

四連杆机构綜合概論

第一冊

李學榮 編著



人民教育出版社

四連杆机构綜合概論

第一冊

李學榮編著

人民教育出版社

本書編写的目的是想通过机构綜合的学习来提高創始意念的設計能力,全書准备分为三册出版。第一册中介绍了机构綜合学的重要性,我国古代在机构綜合方面的偉大成就,并闡述了“机械原理”的一些基本概念。敘述时尽可能把抽象的定义和綜合問題的逐步討論有机地联系起来。这样可帮助未学过机械原理的同志对这些定义能得到鮮明的印象,也可帮助已学过“机械原理”的同志加深其了解。

書中扼要地說明了四連杆机构的分类,論証了格拉斯霍夫定理,并逐一介绍了四連杆机构各种轉化与扩充的方法及其类型。此外并敘述了四連杆机构的几种重要参数,为以后作尺度綜合討論时打下基础。書中最末一章还举出了一些四連杆机构的应用示例,这可引起讀者对进一步深入研究四連杆机构綜合方法的兴趣。

本書可作为高等工业学校及中等技术学校学习“机械原理”課程时的参考書,同时也可供机构設計人員,工矿技术人員参考。

四連杆机构綜合概論 第一册

李学荣編著

人民教育出版社出版 高等學校及學用書編輯部
北京宣武門內大街7号

(北京市書刊出版业營業許可證出字第2号)

工人日报印書厂印装 新华書店发行

統一書号 15010·900 开本 850×1168 1/32 印張 4 1/16

字數 168,000 印數 0001—5,000 定价(8) 0.60

1960年10月第1版 1960年10月北京第1次印刷

第一册 目次

序 言	1
第一章 緒論	6
§1.1 机构分析与机构综合	6
§1.2 机构综合学的重要性	7
§1.3 连杆机构在我国的进展	13
§1.4 机构学的一些基本概念和定义	23
1.4-1 机构与机器 1.4-2 运动付 1.4-3 运动付的自由度	
1.4-4 运动付的数 1.4-5 运动付元件間的相对运动 1.4-6	
运动付的封闭 1.4-7 运动鏈 1.4-8 运动鏈的活动度	
1.4-9 原动件、从动杆及固定杆 1.4-10 机构的活动度	
1.4-11 机构的族 1.4-12 机构的分类 1.4-13 机构、机动	
与机器	
第二章 平面四連杆机构总說	45
§2.1 平面四連杆机构是最简单的一种机构	45
2.1-1 平面四連杆机构的构造 2.1-2 簡要地証明四連杆机构	
是一种最简单的机构 2.1-3 推导四連杆机构是活动杆最少的机	
构 2.1-4 研究四連杆机构综合法意义	
§2.2 平面四連杆机构分类(格拉斯霍夫定理)	48
2.2-1 平面四連杆机构各杆尺度与机构特征运动間关系	
(Grashof 条件) 2.2-2 曲柄搖杆机构 2.2-3 双曲柄机构	
2.2-4 双搖杆机构 2.2-5 四連杆机构分类 2.2-6 格拉斯	
霍夫定理	
§2.3 平面四連杆机构的特殊情况	58
2.3-1 曲柄和連杆等长的曲柄連杆机构 2.3-2 曲柄和固定杆	
等长的双曲柄机构 2.3-3 平行双曲柄机构 2.3-4 逆平行四	
連杆机构 2.3-5 按格拉斯霍夫条件选定的杆件极限长度	
2.3-6 格拉希夫定理的补充 2.3-7 双向中凹曲柄搖杆机构	
2.3-8 双向中凹曲柄搖杆机构 2.3-9 四根杆件等长的平行双	
曲柄机构	
第三章 平面四連杆机构的轉化与扩充	65
§3.1 平面四連杆机构的轉化	65
3.1-1 偏心式与軸心式曲柄連杆机构 3.1-2 摆动导杆机构	
3.1-3 搖杆滑塊机构(中空杆与中实杆的可逆性与互換性)	

