

THEORY OF MACHINES AND MECHANISMS

# 机械与机构 的设计原理

〔美〕 J. E. 施格利 著  
J. J. 尤克

机械工业出版社

# 机械与机构的设计原理

〔美〕 J. E. 施格利 著  
J. J. 尤 克

《机械与机构的设计原理》翻译组 译

机械工业出版社

本书对机械和机构的静力学、动力学、运动学等特性（如位置、位移、速度、加速度、平衡等）有较详细的理论分析及实例说明，并且介绍了齿轮、凸轮、飞轮、连杆机构、空间机构以及内燃机的一些零部件等的设计计算，还包括了电子计算机和电子计算器在机械和机构设计中的应用。全书公式和图表较多。本书可供科研人员、工程技术人员及大专院校师生参考。

本书由《机械与机构的设计原理》翻译组译。序言及第九、十、十一章由陈祖燕译，第一、二、五章由刘恒久译，第三、四章由劳瑞芬译，第六、七章由李富勤译，第八、十五、十六、十七章以及习题答案和附录由袁明译，第十二、十三、十四章由马九荣译。全书由李富勤校。

## THEORY OF MACHINES AND MECHANISMS

Joseph Edward Shigley

John Joseph Uicker, Jr.

McGraw-Hill Book Company

1980

### 机械与机构的设计原理

〔美〕 J. E. 施格利 著  
J. J. 尤 克

《机械与机构的设计原理》翻译组 译

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业登记证出字第 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  $850 \times 1168^{1/32}$  · 印张  $20^{1/8}$  · 字数 706 千字  
1985 年 6 月北京第一版 · 1985 年 6 月北京第一次印刷  
印数 00,001—18,000 · 定价 4.95 元

统一书号：15033 · 5724

## 序 言

本书包括工程理论、分析、设计和实践等领域的内容，在实践方面一般是叙述机构与机械的运动学和动力学。在编写这些内容时，以工科大学生为主要对象，但书中很多资料对从事实际工作的工程技术人员也颇有裨益。作为一个优秀的工程技术人员，他或她毕竟要懂得在其整个工作经历中应当始终保持作为一个学生的本色。

机械的运动学和动力学的知识在过去十多年来大幅度地持续增长，许多学院已由不很重视转到加强这门工科课程，对教材提出了新的要求，以满足这些新课程结构的需要。这些大量的新知识存在于各种技术论文中，彼此以自己单独使用的语言和命名法进行叙述，而都想有一个辅助基础来加以综合。这些个别文献首先提供了所需要的基础和命名法并都能用来加强工科课程结构知识和从而建立共同使用的符号。因此，这些新发展可与现有的知识范畴密切结合，提供一项具有逻辑性的现代化综合性论述。简言之，这就是本书的编写目的。

为了取得广泛而具有基础理论的综合，采用了共同适用于这个文献领域的各种分析和开发的方法。在本书中广泛地采用了合成与分析的图解算法，因为我们坚信这种方法是基本的及利于教学的。此外，这种方法经常是检验计算机运算结果的最快的方法。一般的矢量分析和蔡斯（Chace）矢量分析法也使用了，这是因为它们是紧凑的，是广泛应用于各种文献中，是如此容易用于计算机程序分析。同样，我们也用了拉文（Raven）方法，尤其是在基础方面的章节。最后，包括直角坐标和极坐标在内的复数法以及代数法在本书中普遍地加以应用。

本书中除个别的例外情况，我们都尽量以大致相等的比例采

用英制和国际单位制，所用的国际单位制均符合（美国）国家标准局（特刊号 330，1977 年 8 月修订本）公布的规定和推荐。

本书的所有作者们遇到的困难之一是如何区别在同一运动物体上的两个点的运动及在两个运动物体上的两个点的运动。这个难点经常发生在两类运动的重合点的问题上，在这里两种运动同时发生。过去通常是用“相对运动”的概念来说明这两种运动；但由于存在两种运动，学生们就很难区别了，我们相信“运动差”和“视在运动”两个概念就能解决这个问题。因此，例如在本书中就使用了“速度差”和“视在速度”的概念（相对速度一词，本书已不采用）。这一点是以介绍位置和位移的概念为始并在速度一章中广泛使用，而且在加速度一章中用复合向心分量论述点的重合问题时得到了充实。

