

数字液压及数字控制技术

迅速促进整个中国工业

数字化技术进步的技术



世界首台计算机直接控制的数字式六自由度运动平台
(用六只数字缸构成——无任何传感器和伺服阀)

北京亿美博科技有限公司

二〇〇三年三月

1. 简述

液压及控制技术是一种应用极为广泛的基础技术，在国民经济各领域获得了极为广泛的应用。我国的液压及控制技术长期落后于国外，严重制约了中国主机水平的提高和工业自动化的实现，因而迅速提高我国液压技术和控制技术的水平具有极为重要的经济意义和现实意义。

在传统的液压传动中，是通过各种液压阀来控制普通油缸的运动方向、速度和位置的。为了满足各种要求，液压先驱者们，经过近百年的不断努力，发明和生产了上百种规格的液压元件和产品。但为了获得精确的控制，普通的液压元件已经不能满足要求，于是依靠电子技术和传感技术，发明了伺服阀和比例阀，这两种液压元件的出现，把液压的精确控制引入到工业领域，对工业自动化尤其是重型设备自动化起到了极大的推动作用，促进了整个工业的技术进步。

进入 21 世纪，计算机技术和数字技术已经十分完善并大量采用，如果液压技术和计算机技术相结合，必将给液压和控制技术带来巨大的进步，亿美博公司经过多年努力，研制成功的多种性能先进的数字油缸，正好满足这一要求，数字油缸利用极为巧妙的结构设计，几乎将液压技术的所有功能集于一身，它与专门研制的智能型傻瓜可编程数字控制器配合，高精度的完成了液压油缸的方向控制、速度控制和位置控制。它是集计算机技术、微电子技术、传感技术、机械技术和液压技术为一体的高科技产品。它是液压技术的一次飞跃，为液压技术和控制技术带来了崭新的活力。它优良的控制性能超过了传统液压及控制技术，由于它能广泛的应用到国民经济各领域，因而可以带来一系列的技术进步，并能促进一系列新型主机的产生，是中国用高新技术改造传统产业的有力法宝，必将为整个中国国力的迅速提升做出巨大贡献。

以下分别介绍新发明的数字油缸和智能型傻瓜数字控制器

2. 数字油缸及微型智能傻瓜数字控制器如图：



从图可知，该数字油缸外形与现有普通油缸没多少差别，但功能却大不一样，它几乎集中了现有液压技术的所有功能，它能直接接受专用数字控制器、计算机及 PLC 可编程序控制

器发出的数字脉冲信号而可靠工作，脉冲频率代表速度，脉冲总数代表行程，一一对应。数字缸只需接通液压油源（如果输出力在 1-2 吨以下不需外接油源），不需任何其它液压阀件和传感器，所有的功能都通过电子控制器直接设定，把传统液压控制中复杂的阀口控制技术彻底的改为了直接给定的电子控制技术，它不但取消了复杂的液压系统设计和各种油路块设计及加工，而且把讨厌的现场调试直接搬到了办公室。

数字缸是推动各种机构完成自动控制的精密元件，它分工业精度型、高精度型和超高精度型三类，输出力量从公斤级到千吨级，几乎包括了绝大部分液压传动中的自动控制应用领域。而最为宝贵的是它的性价比十分优良，远远超过传统系统，具有极好的应用前景。

