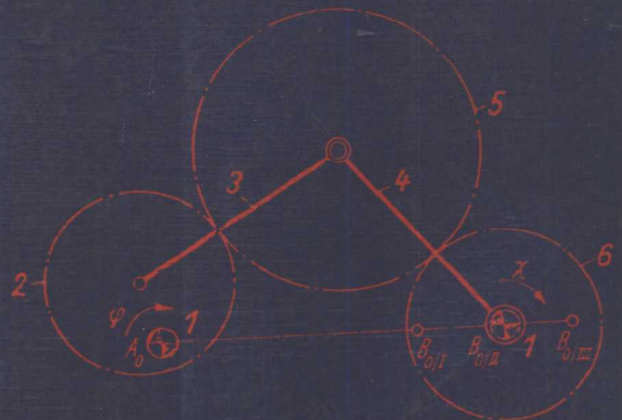


连杆机构

[民主德国] J. 伏尔默 等著



机械工业出版社

连 杆 机 构

〔民主德国〕 J. 伏尔默 等著

石则昌 陆锡年 陈立周 译



· 机械工业出版社

本书为机构学连杆机构的一本专著。内容丰富，实用性强。由于连杆机构具有许多特殊的优点，因此它作为传动机构和导引机构，已广泛地应用于各种机械、仪器和机械传动中。书中介绍了连杆机构的分类、传动特性和机构分析（运动分析、力分析、振动分析和参数测量等），并按传动要求、导引要求和动力要求介绍了连杆机构的各种综合方法；书中还就连杆机构的结构以及各种组合机构中连杆机构的分析与综合作了阐述。本书简明扼要地介绍了用于机构分析与综合的基本理论和方法；同时还有大量供实用的表格和图线，并提供了合理选择机构和计算机辅助计算方面的内容和实例。

本书可供大专院校师生及研究、设计部门专业人员阅读，对工矿企业生产部门的工程技术人员也有重要参考价值。

GETRIEBETECHNIK

Koppelgetriebe

Johannes Volmer

Veb Verlag Technik Berlin

1979

* * *

连 杆 机 构

〔民主德国〕 J. 伏尔默 等著

石则昌 陆锡年 陈立周 译

*

责任编辑：夏曼苹 晏章华 版式设计：冉晓华

封面设计：刘代 责任校对：熊天荣

责任印制：王国光

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092¹/₁₆·印张 21¹/₂·字数 524 千字

1989年12月北京第一版·1989年12月北京第一次印刷

印数 0,001—2,160·定价：12.40 元

*

科技新书目： 207—002

ISBN 7-111-01652-1/TH·284

译 者 的 话

百年来，世界各国学者对连杆机构进行了大量的研究，其论文、专著和评述浩如烟海。人们所以花如此大的精力去研究它，就在于连杆机构无论是过去还是现在，都对机械工业和生产的发展有着重要的意义和作用。

19世纪以来，以几何图解法为主导的德国机构学学派曾对连杆机构的研究作出了巨大的贡献，其研究成果长期处于世界领先地位。二次世界大战后，借助于计算技术的发展，使连杆机构在生产实际中的应用又有了新的突破，开辟了许多新的分支，对此，美国学者作了大量的工作。

本书主编伏尔默教授及参加本书编写的学者均为世界著名的机构学专家。书中几乎汇总了近百年来德国机构学派的研究成果，也包括了本书编者所研究的成果，同时又吸收了世界其他国家近30年来在机构学研究工作方面的成果。因此，世界上许多研究机构学的权威都认为，本书是当今论述连杆机构最丰富和最全面的一本专著。对于这个评论，译者亦有同感。

为了推动我国机构学教学与研究的发展，并有助于我国机械工业设计水平的提高，译者翻译了本书，将它介绍给我国的教育界与工程界，并衷心希望本书能直接与间接地对我国四化建设起到促进作用。

限于译者水平，书中的翻译不妥和错误之处在所难免，希读者不吝指正。

本书由石则昌、陆锡年及陈立周同志翻译并互校。竺兆辉和陈传两同志也参加了部分翻译工作。

译者

一九八八年十月

前 言

连杆机构具有多方面的独特的优点，因而在加工机械和仪器中得到了广泛的应用。例如在农业机械和重型机械中，就利用了连杆机构的运动副能承受重载和防止污染及其他有害影响的优点。科学的有根据的选择适当的机构型式和合理确定机构的构件和运动副是极大地提高生产率和许多采用连杆机构工作的机器和仪器可靠性的前提条件。

在国际上的许多出版物中，已有不少关于连杆机构的内容丰富的论文。出版者和编写者力图从中选出有实用意义的部分，整理出那些可供设计部门直接和合理使用，并用最新研究成果加以充实和补充的论文。本书具有手册性质，主要供设计人员使用。它如同一个目的和方法的储存器，给设计者指明了连杆机构在本质上具有什么样的特性，尤其是指出了用什么样的机构可以完成某个确定的任务。从这个观点出发，书中的主要内容着眼于介绍确定连杆机构运动尺寸的方法，而删去建立于理论基础上的一些详尽的推导。书中的许多实例说明了各种设计方法在不同技术领域内的应用，并总是注意到运转性能和加工制造方面应遵循的准则。通过这些实例可以促使设计人员去采用适合于不同设计要求的连杆机构。无数的线图（图表）、表格、一览表和适于在计算机上进行综合的算法都有助于设计者作为快速选取有利解决方案的有效手段。连杆机构的结构型式、连杆机构运转性能的理论分析和实验分析、振动、运动副间隙和误差的影响以及惯性力的平衡问题均在本书各章节中作了详细的阐述。

本书作为机构学丛书之一，无疑会使从事研究、研制、设计以及机械制造和仪器制造结构专业的研究人员引起极大的兴趣。本书在主编领导下，由卡尔·马克斯工业大学的专业人员以及由K. 洛克教授领导的德累斯顿工业大学机构学研究小组共同编写而成。

