

高等学校教学参考书

液压气动故障诊断 与处理技术

〔美〕 A·H·海恩 著

宋琦
乔石 等译

中国矿业大学出版社



内 容 简 介

作者立足于实用,运用大量的实际资料,阐述了确定复杂液压气动系统故障原因的方法及解决办法。本书主要内容有:液压气动系统的操作与维护、故障诊断与处理、失效的检测和诊断设备,液压系统中污染物的来源、影响及控制。

本书可作为高校有关专业的教学参考书,也可供有关工程技术人员阅读。

责任编辑 阎前辉

高等学校教学参考用书

液压气动故障诊断与处理技术

[美] A.H.海恩著 宋琦 乔石 等译

中国矿业大学出版社出版发行

江苏省新华书店经销 中国矿业大学印刷厂印刷

开本850×1168毫米1/32印张17.9375字数450千字

1990年10月第一版 1990年10月第一次印刷

印数:1—2000册

ISBN 7-81021-134-X

TK·1

定价:3.55元

前 言

液压气动是能量传输与控制的一个较新的领域。第二次世界大战后,为各种工业应用而进行的液压气动元件的生产得到了迅速的发展。现代液压气动设备能经济有效地把机械能转换成液压气压能,并借助简单的元件对这种能量进行调节,使其能进行方向、速度和力的控制。其它任何动力传输方式都不能象液压气动传输那样大范围地调节力、速度和方向。正是由于液压气动系统及其控制技术的新发展,工业机器人和自动机械才在工厂里得到了日益广泛的使用。今天,液压气动设备的使用几乎遍及工业的每个领域:石油化工、采矿、机床、塑料加工、材料处理、包装、药品生产、……。液压气动设备的日益广泛应用要求越来越多的技术员、工程师、管理者和技工了解和掌握这类设备的操作、维护和故障诊断方面的知识。

本书旨在给液压气动系统的设计和使用人员提供液压气动故障诊断与处理方面的参考资料。书中所用的材料以实用为主,把理论叙述压缩到最低限度。本书还就查找液压气动系统故障时所遇到的常见问题,给读者提供解决办法。

作者长期从事液压气动设备的设计、维护、故障诊断与处理工作,本书是作者在工作经验和收集的资料的基础上,对有关课题的许多研讨会进行总结整理的结果。

本书第一章概述液压气动系统的基本原理,并对气动、液压和电动系统进行了比较;第二、三章讲述液压气动系统的操作与维护、故障的诊断与处理;第四章论述液压系统中污染物的来源、影响及其控制;第五章复述压缩空气的过滤、润滑和水分控制;第六~十章阐述静液传动、热的产生与控制、液压油的选择

与管理、流体的传动与连接装置以及静态与动态场合中密封件的使用；第十一、十二章叙述系统的维护、故障的诊断与处理、失效的检测与诊断设备。本书最后对液压气动系统的噪音和电液伺服系统作了简要介绍。一些有用的技术资料和液压气动的符号详细一览表收在附录里，希望它能有助于读者在进行故障诊断与处理时，迅速地找出工作不正常的元件。

作者在此衷心地感谢对本书进行编辑、修改和增补的J. Pinpinger先生，衷心地感谢审阅了本书并提出良好意见的Ray Lambeck先生、Zeke Lansky博士、J. Slater博士、Frank Yeaple先生和Bruce McCord先生。作者还特别地感谢有关液压气动设备的制造厂家，感谢他们在技术资料和图表方面给予的大力支持。

A. H. 海恩

序 言

液压设备使用者所面临的主要问题之一是液压系统的管理，包括系统的维护、故障诊断与处理以及修理技术。

尽管许多生产液压元件的厂家印发了大量资料，阐述容易发生故障的元件的诊断和维修方法，但很少有人给出整个系统的故障诊断方法，而这些系统中使用的产品，可能是由几家相互竞争的厂商设计生产的，有些相似但又有所不同。

本书作者用大量的篇幅阐述了系统的故障诊断问题，书中收集的资料旨在使液压设备维修人员能够在较为复杂的系统中确定发生故障的大致原因。虽然许多作者也注意到了这一点，但很少有人认真地参考或使用元件生产厂家的维修指南。

