

机械设计概论

〔日〕渡边彬 著

JIXIE
SHEJI
GAILUN



机械工业出版社

机 械 设 计 概 论

〔日〕渡边彬 著

《机械设计概论》翻译组 译



机 械 工 业 出 版 社

本书对机械设计基础、功能、材料、制造工艺及设计管理等方面有较详细的论述，既对机械设计原理进行探讨，也对机械零件进行分析，可供科研人员、工程技术人员及大专院校师生参考。

本书由《机械设计概论》翻译组译。前言及第一、三章由李爱华译，第二章由金有罗译，第四章由刘志东译，第五章由孙瑞译。全书由任世钟校。

機 械 設 計 概 論

渡辺彬 著

パワー社

昭和54年

* * *

机械设计概论

〔日〕 渡辺彬 著

《机械设计概论》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 $6^{1/8}$ · 字数 155 千字

1985年12月北京第一版·1985年12月北京第一次印刷

印数 00,001—13,700 · 定价 1.85 元

*

统一书号：15033·5908

前 言

在自然科学和技术之间，即理、工科之间可以划一条明确的界线。技术的中心往往是设计。这里所讲的设计不只限于商品的设计，而且包括实验、研究所必需的装置，以至制造、检查所必需的机械、设备的设计这些极其广泛的内容。也就是说，工程上的问题，往往要通过创造性的设计活动来解决。因此，设计所需的知识面是非常广的。

《机械设计》在技术教育部门的课程中一直占有特殊的地位。其理由如前所述，是因为在机械设计课程中必须对过去学到的数学、物理、化学、语文和机构学、机械力学、材料力学、材料学、制造工艺，以及热力学、流体力学等机械工程的基础课知识进行综合运用。其结果，才能设计出充分满足性能、寿命、价格等方面要求的产品。

可是，在现实设计中必须考虑的条件是很多的，这相当于数学上的解多元联立方程组。而且，必须打破上述各课程之间的界限，进行综合运用。另外，还要力求理论与实际技术的密切结合。

换言之，机械设计可以说是技术教育的最终目的，其特点是，对于包括分析、综合技术研究在内的最经济的设计，应该学会具有创造性的实际设计本领。

由前辈们编写的题为《机械设计法》的好书不胜枚举，但其中大部分的书，其主要内容是对机械零件的分析。这些书都是需要的，也都达到了各自的目的。本书则又回到机械设计的出发点，以对设计原理的探讨为宗旨。其中心思想内容归纳如下：

1. 要使学生的思考重点放在综合方面而不放在分析方面，使学生得到创造性能力的训练；

2. 要把设计作为实现自己意志的手段；

3. 尽可能按科学根据进行设计，这是不言而喻的，但设计在很大程度上要依赖实际经验，要让学生领会设计方法是灵活多变的，并帮助他们努力尽快改进设计方法。

因此，本书可作为机械专业方面的大专院校的《机械设计》和《设计专论》教科书或参考书，对在企业中工作的年轻设计人员也很有参考价值。如本书能对读者有所裨益，作者就感到十分欣慰了。同时，对书中不足之处，恳请读者予以指正。

在编写过程中，使用了许多参考资料，在此对这些参考文献的作者表示衷心的感谢。

作者

1979年1月

目 录

第一章 机械设计的基础

1.1 什么是机械	1
1.2 机械设计的三大要素	3
1.3 设计人员的思想准备	5

第二章 关于功能的事项

2.1 功能和价值	7
2.2 效率	8
2.3 最佳设计	10
2.3.1 等效静载荷	10
2.3.2 关于效率的问题	12
1. 链条传动的最佳速度	12
2. 带的最佳速度	14
3. 带的传动效果	15
4. 近似直线运动	18
2.3.3 其他功能方面需要考虑的问题	20
1. 减小作用力	20
2. 对意外情况的考虑	24
2.3.4 主要机械要素的使用准则	27
1. 轴和齿轮等的联接法	29
2. 各种动力传递装置的比较	29
3. 轴承的比较	29
4. 直齿轮和斜齿轮的比较	30
5. 联轴器的比较	30
6. 镶入螺栓的使用方法	31