目 次

3.1-4 轴心式和偏心式圆盘曲柄机构(轴的扩大)	3.1-5 曲柄直移机构	3.1-6 曲柄连杆等长的转动导杆机构	3.1-7 交叉机构	3.1-8 双滑块机构	3.1-9 摆动滑槽机构	3.1-10 用四连杆机构转化出来的其他机构
§3.2 平面四连杆机构的扩充	82					
3.2-1 六连杆机构	3.2-2 带直移件和高付的六连杆机构					
3.2-3 八连杆机构	3.2-4 十连杆机构一例					
第四章 平面四连杆机构中的一些参数	95					
§4.1 连杆曲线	95					
4.1-1 连杆作既非纯粹移动,亦非纯粹转动的 般运动	4.1-2 连杆上一点的运动轨迹	4.1-3 复杂周期轨迹	4.1-4 连杆曲线的参数			
§4.2 传动角	102					
4.2-1 转动付四连杆机构的传动角的定义	4.2-2 传动角最佳值	4.2-3 曲柄连杆机构的传动角				
§4.3 工作角、回行角与摆动角	104					
4.3-1 行程时间比	4.3-2 行程平均速度变化系数	4.3-3 运行差角	4.3-4 运行差角和行程时间比数间的关系	4.3-5 运行时间系数	4.3-6 运行时间系数与行程时间比的关系	4.3-7 本节各参数间的相互关系
§4.4 平面四连杆机构输出与输入杆间的角度函数关系	109					
4.4-1 输出杆间的角度函数关系	4.4-2 杆件相对尺寸	4.4-3 同向及异向转动四连杆机构	4.4-4 尺度变化种类 能够执行的函数关系图形	4.4-5 低付机构作为计算装置的优缺点	4.4-6 发展近似综合法的必要性	
第五章 平面四连杆机构应用示例	119					
§5.1 连杆机构应用示例	119					
5.1-1 逆旋转掌手全周周运动机构	5.1-2 改变冲程或落摆弧	5.1-3 碎矿机	5.1-4 连续轧钢机中的调节喂给速度的托改	5.1-5 飞机着陆轮	5.1-6 精密机械应变仪	5.1-7 铣切凹圆球、凹圆圆柱、凹圆柱体的装置
5.1-8 软木塞压成机	5.1-9 近似等速直线工作行程机构	5.1-10 薄片式压气机	5.1-11 反比例计算机构	5.1-12 平方计算机构	5.1-13 对数计算机构	5.1-14 正切计算机构
§5.2 连杆曲线应用示例	132					
5.2-1 翼形轮廓线	5.2-2 弧三角形铣切装置	5.2-3 传送带机构	5.2-4 摆冲机	5.2-5 带停点的机构	5.2-6 利用连杆曲线设计成的对数计算机构	
编后记	140					
参考文献	142					

序 言

在社会主义制度下，劳动过程的机械化对于技术进步，有重大的作用。劳动过程的机械化可以減輕劳动和提高劳动生产率。机械化为扩大生产規模、扩大企业規模，創造了可能性，从而加快了社会主义經濟的发展速度。

——摘自苏联科学院經濟研究所編
政治經濟学教科書(修訂第三版)中譯本第 427 頁，人民出版社，1959 年，——

劳动生产、操作过程的机械化，有賴于新机构机器的发明創造。要发明創造新的机构机器，首先要作創始意念設計，繪制出机构运动系統簡图，然后才能够具体考虑如何制造机械零件及应采取的步骤(參閱本書 §1.2 机构綜合的重要性)，制造出嶄新的机构机器来。

学习机构学或机械原理，就是为了提高創始意念的設計能力。而学习机械零件，則为的是提高設計零件的能力。

以前不少学习过机械原理和机械零件的人們，往往有这种体会：認為通过机械零件的学习，得到了一系列的具体方法，在实际工作上能拿来应用，而通过机械原理的学习，却得到許多抽象概念，碰到具体問題，却不知用什么方法求解。而另外又有一些仅学过机械零件还未学习过机械原理的人們則往往感到机械原理是一門很难自修并且比較艰澀的学科，更难确信它具有帮助提高創始意念設計能力的作用，碰到实际問題，无从下手，甚至想在机械零件典籍中找到解决創始意念設計的途徑。由此可見，做設計工作，

