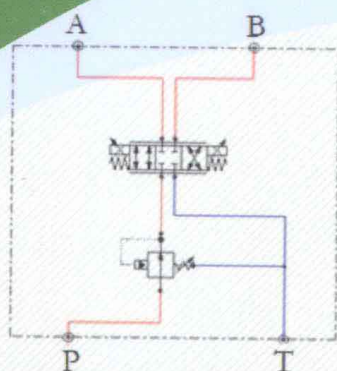




21 世纪液压气动元件经典图书系列

# 液压螺纹插装阀 技术与应用

许仰曾 主编



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



21 世纪液压气动元件经典图书系列

# 液压螺纹插装阀 技术与应用

主编 许仰曾

参编 杨申杰 卜凡强 周惠友

甘屹 钟廷修



机械工业出版社

本书凝聚了作者 30 多年从事液压教学、科研、设计、制造的知识 and 经验，是一位液压专家、企业家和他的团队的智慧结晶。主要内容包括液压螺纹插装阀的技术发展与其市场的技术经济势态，螺纹插装阀的结构、原理、性能与选用，螺纹插装式比例阀及其电气控制，螺纹插装阀液压集成块的计算机辅助设计与软件的应用，液压螺纹插装式高速开关数字阀及应用，许氏液压元件与系统的模块式建模法与仿真，螺纹插装阀在工程机械上的应用，螺纹插装阀阀块的生产加工与试验。随书所附光盘的内容为液压螺纹插装阀的选型软件 Easy-Valve2.0，并在书中介绍了该软件的功能和使用方法。

本书的适用读者为液压工程设计维修等应用工程技术人员，液压元件及设备制造厂设计、制造、试验等工程技术人员，大专院校有关专业师生。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

液压螺纹插装阀技术与应用/许仰曾主编. —北京: 机械工业出版社, 2013. 8

21 世纪液压气动元件经典图书系列

ISBN 978-7-111-43021-6

I. ①液… II. ①许… III. ①螺纹 - 液压控制阀 - 插装式阀  
IV. ①TH134

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 136636 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: 霍永明 责任校对: 张媛

责任印制: 乔宇

北京机工印刷厂印刷 (三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2013 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 31.75 印张 · 616 千字

0 001—3 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-43021-6

ISBN 978-7-89405-044-1 (光盘)

定价: 79.00 元 (含 1CD)

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066 教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010) 68326294 机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 88379649 机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

# 序

近半个世纪以来，中国的液压工业发生了翻天覆地的变化：生产规模增加了2000多倍；产品系列规格不断增加；市场满足率不断提高，并已进入国际市场。不仅为国民经济和国防建设提供了大量的装备，也为人民生活提供了丰富的物质产品。我国已经成为世界液压产业的大国，但由于多种因素的制约，还不是液压产业的强国。必须改变这种局面，这是国家的意志，民族的期盼，尊严的呼唤。业界精英、产业志士应肩负起这一历史使命和社会责任。

伴随着液压技术与微电子信息技术的结合，加快了传统液压与控制技术的改造升级，扩展了应用领域，从而又进一步推动着液压与控制技术的进步。液压螺纹插装阀技术，就是在其改造升级中衍生发展起来的一种新型液压产品技术，并在实际应用中展现出它的独有特点。

一种新产品、新技术、新材料、新工艺的出现、推广、应用和创新都是一种扬弃，即认识—实践—再认识—再实践的过程，由此不断地反复，才能最终从必然王国进入自由王国。无论是中国的液压产业，还是工业发达国家的液压产业，都是在扬弃中发展起来的，扬弃是创新的永恒主题。

我们高兴地看到，本书主编许仰曾教授及其他所带领的团队，他们对其积近20年的研究、开发、应用液压螺纹插装阀技术经验和教训的扬弃，撰写了《液压螺纹插装阀技术与应用》一书。看了文稿深受启迪和教益，为此，推荐给业界同仁们一并分享。

我们相信该书对我国液压与控制技术的发展和 innovation，特别是用高新技术改造和提升传统产业，改变高端液压件依赖于进口局面将有着重要的借鉴价值。该书是多位著名专家、学者、教授长期从事液压与控制技术工作辛勤劳动的成果，值此，向他们表达真诚的祝贺和衷心的感谢！爰为序。

