



高等学校試用教科書

机械零件

JIXIE LINGJIAN

(1962 年修訂本)

上 册

西北工业大学机械原理及机械零件教研組編

濮良貴 主編

人民教育出版社

高等学校試用教科書



机 械 零 件

JIXIE LINGJIAN

(1962 年修訂本)

上 册

西北工业大学机械原理及机械零件教研組編

濮良貴 主編

人 民 教 育 出 版 社

本书是西北工业大学机械原理及机械零件教研组根据西北工业大学等校编写的“机械零件”(修订本)(1961年人民教育出版社出版),并结合有关试用意见及其他参考资料修订而成的。

全书共五篇,计23章,分上、中、下三册出版。上册内容包括第一篇“总论”及第二篇“连接”,计10章:绪论,机器及机械零件设计总论,机械零件常用的材料,机械零件设计计算的理论基础,机械零件的结构工艺性,铆钉联接,焊接联接,过盈配合联接,键、花键、无键、弹性环及销钉联接,螺纹联接。

本书主要用作高等工业学校机械类各专业的试用教科书,亦可供机械工程技术人员参考。

担任本书修订工作的有王步瀛、沈允文、汤嘉吉、赵文蔚和濮良贵等同志,最后由濮良贵同志进行全书的通读整理工作。

本书修订稿曾经太原工学院朱景梓教授审阅。

机 械 零 件

(1962年修订本)

上 册

西北工业大学机械原理及机械零件教研组编

濮良贵 主编

北京市书刊出版业营业许可出字第2号

人民教育出版社出版(北京景山东街)

人 民 教 育 印 刷 厂 印 装

新华书店北京发行所发行

各 地 新 华 书 店 经 售

统一书号16010·013 开本 787×1092 1/16 印张 16 1/8

字数 258,000 印数 105,001—123,000 定价(7) 1.00

1961年8月第1版 1961年6月修订第2版

1962年7月修订第3版 1963年6月北京第8次印刷

序

本书是我組就西北工业大学等校編写的“机械零件”(1961年修訂本)修訂而成的。

原书系1961年3月間中央教育部在天津召开的教材选編会議中,由天津大学、西安交通大学、清华大学、山东工学院、哈尔滨工业大学、南京工学院、西北工业大学等校机械零件教研組的有关教师以我組王步瀛、王国玉、任宏达、沈允文、沈越泉、李东紫、陈文蔚、湯嘉吉、赵文蔚、赵原初、濮良贵原編的“机械零件”为基础修改而成的。在修改过程中,曾分別采用了許鎮宇主編的“机械零件”、天津大学編写的“机械零件讲义”和哈尔滨工业大学編写的“机械零件讲义”等书中的鉚釘联接、齿輪傳动、減速器、制动装置、壳形零件各章及其他一些小节,并經前述各校有关教师加工修改。

本书是在“机械零件教学大綱”(1962年草案)制定之前修訂的,付印前又根据該教学大綱(1962年草案)作了必要的修改,全书內容已反映了該教学大綱的基本要求。至于章节划分及次序先后,各校可根据专业要求、教学經驗及其他具体条件自行安排。

此次修訂所根据的原則是突出本課程基本的、稳定的、典型的內容,并注意反映与本課程有关的最新科学技术成就,其他部分則力求精簡。但由于時間及水平所限目前只能認為已向上述目标作了初步的努力。

本书較原书变动較大之处有:原书第二章“机械零件的工作能力及其計算准則”改为本书第四章“机械零件設計計算的理論基础”;第十章的“螺栓組联接的設計計算”一节則予以加强;第十六章“減速器”是新写的;原书第二十三章“壳形零件”用本书新写的第二十二章“机座及箱体”代替;原书中的“楔联接”及“制动装置”两部分已予刪去。

本书使用到先修課程的有关內容时,一般不再重复;但遇到与本課程的系統性及完整性有关的地方,則采用小号字排印(如螺纹的基本参数及标准等)。

本书用小号字排印的內容除上述情况外,还有属于較深入的(如非直齿圓錐齿輪傳动及其强度計算等)、較扩充的(如流体靜力潤滑軸承等)以及仅为部分专业需要而編入的材料(如鉚釘联接)等。这些內容可視学时多少及需要程度酌加取舍。

