



中德机械与能源工程
人才培养创新教材

典型机构技术指南

——认识——分析——设计——应用

林 松 / 主编



上海科学技术出版社

国家一级出版社
全国百佳图书出版单位

中德机械与能源工程人才培养创新教材

典型机构技术指南

——认识—分析—设计—应用

林 松 主编

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书根据德国机构传动系统设计的技术标准,精选出传动机构和导向机构在各个行业中成功应用的典型范例,对其进行了全面的技术描述。全书对每一个机构的描述涵盖四个方面:从结构组成方面对机构的认识,从机构运动和动力特性方面对机构的分析,为满足复杂运动任务对机构的运动综合,以及根据机构所具备的功能扩展机构的应用。本书参照德国技术指导标准的书写规范,结合编者在机构学领域里长期积累的研究及教学成果,基于“认识—分析—设计—应用”的技术指导原则,给出了每个环节所需的技术路线、计算公式、技术评估方法等。本书以表格形式展开技术描述,图文并茂、言简意赅、书写规范。本书不仅便于初学者快速入门,还为从事机构分析和设计的技术人员提供了一个实用的工具,为从事机构学研究和创新设计的人员提供了灵感思维的基础。

本书可作为技术手册,供高等院校相关专业的学生、从事相关工作的技术人员和研究人员,在日常学习、工作中参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

典型机构技术指南:认识—分析—设计—应用 / 林松主编. —上海:上海科学技术出版社,2019.5
中德机械与能源工程人才培养创新教材
ISBN 978-7-5478-4320-8

I. ①典… II. ①林… III. ①机构学—教学研究—高等学校—文集 IV. ①TH111-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 047618 号

典型机构技术指南——认识—分析—设计—应用
林 松 主编

上海世纪出版(集团)有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社
(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235 www.sstp.cn)

印刷

开本 787×1092 1/16 印张 7
字数 150 千字
2019 年 5 月第 1 版 2019 年 5 月第 1 次印刷
ISBN 978-7-5478-4320-8/TH·78
定价:30.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,请向工厂联系调换

E

ditorial Board

丛书编委会

主 任 李峥嵘

委 员 （以姓氏笔画为序）

王 海 尹丽洁 李铮伟

陆 亮 林 松 钱慧智

曹叔维

在教育部和同济大学的支持下,同济大学人才培养模式创新实验区已经走过 10 个春秋。中德机械与能源工程人才培养模式创新实验区(简称莱茵书院)作为其中一员,自 2014 年开办以来,以对接研究生培养为主要目标,依托同济大学对德合作平台,探索并实践了双外语、宽口径、厚基础和学科交叉融合的人才培养模式,在学校和家长中得到了积极的响应。

本丛书是莱茵书院办学至今的部分成果汇报,主要包括两个部分:

一部分是根据机械、能源学科对于人才的要求,借鉴德国数学类课程体系,形成数学基本理论在学科内应用的案例教学,为研究生阶段学习奠定扎实基础。四本教材(《常微分方程典型应用案例及理论分析》《数学建模典型应用案例及理论分析》《数理方程典型应用案例及理论分析》《数值分析典型应用案例及理论分析》)中,编委们以高等院校工科学生的培养目标为准绳,以实际工程案例为切入点,进行数理知识点的分析与重构,提高工科学生的专业学习能力与分析问题、解决问题的能力。

另一部分是中德双语特色教学课程——机械原理的成果,该案例借鉴了德国亚琛工业大学、德累斯顿工业大学等优秀综合性大学的“机构学”教学经验和案例,结合了国内机械类专业本科生教学目标和知识点指标。《典型机构技术指南——认识—分析—设计—应用》是学生机构分析的案例汇编,该指南以加深学生理论基础、提升学生知识运用能力为目标,倾注了任课教师和莱茵书院学生的大量心血。

本丛书虽然是莱茵书院教学成果,亦可用于在校机械或能源类本科生和研究生辅导教材,或供相关专业在职人员参考。

在丛书出版之际,我代表莱茵书院工作组,对同济大学及其本科生院领导的支持表示诚挚感谢。在莱茵书院创办过程中,同济大学公共英语系教学团队为莱茵书院打造了特色课程体系,中德学院和留德预备部教学团队为莱茵书院的教学和学生培养提供了有