沙皇来

中国液压气动与密封工业协会理事长  
2013年3月

# 前 言

中国液压气动与密封工业协会沙宝森理事长在为本书所写序言中谈到“我国已经成为世界液压产业的大国，但由于多种因素的制约，还不是液压产业的强国。必须改变这种局面，这是国家的意志，民族的期盼，尊严的呼唤。业界精英、产业志士应肩负起这一历史使命和社会责任。”这吹响了我国液气密行业在国家“十二五”规划下的进军号角；播起了2009年全球经济危机时国务院颁布《装备制造业调整和振兴规划》并制定了主机和配套同步发展的战略后的进军战鼓。激发着像我这样在液压学术界及工业界涉足已50年的工程技术人员的“老骥伏枥，壮志不已”之使命感，愿尽点责任。因此极想将自己的专业积累与心得联合能人志士的经验与大家共同分享。共同为打造中国液压强国做点努力。因此本书内容除了应用经验与教学生产的经历积累外，还包括编者在开发“液压螺纹插装数字阀”与创建“许氏液压大系统模块式建模法及其算法”等方面创造性成果的选入，结合了液压阀的应用，可供不同层次需要的液压界人士选读。

从液压阀连接特征来看，螺纹插装阀可认为是液压阀发展历史上第五种连接方式的阀种。它的出现很早，自20世纪70年代就产生了，但是被认识到作为一种阀种却很晚，到21世纪初才引起重大关注，才形成四个世界最大液压跨国企业对螺纹插装阀专业厂的竞相并购。这是在它广泛应用了近30多年后，无论是产品还与技术都在不断发展的结果，也是工程机械液压崛起的结果。现在它正成为液压阀的主要阀种之一。

液压螺纹插装阀不仅仅是一种连接方式的变化，它赋予了液压阀可以按液压系统要求去设计更新的途径。它改变了过去液压系统只能选择现有的液压标准元件的被动局面。这是一个可以努力的方向。但这可能并不是当初开发这类阀的专业人士的初衷。这也说明为什么这种阀种经过如此漫长年代的发展才被逐渐认可的原因。虽然今天现代加工技术通过螺纹插装阀给予了液压阀的开发与创新以更大的更好空间，有更多的厂商还在继续努力开发这种阀，但是在工程应用方面都还没有被充分认识与利用这种特点。这也是本书努力所要期望达到的目的。

流体传动与控制技术作为三大动力传动与控制技术之一，已成为衡量一个国家工业水平的重要标志之一。流体传动与控制技术正在向高品质、高性能、节能环保紧凑、液机电总线一体化等方向不断发展，应用领域也在不断深化和

拓展。但有关螺纹插装阀这方面的书籍在国内很少，我国液压工业在这方面也相对滞后与薄弱。为了应读者这方面的需求，作者积近 20 年的关注、开发与应用，认为应将这些潜在的或尚未充分发挥的优势借本书加以阐述，以推动液压技术的发展并在液压应用上产生更大的经济效益，为液压用户带来更为符合其要求的技术与产品。为我国液压行业的发展助上一臂之力。为我国从事开发、生产与应用的企业与工程技术人员提供这一方面的信息与技术分析，以促进我国液压技术与液压应用的发展。

随着我国市场经济理念的发展，本书在论述技术时力求将技术与经济发展联系起来，与技术发展联系起来，避免纯技术的局限，能给读者带来更大的思考空间与更多的启示。希望首先能对从事液压系统设计的工程技术人员有参考价值，希望他们了解螺纹插装阀与以往传统的液压阀到底有些什么不同，为什么连接方式的不同又能引申出开发元件与构思系统方面的新发展。这对近 10 年来液压技术发展已趋成熟，而变化又不大的情况下，也许又提供一个新思路与途径。同时也希望对那些有主机设计经验的从事机械、车辆、特种控制装置与系统的设计人员也有帮助，能更多考虑采用这种类型的液压阀种并设计更符合相应装置工况要求的液压系统。

这本书的基调是为工程机械液压与工业机械液压的工程应用设计技术人员服务的，在介绍阀的章节中主要论述其性能，特别是如何去选用；当然这也对从事实际生产与现场维修调试的工程技术人员有所帮助。与此同时本书也为销售、营销、市场技术人员以至管理投资者提供了这种技术的特点与现状以及可能的发展，对这一技术的市场定位与选择也能提供一定的帮助。