主编以编写组的名义对那些在编写本书过程中给予支持的同行们表示感谢。特别要对技术出版社在本书迅速编辑加工和精心装璜方面所作的努力予以致谢。

约翰纳斯·伏尔默

编 著 者

- R. 布洛克博士, 卡尔·马克斯城 (3.1至3.3节)
- H. 德累西斯教授, 卡尔·马克斯城 (3.4, 7和8.4节)
- G. 格森博士, 卡尔·马克斯城 (8.1至8.3节)
- C. 哈默斯密特博士, 卡尔·马克斯城 (3.5节)
- W. 伊默博士, 德累斯顿 (4.5节)
- G. 伊斯诺博士, 德累斯顿 (5节)
- P. 雅可比博士, 卡尔·马克斯城 (2.1至2.3节)
- K. 洛克教授, 德累斯顿 (1节)
- K. 莫德勒博士, 德累斯顿 (4.1至4.3节)
- R. 罗伊曼博士, 德累斯顿 (2.1至2.4和6节)
- K. 莱茵斯拜尔克工学士, 德累斯顿 (4.6节)
- A. 勒尔博士, 卡尔·马克斯城 (2.5节)
- W. 罗斯博士, 卡尔·马克斯城 (3.6节)
- H. 斯特罗赫曼博士, 德累斯顿 (4.4节)
- J. 伏尔默教授, 卡尔·马克斯城 (1, 2.4, 4.1, 4.7和6节)

目 录

第一章 导言	1	2.5.2 齿轮连杆机构	55
1.1 连杆机构是机械和仪器的组成部分	1	2.5.3 凸轮连杆机构	63
1.2 设计连杆机构的步骤	6	第三章 连杆机构的分析	65
1.3 历史的回顾和发展趋势	9	3.1 概述	65
第二章 连杆机构的分类	12	3.1.1 分析的目的、准备及实施	65
2.1 结构	12	3.1.2 结果的描述、求值和结论	66
2.2 连杆机构的基本特性	18	3.2 运动参数的分析	67
2.2.1 传动机构的概念	18	3.2.1 图解法	67
2.2.2 导引机构的概念	20	3.2.1.1 传动函数 ($\dot{U}F$) 和轨迹	
2.3 传动机构的分类	20	曲线的确定	67
2.3.1 四杆机构	20	3.2.1.2 运动状态的确定	69
2.3.1.1 平面四杆机构	20	3.2.1.3 传动比和转移距的确定	71
2.3.1.2 空间四杆机构	21	3.2.2 计算分析	72
2.3.2 六杆机构	28	3.2.2.1 数学基础	72
2.3.2.1 平面六杆机构	28	3.2.2.2 数值求解	75
2.3.2.2 空间六杆机构	34	3.3 力的分析	78
2.3.3 具有两个主动件的连杆机构	35	3.3.1 基本原理	78
2.3.4 多于六杆的连杆机构	37	3.3.2 图解分析	79
2.4 导引机构的分类	38	3.3.2.1 根据功率原理进行力分析	79
2.4.1 点的导引	39	3.3.2.2 用杆组进行力分析	80
2.4.1.1 直线、圆和椭圆	39	3.3.3 计算分析	81
2.4.1.2 四杆机构的连杆曲线	39	3.3.3.1 机构构件平衡条件下方程	
2.4.1.3 对称连杆曲线	43	的求解	81
2.4.1.4 连杆曲线的多重产生	44	3.3.3.2 虚功原理的应用	81
2.4.1.5 与主动参数相对应的连		3.3.3.3 数值计算	82
杆曲线	48	3.4 振动分析	83
2.4.1.6 连杆曲线族	48	3.4.1 引言	83
2.4.1.7 五杆和多杆机构的连杆曲线	49	3.4.2 非线性运动方程	84
2.4.2 平面导引	50	3.4.3 微小振动运动方程的简化	88
2.4.2.1 一般的平面导引	50	3.4.4 运动的稳定性	90
2.4.2.2 移动 (平行导引)	51	3.4.5 非稳态过程	94
2.4.2.3 转动	53	3.5 误差影响及运动副间隙影响的分析	97
2.4.2.4 与主动参数相对应的平		3.5.1 构件长度误差的影响	97
面导引	53	3.5.1.1 图解法	97
2.4.3 空间导引机构	54	3.5.1.2 算法	100
2.5 组合机构中的连杆机构	55	3.5.2 运动副间隙的影响	103
2.5.1 组合方式	55	3.5.2.1 静态影响	103