作者仔细地收集了液压气动专家们引用的资料，尤其是最适合处理因失效原因不明而难以找出故障的液压气动回路的资料。作者把收集到的许多意见归纳整理，写出了这部对系统回路设计者相当有用的工具书。书中对回路设计和元件配置提出的见解，可最大限度地减少实际应用中出现的问题。液压气动系统的维修专家们也会发现，作者给出的切实可行的故障诊断与处理方法，将有助于解决常见回路的模糊不清的问题。

Z. J. 兰斯卡

译者序

近年来液压、气动技术发展很快,在我国得到了广泛应用。在设计、使用、维护中,如何作好故障诊断与处理已成为一个重要课题,它关系到液压、气动设备效率与可靠性的提高,是使用与维护人员必须掌握的工程技术。

书中除概述液压、气动的基本原理外,首先介绍液压、气动主要元件(泵、马达、缸、阀、空压机、气动马达、F-R-L气动三大件等),以及重要附件(过滤器、蓄能器、冷却器、管道、接头、密封、油液等)的结构,工作原理,并分别讨论了这些元件的使用、维护、故障诊断与处理。在此基础上,进而阐述了液压、气动系统的故障诊断与处理。书中用专门的章节,对与故障有密切关系的油液污染、温度、噪音及其控制作了探讨,并对电液伺服、比例控制、负载敏感系统及液压回路的集成化作了论述。在附录A、B中收集美国国家标准液压、气动符号及一些技术资料,供读者参考。

本书特点,以实用为主,把理论叙述及数学推导压缩到最低限度,着重直观教育。全书尽量多用实物照片、立体图形、结构图、方框图、原理图,使一些抽象概念变为直感物体,说明系统与元件的工作原理、性能、损坏状况以及故障的因果关系。这样,初学者或基础理论较差的读者也能理解与掌握本书内容。对常见故障,本书给读者提供解决办法。

译文基本按照原书格式编排,但对第1章中与后续章节重复较多之处,附录B中的术语汇编及内容索引作了一定删节。书中有几处疏误,译文作了改正,并对一些重要元件的结构图形作了补充标注与说明。为了使读者熟悉英制单位及其缩写语,便于参

有关资料，译者编辑了法定计量单位制和英制单位换算关系，缩写语原文及译文，列为附录 C、D，读者可对照参考。本书不足之处似嫌冗繁，译文虽有注意，但仍难以避免。

本书由宋琦、乔石、安玉兵、陈俊、潘海滨同志翻译，宋琦同志负责总审校。煤炭部教材编辑室责任编辑阎前辉同志对全书作了细致的复审工作，谨致谢意。

由于我们水平有限，肯定有不少错误及不妥之处，敬请读者批评指正。

译 者

1988年3月

目 录

1	流体传动的工作原理	(1)
1.1	液压传动原理	(1)
1.1.1	流体的基本定律	(1)
1.2	气压传动原理	(5)
1.3	液压系统的运行	(10)
1.3.1	液压系统的比较	(14)
1.4	气动系统的运行	(24)
1.4.1	空气压缩机	(25)
1.4.2	热变换器(后冷却器)	(25)
1.4.3	储气罐	(25)
1.5	气动系统与电动系统和液压系统的比较	(25)
1.5.1	气动系统与电动系统的比较	(25)
1.5.2	气动系统与液压系统的比较	(26)
2	液压系统的运行、维护、故障诊断与处理	(28)
2.1	液压泵	(28)
2.1.1	齿轮泵	(29)
2.1.2	叶片泵	(32)
2.1.3	柱塞泵	(35)
2.2	液压马达	(41)
2.2.1	叶片马达	(43)
2.2.2	齿轮马达	(45)

