

工艺设备自动化传动系统

■ (俄)奥·恩·特里丰诺夫 等 著

● 邓景流 崔朗然 刘树道 译

华南理工大学出版社

G Y S B Z D H C D X T

工艺设备自动化 传动系统

(俄) 奥·恩·特里丰诺夫 等 著

邓景流 崔朗然 刘树勋 译



华南理工大学出版社

·广州·

图书在版编目 (CIP) 数据

工艺设备自动化传动系统 / (俄) 奥·恩·特里丰诺夫等著; 邓景流, 崔朗然, 刘树道译. — 广州: 华南理工大学出版社, 2003.11
ISBN 7-5623-2015-2

I. 工… II. ①奥…②邓…③崔…④刘… III. 液压传动-自动控制系统 IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 078332 号

总发行: 华南理工大学出版社

(广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

发行部电话: 020-87113487 87111048 (传真)

E-mail: scut202@scut.edu.cn

<http://www2.scut.edu.cn/press>

责任编辑: 王魁葵 黄丽谊

印刷者: 中山市新华印刷厂有限公司

开本: 850×1168 1/32 印张: 4.5 字数: 113 千

版次: 2003 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

印数: 1~1000 册

定价: 12.00 元

版权所有 盗版必究

内容简介

本书从液压传动、液压自动化传动及其控制系统的基本概念出发，汇集了液压传动及传动自动化系统所应用到的基础理论，并着重介绍了机床自动化传动的控制、液压仿形装置（位移控制）、测量与控制变换器（传感器及变换控制信号为动力信号）以及电液变换器计算等基本技术。

本书 1998 年出版，是 1996 年开始正式出版的俄罗斯“机械制造业的生产工艺、设备和自动化”系列丛书之一，为俄罗斯联邦普通与职业教育部推荐的高校有关专业的教学参考书。

本书可供从事液压传动技术的工程技术人员、研究人员和高等工业学校有关专业的师生参考。

中译本序言

自动化传动系统广泛应用于各种工艺设备。本书为传动系统专业的教学参考书。适合于学生在具备了专业所需的数学、理论力学和传动系统专业方面的电气技术等知识后使用。本书内容包括：以一种共同的原理为基础的各种传动形式的数学描述；简要地重述了自动化传动控制的基本原则；给出刚性反馈的自动化控制的例子；变换控制器的一些特例和更详尽的电液变换器的实例分析，选用这个例子不但能把电子控制系统与液压或者气动自动化联系起来，并且其变换器本身就是多种传动形式（机械的、液压的、电磁的）的综合，这在很大程度上把学生以前在其他课程中所获得的知识联系起来。书的结尾简要地提出优化这些设备的可能。本书扼要地阐明了一系列在设计自动化传动系统时所必需的方法。

2003 年 10 月



奥·恩·特里丰诺夫

俄罗斯联邦科学与技术功勋活动家

国际信息科学院与俄罗斯质量问题科学院院士

技术科学博士、教授

莫斯科国立工业大学（斯坦金）传动系统教研室主任

译者的话

随着工业技术的发展，液压传动技术越来越为各个工业部门所重视，在造船、机床、锻压设备、矿山、冶金、起重运输、工程机械等机械产品，以及在工艺设备中得到了广泛的应用。此外，液压传动技术在舰艇、飞机、火箭、大炮等武器装备中，使用的范围也日益增多。在我国加快实现社会主义现代化，全面建设小康社会的进程中，液压传动技术必将起着巨大的作用。

2002年春，全俄液压技术方面首席主审人、莫斯科国立工业大学教授奥·恩·特里丰诺夫院士应邀来华南理工大学讲学，并与我校从事液压传动与控制技术的教师 and 研究生进行学术交流。其间，他带来了《工艺设备自动化传动系统》一书，并赠送给译者。书中介绍了液压传动的概念和基本理论，并着重介绍了液压传动的典型系统，从理论上进行了有益的探讨。书中还以液压仿形装置为伺服系统特例，对其进行了深入的研究和阐述。书中还介绍了电液变换技术。该书的第一章、第二章、第三章、第四章和第八章由奥·恩·特里丰诺夫执笔；第六章、第七章由格·奥·特里丰诺娃执笔；第五章和第七章由弗·伊·伊万诺夫执笔。在征得作者同意后，翻译成中文出版，使之与中国读者见面。