3.5.2.2	动态影响	104	4.3.1.8	具有两个折返位置的摆动(曲柄为主动)	144
3.6	测量技术的分析	106	4.3.1.9	具有两个折返位置的移动(曲柄为主动)	147
3.6.1	测量技术的任务	106	4.3.1.10	空间曲柄摇杆机构和空间曲柄滑块机构	148
3.6.2	运动量的测量	107	4.3.2	六杆机构	150
3.6.2.1	运动参数的测量	107	4.3.2.1	四杆机构的串接	150
3.6.2.2	运动副元素(运动副间隙)相对运动的测量	108	4.3.2.2	双座机构死点位置的设计	153
3.6.3	力的量的测量	108	4.3.2.3	三座机构死点位置的设计	154
3.6.3.1	用电阻应变片进行力的测量	108	4.4	实现转动和移动时给定运动速度的连杆机构	155
3.6.3.2	用压电式力传感器测量运动副反力	109	4.4.1	实现1阶传动函数给定值的连杆机构	156
3.6.3.3	同时测量运动副反力和运动副元素的相对运动	109	4.4.1.1	具有一个给定传动比的摆动	156
3.6.4	测量数据的传输	110	4.4.1.2	具有一个给定转移距的移动(四个位置对应)	157
3.6.5	振动分析和噪声分析	112	4.4.1.3	具有两个给定传动比的摆动(四个位置对应)	159
3.6.6	机器诊断	115	4.4.2	实现1阶传动函数一个给定极值的连杆机构	159
第四章	传动机构的综合	116	4.4.2.1	1阶传动函数为极值时的机构位置	159
4.1	确定运动尺寸的预备知识	116	4.4.2.2	实现传动比一个极值的四杆机构	160
4.1.1	运动要求的精确表述	116	4.4.2.3	四个位置对应和传动比的一个极值	162
4.1.2	连杆机构型式的选定(结构综合)	117	4.4.3	实现1阶传动函数两个给定极值的连杆机构	164
4.2	实现任意传动函数的连杆机构	121	4.4.3.1	实现传动比两个极值的四杆机构	164
4.2.1	设计任务的预加工	121	4.4.3.2	实现传动比两个极值的曲柄导杆机构	166
4.2.2	图解法(精确综合)	122	4.4.3.3	实现转移距两个极值的曲柄滑块机构	167
4.2.2.1	四杆机构	122	4.4.3.4	实现给定不均匀系数的前置机构	168
4.2.2.2	六杆和多杆机构	126	4.4.4	在一定范围内实现近似定传动比的连杆机构	170
4.2.3	精确综合的分析方法	129	4.4.4.1	实现近似定传动比的四杆机构(四个位置对应)	171
4.2.4	近似综合的分析方法	131			
4.3	实现给定摆角和位移的连杆机构	137			
4.3.1	四杆机构	137			
4.3.1.1	无折返位置的同向摆动	137			
4.3.1.2	具有内折返位置的同向摆动	139			
4.3.1.3	无折返位置的反向摆动	140			
4.3.1.4	具有外折返位置的反向摆动	141			
4.3.1.5	无折返位置的摆动(滑块为主动)	141			
4.3.1.6	具有折返位置的摆动(滑块为主动)	142			
4.3.1.7	无折返位置的移动	142			

4.4.4.2 连杆机构的串接	172	的四个位置	230
4.5 实现多折返位置摆动的连杆机构	172	5.2.1.4 与主动参数相对应的平 面位置	231
4.5.1 停歇机构	172	5.2.2 一般情况 (计算法)	232
4.5.1.1 从动件在折返位置具有 一次停歇的停歇机构	173	5.2.3 特殊情况	236
4.5.1.2 可调停歇机构	193	5.2.3.1 平面的转动	236
4.5.1.3 具有中间停歇的摆动	194	5.2.3.2 平面的移动	237
4.5.1.4 具有两次停歇的摆动	196	5.3 点的导引	238
4.5.2 具有多个折返位置的摆动	199	5.3.1 一般情况	238
4.6 从动件作整周转动的连杆机构	202	5.3.1.1 不计主动参数时导引轨迹的 近似实现	239
4.6.1 往复运动转换为转动	202	5.3.1.2 利用机构的调节改变导 引轨迹	241
4.6.2 前置机构	203	5.3.1.3 计及主动参数时导引轨迹 的近似实现	242
4.6.2.1 实现给定超前量的双曲 柄机构	204	5.3.2 直线导引	244
4.6.2.2 双曲柄机构的任意角度 对应	206	5.3.2.1 精确直线导引	244
4.6.2.3 实现角度对应的转动曲 柄导杆机构	211	5.3.2.2 近似直线导引	244
4.6.2.4 在一定范围内实现从动 件匀速运动的前置机构	213	5.3.2.3 与主动参数相对应的直 线导引	256
4.6.3 特殊的传动比	214	5.3.3 圆的导引	256
4.6.3.1 不均匀度	214	5.3.3.1 圆的精确导引	257
4.6.3.2 双曲柄机构的连接	214	5.3.3.2 圆的近似导引	257
4.6.3.3 具有双曲柄机构的机构 组合	215	5.3.4 若干数学曲线的复演	258
4.6.4 步进机构 (整转停歇机构) 和 逆转式步进机构	217	5.3.5 对称连杆曲线	259
4.6.5 多次整转	217	5.3.6 具有尖点的连杆曲线	261
4.7 实现杆件间给定相对运动的连杆 机构	217	5.3.7 缩放机构	262
4.7.1 设计任务	217	第六章 齿轮连杆机构的计算	263
4.7.2 简单传动函数	218	6.1 设计任务	263
4.7.3 对角传动函数	220	6.2 具有回转从动运动的齿轮连杆机构	263
第五章 导引机构的综合	225	6.2.1 具有大传动比的齿轮连杆机构	263
5.1 确定机构运动尺寸的预备知识	225	6.2.2 无停歇的非匀速转动	266
5.2 平面导引	225	6.2.3 具有部分逆转的转动 (带逆转 的步进运动) 或具有停歇的 转动 (步进运动)	267
5.2.1 一般情况 (图解法)	226	6.2.3.1 双轮机构和三轮机构	268
5.2.1.1 平面 E 在参考平面 E_0 上 的两个位置	226	6.2.3.2 摆线控制的双杆组	275
5.2.1.2 平面 E 在参考平面 E_0 上 的三个位置	227	6.3 实现摆动的齿轮连杆机构	279
5.2.1.3 平面 E 在参考平面 E_0 上		6.3.1 具有大摆角的摆动	279
		6.3.2 具有停歇的摆动	279
		6.3.3 具有停歇和部分逆转的摆动	281
		6.3.4 在一定范围内具有定传动比	