与此同时作者也提供了这一领域一些最新的技术发展，诸如进行阀块设计的软件研究、目前一些跨国企业正开发的与线控、网控有关的阀的进展。作者也首次公开了经过 20 多年研究的曾被评为世界领先水平的液压系统模块式建模法，可用于这一领域的实例。在介绍螺纹插装比例阀的同时，对螺纹插装数字阀的最新发展也给予了阐述。希望能给从事这方面工作的学者、研究人员、博士生、硕士生以及在校大学生提供相应的与螺纹插装阀内容有关联的最新研究成果。

本书提供的资料直观实用，内容通俗简洁，避免了复杂的数学表达与演绎。从根本上来说，螺纹插装阀元件与其他阀种元件在原理与性能上没有原则差别。因此本书没有必要对阀的各种元件的原理与性能进行逐项的阐述。阅读本书的读者应具备基本的液压理论基础与相关液压阀的知识，因此本书会强调螺纹插装阀与其他阀特别是板式阀的差异。有助于读者在已有知识基础上进行学习与消化。

另外本书在螺纹插装阀元件的部分所采用的资料主要由各著名跨国公司或

专业化公司提供, 包括 Hydraforce、Sun、Sauer-Danfoss/Comatrol、Bosch-Rexroth/Oil Control、Parker/ Sterling、Eaton-Vickers/ Intergrated Hydraulics、Bucher/CCC、海宏、克泰与中国台湾有关公司等。这些公司是当今世界或国内在螺纹插装阀生产与销售中最为瞩目的生产商。螺纹插装阀已广泛用于液压工程机械、工业机械及其对应的液压开式或闭式系统中, 本书引用的实例很多出自这些公司, 在此对这些公司的帮助与支持表示感谢。特别要感谢 Sauer-Danfoss/Comatrol 公司对这本书的积极支持, Comatrol 公司授权本书可免费给读者使用 EasyValve 2.0 软件, 此软件会能给不少工程技术人员以及学习者在应用螺纹插装阀技术时带来极大的方便; 在此也感谢宁波克泰液压有限公司朱国胜总经理给予的无偿的技术交流与资料的支持。

参与本书编写的作者及其完成的章节如下:

许仰曾 第1章、第2章、第5章、第6章、第8章及全书统稿;

甘屹 第2章初稿;

杨申杰 第3章、第4章4.2节及第7章;

卜凡强 第2章2.2.2与2.5.1节;

周惠友 第4章4.1与4.3节;

钟廷修 第4章4.1与4.3节审核;

感谢隆跃进为本书提供了上海豪高机电科技有限公司的应用实例与加工经验。

最后对上海豪高机电科技有限公司的总经理马毅博士、副总经理朱小明高工、总工隆跃进工程师与原法人代表龚美华夫人等表示深深感谢, 是他们的支持使我能集中精力写出这本已准备数年的书, 了却了一个心愿。也对我的女儿现美国液压集成商 Sunsource 公司上海办事处总经理许济南硕士表示感谢, 感谢她对我工作等各方面的理解与支持, 本书的编者有的来自她的公司成员; 还要感谢上海煤炭机械研究院乐贵菊工程师, 是她对全书做了仔细的审校与最后的统编。也感谢在全书编写中不少研究生在 CAD 建模、数字阀研究及编写本书中所做的工作, 他们是上海交通大学博士张胜昌、上海交通大学硕士张波、董炜江; 兰州理工大学硕士钟孟光、姬孝斌、陈时昕、赵晓燕、生凯章、张吉浩、吕小燕; 上海理工大学硕士卜凡强、王志远、陈中平、李达平、陈国贤、陈惟宁、陈君琪、陈烁烁以及上海工程技术大学硕士生祁文俊等。