本书由邓景流、崔朗然、刘树道翻译，由刘树道统

稿。邓景流、崔朗然和奥·恩·特里丰诺夫在 20 世纪 50 年代都在莫斯科国立工业大学（原莫斯科机床工具学院）学习，并且奥·恩·特里丰诺夫和邓景流在该校机床教研室同时攻读当时苏联副博士学位。

由于两国专业习惯用语不尽相同，为照顾读者，我们在翻译时尽量采用我国的专业用语，但书中错漏难免，恳请读者批评指正。

本书在翻译出版过程中得到华南理工大学领导的关心和支持，得到华南理工大学出版社的资助，在此表示衷心的感谢。

译者

2003 年 5 月于华南理工大学

“机械制造业的生产工艺、设备和自动化”丛书

1996 年出版

工艺设备自动化 传动系统

奥·恩·特里丰诺夫

弗·伊·伊万诺夫 著

格·奥·特里丰诺娃

莫斯科国立工业大学（斯坦金）出版社

1998

自动化机器制造教育领域的教学方法联合会

“机械制造业的生产工艺、设备和自动化”丛书

编辑委员会

Ю·М·索洛缅采夫——主席	全俄通讯院士
Ю·В·科佩连科——副主席	教授
А·Г·斯系勒特拉泽——责任秘书	教授
Г·Н·安德列耶夫	教授
В·В·布舒耶夫	教授
В·Н·古谢夫	副教授
А·А·库京	教授
В·Г·米特罗法诺夫	教授
В·Л·索松金	教授
Н·М·季先科	

俄罗斯联邦普通与职业教育部

工艺设备自动化 传动系统

奥·恩·特里丰诺夫

弗·伊·伊万诺夫

格·奥·特里丰诺娃

俄罗斯联邦普通与职业教育部向高校机械制造生产工艺、设备与自动化、自动化与控制方向的“机器制造工艺”、“金属切削机床和工具”、“生产与工艺过程自动化”专业方面学习的学生推荐本书作为教学参考书。

莫斯科国立工业大学
(斯坦金)

1998 莫斯科

K621.221-62.82 (O75)

T69

审阅者:

国家奖金获得者, 技术科学博士、教授弗·克·波波夫

“祖国”设计室的部门领导, 技术科学副博士尤·弗·托奇林

奥·恩·特里丰诺夫, 弗·伊·伊万诺夫, 格·奥·特里丰诺娃 著

工艺装备自动化传动系统教学参考书。莫斯科: 莫斯科国立工业大学 (斯坦金), 1998, 119 页

阐述工艺装备传动的控制基本原则, 给出它们的数学表述, 举出自动化传动的诸例和控制设备的计算方法。

为获取工程师毕业证书资格和硕士学位的大学生, 为学习机械制造专业及研究工艺装备自动化者使用。

本书含表 8 个、图 81 幅、参考资料 24 种。

序 言

本教学参考书是按莫斯科国立工业大学（斯坦金）培养“机械制造生产工艺、设备和自动化”方向的学士以及“生产和工艺过程自动化”专业工程师的教学大纲而写成的。

本书内容包含下列课程的基本章节：

- 机械制造中自动化的工艺手段；
- 工艺装备自动化传动的电子液压元件和系统；
- 液压机械和仪表；
- 电子液压气动元件与系统的设计；
- 设计工作自动化系统中电子液压系统。

机械制造中生产与工艺过程自动化没有传动系统是不行的。其传动系统包括：取决于工艺过程的执行机构；动力机及其控制系统。动力机可能是各种各样的，因为它们实施利用了众多的物理效应，如重力（引力）以液体与气体流束变换为机械运动的形式呈现、介质的膨胀（内燃机、蒸汽机、喷汽发动机等）、磁力（电动机）、电解（容积发动机），所有传动系统借助同样的原理来描述——基于电的或力和空间的或是运动关系的。为了全面了解计算、分析和优化的方法，选择了不同能量形式（电的、磁力的、机械的、液压的）的对象来实现具有给定特性的传动，将控制的电信号变换为