的摆动.....	282	8.2.4 构件的载荷、质量、质量分布、	
6.4 可调式齿轮连杆机构.....	283	刚度和材料经济性对机构构	
6.5 齿轮连杆机构的串接.....	284	件结构的影响.....	303
第七章 力的平衡.....	285	8.2.5 可调式机构构件.....	304
7.1 主动件作整周转动时机构的动态		8.2.6 超宽的机构构件.....	305
力平衡.....	285	8.2.7 过载和冲击的保护装置.....	305
7.2 利用弹簧平衡驱动力和驱动力矩.....	290	8.3 运动副.....	306
7.3 惯性力的完全平衡.....	293	8.3.1 转动副.....	307
第八章 结构设计.....	294	8.3.2 移动副.....	309
8.1 概述.....	294	8.3.3 凸轮副.....	309
8.2 机构的构件.....	294	8.3.4 复合运动副.....	309
8.2.1 连杆机构构件的设计.....	295	8.3.5 运动副中的间隙.....	309
8.2.1.1 只带转动副的连杆机构		8.3.6 空间运动副.....	310
构件.....	295	8.4 机构构件几何尺寸的合理确定.....	310
8.2.1.2 具有转动副和移动副的		8.4.1 横截面尺寸的确定.....	310
连杆机构构件.....	298	8.4.2 运动副的计算.....	315
8.2.2 过约束机构.....	300	8.4.3 弹性的影响.....	317
8.2.3 制造、可加工性、装配和空间		参考文献.....	320
条件对机构构件结构的影响.....	301		

第一章 导 言

1.1 连杆机构是机械和仪器的组成部分

连杆机构[⊖]是一种在机械制造的许多部门和仪器制造中得到广泛应用的机构型式。连杆机构和凸轮机构一样,主要用作传动机构。这就是说,连杆机构将主动件的运动和力传递到与执行机构直接或间接相连的从动件上,而执行机构则促使实现机器的工艺过程。运动的传递是根据传动函数来实现的^[1.1]。图1.1的例子表示了一种高速运转的纺织机(针织机)的连杆机构。

连杆机构用作导引机构时,具有多种多样的应用可能。它可以导引某一点在给定轨迹(导引轨迹)上运动,或导引物体通过预定的位置。在图1.2所示的简单的例子中,被导引的物体是飞机的舱门,在这里连杆机构起着铰链(合页)的作用。

根据机构^[1.1]这一概念的一般定义,可将连杆机构定义如下[⊖]:

连杆机构是至少具有四个用滑动运动副连接的固体构件的机构。所有的连杆机构都至少包括一个固体连杆,也就是说,在最简单的情况下具有一个与两个铰接在机架上的构件相连接的机构构件。可以这样来理解固体构件和固体连杆,即以液态或气态介质进行运动传递的机构或具有挠性构件(皮带、绳索和带子)和其他只能承受拉力构件的机构都不能视为连杆机构。它们属于具有拉、压介质的机构型式。

刚性的连杆机构构件这一假定是一种常见的、合乎要求的抽象概念,它基本上简化了许多机构学问题的求解。实际上,机构的每个构件是具有弹性的,并且在作用力的影响下产生变形。尤其是高速运转的连杆机构,作用力中的惯性力就起着主要的作用并能导致变形和振动,从而干扰了工艺过程和产生强烈的噪声。另一方面,也可以有意识的这样来设计机构构件,使得构件的弹性产生所期望的运动变化过程,如用于弹簧锤(图1.3)或振动输送机中的弹性构件。

连杆机构的运动副是滑动副,也就是说,运动副元素为面接触且相对滑动。平面和球面连杆机构中的运动副是转动副和移动副,并作成滑动和滚动轴承或滑动和滚动导轨的形式;空间连杆机构中的运动副除了转动副和移动副外,还包括螺旋副、圆柱副、球面副和平面副^[1.1]。滑动运动副可承受较高的载荷,这就是连杆机构与其他机构型式相比所具有的基本优点之一。

作为在机械制造特别是在加工机械制造业中占主要地位的机构型式——连杆机构,已在文献^[1.7]至^[1.9]中多次讨论了它同其他型式机构特别是凸轮机构相比所具有的优缺点。对究竟应优先采用哪种机构型式的问题不应该作片面的回答;可以说,没有一种机构型式能非常圆满地解决机构学的问题。因此选用机构型式应取决于设计要求及许多对机构设计具有重

⊖ 连杆机构(Коррелгетрибе)曾被称为铰链机构、曲柄机构和杠杆机构。英文称为Linkage,俄文称为 Рычажные Механизмы и Шарнирные Механизмы。

⊖ 本书所采用的概念、定义和符号均和机构学丛书^[1.1]至^[1.5]所采用的完全相同,它们依据于由伊尔梅诺工业大学A. 鲍克教授建立的KDT工作组(机构学概念)的研究成果。