力的支撑,在此也表示衷心感谢。感谢同济大学机械与能源工程学院的支持。特别感谢莱茵书院工作组成员,大家克服困难,创建了莱茵书院,其中的彷徨、汗水和泪水最终与喜悦的成果汇合,回报了大家的初心。感谢丛书的编写者,是你们的支持保证了莱茵书院的正常教学,也推进了莱茵书院的教学实践。

尽管本丛书编写力求科学和实用,但是由于时间仓促,难免有不尽如人意之处,还望读者批评指正。

李峥嵘 教授

同济大学

2019年1月于上海



本书以同济大学莱茵书院的机械原理课程教学为内容基础,通过对学生大作业进行整理编辑而成。全书涵盖了众多的机构传动方案,每个机构传动方案都选自德国相关应用领域的实例,如德国经济生产委员会(Ausschuß für Wirtschaftliche Fertigung, AWF)和德国机械工程协会(Verband Deutscher Maschinen-und Anlagenbau, VDMA)的机构传动图册,具有很强的实践性。本书是我们从所有的机械原理大作业中精选出的一部分,所有结果都将作为机构数字化模型库的可用数据,供高校师生和工程技术人员在产品创新和技术改进工作中参考。

机械原理大作业共分为五个部分:

1. 机构基本信息

机构技术资料的数据管理和机构系统在结构、运动、动力、应用方面的技术特征。

2. 机构的认识

从机构的具体结构到抽象模型,即从机构的结构图提炼出机构简图,导出运动链,认识机构的结构组成、构件和运动副,以及它们的排列和连接等特征。

3. 机构的分析

建立机构的传动关系,分析计算机构的位置、速度、加速度、力传动和驱动特性。

4. 机构的设计

通过改变机构运动简图参数,分析机构功能与特性的改变规律,为设计者提供机构参数改变的技术指导,从而优化机构设计。

5. 机构的应用

根据所分析的机构功能和特性,列举应用实例,从“功能—原理—结构”这一顺序分析机构,明确机构的输入输出构件、机构功能、机构工作原理和机构应用场合。

全书技术资料选自同济大学莱茵书院 2013 级同学在机械原理创新教学中的大作

业,他们是冯时、张昱晖、刘琛、刘杨博焜、刘一鹏、赵振宇、林新栋、乔文韬、钱韡恺。

在此基础上,同济大学中德学院德国 CONTACT-Software 基金教席对全书内容进行了审核、修改、补充和整理。全书由教席主任林松教授担任主编,王瀚超博士担任副主编,完成了本书的规划、组织、管理和实施。基金教席参加后续整理工作的人员还有江竞宇、张宇、何军、徐晨、薛可、赵又燃。在此,编者向参与本书撰写工作的所有人员表示由衷感谢,并高度赞赏参与人员对此书所做出的每一份贡献。

由于全书内容基于学生习作,整理时间紧迫,成书难免存在不足之处,敬请读者见谅并不吝指出。

编 者



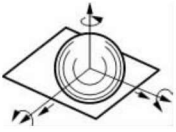
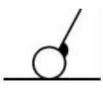
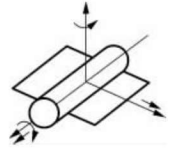
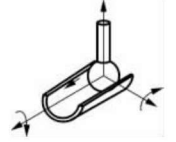
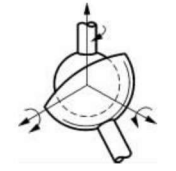
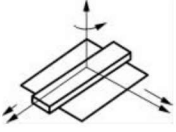
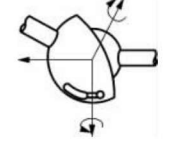
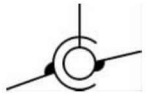
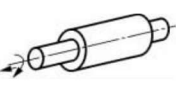
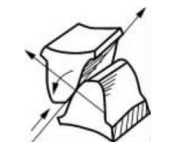
第 1 部分 机构功能特性评价体系	1
1. 机构构件及运动副的分类与识别	3
2. 机构输入输出工作特性	5
3. 输出构件与输入构件转轴的相对几何位置	7
4. 机构传动函数特征明细	8
5. 机构导向特征明细	10
第 2 部分 机构数字化模型技术指南	13
1. AWF639 - B07: 曲柄十字滑块四杆机构	15
2. AWF647 - B06: 平面六杆缝纫机机构	23
3. AWF652 - B03: 集电弓	33
4. AWF663 - B02: 平面六连杆导向机构	45
5. AWF663 - B03: 平面六杆机构	55
6. AWF663 - B17: 车门六杆机构	63
7. AWF666 - B67: 六构件齿轮连杆机构	71
8. AWF667 - B07: 双滑块四杆机构	81
9. AWF667 - B26: 四杆机构(曲柄滑块)	91
参考文献	101