以计算机进行运算的方法已广泛使用，特别是对那些从事实际工作的工程技术人员来说很需要我们归纳成一章数字方法。家庭和办公用的计算机诸如可编程计算器以及微型计算机用于解整个运动过程已十分普遍。以图象显示终端设备和大型计算机配套使用的计算机辅助设计方法，已证明用来解决许多有关机械和机构综合分析的复杂问题是很有价值的。关于这一点及在本书的其他章节中，在讨论计算机分析方法时，我们十分注意避免采用专门程序和计算机语言。程序编制是一种高度专门化的成果，大多数人宁愿按他们自己选用的计算机语言来编制自用的程序。基于这个道理，我们编出了一系列程序步骤来解决经常遇到的很多分析问题并补充了我们认为有益的建议。象这样的计算方法在计算机及其使用的语言经受预期的各种变化当中将不会过时。

用来传送某一特定运动和具有运动学及动力学特性的凸轮系统的设计方法广泛采用图解法、分析法和计算机计算法，可列出一组新的凸轮设计图表，它能在很大程度上缩短运动学设计所需的时间。用动力学分析法还可使设计简化，例如选择（凸轮）从动杆的约束弹簧，从而避免从动杆跳动或脱开，便于计算其接触力和凸轮轴承力等。

本书关于齿轮和齿轮系的运动学和动力学分析的论述是详尽的。特别是对于分析行星齿轮系有用的是里威 (Lévai) 所提出的十二个变量及其设计方法也作了介绍。

目前关于研究某种特定的杆系的设计和合成的文献是这么多, 以致一个人需要数月时间才能透彻领会和整理完毕。我们深信第十章杆系的综合包括有足够的技术内容, 可以解决在各种工程中出现的大多数合成问题。图解法和分析法都使用。关于曲柄滑块机构及曲柄摇杆机构的位置、轨迹的合成也作了详尽的讨论。

空间机构一章, 包含了全面介绍这个主题及其存在问题所需的完整资料。事实上, 三维问题的引出使读者感到自然和明显, 不为什么特例来处理。对于这类机构的位置、速度和加速度的运动学分析既用图解法也用分析法。

关于机械系统所受的静力和动力的分析两章确定的术语和方法适用于本书其余各章。所用的图解法、矢量法和计算机算法都占有大致相等的比例。在这些章节中, 引入了质量惯性矩及其实验测量的概念的资料。当大多数读者已初步具有惯性矩的概念的基本知识时, 教学经验证明重复强调这个概念对学好动力学将是很重要的。

有关往复式发动机动力学的资料, 对于学习机械动力学也是很重要的。发动机机构不论是需要进行轴承和滑块的受力分析、机械系统及其零部件的平衡及在机械中采用飞轮都是一个简单而典型的例子。

研究平衡问题是从解释转动不平衡的原因和影响并结合对机械平衡的简要讨论开始的。对于大型转子二平面的现场平衡问题本书作了详尽的分析, 因为它是适合采用可编程序计算器求解的佳题。单缸和多缸发动机的平衡是用假想质量或假想转子的近似法来进行探讨的。关于连杆机构的平衡 (例如四杆机构) 的论述很多, 以致很难作出十分满意的选择。我们选择了贝可夫-罗文 (Berkof-Lowen) 的方法来分析连杆机构的平衡。因为这是应

用比较普遍及具有一定的综合性的方法，可以应用于任何杆系机构，而且使用了本书中所论述的各项基本原理。关于整体机械的力平衡及振动力矩的平衡的问题在平衡一章中都作了论述。