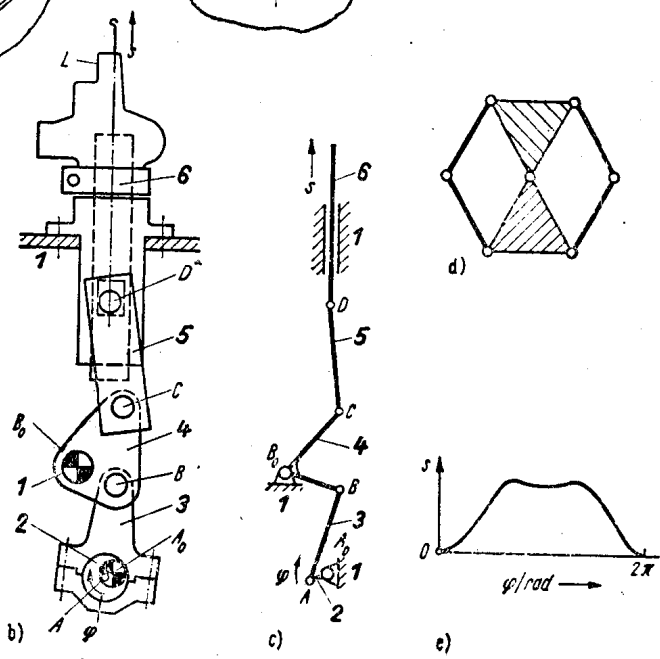
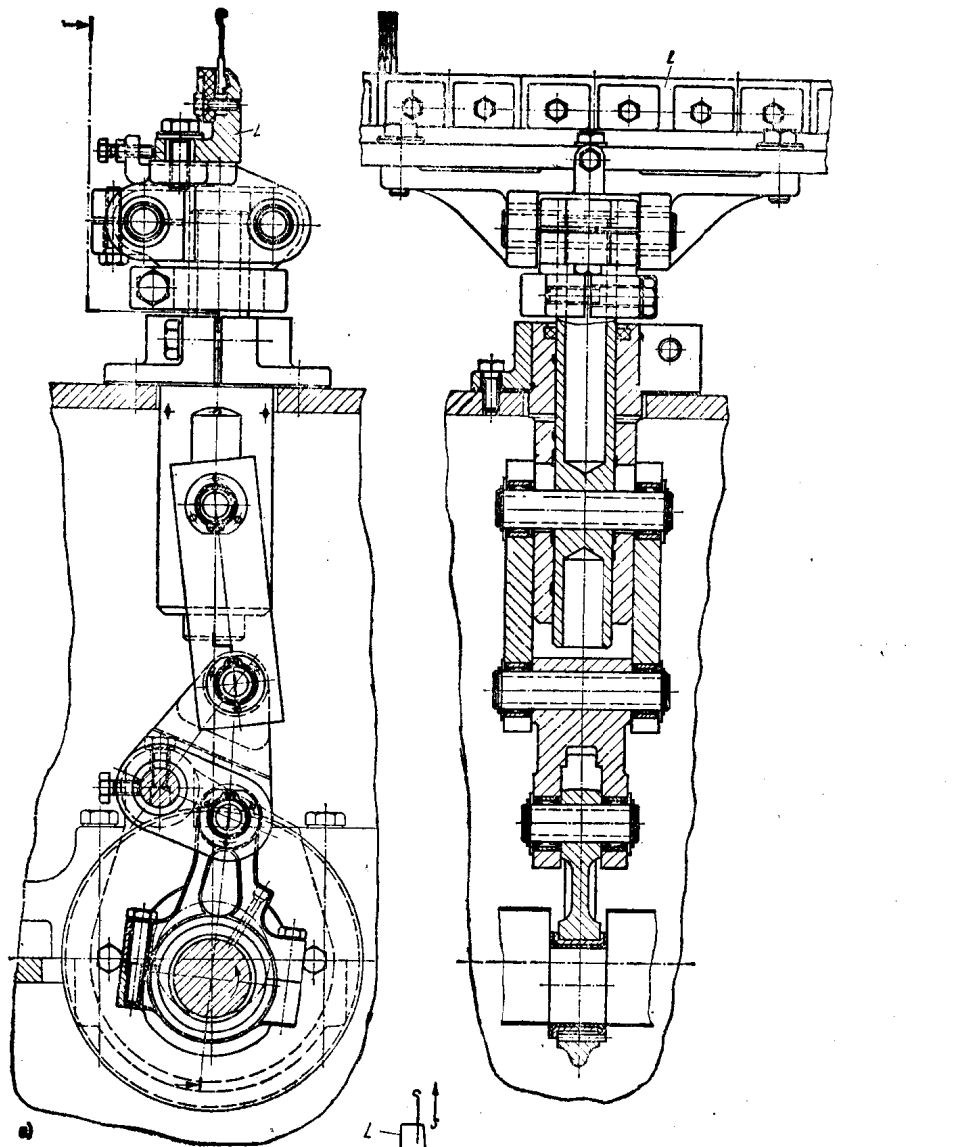


图1.1 针织机中针杆驱动装置的连杆机构
 a) 结构图 (L为套圈板)
 b) 简图(略图) c) 机构图(运动简图) d) 运动链 e) 传动函数

要作用的因素 (1.2节)。

当将连杆机构与凸轮机构进行比较时,可以从以下几方面加以考虑:用三杆凸轮机构能在大的范围内精确满足任一运动要求,而连杆机构原则上只能近似实现预定的传动函数和导引轨迹。但各个运动过程应始终是连续的,这样才能采用高的工作速度。连杆机构实现运动任务的原则上的可能性应视连杆机构型式的特性而定。它与连杆机构的结构、也就是与构件和运动副的数目及其相互配置,以及与实现传动函数和导引所需的基本尺寸(运动尺寸)有关。例如,用一个四杆机构只能产生没有停歇的摆动。要实现具有停歇的传动函数,应采用至少是六杆的连杆机构。

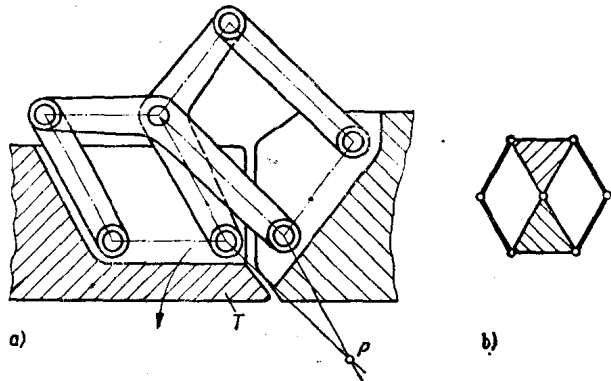


图1.2 连杆机构用作飞机舱门铰链

a) 结构图 (T 为舱门, P 为理想转动中心) b) 运动链

有针对性地选择合适的连杆机构

的型式及确定连杆机构构件和运动副的尺寸应要求比设计凸轮机构具有更多的专门知识。本书以清晰的形式为设计者介绍了这些知识,并始终有助于设计者去找出在构件数方面最简单的机构。为此可利用第二章中给出的一览表。为了减少制造费用和材料消耗,也为了控制惯性力、弹性变形和运动副间隙的影响以及达到装配简单、互换性好、易维修、润滑条件好、造型美观和体积小的目的,自始至终应力求选用具有最少构件数和运动副数的连杆机构型式。

与凸轮机构相反,根据设计要求来估计待求连杆机构的空间尺寸大多是很困难的甚至是不可能的。连杆机构在机架上需要较多的支承点,这样,设计者常须采取特殊的措施来配置这些支承点。