主编 许仰曾

中国机械工程学会流体传动与控制分会高级顾问

中国液压气动密封工业协会专家委员会委员

上海液压气动密封工业协会专家委员会委员

《流体传动与控制》杂志编委

上海豪高机电科技有限公司董事长

上海钜宜燃油喷射科技有限公司董事长

上海羽翼船舶设备有限公司常务副董事长

上海交通大学、上海理工大学、上海工程技术大学、兰州理工大学、华东理工大学、燕山大学、合肥工业大学兼职教授、博士/硕士研究生导师

南京中航特种装备有限公司上海技术中心专家顾问

2013年3月于上海



# 目 录

序

前言

|  |     |
|--|-----|
| <b>第 1 章 液压螺纹插装阀的技术发展与其市场的技术经济势态</b> ..... | 1   |
| 1.1 液压螺纹插装阀技术的发展概况与趋势 .....                | 1   |
| 1.1.1 液压螺纹插装阀形成历史与其简介 .....                | 1   |
| 1.1.2 液压螺纹插装阀形成液压主要阀种的技术时代背景 .....         | 6   |
| 1.1.3 液压螺纹插装阀技术与经济方面的优缺点 .....             | 7   |
| 1.1.4 螺纹插装阀的局限性与存在的问题 .....                | 11  |
| 1.2 液压螺纹插装阀的技术特点 .....                     | 14  |
| 1.2.1 分类特点 .....                           | 15  |
| 1.2.2 结构特点 .....                           | 17  |
| 1.2.3 性能特点 .....                           | 26  |
| 1.2.4 螺纹插装阀的功能特色 .....                     | 29  |
| 1.2.5 阀块连接特点 .....                         | 46  |
| 1.3 螺纹插装阀的应用及市场分析 .....                    | 46  |
| 1.3.1 市场应用分析 .....                         | 47  |
| 1.3.2 世界生产厂商介绍及其特点 .....                   | 56  |
| 1.4 液压螺纹插装阀的技术发展趋势 .....                   | 60  |
| 1.5 螺纹插装阀的插装阀阀孔标准及安装转矩 .....               | 62  |
| 1.5.1 螺纹插装阀阀孔的历史演变与现状 .....                | 62  |
| 1.5.2 目前螺纹插装阀阀孔的标准及其关联 .....               | 64  |
| 1.5.3 螺纹插装阀插装孔所对应的安装转矩 .....               | 66  |
| <b>第 2 章 螺纹插装阀的结构、原理、性能与选用</b> .....       | 67  |
| 2.1 压力控制阀的结构、原理、性能与选用 .....                | 67  |
| 2.1.1 溢流阀 .....                            | 67  |
| 2.1.2 顺序阀 .....                            | 91  |
| 2.1.3 减压阀 .....                            | 103 |
| 2.2 负载控制阀的结构、原理、性能与应用 .....                | 113 |
| 2.2.1 液控单向阀 .....                          | 113 |
| 2.2.2 液压平衡阀 .....                          | 122 |
| 2.3 流量控制阀的结构、原理、性能与应用 .....                | 146 |
| 2.3.1 节流阀 .....                            | 148 |
| 2.3.2 压力自补偿流量控制阀（恒流阀） .....                | 155 |

原书缺页

|              |                          |            |
|--------------|--------------------------|------------|
| 4.1.3        | 孔道连通规划                   | 340        |
| 4.1.4        | 孔道连通设计                   | 346        |
| 4.1.5        | 孔道连通优化设计                 | 350        |
| 4.1.6        | 软件实现的核心技术                | 355        |
| 4.2          | 螺纹插装阀的选型软件               | 360        |
| 4.2.1        | 螺纹插装阀选型软件的优势             | 360        |
| 4.2.2        | 螺纹插装阀选型软件的功能             | 361        |
| 4.2.3        | EasyValve 的使用            | 361        |
| 4.2.4        | 螺纹插装阀的仿真软件               | 379        |
| 4.3          | 螺纹插装阀相关 CAD 软件的比较        | 383        |
| 4.3.1        | Hydraforce 的 I-Design    | 383        |
| 4.3.2        | Eaton 的液压阀样本软件           | 385        |
| 4.3.3        | 美国 Vest 公司的三维集成块设计产品     | 385        |
| 4.3.4        | 荷兰 Hydraman              | 387        |
| 4.3.5        | 韩国 SecoMAN               | 388        |
| 4.3.6        | 中国 HMB_API11             | 391        |
| <b>第 5 章</b> | <b>液压螺纹插装式高速开关数字阀及应用</b> | <b>397</b> |
| 5.1          | 液压数字阀的概述                 | 397        |
| 5.2          | 高速开关数字阀的结构、原理与性能         | 401        |
| 5.2.1        | 阀的结构形式                   | 402        |
| 5.2.2        | 阀的性能参数                   | 402        |
| 5.2.3        | 高速快关阀的阀芯设计               | 403        |
| 5.2.4        | 电磁执行机构                   | 405        |
| 5.2.5        | 驱动放大器                    | 407        |
| 5.2.6        | 驱动放大器的输入信号与电压            | 408        |
| 5.3          | 高速开关阀的工程应用实例             | 409        |
| 5.3.1        | 汽车燃油电喷领域中高速开关阀的工程应用      | 409        |
| 5.3.2        | 在液压元件领域中高速开关阀的工程应用       | 410        |
| 5.3.3        | 在液压系统领域中高速开关阀的工程应用       | 412        |
| 5.4          | 高速开关数字阀元件的发展前景           | 416        |
| <b>第 6 章</b> | <b>许氏液压元件与系统的模块式建模法</b>  | <b>418</b> |
| 6.1          | 许氏液压大系统模块式建模法的基本概念       | 418        |
| 6.1.1        | 基本思路                     | 418        |
| 6.1.2        | 形成历程                     | 420        |
| 6.1.3        | 创新点                      | 421        |
| 6.2          | 液压大系统模块式建模法的基本原理与系统建模实例  | 425        |
| 6.2.1        | 基本原理                     | 425        |
| 6.2.2        | 子系统模型                    | 425        |