第 1 部 分

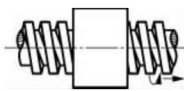
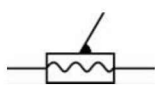
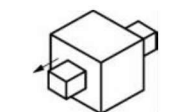
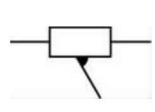
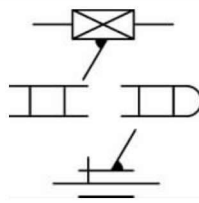
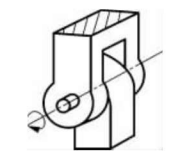
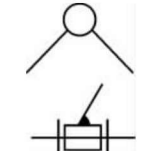
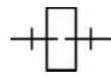
机构功能特性评价体系

1. 机构构件及运动副的分类与识别

表 1-1 机构构件和运动副分类与识别

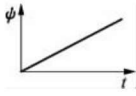
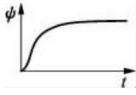
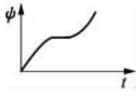
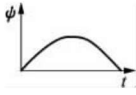
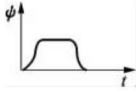
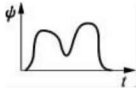
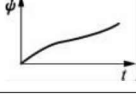
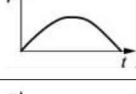
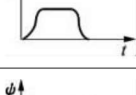
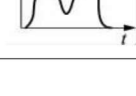
名 称	代号	类型	示 意 图	基 本 符 号	选 用 符 号	自由 度	引入约束	
							转动	移动
球与球 面副		空间 1 级 高副				5	0	1
圆柱与 平面副		空间 2 级 高副				4	1	1
球与圆 柱副		空间 2 级 高副				4	0	2
球面副	S	空间 3 级 低副				3	0	3
平面副	E	空间 3 级 低副				3	2	1
球销副	S	空间 4 级 低副				2	1	3
圆柱副	C	空间 4 级 低副				2	2	2
平面 高副		平面 4 级 高副				2	2	2

续 表

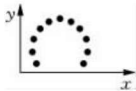
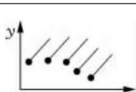
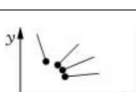
名 称	代号	类型	示 意 图	基 本 符 号	选 用 符 号	自由 度	引入约束	
							转动	移动
螺旋副	H	空间 5 级 低副				1	2 或 3	3 或 2
移动副	P	平面 5 级 低副				1	3	2
转动副	R	平面 5 级 低副				1	2	3

2. 机构输入输出工作特性

表 1-2 机构输入输出工作特性

运动规律			实 例	单向转动 R	往复移动 M	平面导向 运动 G
传动 运动 (转动 Ri)	单向转动		万向轴	R - R1	M - R1	G - R1
	单向匀速转动		齿形传动带机构	R - R2	M - R2	G - R2
	单向间歇转动		电影输片	R - R3	M - R3	G - R3
	带有波动的单向转动		棉精梳机	R - R4	M - R4	G - R4
	往复转动		雨刷	R - R5	M - R5	G - R5
	往复间歇转动		织布机负荷运动	R - R6	M - R6	G - R6
	带有波动的往复转动		加标记	R - R7	M - R7	G - R7
传动 运动 (移动 Mj)	单向直线移动		传动带运输机	R - M1	M - M1	G - M1
	往复直线移动		剃刀	R - M2	M - M2	G - M2
	往复间歇移动		气门挺杆	R - M3	M - M3	G - M3
	带有波动的往复移动		冲洗机	R - M4	M - M4	G - M4