本书对于某些虽可刪去但需經常使用的表格,考慮到目前手册甚少,暫予編入各該章的附录。

本书所采用的設計計算方法是从本課程的性质(基础技术課)出发,使学生通过一种基本的方法来鍛炼掌握設計計算的基本理論与技能,因而不可能与各类专业設計中使用的方法完全符合(如齿輪傳动的設計計算)。

在修訂过程中,先后收到兄弟院校机械零件教研組及教师个人提出的一些改进意見,我們对这些意見曾作了細致的分析,并尽可能加以采納。

本书承朱景梓教授审閱全稿,并提出很多宝贵的意見;各兄弟院校試用本书1961年版后,提

供了許多改进意見,謹此一并致謝!

最后,此次修訂工作由于時間仓促,誤漏之处在所难免。謹以感激的心情欢迎各方面的批評与建議,并請將意見寄交我組。

西北工业大学机械原理及机械零件教研組

1962年4月于西安

基本符号表^①

A ——中心距, 軸向力	μ ——波桑比、粘度
b, B ——寬度	ρ ——摩擦角、曲率半徑
c, C ——系数	σ ——法向应力
d, D ——直径	σ_H ——公称法向应力
E ——拉压弹性模数	σ_P ——拉伸应力
f ——摩擦系数	σ_H ——弯曲应力
F ——面积	σ_{CK} ——压缩应力
G ——剪切弹性模数	σ_{CH} ——挤压应力
h, H ——高度	$[\sigma]$ ——許用法向应力
H_B ——布氏硬度	$[\sigma]_P, [\sigma]_H, [\sigma]_{CK}, [\sigma]_{CH}$ ——許用拉伸、弯曲、压缩、挤压
RC ——洛氏硬度	应力
i ——某范围内的任意数	σ_B ——强度极限
J ——剖面的軸慣性矩	$\sigma_{BP}, \sigma_{BH}, \sigma_{BCK}$ ——拉伸、弯曲、压缩时的强度极限
J_P ——剖面的极慣性矩	σ_T ——風服极限
k, K ——系数	$\sigma_{-1}, \sigma_{-1P}$ ——对称循环时的弯曲及拉压疲劳极限
k_σ, k_τ ——法向应力及切向应力的有效应力集中系数	σ_0, σ_{0P} ——脉动循环时的弯曲及拉伸疲劳极限
l, L ——长度	$(\sigma_{-1})_K$ ——有应力集中时的对称循环弯曲疲劳极限
m ——系数、质量	$(\sigma_{-1})_{Kd}$ ——有应力集中并計入尺寸影响时的对称循环弯曲疲劳极限
M ——力矩	σ_m ——循环法向应力的平均应力
M_K ——扭矩	σ_a ——循环法向应力的应力幅
n ——轉速、安全系数	τ ——切向应力
N ——功率	τ_B ——剪切强度极限
N, Q, P ——作用力	τ_{CP} ——剪切应力
p ——压力强度(单位压力)、比压	τ_K ——扭转剪切应力
r, R ——半徑	$[\tau]$ ——許用切向应力
t, T ——時間、溫度	$[\tau]_{CP}, [\tau]_K$ ——許用剪切应力和許用扭转剪切应力
v, V ——速度	τ_T ——剪切風服极限
W ——弯曲时的剖面模数、重量	τ_{-1} ——对称循环时的剪切疲劳极限
W_P ——扭转时的剖面模数	τ_0 ——脉动循环时的剪切疲劳极限
x, y, z ——坐标軸符号, 点的坐标	$(\tau_{-1})_K$ ——有应力集中时的对称循环剪切疲劳极限
z ——个数	$(\tau_{-1})_{Kd}$ ——有应力集中并計入尺寸影响时的对称循环剪切疲劳极限
$\alpha_\sigma, \alpha_\tau$ ——理論应力集中系数	切疲劳极限
α, β ——角度、系数	τ_m ——循环切向应力的平均应力
γ ——角度、比重	τ_a ——循环切向应力的应力幅
δ ——厚度、断裂伸长率	φ ——角度、系数
ε ——应变、系数	ω ——角速度
η ——效率	ψ ——系数、断裂收缩率
θ ——角度、角变形量	ψ_σ, ψ_τ ——表示材料对于应力循环的不对称性的敏性系数
λ ——长度变形量	