---

|  |            |
|--|------------|
| 6.2.3 系统模型 .....                         | 430        |
| 6.3 模块式建模法的拓展——对液压元件的建模 .....            | 438        |
| 6.3.1 液压元件当量系统流图及其特点 .....               | 439        |
| 6.3.2 先导式溢流阀的数学模型实例 .....                | 439        |
| 6.3.3 液压溢流阀元件的仿真与实验验证 .....              | 444        |
| 6.3.4 液压系统与元件的四种基本子模型形态 .....            | 445        |
| 6.4 隐式状态方程直接代数解法（XYZ解法）的基本原理和特点 .....    | 446        |
| 6.4.1 隐式状态方程直接代数解法（XYZ解法）的基本原理 .....     | 446        |
| 6.4.2 直接代数解法中的方程病态问题（Stiffness）的解决 ..... | 448        |
| 6.4.3 模块式建模法隐式状态方程直接代数解法的特点 .....        | 449        |
| 6.4.4 模块式建模法的发展与适用性 .....                | 450        |
| <b>第7章 螺纹插装阀在工程机械上的应用 .....</b>          | <b>451</b> |
| 7.1 压路机振动阀组 .....                        | 451        |
| 7.1.1 原理 .....                           | 451        |
| 7.1.2 特点 .....                           | 452        |
| 7.2 随车吊插装阀组 .....                        | 452        |
| 7.2.1 原理 .....                           | 453        |
| 7.2.2 特点 .....                           | 453        |
| 7.3 撒布车插装阀组 .....                        | 454        |
| 7.3.1 原理 .....                           | 454        |
| 7.3.2 特点 .....                           | 455        |
| 7.4 扫路车插装阀组 .....                        | 455        |
| 7.4.1 原理 .....                           | 455        |
| 7.4.2 特点 .....                           | 456        |
| 7.5 摆线马达专用阀组 .....                       | 457        |
| 7.5.1 种类 .....                           | 457        |
| 7.5.2 特点 .....                           | 462        |
| 7.6 车辆风扇驱动阀组 .....                       | 462        |
| 7.6.1 原理 .....                           | 463        |
| 7.6.2 种类与特点 .....                        | 464        |
| 7.7 挖掘机的应用实例 .....                       | 467        |
| 7.7.1 挖掘机先导阀组的原理 .....                   | 467        |
| 7.7.2 挖掘机先导阀组的特点 .....                   | 468        |
| 7.8 摊铺机螺纹插装阀组 .....                      | 469        |
| 7.8.1 特点 .....                           | 469        |
| 7.8.2 原理 .....                           | 469        |
| 7.9 机场驳接车插装阀组 .....                      | 471        |
| 7.9.1 滚筒部分的液压螺纹插装阀阀块 .....               | 471        |

---

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| 7.9.2 驻车制动部分螺纹插装阀块 .....          | 472        |
| 7.9.3 静液压传动系统及其液压泵上采用的螺纹插装阀 ..... | 473        |
| <b>第8章 螺纹插装阀阀块的生产加工与试验 .....</b>  | <b>476</b> |
| 8.1 材料的选用 .....                   | 476        |
| 8.2 加工流程 .....                    | 477        |
| 8.3 生产加工与检验 .....                 | 479        |
| 8.4 阀块装配测试 .....                  | 485        |
| <b>参考文献 .....</b>                 | <b>488</b> |
| <b>许仰曾教授介绍 .....</b>              | <b>492</b> |