第三章 关于材料的事项

3.1 机械零件承受的载荷	32
---------------------	----

3.2 金属材料的破损及其对策	33
3.2.1 设计系数	34
1. 形状系数(应力集中系数)	34
2. 减少应力集中的方法	38
3. 材料的疲劳	39
4. 切口系数	41
5. 影响疲劳极限的各种因素	41
3.2.2 制造过程造成的材料破损	45
1. 热处理	46
2. 其他加工	47
3.2.3 在使用中产生的材料破损	48
1. 腐蚀	48
2. 温度条件	49
3.3 安全系数	50
3.4 机械材料的选择标准	52
3.4.1 机械材料的分类	52
3.4.2 金属材料的各种性质	53
3.4.3 关于钢铁材料	54
1. 碳钢和铸铁	54
2. 碳钢的性质	56
3. 特殊钢的性质	57
4. 其他材料	58
5. 有效利用材料的方法	61
3.5 对于使用应力的余裕系数	61
3.5.1 关于梁的载荷分布	61
3.5.2 关于薄壁圆筒	63
3.5.3 关于冲击应力	65
3.5.4 关于加工精度的影响	65

第四章 关于制造的事项

4.1 制造方法概要	69
4.2 毛坯的选择	70

4.3 铸造	75
4.3.1 铸造的优点缺点及其对策	73
4.3.2 铸件设计方法	74
1. 厚度均匀	76
2. 最小厚度	76
3. 拔模斜度、座高和圆角	77
4. 铸造孔	78
5. 加工余量	78
6. 残余应力	80
7. 尺寸精度	81
8. 型芯的支持和落砂	81
9. 其它	83
4.4 塑性加工	83
4.4.1 锻造	85
1. 优点	85
2. 设计方法	86
4.4.2 板金加工	88
1. 剪切加工	88
2. 弯曲加工	91
3. 拉深加工	94
4.4.3 辊压成形	95
4.5 焊接	95
4.5.1 焊接方法分类	95
4.5.2 焊接结构的优点和缺点	97
1. 优点	97
2. 缺点	98
4.5.3 焊接设计	99
1. 材料和焊接方法	99
2. 焊接接头的选择	99
3. 焊接接头的特性	100
4. 与铆接结构的比较	102
5. 与铸件的比较	104

6. 强度和刚度的问题	104
7. 振动特性	107
8. 一般注意事项	110
4.6 机械加工	110
4.6.1 机械加工的必要性	110
4.6.2 机械加工的加工限度	113
1. 材料	113
2. 硬度	113
3. 大小	114
4. 尺寸精度	114
5. 中心孔	115
4.6.3 设计上应注意的事项	116
1. 工件要容易安装在机床上	117
2. 工件装在机床上以后不准移动	117
3. 要减少工具的种类	118
4. 凸台的高度要一致	119
5. 要确保工具的退刀槽	119
6. 要注意避免不能加工的形状	121
7. 关于钻床作业	123
8. 关于倒角	124
9. 装配时的注意事项	125
10. 要尽量利用车床加工	126

第五章 设计管理的事项

5.1 公差与配合	128
5.1.1 公差	128
5.1.2 配合	130
5.1.3 公差与配合的选用方法	134
1. 总体的研究方法	134
2. 配合部分的研究方法	136
3. 形位公差	140
5.2 表面光洁度	141

5.2.1 加工面的加工状况	141
5.2.2 表面光洁度的影响	142
1. 性能问题	142
2. 加工费问题	144
3. 材料问题	145
4. 实例	145
5.3 价值分析	146
5.3.1 基本的研究方法	146
5.3.2 成本数据	147
1. 加工方法	147
2. 尺寸精度	149
3. 变更设计	151
5.4 标准化	154
5.4.1 规格	154
5.4.2 标准数	157
1. 特点	159
2. 使用方法	160
5.4.3 机械制图	163
5.5 工业所有权	165
5.5.1 工业所有权的意义	165
5.5.2 对现状的认识和今后的课题	167
5.5.3 实际情况	171
5.6 国际单位制 (SI)	179
结束语	184
参考文献	185