磁能的控制变换器就是其中之一，它将磁能变换为机械能，机械能变为液压能并最后变换为机械能。

在书中教学内容的叙述采用了如下次序。首先让学生们关注描述传动系统诸方程的共性东西，并复习用于分析传动系统的基本物理原理与定律。接着简要阐述工艺装备自动化传动控制的基本原则，并在金属切削机床液压仿形设备的例子中示出自动控制位移的原则。然后，叙述不同工艺装备上用于控制自动化传动的测量和控制变换器。最后，在具体实例中说明了电液变换器的计算算法和电液变换器结构参数的多参数最优化方法。

本教学参考书适用于正在学习机械制造业中自动化技术、机械制造业中过程与对象的控制、自动化控制原理、工艺装备自动化传动的电子液压气动元件和系统、液压机械和元件、电子液压气动元件与系统的设计和其他与创建自动化传动有关课程的大学生。

作者对莫斯科国立工业大学（斯坦金）第一副校长尤·弗·科佩连科教授在拓宽原稿以及确定书名方面所给予的有益的指导，对审稿人国家奖金获得者、博士弗·克·波波夫教授和“祖国”设计室的领导尤·弗·托奇林副博士的认真审阅，表示衷心地感谢。

对本书的批评意见和建议请寄 103055. 莫斯科瓦德科夫斯基街 1 号“斯坦金”出版社。

目 录

第一章	液压传动的基本知识	(1)
第二章	传动系统方程描述总览	(4)
第三章	应用于传动系统分析的基本定律和原理	(7)
第四章	工艺设备自动化传动的控制基本原则	(17)
第五章	金属切削机床自动传动控制	(28)
第六章	金属切削机床液压仿形装置——自动控制 位移的例子	(43)
一、	随动系统的作用原理	(43)
二、	带单棱边节流配流阀的液压随动系统	(45)
三、	带双棱边和带四棱边节流配流阀的液压随动系统	(48)
四、	仿形误差的本质及其评定	(52)
五、	车床仿形刀架装置	(57)
六、	与给定送进相关的液压仿形装置	(61)
第七章	测量与控制的变换器	(67)
一、	测量变换器	(67)
二、	控制变换器	(76)
第八章	电液变换器的计算	(85)
一、	配流器的结构参数选择	(85)
二、	放大装置参数的选择	(95)
三、	机电变换器的结构参数选择	(104)
四、	电液变换器的一般数学模型	(115)
五、	电液变换器结构参数的最优化	(120)
参考文献		(125)

第一章 液压传动的基本知识

液压传动与电力机械、电气和气动传动一样，十分广泛地应用在各种机器中，但相比之下，液压传动却具有显著优点，特别对于那些要求在轮廓尺寸不大的设备中的需要承担较大工作负荷的装置尤其适用。例如用于汽车制动系统或自动变速箱。这是由于液压传动的工作介质强度远大于气动传动或电动机中的工作介质强度，后两者的强度几乎一样。这里关于电机中工作介质强度的概念，类同于气动和液压动力机，视为某种假定工作介质的强度。该介质作用在转子与定子之间，假定介质安放在其中的薄片上，使转子轴产生一个旋转力矩，该力矩等于电机发出的转矩。如图 1.1 所示，电机转子的转矩 $M_{\text{дв}}$ ，与极数 z 、转子半径 R 、间隙 δ 和转子有效部分的长度 L 有关，则可假设 $M_{\text{发}}$ 与 $(zRL\delta)$ 的比值为在电机转子运动方向上的某种假定压力 $p_{\text{设}}$ ：

$$p_{\text{设}} = M_{\text{дв}} / (zRL\delta)$$

假定在转子和定子之间的间隙 δ 处有一薄片，该薄片安置并固定于转子上，其高为 δ ，长为 L ，其数量与极数相等，转子运动时在这些薄片上产生的压力为 p ，则可克服作用于转子轴大小为 M_{gb} 的转矩，对于电机， $p = 0.3 \sim 1.0$ (MPa)。