2.2.3	柱塞马达	(46)
2.2.4	回转运动	(47)
2.3	液压泵和液压马达的起动、运行及维护	(49)
2.3.1	概述	(49)
2.3.2	故障诊断与处理	(51)
2.4	液压阀	(56)
2.4.1	方向控制阀	(57)
2.4.2	流量控制阀	(64)
2.4.3	压力控制阀	(69)
2.4.4	维护、修理、故障诊断与处理	(74)
2.5	液压缸与气缸	(85)
2.5.1	概述	(85)
2.5.2	缸的缓冲装置	(89)
2.5.3	活塞密封	(91)
2.5.4	液压缸的安装与维护	(96)
2.5.5	故障诊断与处理	(98)
2.6	液压蓄能器	(103)
2.6.1	蓄能器的类型与应用	(103)
2.6.2	蓄能器的维护与修理	(107)
2.7	油箱	(112)
2.7.1	油箱的结构及设计	(112)
2.7.2	油箱附件	(117)
3	气压传动系统的运行、维护及故障诊断处理	(120)
3.1	空气压缩机	(120)
3.1.1	往复式压缩机	(121)
3.1.2	旋转式压缩机	(129)
3.1.3	故障诊断与处理	(135)
3.2	气动阀	(138)

3.2.1	分类	(138)
3.2.2	维护和故障诊断与处理	(143)
3.3	气动马达	(157)
3.3.1	叶片马达的工作原理及特性	(159)
3.3.2	叶片马达的维护	(164)
3.3.3	风动工具的维护	(166)
4	液压系统中的污染物	(171)
4.1	污染物来源	(171)
4.2	污染物的危害	(177)
4.3	污染的控制	(179)
4.4	过滤器的类型	(182)
4.5	液压过滤器的安装、维护、故障诊断 与处理	(194)
4.5.1	过滤器的安装	(194)
4.5.2	过滤器的维护	(195)
4.5.3	过滤器的故障诊断与处理	(196)
5	压缩空气的过滤、润滑和湿度控制	(199)
5.1	气动系统中的污染物	(199)
5.2	空气过滤器、油雾器和调压器	(205)
5.2.1	空气过滤器	(205)
5.2.2	油雾器	(211)
5.2.3	调压器	(214)
5.2.4	F-R-L规格的选择	(218)
5.3	F-R-L装置的日常维护	(222)
5.3.1	F-R-L的诊断与故障处理	(223)
5.4	空气过滤器的维护	(224)
5.5	后冷却器和空气干燥器	(226)
5.5.1	后冷却器	(226)

5.5.2 空气干燥器	(228)
6 变量泵-定量马达闭式传动系统	(238)
6.1 工作原理	(238)
6.1.1 回路的组成和作用	(241)
6.2 系统的起动程序	(245)
6.3 系统的维护	(248)
6.4 系统的故障诊断与处理	(248)
7 油温及其控制	(258)
7.1 热的产生	(258)
7.2 散热	(264)
7.3 热交换器: 冷却器	(266)
7.3.1 热交换器的种类	(267)
7.3.2 两个热交换器的连接	(271)
7.3.3 关于热交换器的其它事项	(273)
7.3.4 利用幅射改善散热	(274)
7.4 维护与修理	(275)
7.4.1 锌阳极板的替换	(275)
7.4.2 多管式热交换器的清洗	(276)
7.4.3 风冷式热交换器的清洗	(276)
7.4.4 泄漏检查	(277)
8 液压油的选择与管理	(278)
8.1 液压油的种类和特性	(279)
8.2 液压油的维护管理	(283)
9 管道和管道连接装置	(288)
9.1 刚性管、半刚性管和胶管	(288)
9.1.1 刚性管	(288)
9.1.2 半刚性管	(289)
9.1.3 胶管	(291)

9.2	管道的联接装置	(293)
9.2.1	管接头	(293)
9.2.2	直螺纹-O形密封圈管接头	(297)
9.3	装配条件	(299)
9.3.1	刚性管的装配	(299)
9.3.2	半刚性管的装配	(300)
9.3.3	胶管的装配	(302)
9.4	工厂压气管路的管道系统	(302)
9.5	胶管及其接头的选择、使用与维护	(307)
9.6	胶管组件的损坏与失效	(316)
9.6.1	使用错误	(316)
9.6.2	装配与安装错误	(317)
9.6.3	外部因素损坏	(317)
9.6.4	设备损坏	(318)
9.6.5	胶管损坏	(318)
9.6.6	胶管失效与损坏的分析	(318)
9.7	液压阀控制回路的集成化	(326)
10	密封	(329)
10.1	密封装置的结构类型	(329)
10.2	动密封的应用和失效	(332)
10.2.1	径向唇形密封圈	(332)
10.2.2	端面密封装置	(334)
10.2.3	密封圈	(346)
10.3	静密封的应用与失效	(347)
10.3.1	密封垫	(347)
10.3.2	O形密封圈	(348)
10.4	检查泄漏	(353)
10.5	避免密封装置过早失效的注意事项	(356)