① 本表所列仅为一些常見的符号, 其他一些特殊的、比較少見的則未包括在內, 但在初次出現時均將另加說明。

上册目录

序.....	iv	第六章 铆钉联接.....	67
基本符号表.....	vi	§ 6-1. 概述.....	67
第一篇 总論		§ 6-2. 铆钉.....	68
第一章 緒論.....	1	§ 6-3. 铆接结构的材料.....	69
§ 1-1. 机械零件課程的性质、学习的目的及其在 教学计划中的地位.....	1	§ 6-4. 铆接的工艺过程及其对铆接质量的影响.....	70
§ 1-2. 机械零件課程研究的对象及內容.....	1	§ 6-5. 铆接計算的前提 铆縫效率和强度系数.....	71
§ 1-3. 机械零件科学的发展簡史及今后发展趋势.....	2	§ 6-6. 强固铆縫.....	74
§ 1-4. 机械設計在国民經济中的作用.....	3	附录.....	78
第二章 机器及机械零件設計总論.....	4	例题.....	79
§ 2-1. 机器設計的基本原则.....	4	第七章 焊接联接.....	81
§ 2-2. 設計机械零件时应滿足的基本要求.....	5	§ 7-1. 概述.....	81
§ 2-3. 設計与設計的方法.....	8	§ 7-2. 焊縫的主要类型和强度計算.....	83
§ 2-4. 一般的設計步驟.....	10	§ 7-3. 焊接结构的材料及焊条.....	89
§ 2-5. 机械制造业中的标准化与规格化.....	11	§ 7-4. 焊縫的許用应力.....	90
第三章 机械零件常用的材料.....	13	§ 7-5. 影响焊接强度的结构因素.....	91
§ 3-1. 材料的基本性质.....	13	例题.....	92
§ 3-2. 选用材料的一般原則.....	17	第八章 过盈配合联接.....	94
附录.....	20	§ 8-1. 概述.....	94
第四章 机械零件設計計算的理論基础.....	29	§ 8-2. 过盈配合联接的用途及装配方法.....	94
§ 4-1. 强度計算中的基本定义.....	29	§ 8-3. 影响过盈配合联接强度的因素.....	96
§ 4-2. 强度方程式.....	30	§ 8-4. 过盈配合联接的計算.....	97
§ 4-3. 許用应力及安全系数.....	31	§ 8-5. 过盈配合联接的合理结构.....	102
§ 4-4. 靜应力时的强度計算.....	35	例题.....	103
§ 4-5. 变应力时的强度計算.....	35	第九章 鍵、花鍵、无鍵、彈性环及銷釘 联接.....	105
§ 4-6. 机械零件的接触强度.....	46	§ 9-1. 鍵联接概述.....	105
§ 4-7. 高温下工作的零件的設計問題.....	48	§ 9-2. 鍵联接設計計算.....	109
§ 4-8. 机械零件中的磨損.....	49	§ 9-3. 花鍵联接概述.....	114
§ 4-9. 設計中的其他問題.....	51	§ 9-4. 花鍵联接設計計算.....	115
附录.....	51	§ 9-5. 无鍵联接及彈性环联接.....	117
第五章 机械零件的结构工艺性.....	57	§ 9-6. 銷釘联接.....	118
§ 5-1. 鑄造零件结构设计要点.....	57	例题.....	119
§ 5-2. 鍛造及冲压零件结构设计要点.....	58	第十章 螺紋联接.....	121
§ 5-3. 机械加工对零件结构的影响.....	58	§ 10-1. 螺紋.....	121
§ 5-4. 装配工艺对零件结构的影响.....	59	§ 10-2. 螺紋联接的类型及结构.....	125
§ 5-5. 从结构设计方面提高零件强度的措施.....	61	§ 10-3. 螺母及垫圈.....	130
§ 5-6. 从结构设计方面节约零件材料的措施.....	61	§ 10-4. 螺栓联接的工作情况.....	131
§ 5-7. 毛坯的选择.....	62	§ 10-5. 单个螺栓联接强度計算.....	137
§ 5-8. 零件某些部位的制造精度及表面光洁度等 級的选择.....	62	§ 10-6. 螺栓組联接的設計計算.....	148
第一篇参考书刊.....	65	§ 10-7. 螺旋傳动.....	156
第二篇 联接		§ 10-8. 滾珠螺旋傳动.....	160
总論.....	66	例题.....	162
		第二篇参考书刊.....	165