我们以尊敬的心情感谢佛罗里达大学 G.N. 桑多教授和 S.G. 但德教授，俄亥俄州立大学 D.A. 根舍教授，特克萨 斯 A & M 大学 G.C. 托列教授，列海大学 R.A. 罗卡斯教授，哈佛大学 E.N. 斯蒂芬逊教授以及宾夕法尼亚州立大学 R.J. 威廉斯教授在规划本书时所给予的协助，他们审阅了本书的初稿和提纲，为组织本书内容进行了评论分析和提出建议，对我们帮助很大。

本书的最后一稿经加利福尼亚州立科技大学 R.W. 亚当马教授，哥伦比亚大学 F. 弗列登斯坦教授以及哈佛大学 E.N. 斯蒂芬逊教授审阅，对于他们帮助本书最后定稿而花费的时间和精力，我们非常感谢。

最后，我们要向 J.V. 布朗编辑致以深切的谢意。她具有热情和良好愿望，进一步帮助我们排除了许多较为棘手的难题。

作者

# 目 录

## 序言

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 第一章 运动的几何图形 .....        | 1  |
| 1-1 导论 .....             | 1  |
| 1-2 分析与合成 .....          | 2  |
| 1-3 力学科学 .....           | 3  |
| 1-4 术语、定义和假设 .....       | 5  |
| 1-5 平面机构、球面机构和空间机构 ..... | 11 |
| 1-6 可动性 .....            | 13 |
| 1-7 运动变换 .....           | 17 |
| 1-8 格拉肖夫定律 .....         | 18 |
| 1-9 机械效益 .....           | 20 |
| 1-10 连杆曲线 .....          | 21 |
| 1-11 直线机构 .....          | 24 |
| 1-12 急回机构 .....          | 26 |
| 第二章 位置和位移 .....          | 30 |
| 2-1 坐标系 .....            | 30 |
| 2-2 点的位置 .....           | 31 |
| 2-3 两点之间的位置差 .....       | 34 |
| 2-4 点的视在位置 .....         | 36 |
| 2-5 点的绝对位置 .....         | 37 |
| 2-6 回路闭合方程 .....         | 38 |
| 2-7 平面机构的图示位置分析 .....    | 43 |
| 2-8 平面矢量方程的复数解法 .....    | 51 |
| 2-9 平面矢量方程的蔡斯解法 .....    | 56 |
| 2-10 平面连杆机构的代数位置分析 ..... | 59 |
| 2-11 动点的位移 .....         | 67 |
| 2-12 两点之间的位移差 .....      | 68 |
| 2-13 转动和平动 .....         | 70 |
| 2-14 视在位移 .....          | 71 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 2-15 绝对位移 .....             | 73  |
| 第三章 速度 .....                | 77  |
| 3-1 速度的定义 .....             | 77  |
| 3-2 刚体的旋转 .....             | 78  |
| 3-3 同一刚体上各点间的速度差 .....      | 81  |
| 3-4 速度分析图解及速度多边形 .....      | 83  |
| 3-5 在动坐标系中点的视在速度 .....      | 91  |
| 3-6 视在角速度 .....             | 98  |
| 3-7 直接接触和滚动接触 .....         | 98  |
| 3-8 应用复数代数进行速度分析 .....      | 100 |
| 3-9 应用矢量代数进行速度分析 .....      | 104 |
| 3-10 速度的瞬时中心 .....          | 106 |
| 3-11 三心定理(柯朗浩特—肯尼迪定理) ..... | 109 |
| 3-12 确定速度瞬时中心 .....         | 111 |
| 3-13 应用瞬时中心进行速度分析 .....     | 114 |
| 3-14 角速度比定理 .....           | 119 |
| 3-15 弗列登斯坦定理 .....          | 120 |
| 3-16 特性标志和机械效益 .....        | 121 |
| 3-17 瞬心轨迹 .....             | 124 |
| 第四章 加速度 .....               | 137 |
| 4-1 加速度的定义 .....            | 137 |
| 4-2 刚体的角加速度 .....           | 138 |
| 4-3 刚体各点之间的加速度差 .....       | 140 |
| 4-4 图示加速度分析及加速度多边形 .....    | 143 |
| 4-5 动坐标系中一个点的视在加速度 .....    | 151 |
| 4-6 视在角加速度 .....            | 160 |
| 4-7 直接接触和滚动接触 .....         | 160 |
| 4-8 用于加速度分析的分析方法 .....      | 165 |
| 4-9 加速度的瞬时中心 .....          | 170 |
| 4-10 欧拉—萨瓦里公式 .....         | 172 |
| 4-11 卜别利尔作图法 .....          | 178 |
| 4-12 曲率固定的三次曲线 .....        | 182 |