10.6	防尘圈 (隔离圈)	(358)
11	液压传动系统的运行、维护、故障诊断与处理	(361)
11.1	系统设计中的几个问题	(363)
11.2	系统的运行	(364)
11.3	掌握系统的工作原理	(364)
11.4	液压系统的启动与维护	(366)
11.4.1	启动	(366)
11.4.2	系统的维护	(367)
11.5	维护检修的步骤和注意事项	(368)
11.6	维护液压系统所用的辅助装置	(372)
11.7	故障诊断与处理的指导说明	(374)
12	流体传动系统的故障检测与诊断	(382)
12.1	故障检测	(382)
12.1.1	利用液压测试仪表排除故障	(386)
12.1.2	测试仪表的应用	(388)
12.2	故障诊断仪表	(396)
12.2.1	超声波泄漏指示器	(397)
12.2.2	布尔登压力计	(400)
12.2.3	液体粘度的测定	(400)
12.2.4	液位和温度指示器	(403)
12.2.5	流量计	(404)
13	流体传动系统的噪音控制	(406)
13.1	泵的噪音	(406)
13.2	降低噪音源的噪音	(409)
13.2.1	减振基座	(409)
13.3	噪音的测量	(410)
13.4	降低噪音的研究	(411)

14 电液伺服系统、比例控制系统及	
负载敏感系统	(415)
14.1 概述	(415)
14.1.1 控制系统分类	(418)
14.1.2 电液控制系统的元件	(420)
14.2 反馈控制系统的作用	(420)
14.2.1 目的	(420)
14.2.2 开环系统与闭环系统的特性	(421)
14.2.3 稳定性和动态响应	(423)
14.3 电液比例阀和电液伺服阀	(424)
14.3.1 阀的结构	(424)
14.3.2 主阀的流道及其作用	(430)
14.3.3 滑阀节流孔口的遮盖及其性能	(432)
14.3.4 阀的特性曲线	(433)
14.3.5 流量控制型电液伺服阀	(433)
14.3.6 压力控制型伺服阀	(438)
14.4 伺服阀的安装、操作、	
维护及其故障处理	(439)
14.4.1 安装	(439)
14.4.2 伺服阀的使用条件	(445)
14.4.3 伺服阀的维修和故障处理	(449)
14.5 伺服系统术语	(452)
附录A 流体转动图形符号和术语汇编	(455)
附录B 液压传动的基本概念和技术数据	(510)
附录C 液压气动工程单位制中法定计量单位和	
英制单位换算关系	(542)
附录D 缩写语	(554)

流体传动的工作原理

1.1 液压传动原理

液压系统的正确使用和维护取决于对流体性质和元件功能的深入了解。工程技术人员要操作和维护液压系统，首先必须熟习流体传动的基本物理定律以及组成液压系统的七种基本元件。

许多液压系统看似非常复杂，然而其基本组成却很简单。任何系统都只包含七种基本元件：(1)储油箱；(2)传递流体的连接管路；(3)把输入能量转换成流体能量的泵；(4)调节压力的压力控制阀；(5)控制流体流向的方向控制阀；(6)调节流速或流量的流量控制阀；(7)转换液压能为机械能的执行元件。

1.1.1 流体的基本定律

虽然水力学是最古老的学科之一，但是有关流体的物理学知识在工业中得到实际应用却是近些年的事。90 年以前还没有能生产精密零件的机床，原油加工工艺水平也远不能生产出令人满意的液压油来，因而根本不可能象今天这样采用液压传动。

