态压力测量中的“容腔效应”？如何考虑避免其对测量的影响？ …… 177
7-17 液压马达起动转矩对其带载起动与低速性能有什么影响，应如何测定？ …… 178
7-18 液压泵、液压马达试验中的功率补偿回收方法有哪几种？各有什么特点和应用？ …… 179
7-19 压力阀的静态特性应包括哪些内容？溢流阀、减压阀的静态压力-流量特性应怎样测定，试验油路如何？ …… 183
7-20 为什么要测定液压换向阀的正常工作范围？其试验油路与测试方法怎样？ …… 184
7-21 换向阀瞬态响应特性的主要内容是什么？怎样测定？ …… 186
7-22 电液伺服系统动态特性的试验测试法有哪几种？各有何优缺点？试验测试方法在构建线性化系统动态模型中的地位如何？ …… 187
7-23 一般电液伺服阀产品样本应给出哪些静态性能参数（或曲线）？它是如何测定的？测定中可能存在什么问题？如何看待？ …… 188
7-24 电液伺服阀的对数频率特性如何测定（试验油路及测试方法）？若用谱分析方法进行“在线”测试又应如何进行？ …… 189
7-25 在电液伺服阀频率特性测试中所用的动态流量传感器有什么特点？为何要在其无载液压缸上设置位置定中闭环回路，它对测量结果有什么影响？ …… 192
7-26 如何测定电液比例溢流阀的控制特性与流量-压力特性，其试验油路如何？ …… 193
7-27 怎样测定电液比例流量阀和方向节流阀的流量控制特性？尚有什么问题需要说明？ …… 194
7-28 电液比例方向流量控制阀与伺服阀在动态特性测试方面有什么明显不同？为什么不能用无载液压缸动态流量计来测定比例阀的动态流量？ …… 196

参考文献 …… 198

第1章 能源装置

1-1 液压泵困油现象的根源是什么？设计时如何防治？

为了保证液压泵（容积式泵）正常平稳地工作，要求其吸、压油腔应严格地密封并连续均匀地供油。因此，当液压泵运行时，油液由吸油区过渡到压油区或由压油区过渡到吸油区时，将有一部分油液被困在两个油区之间的封闭容腔之内。该封闭容腔的容积大小将随着液压泵的运转发生变化，当该封闭容腔的容积随液压泵的转动逐渐减小时，会使被困油液受挤压而产生高压，并从缝隙中流出，导致油液发热，轴承等机件也受到附加的不平衡负载作用；当该封闭容腔的容积随液压泵的转动逐渐增大时，又会造成局部真空，使溶于油液中的气体分离出来，产生气穴，这种现象称为液压泵的困油现象。

困油现象将使液压泵产生强烈的噪声并引起振动和气蚀，降低泵的容积效率，影响工作平稳性，缩短使用寿命。因此，在设计液压泵时，应采取措施减小或消除困油现象。

设计时，在保证吸、压油腔不沟通的前提下，尽量使困油容积的大小不随液压泵旋转而发生变化，或采取措施在困油容积由大变小时使其与压（排）油腔沟通，而在困油容积由小变大时与吸油腔沟通，以消除或缓解困油现象。

以齿轮泵为例，齿轮泵的困油现象如图1-1所示，消除困油的方法通常是在

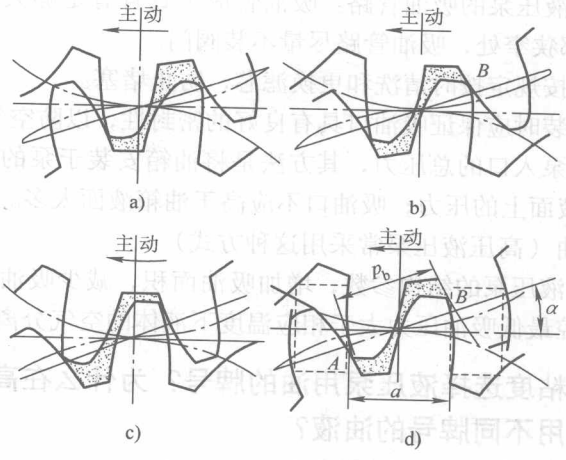


图1-1 齿轮泵的困油现象

两端盖板上开一对矩形卸荷槽（如图1-1d中的虚线所示）。开卸荷槽的原则是：当封闭容积减小时，使卸荷槽与压油腔相通以便将封闭容积的油液排到压油腔；当封闭容积增大时，使卸荷槽与吸油腔相通，使吸油腔的油补入避免产生真空，这样使困油现象得以消除。在开卸荷槽时，必须保证齿轮泵吸、压油腔任何时候都不能通过卸荷槽相连通，否则将使齿轮泵的容积效率降低；若卸荷槽间距过大则困油现象不能彻底消除。

1-2 液压泵气穴现象的根源是什么？使用时如何防治？

在一定的温度下，当压力下降到某一值时，使溶解于液体中过饱和的空气迅速分离出来，产生大量气泡的压力称为空气分离压。当压力继续下降到使油液汽化的压力称为饱和蒸汽压。

油液中产生大量气泡称为气穴现象，气泡被液流带到高压区迅速被压破，造成局部的液压冲击，引起振动、冲击、噪声以及机械破坏、加速金属表面腐蚀破坏等现象称为气蚀。

气穴是由于局部压力降的过低而产生的。液压泵的气穴主要产生在吸油腔。液压泵在正常工作时，从油箱到泵的吸油口将产生吸油压力损失，其中一部分是由吸油管路与吸油高度产生的压力损失，另一部分是泵本身产生的压力损失。由于液压泵的吸油管路过细或有弯曲、急转等致使阻力太大，吸油管过滤器堵塞、液压泵吸油口高度过高、液压泵转速过快、液压油粘度过大、油温过低等均会造成液压泵吸油口处压力过低，导致产生气穴现象。

液压泵工作时不应产生气穴和气蚀，为此，使用时应采取适当措施使系统吸油压力不致下降过低，防止产生气穴现象。常见措施为：

1）合理配置液压泵的吸油管路。吸油管应平直且有足够大的管径，而不应有急剧转弯和局部狭窄处，吸油管路尽量不装阀门。

2）过滤器应按规定按时清洗和更换滤芯，防止堵塞。

3）液压泵安装时应保证吸油口具有良好的密封性，以防空气混入。

4）增加液压泵入口的总压力，其方法是将油箱安装于泵的上面，使之形成倒灌；提高油箱液面上的压力；吸油口不应高于油箱液面太多。必要时可采用辅助泵向液压泵供油（高压液压泵常采用这种方式）。

5）正确设计液压泵的结构参数，增加吸油面积，减少吸油腔内的各种阻力损失，以使吸油腔最低吸油压力大于相应温度下液体的空气分离压。

1-3 如何根据粘度选择液压泵用油的牌号？为什么在高纬度与低纬度地区应使用不同牌号的油液？

在液压系统中通常多采用矿物油作为工作液体，在选择系统用油时，应根据