|      |                          |     |
|------|--------------------------|-----|
| 第五章  | 运动学分析中的数字算法 .....        | 190 |
| 5-1  | 概述 .....                 | 190 |
| 5-2  | 电子计算器的程序编制 .....         | 192 |
| 5-3  | 编制蔡斯方程的程序 .....          | 199 |
| 5-4  | 平面机构的计算机程序 .....         | 203 |
| 5-5  | 一般的机构分析程序 .....          | 213 |
| 第六章  | 凸轮设计 .....               | 218 |
| 6-1  | 凸轮和从动杆的分类 .....          | 218 |
| 6-2  | 位移图 .....                | 221 |
| 6-3  | 凸轮外形画法 .....             | 224 |
| 6-4  | 从动杆运动的推导 .....           | 229 |
| 6-5  | 高速凸轮 .....               | 233 |
| 6-6  | 标准凸轮运动 .....             | 235 |
| 6-7  | 位移图的配用导数 .....           | 244 |
| 6-8  | 多项式凸轮设计 .....            | 248 |
| 6-9  | 具有往复式平底从动杆的平面盘形凸轮 .....  | 253 |
| 6-10 | 具有往复式滚子从动杆的平面盘形凸轮 .....  | 258 |
| 第七章  | 直齿圆柱齿轮 .....             | 273 |
| 7-1  | 术语和定义 .....              | 273 |
| 7-2  | 齿轮啮合的基本定律 .....          | 275 |
| 7-3  | 渐开线的性质 .....             | 276 |
| 7-4  | 可互换的齿轮与美国齿轮制造商协会标准 ..... | 278 |
| 7-5  | 轮齿的基本工作原理 .....          | 280 |
| 7-6  | 轮齿的成形 .....              | 285 |
| 7-7  | 干涉和根切 .....              | 287 |
| 7-8  | 重合度 .....                | 290 |
| 7-9  | 改变中心距 .....              | 293 |
| 7-10 | 渐开形态学 .....              | 295 |
| 7-11 | 非标准轮齿 .....              | 298 |
| 7-12 | 摆线齿廓线 .....              | 308 |
| 第八章  | 斜齿圆柱齿轮、螺旋齿轮、蜗轮和锥齿轮 ..... | 315 |
| 8-1  | 斜齿圆柱齿轮 .....             | 315 |

|       |                  |     |
|-------|------------------|-----|
| 8-2   | 螺旋线—齿轮—轮齿的关系     | 316 |
| 8-3   | 螺旋线—齿轮—轮齿的大小     | 319 |
| 8-4   | 斜齿圆柱齿轮轮齿的啮合      | 320 |
| 8-5   | 人字齿轮             | 320 |
| 8-6   | 螺旋齿轮             | 321 |
| 8-7   | 蜗轮蜗杆传动           | 323 |
| 8-8   | 直齿锥齿轮            | 327 |
| 8-9   | 锥齿轮轮齿的大小         | 331 |
| 8-10  | 冠轮和平面齿轮          | 333 |
| 8-11  | 曲线齿锥齿轮           | 333 |
| 8-12  | 准双曲面齿轮           | 335 |
| 第九章   | 轮系机构             | 339 |
| 9-1   | 平行轴齿轮系与定义        | 339 |
| 9-2   | 齿轮系举例            | 341 |
| 9-3   | 确定齿数             | 342 |
| 9-4   | 周转齿轮系            | 343 |
| 9-5   | 锥齿轮周转轮系          | 346 |
| 9-6   | 行星齿轮系问题的公式解法     | 347 |
| 9-7   | 行星齿轮系的列表分析法      | 349 |
| 9-8   | 差动齿轮系(差速器)       | 353 |
| 第十章   | 杆系的综合            | 358 |
| 10-1  | 型式、数目和尺寸的综合      | 358 |
| 10-2  | 函数的形成、轨迹的形成和机体制导 | 359 |
| 10-3  | 精确位置与切拜切沃间隔      | 360 |
| 10-4  | 普通曲柄滑块机构的位置综合    | 362 |
| 10-5  | 曲柄摇杆机构的综合        | 363 |
| 10-6  | 曲柄摇杆机构的最佳传动角     | 364 |
| 10-7  | 三位综合法            | 368 |
| 10-8  | 点—位置转换与四精确点      | 370 |
| 10-9  | 重迭法              | 372 |
| 10-10 | 曲线搭配综合法          | 374 |
| 10-11 | 同族杆系与罗伯特斯—切拜切沃定理 | 379 |