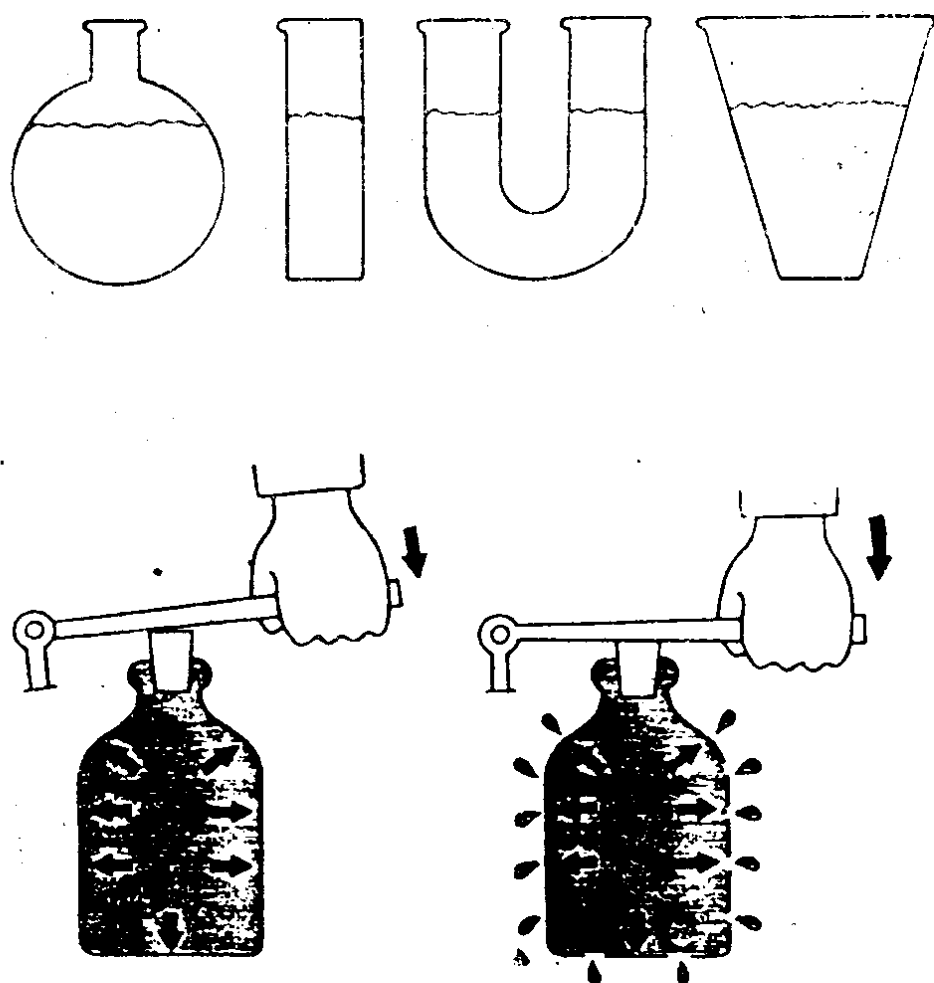
液压设备应用日益增长的另一个原因是液压系统具有许多优良特性：(1)能省去诸如凸轮、齿轮和连杆等复杂机械装置；(2)液体不会产生象机械零件那样的断裂；(3)液压元件不易产生严重磨损；(4)可以迅速产生作用力，并在损耗非常小的情况下，传递相当远的距离，而且还可以传递到各个角落；(5)液压系统能使传递动力的旋转运动和直线运动有较大的变化范围。还应看到，

随着工业自动化程度的增长，电子产品应用于液压设备得到了惊人的发展。

在液压传动中，应用最普遍的是石油基液体。水在一些液压装置中也已经有了应用。液压领域中还采用合成液和抗燃液，在有火灾危险的地方，几乎都必须使用这些液体。

液压油的基本功能是传递力并迅速改变力的方向和大小（图1.1）。为此，油液必须是不可压缩的，同时还要具有传递能量和放大力的物理特性。

液体几乎不可压缩，甚至在每平方英寸上受到数千磅的压力时，其体积变化量也可以忽略不计。其实际意义是作用在密闭容器表面上的压力，可以大小不变地向各个方向传递。帕斯卡在1620年发现的这一原理，为整个液压技术奠定了基础。帕斯卡定