# 第 1 章 液压螺纹插装阀的技术发展 与其市场的技术经济势态

## 1.1 液压螺纹插装阀技术的发展概况与趋势

螺纹插装阀从液压阀发展历史的连接特征来看可推为第五种连接方式的阀种，是自 20 世纪 70 年代开始的产品与技术。今天作为一种阀种进入批量生产与系统广泛应用是近三十多年的发展结果。

从当今的角度看液压螺纹插装阀的螺纹插装形式不仅仅是一种连接方式的变化，它打开了液压阀是可以发展到按液压系统要求而设计并改变的通道，它改变了过去液压系统只能选择现有的液压标准元件的被动局面。但是要完全达到这种境界还有相当的路要走。这可能并不是当初开发这种阀种意料中的初衷，从而这也说明为什么这种阀种经过如此漫长的发展年份才被逐渐认识到这一点。今天更多的厂商还在继续努力开发这种阀，但是在工程应用方面都还没有充分利用这种资源。现代的加工技术的发展通过螺纹插装阀给予了液压阀的开发与创新以更大的空间，这也是本书所要期望达到的。

### 1.1.1 液压螺纹插装阀形成历史与其简介

螺纹插装连接形式是在液压元件多种连接方式的长期应用中脱颖而出的，并形成了一种过去未被充分认识到的阀种。这种既普通又普遍的连接方式被接纳为液压阀的安装形式是一种思维的演绎，是工程机械液压发展与推动的结果。我们熟知，液压工业以工业液压为主导而并不是以工程机械液压为主导地位的时代，板式阀、二通插装阀、叠加阀等阀种在工业液压的应用中发展很快也很成功，形成了在液压阀应用中的主导地位，但也始终伴随着外泄漏的困扰。当工程机械对外泄漏要求更高时，泄漏成了液压发展的难题，螺纹插装是一个既简单又廉价的解决办法并应运而生。这种办法也在不断延伸，在我们熟悉的板式溢流阀的 DBD 溢流先导阀、板式阀的电磁铁与阀体的连接都由原来的板式连接、螺钉连接等都改进成了这种非标准插孔的螺纹连接方式，并取得了良好效果，基本上解决了液压的外泄漏问题。但是这是在二三十年的存在后，工程机械液压在整个液压应用中逐渐超过工业液压应用后，这种螺纹插装的阀种才更加引起企业与专业人员的青睐，到 20 世纪初才形成了各大跨国公司竞相并购的热点，并正成为液压阀的主阀种之一。

纵观螺纹插装阀的发展历史可见，它已经经历了形成阶段、发展阶段与兼并阶段。

形成阶段（1970—1980）：随着螺纹插装阀专业厂如美国 SUN 公司在 1970 年建立，英国的 Intergraded Hydraulic 也于 1972 年成立，就标志着它的形成。它的应用可以美国空军用于飞机燃油泵上的溢流阀等为例。由于其体积小重量轻被扩展到相关的领域。世界各国液压行业协会于 20 世纪五六十年代纷纷建立时，我们就可以追寻到这种阀的踪迹。但是它未形成气候，只是局部的采用。

发展阶段（1980—2000）：已建立一批螺纹插装阀厂商，以美国为基地的有 Hydraforce、Sun、Fluid Power Systems、Delta Power、Waterman、Parker Hannifin、Fluid Control（Danfoss）、Vickers—Modular Controls 等，在英国的有 Sterling、Integrated，在瑞士的有 Wandfluh、Bucher、Frutigen，在意大利的有 Comatrol、Oil Control，在德国的有 Rexroth、IMAV、Tries、Fluid Team、HYDAC 等。

经过了广泛的采用，螺纹插装阀逐渐形成了品种系列，占据了一定的市场份额。为适合市场需求，提出互换性，即统一插装阀孔穴几何尺寸的要求，开始制定 ISO 螺纹插装阀孔穴国际标准。由于分歧大，经过十多年的努力，直至 1998 年 ISO7789 作为螺纹插装阀插装孔穴的国际标准才得以通过。这对产生标准统一孔穴尺寸的目标而言已失去了最佳时机。中国是在 1992 年建立了第一家螺纹插装阀工厂——宁波海宏液压件厂，该厂为其母公司生产的多路阀产品配套，以生产溢流阀等压力阀与流量阀为主。