数字缸性能指标如下：

超高精度型：

压力 Mp	速度范围 mm/s	脉冲当量 mm/个	重复定位精度 mm	行程 mm	备注
21	0.01-15	0.002	0.002-0.004	0-1000	

高精度型：

压力 Mp	速度范围 mm/s	脉冲当量 mm/个	重复定位精度 mm	行程 mm	备注
21	0.05-50	0.01	0.005-0.01	0-2000	

工业精度型：

压力 Mp	速度范围 mm/s	脉冲当量 mm/个	重复定位精度 mm	行程 mm	备注
21	0.5-800	0.1-0.2	0.05-0.1	0-3000	

注：使用压力可以根据需要设计更高压力，

数字缸频率响应：与缸的尺寸有很大关系，一般可达 5-10Hz。

3. 微型傻瓜智能可编程数字控制器（见上图）：

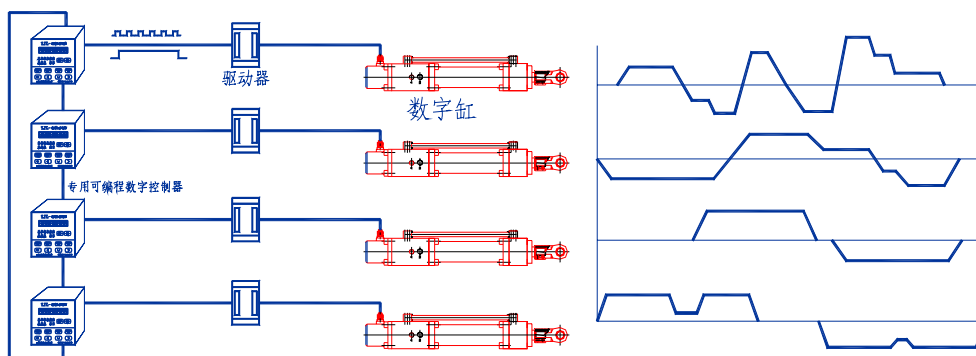
这种微型傻瓜智能数字控制器是专门为数字缸配套的控制器，面板上只有几个简单的操作键，可同时完成编程和操作，8 位数字显示既可应用于编程，也可进行操作显示和油缸运行状态显示，十分直观。性能参数如下：

- (1) 能自动搜索原点，搜索精度 $\leq 0.05\text{mm}$.
- (2) 两种加速模式任意选择
- (3) 速度范围：1-39999 个脉冲任意设定
- (4) 具有间歇补偿功能
- (5) 多段速度编程
- (6) 多段行程编程
- (7) 自动循环、自动计数和跳转功能
- (8) 多种运行状态显示
- (9) 6 个输入点和 3 个输出点：可实现外控、故障监测、报警、互相连锁
- (10) 可单独控制、多台联动和 PLC 集中控制

众所周知，在自动控制系统中，绝大部分（80%以上）是速度控制、加速度控制、点到点的位置控制以及互相之间有一定连锁关系的逻辑控制等等，比如大量的自动化装配作业线，各种机械手，各种工作主机以及机械、液压、冶金、水利、电力、建筑、石油、军工等等领域的自动化控制，绝大部分都是这种系统。这种专门与数字缸配套、而为非自动化专业的编程人员设计的多功能控制器，正好完成这些功能，每个控制器控制一个数字缸，它没有复杂的指令，编程人员只需记住几个简单的指令，输入油缸运行的一些基本参数即可，即可实现油缸软启动、软停车以及多种速度控制和多点位置控制，还解决了液压传动中的冲击、振动、噪音、故障监测等一系列难题。控制器之间还可以互相连锁，协调动作，完成复杂的多油缸协调控制功能。该控制器编程十分方便灵活，任何一个具有中学以上学历的人，只需简单培训即可掌握，大大降低了液压和自动控制的门坎，解决了大部分液压控制和自动控制普及难的问题。

4. 智能型数字液压系统的组成：

用专用控制器和数字油缸组合即构成基础级智能化的多功能数字液压系统，组成如下（油源未画-以下同）：



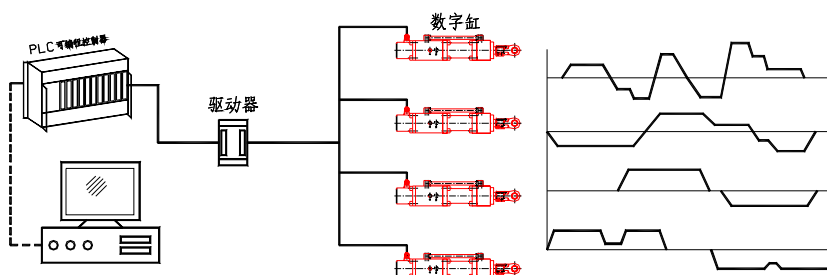
从图中可以看出无需任何液压元件，只需恒压油源，接通压力油口和回油口即可构成任何功能的液压系统，曲线部分是该系统能够协调完成的各种功能，它完全是数字信号控制，