# X

|       |                    |     |
|-------|--------------------|-----|
| 10-12 | 用复数法分析综合           | 382 |
| 10-13 | 弗列登斯坦方程            | 384 |
| 10-14 | 具有停止动作的机构的综合       | 388 |
| 10-15 | 旋转间歇运动             | 390 |
| 第十一章  | 空间机构               | 397 |
| 11-1  | 空间连杆机构导论           | 397 |
| 11-2  | 特种机构               | 400 |
| 11-3  | 位置问题               | 402 |
| 11-4  | RGGR机构的位置分析        | 404 |
| 11-5  | RGGR连杆机构的速度和加速度分析  | 406 |
| 11-6  | 欧拉角                | 414 |
| 11-7  | 关于角速度和角加速度的定理      | 416 |
| 11-8  | 虎克万向接头             | 418 |
| 第十二章  | 静力学                | 426 |
| 12-1  | 导论                 | 427 |
| 12-2  | 单位制                | 428 |
| 12-3  | 作用力和约束力            | 431 |
| 12-4  | 平衡条件               | 434 |
| 12-5  | 自由体简图              | 434 |
| 12-6  | 计算程序               | 436 |
| 12-7  | 两力和三力的构件           | 437 |
| 12-8  | 四力的构件              | 442 |
| 12-9  | 直齿圆柱齿轮和斜齿圆柱齿轮的力学分析 | 444 |
| 12-10 | 直齿锥齿轮              | 451 |
| 12-11 | 摩擦力的模式             | 455 |
| 12-12 | 静力分析与摩擦            | 458 |
| 第十三章  | 动力学                | 468 |
| 13-1  | 刚体和弹性体的力学分析        | 468 |
| 13-2  | 矩心和质量中心            | 468 |
| 13-3  | 惯性矩                | 471 |
| 13-4  | 惯性力与达朗伯原理          | 474 |
| 13-5  | 迭加原理               | 478 |

|                      |                      |     |
|----------------------|----------------------|-----|
| 13-6                 | 图解分析示范 .....         | 479 |
| 13-7                 | 绕固定中心的转动 .....       | 484 |
| 13-8                 | 惯性矩的测量 .....         | 487 |
| 13-9                 | 四杆机构的分析 .....        | 490 |
| 13-10                | 振动力和振动力矩 .....       | 494 |
| 13-11                | 计算机分析 .....          | 495 |
| 第十四章 往复式发动机动力学 ..... |                      | 504 |
| 14-1                 | 发动机头型 .....          | 504 |
| 14-2                 | 示功图 .....            | 512 |
| 14-3                 | 动力学分析——概述 .....      | 515 |
| 14-4                 | 气体的力 .....           | 515 |
| 14-5                 | 等效质量 .....           | 518 |
| 14-6                 | 惯性力 .....            | 520 |
| 14-7                 | 单缸发动机的轴承载荷 .....     | 523 |
| 14-8                 | 曲轴扭矩 .....           | 527 |
| 14-9                 | 发动机的振动力 .....        | 527 |
| 14-10                | 计算机使用须知 .....        | 529 |
| 第十五章 平衡 .....        |                      | 533 |
| 15-1                 | 静不平衡 .....           | 533 |
| 15-2                 | 运动方程式 .....          | 534 |
| 15-3                 | 静平衡机 .....           | 537 |
| 15-4                 | 动不平衡 .....           | 539 |
| 15-5                 | 不平衡的分析 .....         | 540 |
| 15-6                 | 动平衡 .....            | 546 |
| 15-7                 | 平衡机 .....            | 549 |
| 15-8                 | 用可编程序计算器计算现场平衡 ..... | 553 |
| 15-9                 | 单机发动机的平衡 .....       | 556 |
| 15-10                | 多缸发动机的平衡 .....       | 561 |
| 15-11                | 连杆机构的平衡 .....        | 566 |
| 15-12                | 机械的平衡 .....          | 573 |
| 第十六章 凸轮动力学 .....     |                      | 578 |
| 16-1                 | 刚性体和弹性体凸轮系统 .....    | 578 |