续 表

实 例			单向转动 R	往复移动 M	平面导向 运动 G
运动规律					
导向 运动 (Gk)	点在圆上		滚动回转装置	R - G1	M - G1 G - G1
	点在直线上		直线导向运动	R - G2	M - G2 G - G2
	点在一般曲线上		从动件上的一点 经过预定的点	R - G3	M - G3 G - G3
	刚体平移		有轨电车	R - G4	M - G4 G - G4
	刚体转动		车门铰链	R - G5	M - G5 G - G5

3. 输出构件与输入构件转轴的相对几何位置

表 1-3 输出构件与输入构件转轴的相对位置

相对位置关系	S_{ij}	α_{ij}
同 轴	0	0°
平 行	$\neq 0$	0°
相 交	0	$\neq 0^\circ$
正 交	0	90°
异 面	$\neq 0$	$\neq 0^\circ$

从动件与主动件转轴的相对位置有以下几种情况：同轴、平行、相交、正交和异面，其中 S_{ij} 是转轴 l_1 和转轴 l_2 之间的距离， α_{ij} 是两转轴之间的夹角。

4. 机构传动函数特征明细

1) 从动件运动速度阶段性增大或减小

从动件在其运动周期内速度不是定值,那么该周期内必有一个平均速度,其瞬时速度有时比平均速度大,有时比平均速度小,其传动比通常情况下也随着主动件位置的变化而变化,如图 1-1 所示。

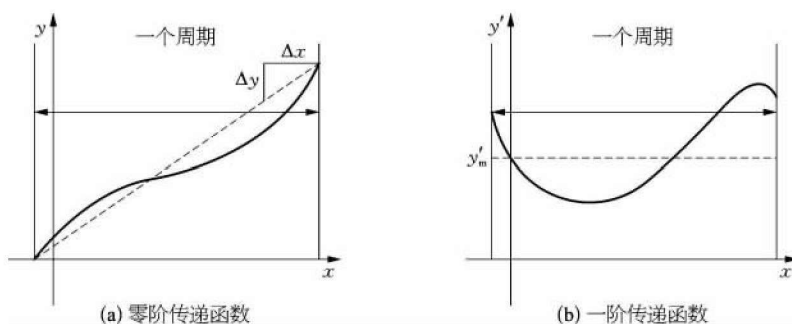


图 1-1 从动件瞬时速度有变化的传递函数图

2) 从动件在运动过程中有停歇

如图 1-2 所示,对于间歇性能的评估,按第 0 次传递函数开始的顺序,在无限接近点处有共同的水平切线,切线阶数越高,间歇性能越好。

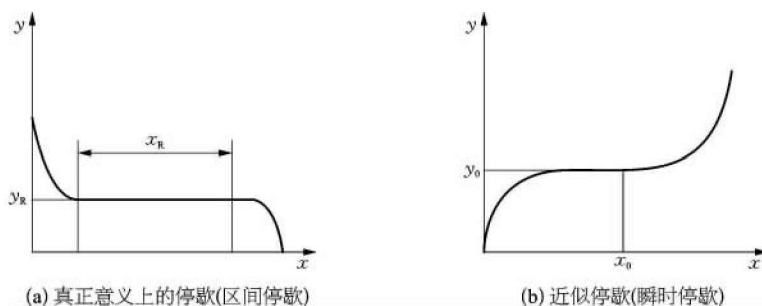


图 1-2 从动件运动有停歇

3) 带有波动的往复运动曲线

往复运动是指从动件在运动过程中运动方向发生变化,反映在零阶传递函数上就是在一个周期内其运动方向变化次数为偶数,反映在一阶传递函数上就是其阶导函数值符号发生变化,在一阶导数函数值为零的地方就是运动方向发生变化的位置,如图 1-3 所示。