重复性极好，这实际上就能组成一个四轴联动的组合机床。该系统具有如下优点：

- 专用控制器面向非自控专业人员,无须专业编程,把控制技术从专家手中解放了出来.只要有需要,任何人都能搞自动控制.是真正的傻瓜控制系统.
- 该系统只需接通恒压液压油源,无须任何其它液压元件,把液压从专家手中解放了出来.
- 上面系统可构成各种复杂的工业自动控制,用户能开发出各种新型自动机器.
- 该系统不但价格便宜,而且可靠性大大提高,其性能价格比是现有任何其他系统所无法相比的.
- 该系统是真正的机、电、液一体化高技术产品,它摘掉了自动控制和液压技术的神秘面纱.
- 该技术具有十分广阔的应用前景,可广泛应用到国民经济的各个领域,可促进整个中国工业的数字化革命,是用高新技术改造传统产业的最佳手段.

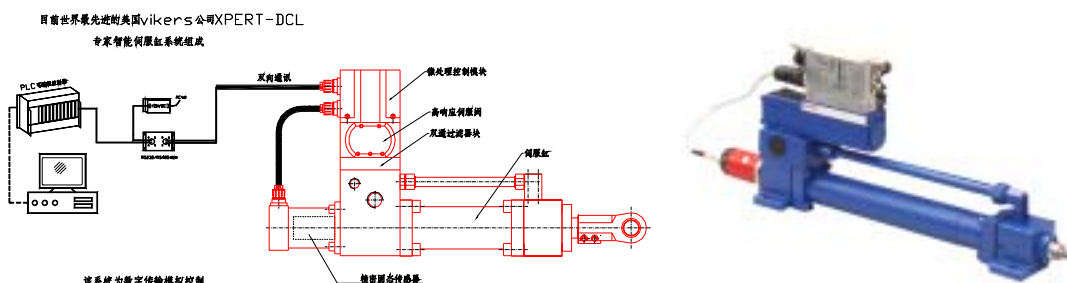
5. 用数字液压技术构成的复杂系统：

如果是特别复杂的系统，也可用传统的可编程控制器（PLC）对数字油缸进行编程控制，其控制方法与传统的伺服控制完全相同，只是全部采用数字开环控制。PLC 与上位机可完成各种通讯。其系统构成如下：



6. 目前世界上最先进的液压技术：

目前世界上最先进的数字式专家伺服系统如下图：



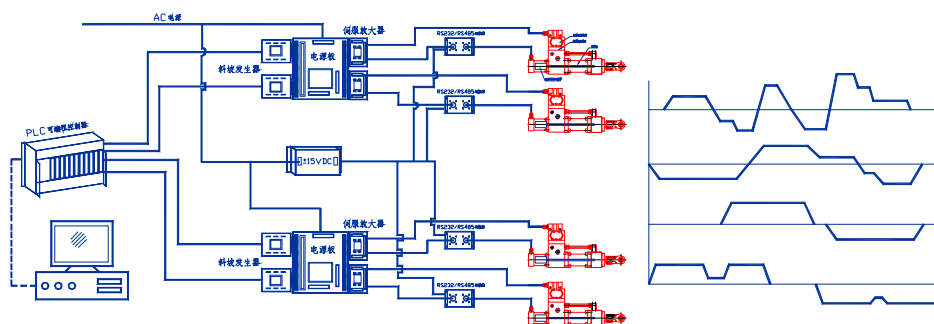
从图和照片（2003 年德国汉洛威展品）中可知，它的终端执行器——数字伺服缸是许多高新技术产品的组合，其中包括了伺服型液压缸、内置式高精度位置传感器、过滤器、伺服

阀、微型计算机控制器等等，由于传感器装在缸内，因而其他的元件只能采用垂直布置，占据了较大空间，而这些复杂的电子元器件不适宜放在环境恶劣的工业现场，使用条件要求苛刻，有一定的调试难度，维护也较麻烦。并且控制仍然采用模拟控制，因而加大了应用难度。