连杆机构的优点在于,它的运动副可以设计成其运动副元素为面接触的滑动运动副,因此可承受很高的载荷。运动副元素的表面形状保证了运动传递的强制性,运动副间隙的大小可根据工作条件加以确定。在因强烈磨损或其他因素影响而难以润滑的部位,如在农业机械和光学仪器中,运动副可设计为封闭和无需维护的形式。

连杆机构构件和运动副的加工要比凸轮机构凸轮体的加工容易得多。为了能影响或调整连杆机构的传动函数,可将连杆机构的构件制成可调式的。

与图1.1至图1.3所示的例子一样,下述例子也显示了连杆机构在机械制造和仪器制造各部门中多方面应用的可能性。

连杆机构以多种多样的方式应用于农业技术,为适应各种工作条件和载荷,它们的运动副设计成封闭式的,且将各构件设计得简单和结实。图1.4的例子表示了一台联合收割机,其中工作机构,如拨禾齿 Z 和刀架 M ,均由连杆机构导引和驱动。

实现拨禾齿 Z 平行导引的导引机构是平行双曲柄机构(图1.4b)。在图1.4c所示的机

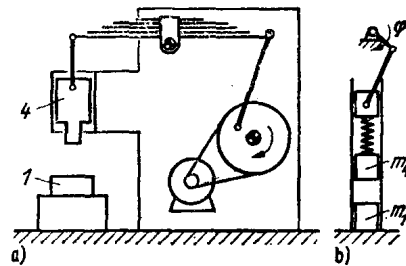


图1.3 弹簧锤

a) 机构简图 b) 计算模型,

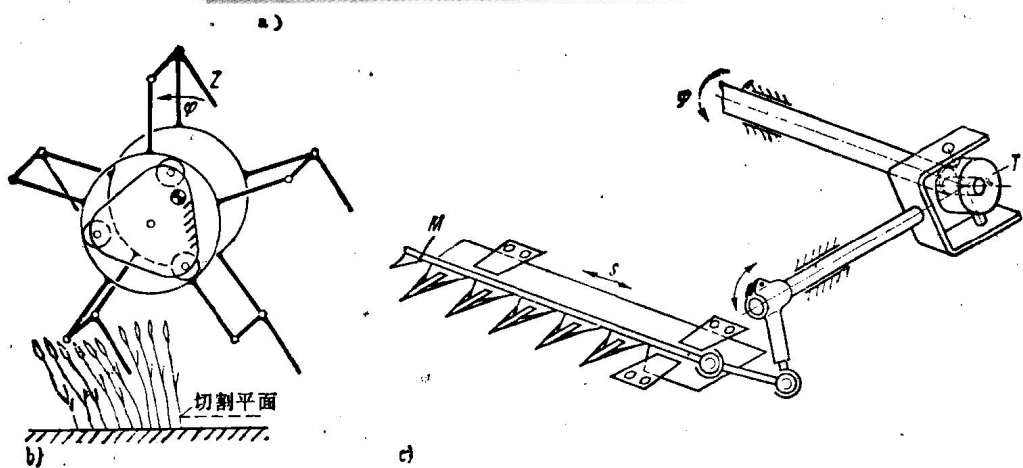
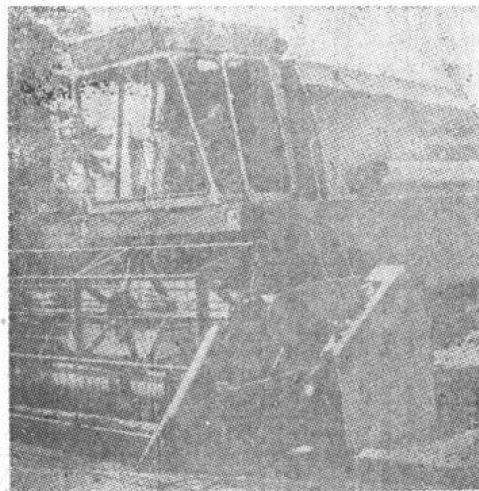


图1.4 收割机

a) 外形图 b) 拨禾齿 (Z为齿) 的导引机构 c) 制刀驱动装置 (T为斜摆盘机构, 参照图8.31, M为刀架)

构简图中, 刀架M由作整周转动的驱动轴经球面连杆机构即球面十字滑块曲柄机构(斜摆盘机构T)和后接的空间滑块摆杆机构所驱动。这种空间连杆机构是一种传动机构[1.38], 并具有体积小和结构紧凑的特点(图8.30 a)。

图1.5所示的例子说明了连杆机构在食品机械制造中的应用, 同时说明了怎样才能将连杆机构与齿轮组合成齿轮连杆机构, 并表明会出现哪些特有的运动特性。本例给出了两个独立的主动件, 其中一个用来调节传动函数。图中所示的面包加工机用于制作各种式样的小面包。面团由料斗下方的滚子成形, 然后通过一个槽辊R被分割成条状, 接着被切刀S切成等长的各方块。工作时, 块的长度是可以调整的, 也即使槽辊作停歇角可变的步进式转动。槽辊则由摆杆6并通过游轮F及齿轮7和8所驱动, 而摆杆6的摆角大小可以这样来加以改变: 使行星轮4在固定不动的内齿轮3内滚动和使连杆5同行星轮4相铰接的点C的导引轨迹曲线为一一直线 k_c , k_c 的位置又可用手轮H通过图示的蜗杆机构转动齿轮3来改变。曲柄2为主动件, 并在点A与行星轮4相铰接。

连杆机构在仪器制造中应用的典型例子是图1.6所示打字机的打字杆机构。连杆机构的作用在于, 使一个由弹簧驱动的主动摆杆2的能量变换为打字杆打字符时所要求的能量。在许多例子中, 有一些是用计算技术来分析部分空间连杆机构有关运动转换和最优化尺寸确定方