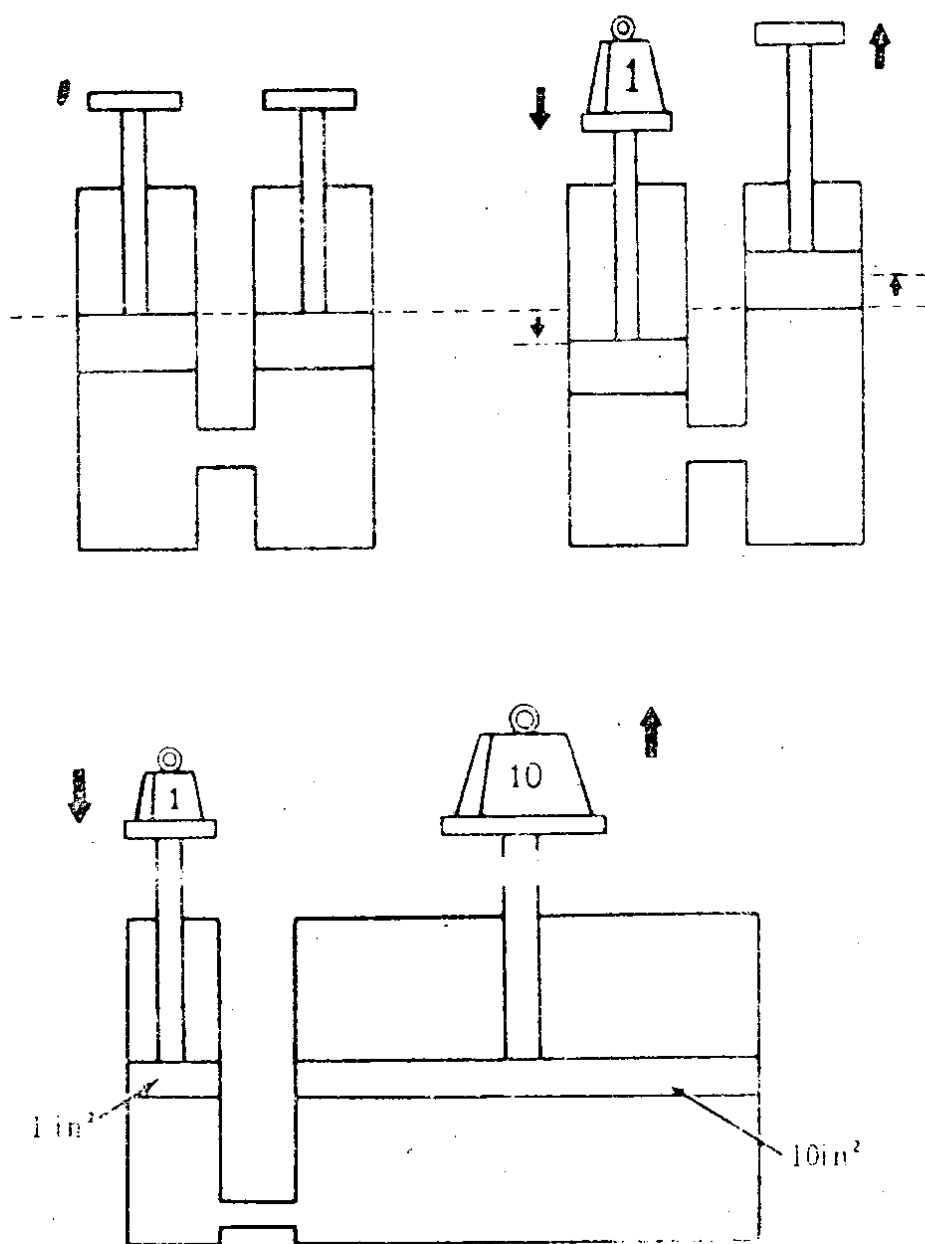


Figure 1.1 (continued) 续

图1.1 流体基本特性

律阐明：“作用在密闭容器内的液体压力，以同样的大小向所有方向传递，且作用在相等面积上的力相等”，这就是说在某处施加于液体上压力，可以由液体传递到各处。

因为液体是不可压缩的，所以在传递动力时具有明显的优势，这是由于作用在密闭容器某一表面上的压力，可以大小不变地传递到其他表面上。但是当金属棒的一端受到力的冲击时，力