第一章 机械设计的基础

1.1 什么是机械

所谓机械，如果以常见的汽车为例，可表述如下：

(1) 主要部件有车身、车轮及变速箱后面的动力传递装置、操纵装置等；

(2) 在这些部件中，车轮和动力传递装置等是运动部件；

(3) 发动机靠供给的燃料工作。发动机驱动车轮，从而使汽车发挥载人或运货的功能。

关于机械的定义，并没有定论。如将上述关于汽车的构造以一般形式来表述，则可归纳如下，即：

1. 须由两个以上的零部件组成；
2. 这些零部件中的运动部件，应总是按设计要求作确定的运动；
3. 把外来的能源变为有用的机械功。

具备上述三个条件者可称为机械。在开始学这门课程时，如让学生举出机械的例子，就必定会举出照相机、钟表、收音机、电视机、计算机等等。这些东西在上述三个条件中，虽然满足第1条和第2条，但不符合第3条。然而，事实上一般人把这些也都看作是机械。因此，把这些产品看作“广义的机械”，也是可以的。

实际上，机械工业所经营的商品当然包括上述的广义机械，其中仅有满足三个条件中第1条的铁桥、锅炉等结构以及桌子、椅子等家具类，甚至连第1条都不满足的螺栓、螺母、弹簧、扳手等只有一个零件的产品也包括在内。

因此，本书中所讲述的当然不只限于“狭义的机械”，而是以上述机械工业所经营的全部商品为对象。

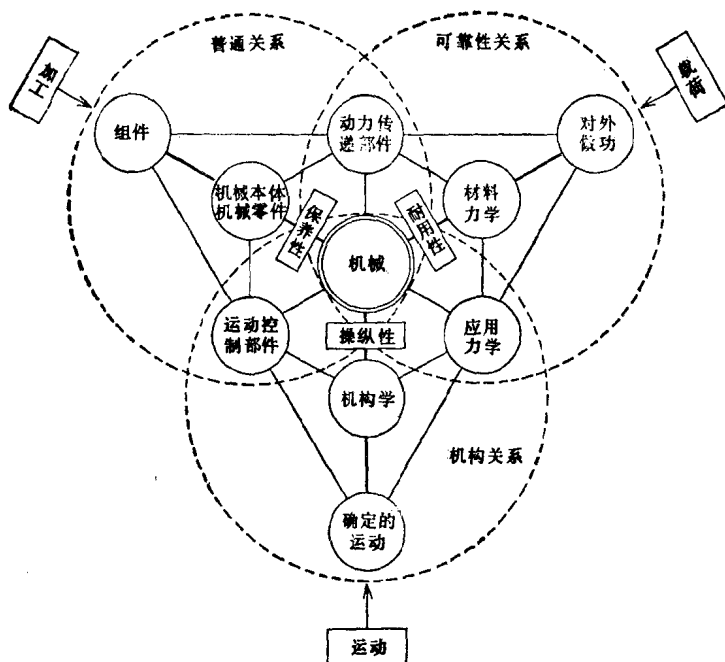


图1-1 对机械三个条件的思考方法

表1-1 机械和生物的比较

	机 械	生 物
生成方法	多件组成一体（功能由外部给定）	一个分成多个（由一个卵细胞分裂而成，其机能是内部原有的）
自发性	不会自由地从外部吸收能量	能自由地从外部吸取食物而保存自己
适应性	没有适应性（电热器虽能自由调温，但这是由自动控制装置来实现的）	为适应外部环境、保存自己而变换机能（对于炎热的天气，可通过发汗来调节体温等）

下面，结合图 1-1 所示的对机械三条件思考方法之一例，再考察一下什么是“机械性”，与此相反的词是“生命性”。表 1-1 中对其不同点进行了比较。生物界中最进化的是人类，人类为征服自然所积累的知识就是科学。机械就是把科学理论作为技术而具