新数字缸无任何外置元件和不可靠的电子器件，因而几乎无任何可损坏环节，可以适应恶劣的工作环境，十分安全可靠。并且由于采用全程数字控制，大电流传输，具有十分高的抗干扰能力和抗油污能力，尤其是配合了专用的傻瓜型数字控制器后，彻底解决了液压技术和控制技术不易大面积推广应用的难题。

7. 传统经典液压伺服系统：

以下是现在广泛使用的经典伺服液压系统组成的结构图，其中许多电子元器件和电子线路需要用户自己搭建和设计，控制程序也要自己编写，十分不方便。

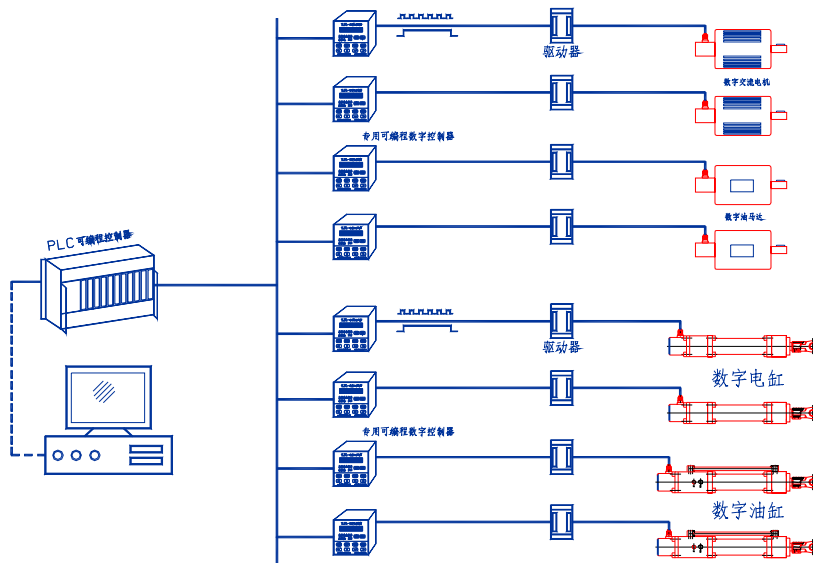


传统带伺服阀及传感器的伺服缸控制系统

图中如此复杂的系统，其实大部分完成的功能仍然是油缸的方向控制、速度控制和位置控制，而这种系统的设计，必须是液压和电气领域的行家才能胜任，它们之间的整个控制和逻辑关系又必须由专门的编程人员与工艺人员联合完成，如此复杂的系统，不但设计困难，而且调试也困难，它使得我国广大工程技术人员在如此复杂的系统面前望而却步，这就是我国工程设计自动化水平始终不能大幅度提高的根本原因。并且这种系统一旦出现故障，由于涉及专业多、环节多，十分难于查找，也严重的制约了中国工业自动化水平的提高。

8. 大型复杂数字系统：

如果采用新型数字液压缸，配合数字电缸、数字油马达、数字交流电机，再复杂的系统也容易解决，以下是一个自动化车间的控制原理图，一个中小型简单的 PLC 可编程控制器与智能型傻瓜控制器配合，即可构成基础级自动化的大型工业自动化控制系统，完成上百台数字电缸、数字液压缸、数字液压马达或数字交流调速电机的协调控制，当然，数字电缸和油缸有大有小，出力可以从公斤级到千吨级，但控制系统却完全一样，这种具有通用性的廉价型、傻瓜型智能柔性数字控制系统，可以用到国民经济各种大中小型的自动控制系统中，带来整个中国工业自动化的技术进步。



整个车间自动化的大规模数控系统

9. 用数字缸构成高精度的闭环伺服系统：

用数字缸也可以构成高精度的闭环控制系统：由于数字缸省去了位置闭环，因而把常规的单闭环系统变成了常数系统，双闭环系统（如轧机 AGC 控制）变成了单闭环系统，省掉了一个调整环节，采用这种方法，我们在连铸机液压非正弦振动和结晶器液面控制中均取得了超过传统伺服技术的效果。