第一篇 总論

第一章 緒論

§ 1-1. 机械零件課程的性质、学习的目的及其在教学计划中的地位

“机械零件”是一門基础技术課，它是設計性的課程。在本課程中，將研究那些在各类机械中或多或少地都能遇到的、具有同一功用和性能的通用零件的設計理論和方法。因而可以說，机械零件課程就是研究通用零件的設計的課程。

任何一个机械工程技术人員，甚至某些其他部門的工程技術人員，在工作中都不可避免地要遇到或多或少的机械設計問題。因此，作为一个工程技术干部，具备有关机械設計方面的一些基本知識和技能是非常必要的。对于机械类专业的学生，学习本課程的目的在于：初步建立正确的設計思想；掌握通用零件的設計理論及方法；了解有关通用零件設計方面的工艺知識及經濟分析知識；熟悉有关的标准及規範等設計資料，进而通过練習、作业和課程設計的鍛煉，以逐步培养設計較為简单的机械的能力，并且为进一步学习专业的設計課程打下基础。

設計工作需要多方面的知識和技能，从国家的有关工业技术的方針政策到生产单位的具体情况，从基本理論到实际生产技术，可以說无不涉及。因而設計时，就必须首先建立正确的設計思想；并須灵巧地、創造性地綜合利用一切現有条件，才能設計出既符合理論要求，又滿足实际需要的机器和零件。因此，学习机械零件課程时，就应该具有必要的基础理論、生产知識和技能。这些是通过机械制图、理論力学、材料力学、金属工艺学、金属热处理、互換性原理及技术测量和机械原理等課程的学习，以及参加生产劳动鍛煉而获得的。

根据上述情况可知，在机械零件課程中需要綜合运用各門基础理論課和基础技术課中的知識。此外，机械零件課程还密切联系着生产实际，并起着从基础課学习过渡到专业課学习的重要的桥梁作用。

§ 1-2. 机械零件課程研究的对象及內容

随着社会生产力的发展和科学技术的进步，机器的功用和类型也日益增多。作为組成各种机器的机械零件，就其种类和型式來說，也就更为多样化了。在所有的机械零件中，除了前述的通用零件外，还有一些具有專門功用、并且只在特定的机器中才使用的零件，这类零件称为专用零件。例如活塞式机器的曲軸、渦輪机的叶片、飞机的螺旋桨、牛头刨床的搖杆等均屬专用零件。

机械零件課程只研究各种通用零件的設計和計算問題。至于专用零件，則在各有关专业課程中研究。

机械零件課程所研究的具体內容为：

(一)設計机器及零件的基本原則及有关材料，設計計算理論和結構工艺性方面的基本知識；

(二) 联接——鉚釘联接, 焊接, 过盈配合联接, 鍵、花鍵、无鍵、彈性环及銷釘联接和螺紋联接等;

(三) 傳动——摩擦輪傳动, 皮帶傳动, 鏈傳动, 齒輪傳动, 蝸輪傳动及減速器等;

(四) 軸, 滑动軸承, 滚动軸承及联轴器;

(五) 其他——彈簧、机座及箱体和潤滑剂及潤滑装置等。

学习本課程时, 不但要学会运用理論、公式、标准、规范及其他設計資料等进行設計和計算, 而且应该通过練習及实践, 逐步提高到具备全面地、辯証地分析問題, 以及結合实际解决零件設計問題的能力。