兼并阶段（2000—至今）：这个时期全世界的液压跨国企业掀起了一轮兼并风。世界上销售额达 10 亿美元的五大液压跨国公司除了以生产伺服阀为主的 MOOG 公司未进入角逐外，Parker、Bosch-Rexroth、Eaton、Sauer-Danfoss 等均并购了各自的螺纹插装阀专业厂。其中 Parker 收购了 Sterling；Rexroth 收购了 Oil Control；Eaton 收购了 Integrated；Sauer-Danfoss 收购了 Comatrol，还有 Bucher 收购了 CCC（Command Control Co.）。目前仍在收购后的整合与融合的过程中，并购效果有待考验。

在这个阶段中，中国的螺纹插装阀企业也在酝酿新的发展机遇，宁波克泰液压有限公司以其国内外市场各占一半的业绩发展起来，其中对电磁阀方面更为专重，目前已发展到一定规模。在大陆的台湾液压厂商有的生产规模在发展，有的小批量试制。国内其他小企业也一个接一个在建立。按已公布于世的信息可知，国外 Hydraforce 公司近年的年生产量可达 600 万件，相当中国 2005 年全国一年所有液压件产量的数量；中国的海宏近年也宣称年产量达 100 万件。作者创办的上海豪高机电科技公司也在这领域有所涉足，开发过风电系统用过的失压阀、电磁阀应急机构以及螺纹插装数字阀等。

可以预计在中国 2009 年国务院颁布的“装备制造业调整与振兴规划”与“十二五”的指导与支持下,中国的螺纹插装阀的生产与研发会随中国整个液压行业的大发展机遇一起有一个飞跃。世界的螺纹插装阀行业发展会在继承与创新的基础上,随着中国的螺纹插装阀产业的进入会使这一行业变得更加活跃,他们与世界螺纹插装阀的领头羊如 SUN 与 Hydrafore 及一批螺纹插装阀的强大竞争对手一起进入一个新的发展时期。

螺纹插装阀是继液压控制阀的管式(图 1-1a)、板式(图 1-1b)、叠加式(图 1-1c)、二通插装式(图 1-1d)之后出现的一种渐进发展的新的主要连接方式(图 1-1e)。今后液压螺纹插装阀将与二通插装阀一起覆盖液压阀流量范围(参图 1-20),这两种阀也在相互渗透交叉或结合,并占据液压阀的主导地位,这正在并将会进一步被实践所证实。

尽管液压螺纹插装阀的形成年代已经较久,但在我国到 20 世纪末我国行业界了解甚少。代表我国液压学术界与行业界水平并在 1999 年出版的“新编液压工程手册”中,就只有一页描述此阀就是一个明证。直至 21 世纪 90 年代,我国才建设了此阀的国营专业厂,但又由于长期仅处于为多路阀(图 1-1f)配套的定位上,因此品种规格发展的步伐不大;直到 21 世纪随着我国液压工业的快速发展后螺纹插装阀的国产化才可能进入了较快的成长期。

螺纹插装式尽管是一种连接方式的变化,但是它能发展成一种主要阀种是因为它具有许多不可取代的优点(见表 1-1)。其中之一诸如零泄露、重量轻、集成度高、加工改型相对容易、成本降低及绿色制造等优点,因此它对液压元件的发展推动与液压系统设计概念的更新有一种越来越明显的优势,这一优势在开发的初期以至今天仍未被液压用户完全开发,因此这一技术仍有推广发展的空间。作者积近二十年的关注、开发与应用认为,应将这些潜在的或尚未充分发挥的优势借本书加以阐述,以推动液压技术的发展并在液压应用上产生更大的经济效益,为液压用户带来更为符合其要求的技术与产品。

螺纹插装阀作为阀种的形成是一种渐进式的过程。至今有关这方面的技术书籍较少,杂志发表的文章也不多见。究其原因,因为它从表面看只是一种结构上的变化,既无原理方面的创新也无性能方面的突破。因此它不属于高新技术的范畴,只是一种实用的技术,因而它的发展受到的关注度并不高。然而,它经过默默无闻的发展,在工程机械领域逐渐形成自己的体系与特征后,它对液压阀发展的影响力逐渐加强,它的一些优点被开发并成为一种阀种而具备形成主流之一时起,就从一种量变形成了质变。在 21 世纪的初期,各大知名液压跨国企业纷纷收购世界液压领域中已形成有影响力或有特色的螺纹插装阀企业或公司,纳入自己的业务领域,并形成了一种收购风潮,这也证明这种阀种将会有进一步发展的生命力。我们会在本章详细介绍这一势态。