利用机械零件这门科学，解决零件设计问题，所起的作用，已深入人心。但机械原理，对于作创始意念的设计工作者所能起的作用，却还不太为人所了解。

假如说学习了机械原理，作创始意念设计，感到帮助不大，著者认为这里面包括许多原因。现就个人浅见，择要叙述如下。

创始意念的设计——制作机构运动系统简图，是一件富有创造性的工作，决不是死套公式，比着胡芦画瓢，在着手设计之初，先要摸清需要机械化工作的运动规律，然后才能运用机械原理的知识，依所预期的运动规律，综合杆件作机构运动简图。作机构综合时，先作型综合，再作尺度综合。作型综合时，往往会得到许多不同的方案，比如说，要把迴转运动改换为直移运动，可以利用曲柄连杆机构，也可利用作卡当运动（见本書第二册）的内外啮合齿轮，或者利用偏心圆盘直移机械如图 3.1—15 都能达到同样目的。要在许多可能的方案中，选择最佳方案，就要考虑到许多因素，例如对机构或机器所要求达到的经济指标，制造技术和制造成本，对现有设备或器材的利用，维修养护的难易等等。显然，不具备零件设计和制造工艺的知识，就很难选择方案；而不熟悉机械原理，也就很难找出适当方案。至于要摸清运动规律，则必须对运动学有一定的了解，才好掌握。作尺度综合时，更需要经常应用机构运动学的基本理论，针对建立的问题求解。由此可见，作机构运动系统简图，需要具备的知识比较广泛，不具备这些必须的知识，就会对创始意念设计，感到无从下手，特别对于需要机械化的工作，既无亲身操作的体会，又无比较细致观察的感性认识，则更为困难。

再者，有许多同志，未打好运动学的理论基础，就贸然学习机械原理，碰到较深的文献，不易领会所讨论问题的实质，自然不能融会贯通，而阅读简明的有关文献，却又感到用来解决具体问题，尚不敷用。因此，对于设计工作者来说，深入地掌握运动学与机构

运动学是一个首要的任务。

另一方面，在许多机械原理文献中，其叙述方法，多从机构结构，就现有机构分析等方面入手。间接地涉及到机构综合，而直接地运用机构运动学来谈综合的方法，比重占得还十分少或者全然不谈，因此，如何能有一本较多地介绍综合方法的机械原理参考书，就显得十分重要。

在机械原理著作中，很少谈到或根本不谈综合问题，这是有其历史原因的。机械原理虽然是一门较早从力学中单独分离出来的学科，但是还不很完整，特别是综合方面，发展得比较缓慢。尽管在上一世纪，伟大的俄国科学家契比舍夫（П. Л. Чебышев）院士，已奠定了机构综合，特别是低付机构综合的基础[36]①[41][42]，其后又经过许多学者的不断努力[38]，创造了许多综合方法，然而其中有许多方法，因其头绪纷纭或计算繁琐，带有浓厚的经院学究气，甚少实用可行的工程方法很难为工程、设计师们所接受。因此，在机械原理教材中，不适宜把这些材料列入，或者说难于全面有系统而简单扼要地加以介绍。直至近一、二十年来，由于机械制造业和尖端科学的突飞猛进，对于机构学提出了许多新的要求，首先是弥补缺乏机构综合（特别是尺度综合）实用工程方法的空白。要求设计师们设计生产作业上的自动化机床，全盘自动化的工厂，无人驾驶的交通工具，以至原子能动力生产过程中能作模拟人手动作的金属人手等等。相应地，在教学方面，就必然不会满足于机构结构、运动分析等方面的传统内容，而迫切要求增强机构综合学方面的知识。礼希敦海尔特（W. Lichtenheldt）教授在德意志民主共和国第一次机构学会论文集[29]序言中曾提到：“机构学在实用上的范围愈来愈大，目前对于机械及器械的设计，已有一种迫切的要求，把它作为一门基本技术科学来看待。机构学的科学方法，能

① 带方括号的数字，系书末所附参考文献的序号。

这使得设计师有一个确切不疑的办法，来确定机器与器械的机构尺寸，满足实际需要，而摒除那些无一定方针，乱打乱闹的设计方法。机构学不再是经验规则和技巧的简单堆砌，而是一座把严整的科学、广泛的基础知识，运用到需要解决的机构问题上来的桥梁。……机构尺度综合学已发展成为一门内容丰富的科学，对于未来的年轻工程师来说，它的作用日趋重要。”相应地，机械原理的研究工作，应注意实用综合方法的创立，以满足设计工作的需要。