## II

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 16-2 偏心凸轮的分析 .....           | 579 |
| 16-3 滑动摩擦的作用 .....           | 583 |
| 16-4 带有往复滚子从动杆的圆盘凸轮的分析 ..... | 584 |
| 16-5 用于计算机或计算器求解的程序编制 .....  | 587 |
| 16-6 弹性凸轮系统的分析 .....         | 588 |
| 16-7 不平衡、弹簧颤动和扭曲 .....       | 592 |
| 第十七章 机械动力学 .....             | 596 |
| 17-1 飞轮 .....                | 596 |
| 17-2 陀螺仪 .....               | 600 |
| 17-3 调速器 .....               | 605 |
| 17-4 动力学特性的测定 .....          | 607 |
| 17-5 机座 .....                | 612 |
| 习题答案 .....                   | 615 |
| 附录 .....                     | 624 |
| 表 1 国际单位制词头 .....            | 624 |
| 表 2 美国习用单位换算为国际单位制 .....     | 625 |
| 表 3 国际单位制换算为美国习用单位 .....     | 626 |
| 表 4 面积特性 .....               | 627 |
| 表 5 质量惯性矩 .....              | 628 |
| 表 6 渐开线函数表 .....             | 629 |

# 第一章 运动的几何图形

## 1-1 导 论

机构和机械的理论是一种应用科学，用它可以了解机械或机构的零件的几何学和运动与产生这些运动的力之间的关系。所以，本书的主题自然地分成三部分。第一章至第五章与运动学有关的内容即机械零件的运动分析有关。这就为第六章至第十一章奠定了基础，在那里将研究机构和机械构件的设计方法。最后，在第十二章至第十七章中，将研究动力学即机械中随时间变化的力及所形成的动态现象，这是在其设计中必须考虑的。

如图 1-1 所示，现代机械的设计通常是很复杂的。例如，在

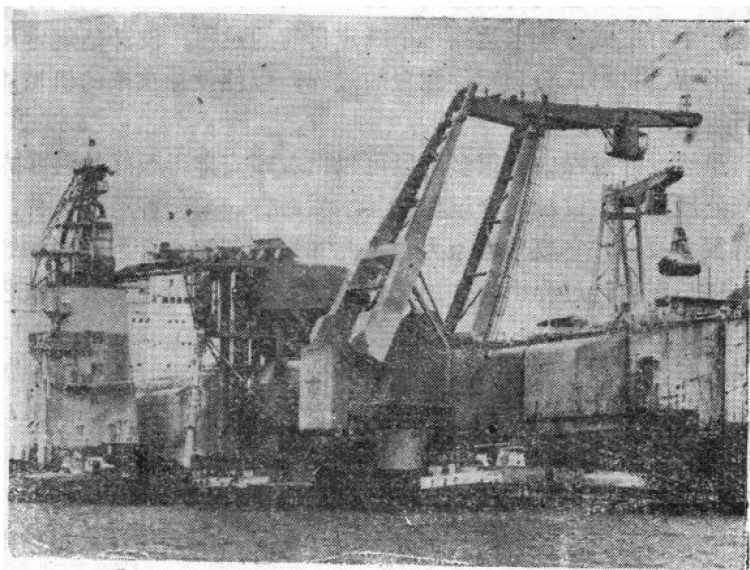


图1-1 具有双组线式起重臂结构的浮动式起重机  
(荷兰Figgie机器制造厂)