10. 用数字缸构成远程网络控制系统：

由于采用数字传输，不成在失真，也不成在通讯接口上的障碍，因而特别适宜远程网络控制，尤其是数字缸能自动构成速度闭环和位置闭环，对一般位置控制系统和速度控制系统，避开了伺服控制在远程网络控制中的时间滞后难题。大部分的远程控制都是已知目标控制，数字控制具有突出的优点。

11. 应用实例

北京亿美博科技有限公司将数字液压技术应用到一系列传统液压系统难于解决的液压系统中，取得了十分可喜的成绩，举例如下：

- 连铸机结晶器液面控制：其控制精度超过国际先进水平，并获得发明专利和国家级新产品证书，可节省上亿资金，许多外国公司只好退出中国市场。
- 用于连铸机结晶器液压非正弦振动：该项目也曾是国家攻关项目而长期未获得解决，采用数字技术后已获得成功并正申请国家专利
- 与武汉水电大学合作用于水轮机调速并获得完全成功，也可申请国家专利
- 北京康瑞普公司钢材无齿锯多工位速度控制和位置控制：用户原采用进口比例阀和传感器实现锯机的多段速度控制和位置控制，由于负载惯性大（10 吨），运行不平稳，性能

不理想。后采用数字缸代替国外比例技术，现已调试成功，其水平远远超过比例技术，获得用户极大的满意。

- 钢研院极薄非晶带钢的厚度控制（微米级）：原采用伺服液压技术，故障率高，调试麻烦，一旦失控就损坏设备，决定采用数字缸代替原来的液压伺服技术，一次成功，稳定性和控制精度都超过原有技术水平。
- 陆地机动洲际导弹装弹机构的液压同步举升和移动控制：采用的是超高精度数字缸，实现了极高精度的同步举升和微调，已经稳定应用多年。
- 反舰导弹装弹机构六轴控制已获成功
- 中程导弹装弹机构控制 2001 年已获成功
- 水陆坦克模拟炮瞄装置（已于 98 年投入使用）
- 双火箭发动机多点位置控制和高精度同步控制实验装置已使用成功。
- 大型潜艇六自由度运动模拟器：原采用伺服液压技术，也因故障率高而转而采用数字技术（已于 2002 年完成平台验收）
- 舰船减摇稳控（已实验成功）
- 舰船舵机控制（已实验成功）

即将应用的领域：

- 任意数量的多缸同步系统如舞台升降和造型控制
- 高精度速度控制系统
- 高精度位置控制系统如各种大型液压机床
- 带钢跑偏系统
- 步进炉驱动系统
- 轧机 AGC 和 APC 系统
- 连铸轻压下系统
- 长行程大型水利闸门同步升降系统如三峡电站闸门提升
- 中国海洋深井取样数字驱动装置
- 汽轮机、水轮机调速系统
- 各种武器装备和自动控制系统等等

12. 结束语：

中国液压及控制技术的落后，已经严重制约了中国工业化的技术进步，数字技术的出现，给我们提供了一次赶超世界先进水平的绝好机会，中国只有采用创新和跨越式的发展道路，才有可能根本改变中国技术长期落后国外的被动局面，根据我们的查新和了解，在数字液压领域，中国目前已经走在了世界的前列，我们衷心希望，为了中国的富强，为了更加美好的明天，液压界的朋友们、自动控制界的朋友们以及各行各业的朋友们，为了你、为了我、也为了大家，让我们共同努力，推进这种极为先进的数字液压技术在各行各业的应用，促进这

些领域的技术进步，为中国工业化在中国的早日实现而添砖加瓦吧！

附国内外产品比较图：复杂和优劣程度一目了然，读者自可评价。



2003 年德国汉洛威国际展推出的最新型数字缸
(国际知名液压公司——力士乐产品)



2000 年中国推出的新型数字缸

亿美博科技有限公司

杨世祥

2003.5