解放后，我国机器制造业在党的领导下，有了飞跃的发展，由仿制进入到自行创制。大跃进以来，全国各处都盼望有各种新机器，来减轻或代替大量的手工操作，使生产率大大提高。因此，机构综合学的研究，就具有重大的现实意义。目前其他国家对机构综合学的研究及应用，正是方兴未艾，我国应急速填充这一空白，迎头赶上此门学科的世界水平。

本书谨就最简单的四连杆机构，详论其类型、转化与扩充，以供采用此种机构的设计工作者，作为型综合时的参考。书中列举其基本的尺度综合问题，阐明切实可行的工程方法，并指出四连杆机构作为控制用模拟计算装置的发展远景；讨论利用它如何求解某些复演预期规律的问题；介绍低付机构综合的一些重要理论，以有助于读者参阅最新文献。文中极力避免采用较深的数学，以便读者易于接受。

在本书第一册中，仅讨论有关四连杆机构型综合的参考资料，论证格拉斯霍夫(Grashof)定理，讨论它的转化与扩充，并说明一些常用参数(作为尺度综合问题求解时的准备)。书中特别强调了在作综合时如何将常见的机械原理抽象概念紧密地联系起来，以作为高等工业学校及中等专业学校学习机构学的补充教材。

平面四连杆机构，虽然是一种最简单的机构，可是在实际应用上非常广泛。因此研究它的综合方法，不但能具体指导设计，并能

了解机构綜合的主要方法与定理,这就是撰写本書的主要动机。

著者虽抱有达到上述多重目的之宏願,但限于水平,本書無論是章节系統,名詞杜撰,問題闡明,公式推导,必然存在不少缺点,惟望讀者,不吝指正。無論是对本册的批評,或对續册的期望,均所欢迎,來函請寄北京西郊鉄道研究院本人。

最后感謝参加本書审閱的全体同志,他們对本書提出了不少宝贵意見使本書的質量有了进一步的提高。在所提意見中大部分都已采納,但也有个别意見虽加修改,但意犹未尽,因有些提法牵涉面太广,徹底澄清,尙待征引。在写作过程中,承学部委員陶亨咸同志多所鼓励,一并志謝。此外本書絕大部分插图,得陆有光同志精心繪制,尤为銘感。

著 者

59年8月于京郊青塔路

第一章 緒 論

§ 1.1 机构分析与机构綜合

机构运动学所討論的問題可分为两大类。

第一类問題的研究內容,是就現有机构,其从动杆上各点所經行的軌跡、位移、速度、加速度等的性質,加以分析討論。从事这样研究的学科,称为“机构的运动分析学”。①

第二类問題的研究內容,是企图按照預期的特定运动規律,来設計一机构的运动系統簡图,以达到所需的要求。从事这样研究的学科,称之为“机构的运动綜合学”。这在一般文献中,談到較少,②而在专门論著③中,其討論的方法与得出的研究成果,要想用来解决工作中的实际問題,还很难为設計师們所掌握;換句話說,也就是机构的运动綜合学(以下簡称机构綜合),还未充分地具备簡明确切的工程方法。同时机构綜合的研究,也未达到象机构的运动分析学(以下簡称机构分析)那样系統严整、規律定型,还在不断地演进,这就是此类文献,普遍缺乏的原因。

① 見参考文献[1][2][3][4][5][6][7][18]。

② 在文献[3][4][5][6][7][8][9][10][18]中,均略有闡明。

③ 关于机构綜合的专门論著,首先公开发表的,要算勃洛赫(З. Ш. Блок)与卡尔平(Е. Б. Карпин)合著的“平面四連杆机构实用綜合法”(Практические метод синтез плоских четырехзвенников)此書于1948年問世,其后,勃洛赫又写了“机构近似綜合法”[11]。

此外阿尔托包列夫斯基(И. И. Артоболовский),勃洛赫和陀勃罗伏耳斯基(В. В. Добровольский)三人合著有“机构綜合学”(Синтез Механизмов, Гостехиздат, 1944)[38];捷克学者斯沃波达(А. Svoboda)著有“連杆机构与計算机构”[12]。德国学者貝伊尔(R. Beyer)著有“机构的运动綜合学”[14]。