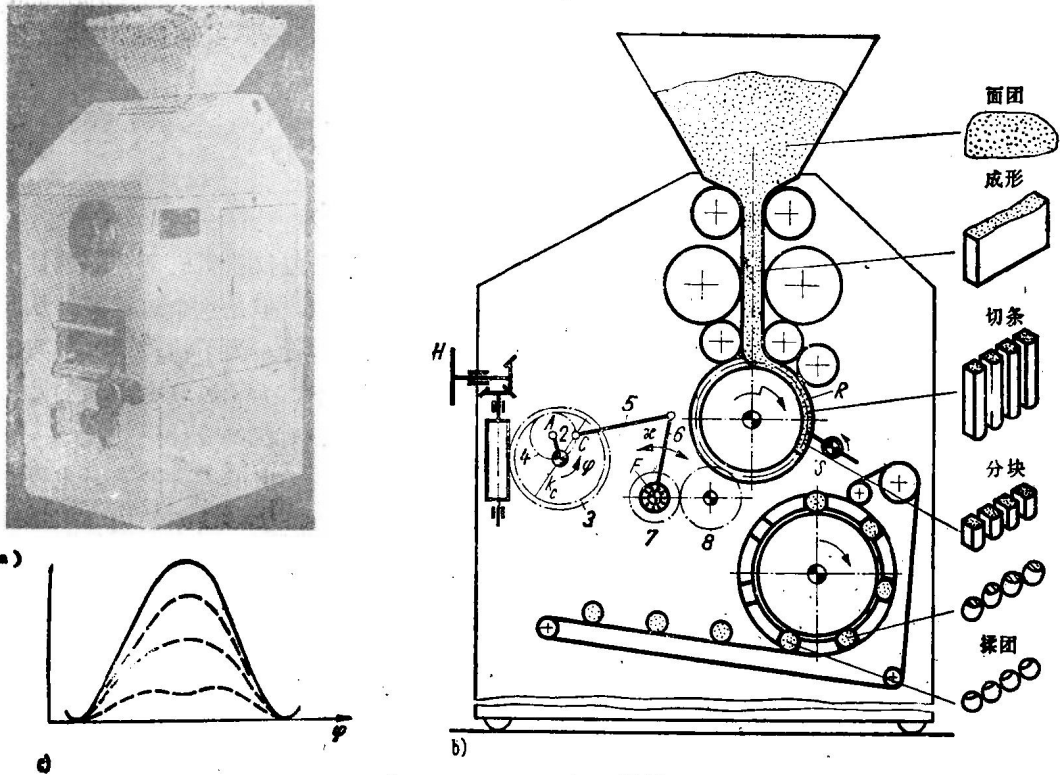


图1.5 面包加工机械

a) 外形图 b) 停歇角可调的槽辊驱动装置运动简图的横剖面图 c) 传动函数

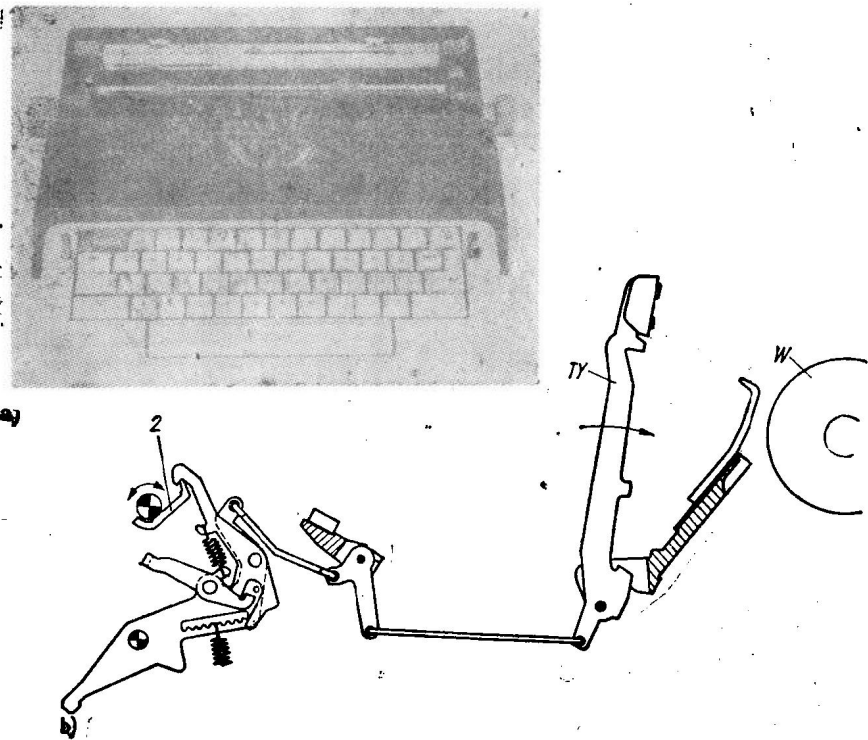


图1.6 小型打字机

a) 外形图 b) 打字杆机构 (W为滚筒, TY为打字杆, 2为主动摆杆)

面的问题〔1.10〕〔1.11〕, 分析的目的在于说明如何以合乎时代的方式来解决机构学问题。

到现在为止所举的例子只是连杆机构许多应用领域中的一小部分, 在以后的各章中还将列举其他的例子。

1.2 设计连杆机构的步骤

连杆机构从最初的构思直到成为加工合理且性能良好的机器或仪器组成部分的设计是一个完整的过程。虽然可以设想把这个过程分为后面所叙述的步骤, 但是这个过程不是从开始的粗略的设计任务和最初的意图直至成品都是以不变的顺序来进行。为了检验求解方案, 不仅在思想预见方面而且应在实践中多次反复进行。在这种情况下, 为了以改变了的初始条件来找出新的解决方案, 必须多次返回到起始点。这整个过程就称为机构设计〔1.1〕。