设计一台新发动机时，汽车工程技术人员必须处理许多相互联系的问题。活塞运动和曲轴运动之间有什么关系？什么是滑动速度和润滑表面的载荷及为此应当采用哪种润滑剂？将产生多少热量及怎样冷却发动机？同步和控制的要求是什么及如何做到？对用户来说购置费和用于连续运转及维修的费用是多少？使用什么材料和制造方法？燃料的经济性、噪声和排气污染问题如何及能满足法定的要求吗？虽然在完成设计以前必须回答所有这些以及很多其它的重要问题，但是限于本书的篇幅，显然不能都提出来。正如为了完成一项完善的设计而必须把具有不同技能的人汇集起来一样，必须取得很多科学的分支的共同支持。由于力学科学与机构和机械的设计有关，所以本书汇集了属于力学科学的资料。

## 1-2 分析与合成

研究机械系统，有两个完全不同的方面，即设计与分析。“设计”这个词包含的概念可以更正确地称为“合成”，合成是制定一个方案或方法来达到一个既定目的的过程。设计是规定尺寸、形状、材料成分和零件配置的过程，以便设计出来的机械能执行规定的任务。

虽然设计过程中有很多阶段可以用顺序安排得很好的科学方法来处理，但是设计的全过程就其本质而言，象一种科学一样，具有很多技艺。它要求想象力、直觉知识、创造力、判断力和经验。科学在设计过程中的作用，仅在于为设计人员在实施其技艺时提供使用的工具。

在评定各种彼此有关的选择对象的过程中，设计人员发现需要搜集大量的数学工具和科学工具。在正确应用这些工具时，与通过直觉或估计所得的信息相比，它们可以提供用于鉴定一项设计的更准确、更可靠的信息。因此，在从选择对象中选定一个时，它们能够给以极大的帮助。但是，科学工具不能为设计人员作出选择；他们有各种权利来发挥想象力和创造力，甚至超越数学推算的规定范围。

也许在设计人员处理中实现最大量搜集的科学方法是在称为“分析”的这个领域。这些是能使设计人员严格地检查一种现有的或在拟定中的设计的技术，从而判断它对任务的适应性。这种分析本身并不是一种创造性的科学，而是一种对已经想到的事情进行评价和估计的科学。

应当经常记住，虽然大量的努力可以花费在分析上，但是真正的目的是合成，就是设计一种机械或系统。分析只不过是简单地作为一种工具。但是，它是一种必不可少的工具，它必然地要作为设计过程中的一个步骤。

### 1-3 力学科学

研究运动、时间和力的这种科学分析的分支叫做力学，它由静力学和动力学两部分组成。静力学涉及静态系统的分析，即不包括时间这一因素；动力学研究随时间而变化的系统。

如图 1-2 所示，动力学也是由两个主要学科组成的，欧拉 (Euler) 在 1775 年首先考虑分为专题如下<sup>⊖</sup>：

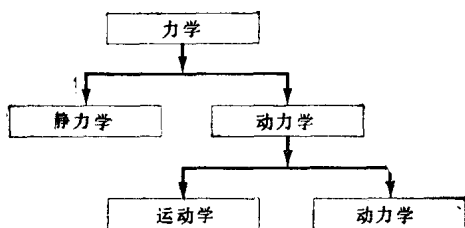


图 1-2

“刚体运动的研究可以方便地分成两部分，一部分是几何学

⊖ 《Acad. Petrop.》，20卷，1775年；并见《Theoria motus corporum》，1790年。英译本是 Willis 所译，即《Principles of Mechanism》，第二版，四页，1870年。