最近出版的还有阿尔托包列夫斯基、列維茨斯基、契尔庫季諾夫三人合著的“平面机构綜合(Синтез плоских механизмов, 1959),这些書可以說是这方面的經典著作[48]。

§ 1.2 机构综合学的重要性

生产不断的发展,人们总想把沉重的工作,改变成机械化操作,从繁重的体力劳动中解放出来。或是把精巧的手工艺工序,改变为机械化工序,这样才能缩短产品的生产时间;才能使复杂技巧、非经长期严格训练不能做到的操作工艺,由稍加训练的初级工人,操纵机器来完成它;才能使产量很少的高级加工产品,成为大量成批生产的廉价商品。不但如此,机械化生产的产品,更易于控制产品的质量,使所有产品都能达到一定的规格水平。

要把原来的手工操作,改变为机械化的生产工序,就需要按工作的性质,创造发明出相适应的机构机器,作为一种金属的人手,来代替人们作繁重或精巧的生产动作,缩短体力劳动与脑力劳动之间的距离。要创造发明符合指定生产动作的机构机器,首先要找出这种生产动作的运动规律,然后再按照它来设计与其完全一致的机构,画出一张机构运动系统简图来。在作机构系统简图时,先暂不考虑机构所受的力与所传的力的大小[1],根据机构运动系统简图,才能逐步着手机械零件的设计,以及对于机构的振动、平衡、功率、安排布局、①外形等问题的考虑,完成了这一系列的步骤,最后才能做出机构或机器的制造图纸,生产出符合预期目的机构或机器。

因此要把手工操作,过渡到机械化操作的现代化生产,就要设计新机构或机器,为了这一目的,首先要解决设计中的两个核心问题:

1. 找出生产动作的运动规律;一般说来,具备了运动学的知

① 安排布局是指把各种机构,如何安排放置在机器的机壳腔内,例如齿轮滚床是由许多齿轮机构组成的,需要把它们安排布置得非常妥贴,既要紧凑不占有过大的体积,又要便于维修保养的方便。

識,比較容易找到這種運動規律。2. 根據要求的運動規律,暫不考慮所受力與所傳力的大小,僅考慮用各種類型的機構組合在一起,使能產生預期規律的運動,也就是作出機構運動系統的簡圖;這在機構設計過程中,是一個極端重要的關鍵,對於發明創造家說來,也就是要做出機器或機構的創始意念的設計。一般說來,學習機構結構和機構運動學,能幫助我們提高創始意念設計的能力。

創始意念設計的困難固然在於按現有手工操作方式,找出它的規律後,尋求一種機構具備這種操作運動方式,設法符合它的運動規律。而更難的是,當原有手工操作方式,即便找出規律來,卻沒有適當的機構動作和它一樣,這時就需要改變原來的手工操作方式,轉換為另一種能由機構體現的動作,而這種動作,要能达到同樣的生產目的,或收得更好的效果。這樣才能把不易機械化的生產操作變為機械化操作,創造新機器或改造舊機器。

例如軋鋼的張明山同志,正確地摸清了軋制鋼條^①的運動規律,但這種用手工去把燒紅的鋼條喂給到軋鋼機里去的往復施軋的動作,卻很難找到和這種操作動作一致的機構,而張明山同志刻苦鑽研,並根據他多年的豐富工作經驗,終於把許多動作較簡單的機構,組合成動作複雜的反圓盤,使不易機械化的操作,實現了機械化自動化,改變了小型軋鋼廠的生產面貌。這一發明創造,超過了國際水平,張明山同志所以能有這樣的創造發明就是由於他聯繫實際,善於轉換原來的手工操作,成為可用機構體現的機構動作,因而消滅了危險而繁重的體力勞動,使勞動生產率激增。

再以衣服上的拉鍊為例,在拉鍊未發明以前,是用鈕扣或揷鈕把衣服的两邊連接在一起的,如果不加深思,只停留在原來的鈕扣

• ① 在軋鋼小型軋鋼廠里,為了要把鋼料軋制長,需要把較粗的鋼料,從一臺軋鋼機軋制後,再喂送到下一架軋鋼機里去重復施軋,鋼料的溫度高達 1000°C 以上,原來用人工喂送,稍不小心,鋼條沒有夾實,或卡住在什麼地方,就會造成嚴重的工傷事故。