体化了的成果，机械扩大了人作为生物的能力。

1.2 机械设计的三大要素

所谓设计，就是把人们想要的“某种东西”具体制造出来的创造性思考，它由下面的三个基本要素组成。

- 1) 确定“某种东西”的性能；
- 2) 确定为制造那种东西所必需的材料；
- 3) 确定制作那种东西的方法（制造工艺）。

设计的对象从与人们日常生活必需的衣、食、住等有关的极其普通的东西直到机械、设备、建筑物、材料、城市等，涉及的范围很广，但本书讨论的范围只限于与机械工业有关的东西。

那末，如果确定了想要设计的“某种东西”，以什么样的顺序和思路进行考虑才好，可参看图 1-2。

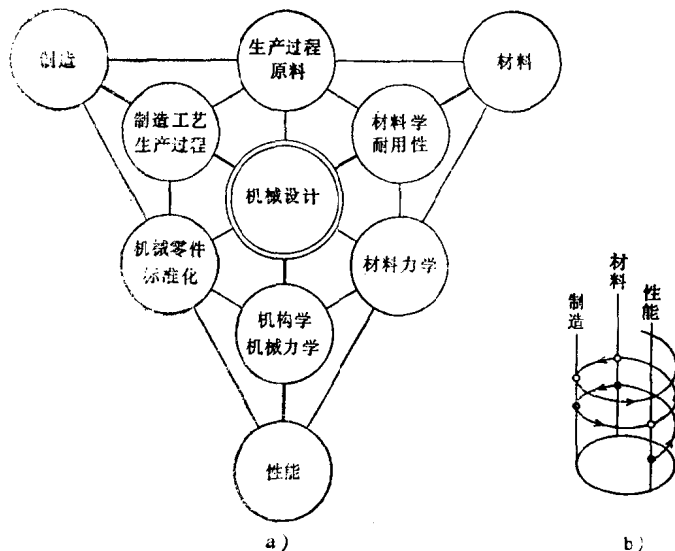


图1-2 设计的三大要素

首先,在最初以性能为中心来考虑时,要应用机构学的知识,研究零件以什么样的布置连接才可能按照预期的目的进行运动。特别在最近,为了解决随着机械高速化而产生的惯性力的增加以及由于回转体的变形所致的不平衡而产生的振动等各种问题,还必须具备机械力学的知识。在内燃机和流体机械等场合,由于要把流体和热具有的能量转变成机械功,则必须有水力学、热力学等知识。在此应当注意的是,确定机械零件时应该把标准化作为前提。为了使机械能完成预定的工作,还必须根据材料力学从载荷方面进行审核。关于这一点想要特别强调的是,在从强度和刚度两方面进行审核的同时,还应注意热应力的问题。

其次,在把必要的制造材料作为中心来考虑时,为了确保在使用环境下的耐用性(寿命),必须审核材料的可靠性。特别对于采用近来发展很快的塑料,应格外注意。再进一步,还要通过选定最佳原料来研究生产过程。

最后,以制造方法(制造工艺)为中心来考虑时,因为最重要的是要根据机械制造工艺知识研究生产过程的费用,所以原料以及零件要标准化,并要确定生产技术和生产设备。

性能、材料、制造这三大要素是互相促进的,今后,大概如图 1-2 b 所示的那样,将螺旋形地稳步上升。如果研制出耐热性更好的材料,并且能实现其制造工艺,那么,机械性能将进一步提高;若研究出更精密的制造工艺,则机械性能又可进一步提高。性能的提高将反过来促进材料和制造工艺的进步。

至于现实的问题则不能这样简单地理解。也就是说,设计方案不是一个而是有很多。在汽车行业,福特牌汽车和雪佛兰牌汽车都是成功的方案,但两者通用的大概只有螺栓、螺母之类的机械零件或者外购的附件。车身和发动机的构造、活塞直径以及阀门机构等都是完全不同的。有的公司在某些机械中采用了铸铁齿轮。其理由是这些公司有设备完善的铸造厂,能价廉地制造出强度较高的齿轮。不过,与钢齿轮相比,强度明显地较差,尺寸也大,所以整个机械也就大了。再加上齿轮轴和轴承都加大、构架