液压传动与电力机械传动相比，通常效率较低并十分复杂，要求高级的维护。液压传动中的能量损失产生的主要原因是克服内部摩擦的损耗及经过间隙和密封处的介质泄漏，使用粘度低的液体作为介质将导致泄漏增加。为了减少泄漏，必须仔细研磨液压机械和元件的配合件。所以，液压传动件的加工困难，且成本较高。使用的工作介质为易燃的油，而它们的代用品则因润滑特

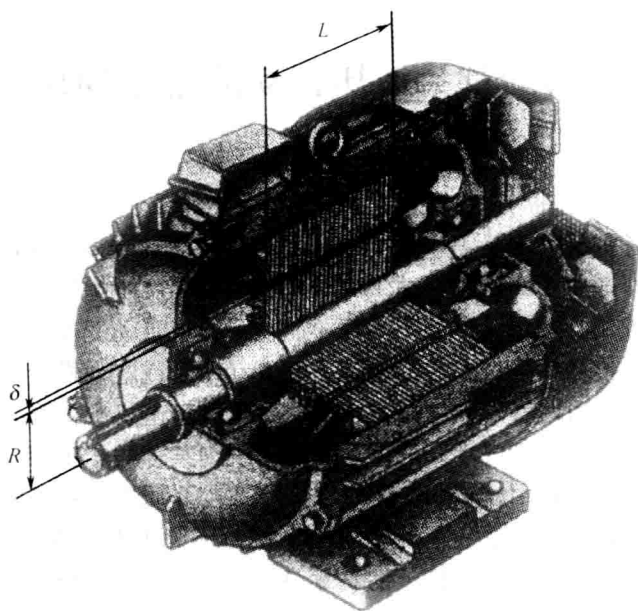


图 1.1 同步电机简图

性不好，维护工作不熟练常导致环境污染。液压传动在运动的传动方向上，工作介质强度为 $6 \sim 100\text{MPa}$ ，并有足够的柔性控制。液压装置的液体的调节可用不同的方式控制，其中也可以是电子的。液压自动化传动系统具有下列特点：

可以十分简单地实现执行机构位移速度或旋转频率的无级调节；

能源（泵站）的位置在很多情况下对设备的执行机构的布置没有明显的影响，液压传动的紧凑性和小的惯性允许执行机构很容易并很快地改变方向（例如功率为 3.75kW 、转速为 2500 r/min (42 r/s) 的液压马达换向可在 0.02s 内实现)^[10]；

应用不复杂的液压和电子装置能达到传动工作的稳定性而不

受负荷变化和温度变化的影响，并可在超负荷时传动不被破坏；

现代的电子液压设备借助计算机可以很轻松地控制液压自动传动；

如果使用矿物油为工作介质，则传动零件在好的润滑条件下工作，这可提高自动化传动工作的寿命和可靠性。

液压自动化传动和它们的控制系统包括所有形式的传动系统，有机械的、电气的、电磁的、磁力的、液压的，在个别情况下甚至有气动系统。例如液压传动中运动速度的调节可借助改变进入液压马达的工作介质（液体）的量来实现。这个调节可以靠控制泵的排量（改变其转速或泵工作腔的容积），也可以靠改变部分管道的通过能力（节流阀）也就是靠改变这段管道的液压阻力来实现。第一种调节方法叫容积式；第二种叫节流式。在每一种情况下，为了改变流入液压马达的液体量，必须实现调节元件的某些移动，即需要有某些机械驱动。如果液压自动化传动的控制系统是电气或电子的，则上述运动的完成仅靠电磁系统（传动）；如果液压自动化传动的控制是利用气动或气体射流技术，则必须有调节装置的气动传动。因此，为任何工艺设备所研制的液压自动化传动不得与所有形式的传动系统发生关系。下面将介绍不同传动系统的所有方程的汇总，并举出基本物理定律，这些定律在建立这些方程时要用到。