或掀鈕的连接动作方式上打主意,要把这些衣服连接动作方式做到机械化,是很难办到的。但是明确了连接鈕扣或掀鈕的目的,为的是连接衣服,因而就应不拘泥这种动作的方式而可以加以变化,設想有否其他途徑既能达到同样目的,而动作却又机械化,这就开闢了創造拉鍊的思路。

再如以縫紉机为例,用縫紉机做縫紉动作,不同于人工縫紉动作,单就动作的方式說来,縫紉机的动作,远比人工操作时的动作复杂,但是縫紉机的扣綫方法,比用手工縫紉的縫綫方法更为牢靠,且这种扣綫方法,更易用机构的动作完成,^②不但能达到同样的目的,而且收到更为完善的效果。

如上所述,新机构机器的发明創造,要善于把手工操作的动作,变换为机构的动作,在这里动作需要变换,为的是把不易机械化的动作,改变为能由机构完成的动作,经过变换之后,单就动作方式說来,有时比原先手工操作简单,有时反而变得复杂,动作变换的依据,主要是要体现原动作的效果,而不是教条地从手工操作时的动作本身来寻求代替。因此我們不禁要問,变换动作,有什么法則可循呢?实际上要达到同样目的的动作,变换方式是多种多样的,并无一定成規可循。研究了机构結構及机构运动学,对于各种机构的运动方式有了一些概念,可以开拓我們的思路,啓发我們去变换,但却不能直接解答把不易机械化的手工操作,经过如何的变换,就变为可用机构动作来完成它。因此在創始意念設計时,如需变换动作可参看各种机构分类手册[15][16],啓发我們的思路,帮助我們进行結構选型;但更主要的是依靠在生产实践中,对于手工操作方式有了亲切的体会,才能探索出一种能达到同样目的

② 縫紉机的縫針,針孔是在針的尖端,正好和普通縫針的針孔在針的根部完全相反,根据記載,在縫紉机发明未成熟之前,也是把針孔制在根部,这样縫紉机工作起来,屢遭失敗,后来把針孔改在尖端,方告成功,由此可見要从手工操作中解放出来也必须破除对习惯的迷信,敢想敢干才成。

的机构,在探索过程中,时刻都从实际出发,并不强求机构的动作方式和手工操作完全一致,而着重完成原动作的效果,同时又不盲目套用已有机构的动作方式,这样才能推陈出新,发明创造出新的机器机构。从这里我们不难体会,何以有许多实际操作经验丰富的同志,虽然没有按照书本系统地学习过机械理论,但却能创造发明新机器,这主要由于他们长期在生产实践中细心考察,心目中已正确地具备了机构运动学的概念,一遇到具体问题,很快地就能掌握了生产动作的规律性和目的性,在作动作变换思考时,却又不受已有机构动作方式的约束,便不致对现有机构产生盲目的套用,所以能创造发明出崭新的机构机器。例如:青岛木材加工厂的青年木工徐呈龙,是一个文化水平不高的同志,但是他在党的教育和鼓舞下发挥了敢想敢干的高尚风格,热心为人民服务的志向,忘我劳动的崇高品德和远大美好的伟大理想,到目前为止,已创造改进了 65 种机器工具和操作方法[45],为国家创造和节约了 150 多万元的财富。他的创造和改革运用到生产中以后,能节约 318,500 个工时,相当于一个普通工人 130 年的工作量。他所发明的石棉纺纱机比一般加工纺纱提高效率 130 多倍,仅这一项,一年就可以为国家节约 160 多万元[45];他所创造的木工对缝机,打破了木工对缝不能使用机器的“理论”,用木工对缝机对缝比人工对缝提高效率 20 倍[46]。徐呈龙同志并未系统地学习过机械理论,却发明创造了这许多效用很高的机器工具,就是这个道理。

在前面我们曾着重说明,创始意念设计时,如需动作变换,就是把手工操作方式,改变为相应的机构运动方式,考虑用那些类型的机构,组合在一起,达到既定的运动方式,这样的探索研究,我们称之为型综合。在做型综合时,一般说来,并不苛求杆件间的相对位移或一个杆件在几个位移时需符合某种给定的函数关系,因此如把一种对运动规律要求不严的手工操作,改变为机械化工序,那