也长,为了使变形量保持一定,需要增加壁厚。也就是说,所谓设计就是作出决定,就是对所有涉及到的影响进行各种调查。换句话说,所谓决定往往是对各种因素的折衷。

1.3 设计人员的思想准备

分配给设计人员的课题,根据其难易程度,实际上可分为以下三类,即:

1. 现有商品的性能几乎不变,而仅需变更零部件的布置等;
2. 改变各种零部件,以扩大或缩小现有商品的性能;
3. 商品具有全新的性能,或者性能虽然不变,但是在原理上应用了全新的理论。

其中,属于第3类的是要集中企业全部力量来搞的课题,作为多年的研究成果,只有依靠所谓设计团体才能进行。然而,属于第1类或第2类的课题,则可由个人或者几个人组成的小组来完成。本书的目的只是把在进行这种设计时应该注意的一些属于常识方面的问题加以汇总。但是作为设计者,应在任何场合都保持远大的理想,并在思想上做好如下准备:

1. 事先完全掌握设计方法

需要充分了解该产品的使用环境和使用条件,而且必须在设计过程中不断地检查,不使商品偏离原来的设计目标。

2. 经常注意技术水平

除生产设备外,还要经常注意检查部门、购买部门、管理部门的技术水平,考虑这些部门之间的平衡。

3. 充分利用研究成果

个人的能力是有限的,所以,对于前人宝贵的研究成果,不管国内和国外的,都必须灵活应用。

4. 树立成本观念

对于这一点,似乎是没有必要再多说了,但在决定尺寸、形状、尺寸公差和加工精度等时,往往未能有意识地考虑成本问题。实际上,注意一切成本数据,同时尊重他人的意见,是很重

要的。

5. 必须有新的构思

假如作为新产品出售的商品没有独特的构思，那将是不光采的。从常识可知，工业所有权要进行范围广泛的注册。但作为设计者，同时也要有尽可能积极采纳他人的新颖构思的气质。

6. 设计者应是全能的

设计者要意识到自己肩负着企业兴衰的重任，对充分的技术根据要始终具有绝对的自信力。

7. 注意产品寿命

产品寿命关系到销售量。在产品开始销售时，就要预先确定在出现什么情况时应进行产品换代。

第二章 关于功能的事项

2.1 功能和价值

设计的第一步是确定功能。如表 2-1 所列,即使基本功能相同,辅助功能也有千差万别,并根据时代和社会形势的需求而不断变化。尽管机械的

$$\text{价值} = \frac{\text{功能}}{\text{价格}} \quad (2-1)$$

表2-1 功能的分类

种类	说 明	以 钟 表 为 例
基本功能	失去运动功能时,就失去其存在价值或必要性	在规定的误差内报时
辅助功能	附属于上述功能所要求的功能	根据固定用、携带用、叫人用、装饰用、防水用等不同使用目的,对大小、厚度、形状、颜色等的附加要求

不断变化,但总是要求把价值提高。也就是说,总是要求价格不断下降,这样就产生了价值分析等生产过程方法的必要性。

近年来,机械的发展速度确是惊人,人们所期望的高性能机械陆续出现,过去连做梦都不敢想的月球探险也已成为现实。在表 2-2 中列出了功能远远超过人类的一部分机械。

机械应具有满足人们期望的功能,但是否做成什么样都可以呢?当然,它应该为人类的幸福和文化进步服务,而绝不应给人们带来不幸。因而有必要考虑下列几点:

1. 安全方面 应优先考虑防火装置,双重的保安装置,以及对错误操作的安全装置等;

2. 环境保护方面 应把最近极为重视的防止公害问题作为重点来考虑,如对煤烟或废气的控制、降低机械的振动和噪声