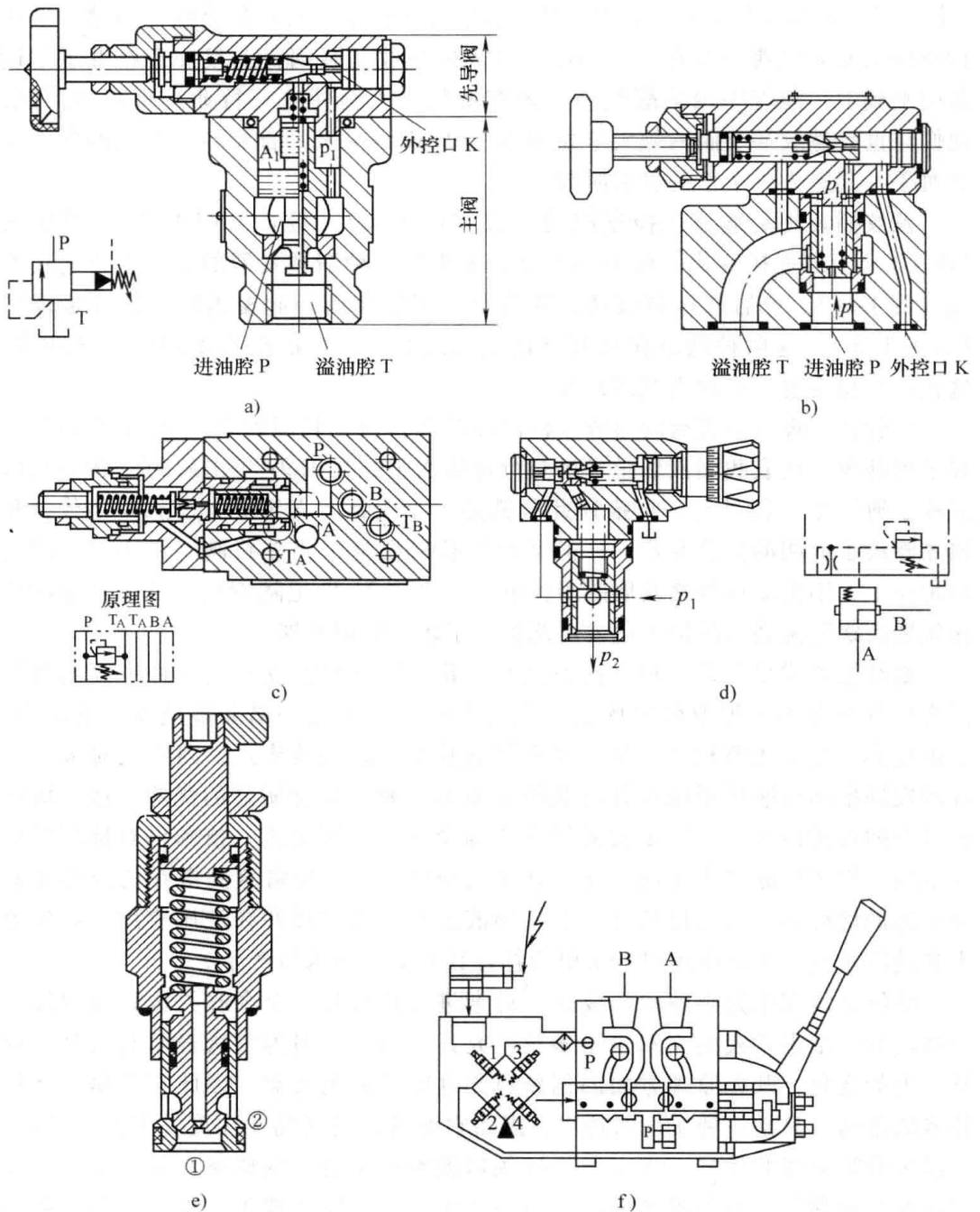


图 1-1 液压阀的六种主要结构与连接方式

- a) 管式元件 b) 板式元件 c) 叠加式元件 d) 二通插装式元件  
e) 螺纹插装式元件 f) 多路阀元件