设计任务构成了设计机构的出发点, 它包括了对所设计机构提出的各种要求。主要要求是: 机构必须实现为机械或仪器的工艺过程所需的从动运动, 也就是传动函数或导引要求。如果设计者在仔细审查了所有可能的机构型式后, 决定选用连杆机构, 则必须注意到, 连杆机构在一般情况下仅能近似地满足运动要求, 因此应确定与满足从动件预定运动有关的许用偏差。许用偏差应根据由连杆机构所驱动的工作机构的配合要求来确定。例如在图1.1所示的针织机机构, 它要求机针能精确地和其他参与针织过程的工作机构协调工作。鉴于偏差的存在, 因此各工作机构所要实现的运动过程就应一并加以研究。此外, 必须反复斟酌, 是否有可能对最初提出的运动要求加以简化。例如, 如果能放弃停歇要求, 仅保持简单的摆动, 那么就可采用杆数少的连杆机构, 也就是可以降低消耗、改善运转性能和产生其他有利的工作条件。

除了用于描述从动运动(传动函数)或导引, 也即运动要求的运动参数和把它们视为设计任务首要的预定设计量以外, 下列各条件也可视为预定设计量:

- 1) 驱动力, 生产阻力(由工艺过程所产生的, 如压力机冲头受力);
- 2) 机器运转的平稳性(机构构件的惯性作用对运动和机架的影响);
- 3) 振动性能, 噪声电平;
- 4) 可加工性(如采用重量轻且刚性好的机构构件);
- 5) 材料选用;
- 6) 费用限制;
- 7) 装配条件和易损部件的互换性;
- 8) 可靠性, 工作寿命, 维护方便;
- 9) 装配空间(结构紧凑);
- 10) 造型(美观)。

设计实践指出, 在设计时这些设计量和其他设计量的重要程度是不同的, 同时还指出, 有些设计量往往不能用数值来表示。设计者总是要求能设计出“运转好”的连杆机构。那么这种所要求的全局的性质究竟说明了什么样的物理作用, 这些作用又怎样才能通过数量标准进行评价, 在构件及运动副元素结构上的宏观尺寸与制造有关的微观尺寸之间有哪些数学关系, 所有这些对连杆机构来说, 认识得还不充分。1930年左右, 当连杆机构综合领域的先驱者H.阿尔特和这种机构型式坚定的拥护者们认为由于连杆机构采用了闭式的滑动运动副而

相对地噪声较小时,那么这只能适于当时常用的工作速度。但在今天,工作速度已提高了很多,例如在纺织机中的主动转速达 2000 r/min 甚至在 2000 r/min 以上时,采用连杆机构就会产生不同来源的且超过人们能忍受限度的噪声。当然,提出不超过许用噪声声平(声压)的要求是合理的,但是对噪声和机构尺寸之间的内在关系在很大程度上远未被认识,因而设计任务的意义和难度也就显得很清楚了。

机构学设计任务的解就是被设计的连杆机构,它包括以下三个部分:

1) 由构件和运动副的数目及其相互配置以及由机架、主动杆和导引杆所表示的机构型式或机构结构。

2) 对传动函数和导引具有决定性作用的运动尺寸。

3) 满足承载和加工要求的构件和运动副的结构形状和尺寸。

上述各部分的设计应按顺序进行,但不是绝对不变的。而是如前所述,利用将所求解的特性指标与设计要求的指标进行比较来重复分析所求解的各个部分。为此,必须对设计方案进行评价并针对问题引出改进设计方案的结论。综合的过程就是以迭代的方式(系统地重复)进行分析,其中某些部分的工作只有借助于计算机才能进行。

因为目前还没有能够从许多可能的结构型式中选出满足给定传动函数或导引要求的机构型式的算法,所以,一般来说,这给确定合适的连杆机构型式(这里不涉及简单的传动函数)带来了困难。虽然用计算机可以建立平面运动链的各种结构形式^[1.12],但是因为同一个运动链可以导出多个具有性能显著不同的连杆机构(如图1.1和1.2所示),因此连杆机构结构综合的方法尚待解决^[1.13]。可以估计到,仅靠计算机进行连杆机构的结构综合从经济上看,在目前是不可取的^[1.14]。所以现在仍然要从诸如阿尔托包列夫斯基^[1.15]、博克^[1.16]、海因^[1.17~1.19]、施陶伯利^[1.20]和康尼奇克/诺伊曼等所提议和编写的实例集、图集、信息库^[1.55]和指导书中选定合适的机构型式。将一万多个机构连同其传动函数一起存储在计算机中的工作已经完成^[1.52]。

同样,也可在K.海因所编的图集中,利用各种线图来选择机构型式。这些线图也同时给出了有关所期望的机构尺寸和特性的信息。本书(第二章)为设计者提供了一条新的、符合设计者愿望和非常有效的途径:

从目的、方法和规则上了解有关用于实际所推荐的最多为八杆的平面连杆机构型式的系统的处理。例如,在表2.10到表2.13中就包括了典型的传动函数和产生这些传动函数的合适的机构型式。此外,还推荐并以例子说明了(4.12节),研究如何在转动副运动链的基础上进行机构型的演变以及研究如何用根据设计要求所产生的各个指标来选取合适的机构型式的方法。借此也可以找到例如齿轮连杆机构那样的组合机构的结构。设计者按照设计系统学的观点必然得到结构上所有解决方案完美无缺的概括。

为了确定连杆机构的尺寸,也即确定与传动函数或导引有关的尺寸,在专业文献尺度综合部分已提供了各种各样的设计方法,但这些方法的意义对设计实践来说又有不同的评价。十分细致地从中选择适于传动机构和导引机构的设计方法分别在第四和第五章中加以阐述。这些方法是按照典型的传动函数进行分类的,同时又利用线图等辅助手段作为初步选取运动尺寸时对这些方法的补充。

对设计者来说,关键的问题始终是,是否能从根本上确定运动尺寸,这些运动尺寸能以足够的近似满足给定的运动要求、能得到技术上可行的连杆机构,并在结构上是可以实现