只要完成指定的运动方式,即可滿足,也就是說,往往只要求做好型綜合即可达到目的。

但是要把手工操作改为机械化工序,遇到是一种对于运动規律要求很严的动作,那就不仅要做好型綜合,換言之,单是达到了既定的运动方式还不能滿足要求,譬如要把加工翼型剖面的工作用机械化来操作^①(參看圖 5.2—1 及 5.2—1 段),不仅要机构(四連杆机构)达到一定的运动方式,而且要复演預期特定的运动軌跡(如图 5.2—1 中翼形剖面輪廓綫 a、b、c 其差別是很大的)。^②

此外一种产品,要想按现代化的办法大量生产,不仅是个別的操作手續需变为机械化工序,而是一个产品的全部工序要連續地机械化操作或自动化操作(在需要有机械动作的生产过程中,机械化操作往往是自动化生产的先决条件),并且主要动作和輔助动作以及准备动作都需要在一部机器里同时进行,这样才能压缩生产时间,强化生产过程,提高产量,而这些动作既要互相协调,次序衔接又需十分紧凑。

以新型的印刷机为例,在把紙張喂給到印刷底板上施印以前,先要在底板上均匀地涂好油墨,然后把紙張在底板上压过,印好的紙張隨即被叠放在一起。有时为了不讓印好的紙張因叠放而弄模糊,往往还要噴洒上一層細粉。当第一張紙剛从底板上取下时,第二張印紙跟着就放上底板施印;而当第一張印紙噴洒上細粉后,第二張印紙馬上就从底板上取下来向第一張印紙上叠放。这些操作次序衔接得非常紧凑,其相对位移,极端正确。此外,还需做到油墨涂匀,加于底板上的紙張位置正常,并又恰恰是一張,这些动作

① 指不用仿形样板而是用四連杆机构的連杆曲綫,来作翼形剖面輪廓綫的連續加工。

② 使机构杆件上一点复演預期軌跡,實質上可算是按預期規律运动的一种机构綜合問題。也就是說复演預期軌跡的机构綜合問題,可归納到按預期規律运动的机构綜合問題中去;反之,預期規律的运动問題,不一定能归納到复演預期軌跡問題中去。

同时进行而又十分協調,才能高速而精致的印刷加工。

由此可見,要根据运动規律严格的相对运动,来設計机构运动系統簡图,也是一件很不容易的事,它是創始意念設計的另一难题。在这里,不但要做好机构型綜合,使机构上的从动各杆按照預期的方式运动,并且要讓它們按照預期的規律运动。一般說来,具有同一运动方式的机构,改变它的杆件几何尺度,能使它改变运动規律:例如一对外面嚙合的齒輪,互相作逆向旋轉,改变节圓的半徑,速比随之改变,虽然它們仍作互相逆向的旋轉;改变螺旋付的螺距,当螺旋廻轉一周时导程亦随之而异;改变四連杆机构的相对几何尺寸,可体现迥然不同的角度函数关系。因此要讓机构按預期的規律运动,还要厘定机构的杆件几何尺度关系,才能精确地决定杆件間的相对位移,使杆件在几个位移时,从动杆上的各点按照預期的軌跡,位移、速度、加速度运行,作这样的研究,我們称之为机构的尺度綜合。

在二三十年前,机构的尺度綜合学尚在萌芽,杆件几何尺度与机构运动間的相互关系,大多还未掌握,在那时設計机构,很多是用試探的方法,对于严格要求的运动規律,往往不能做好綜合,因此机构的尺度綜合在很长的一段時間,都处于試探、經驗积累和乱打乱闖的阶段。

目前由于科学与技术的飞跃进展,对于机构学提出了更高的要求,比如生产作业上的自动化机床,无人操作的全自动工厂,交通运输上的无人駕駛术,乃至最新的原子能动力生产过程,都需要各种机构做极其复杂的动作,履行严格要求的預期規律的运动,需按照給定的函数关系运行,即便不能准备地执行,要求逼近的程度亦非常之高,因此近十年来,机构尺度綜合学从机械与机器原理学中迅速地发展成为一个独立的分支。許多学者,都建議在机械原理課程中,应增添有关尺度綜合学的知識[28][29][19][14][31]