§ 1-3. 机械零件科学的发展簡史及今后发展趋势

任何一門科学都是伴随着生产的发展而发展的, 机械零件这門科学和机械零件課程的发展, 同样也是由于生产的发展所促成的。

我国历史上, 在与机械零件課程內容有关的技术方面, 有着非常丰富的发明和創造。例如: 远在公元前 2600—1700 年間, 已能制造木質的車輪、軸和軸承; 周朝时(公元前 1122—256 年)就已采用了动物油作为潤滑剂; 汉朝时已能制造青銅齒輪, 并能用金属来制造軸和軸承。

世界上其他文明国家在机械零件方面的創造也有很大的成績。例如古代埃及在建筑金字塔时(約公元前 1550 年), 就应用了滾子、斜面及杠杆; 古代希腊在公元前 350 年已应用了齒輪。

我国关于机械方面較有系統的早期著作有: 明朝王征的“諸器图說”; 徐光启的“农政全书”; 宋应星的“天工开物”等等。

上述的創造和发明都是和当时的农业、建筑、交通等方面的发展分不开的。但在我国, 由于长期經受着封建統治, 加以近百年来帝国主义的侵略, 使我国的經濟及科学文化长期处于落后状态。在西方, 經濟及科学文化的飞跃发展, 也是在接連十余世紀的“黑暗时代”結束, 文艺复兴以后才开始的。

机械零件这門科学是在 19 世紀中叶形成的“机械学”的科学中分离出来的。1881 年, 俄国基尔皮契夫(В. Л. Кирпичев)教授写成了第一部名为“机械零件”的教程, 并于 1882 年在彼得堡出版。此后“机械零件”才成为一門独立的課程。因此到现在为止, 它也不过只有 80 年的历史。

随后, 机械零件科学在各国都有了不同程度的发展。到目前为止, 这門科学不仅拥有大量的著作, 而且也拥有极其丰富的專門論文、手册、图册、国家标准及工厂规范, 同时还有科学院和專門研究所正在从事这方面的研究工作。

新中国成立以来, 在党的大力支持和关怀下, 机械零件科学在我国有了巨大的发展。很多的专业工厂、专业設計院、專門研究所及高等学校都在这方面进行着研究工作。

在科学技术迅速发展的今天, 机械制造正在向着“高、大、精、尖”的方向发展。现代机器的特征是与高速、高温、高压、大功率、高效率、高生产率、高精度等方面紧密联系着的。例如: 目前小直徑的軸的轉速高达 100,000~150,000 轉/分; 軸頸的圓周速度达 80 米/秒; 齒輪的圓周速度达 150 米/秒; 齒輪上的圓周力达 1000 吨; 燃气渦輪机叶片的温度高达 700~800°C。特别是原子能

的应用,火箭技术和宇宙航行的迅速发展,就对机械設計提出了更新更高的要求。这些情况反映在机械零件設計中的要求是:逐步地深入强度科学的本质,在設計中广泛地考虑零件的接触强度、变应力强度和抗磨损性能,以及高温条件下的蠕变計算等;更深入地研究高速条件下的零件顫振問題,冲击载荷作用时的应力波傳遞問題,处于均匀或不均匀温度場中的机器的热应力問題等。机械及机械零件的結構也在向着輕結構和拼合結構等方向发展。材料的类别也日益增多,故选用材料的问题也日趋复杂。因而在机械設計中更多地应用了固体物理学、机械动力学、流体力学、空气动力学、热力学及热傳导理論、新型材料及其工艺等一些科学的新成就。对于計算精度的要求也日益提高,特别是国防工业和重工业等方面提出的要求更为突出。这样就对机械零件科学提出了更多的任务,并促进这门科学的迅速发展。

§ 1-4. 机械設計在国民經济中的作用

在国民經济的发展过程中,机器的作用是很巨大的。“因为机器給社会节省劳动,并且減輕工人的劳动”^①。因而广泛使用机器就能提高劳动生产率,保証国民經济不断的、巨大的增长。但在不同的地理区域及自然条件下,要求同类机器有着不同的性能,因此,在我国的社会主义建設中,按照我国的具体条件及資源,設計并制造适合于自己应用的机器,就成为当前重大的任务。

在解放前的旧中国,經济不能独立,政治上又极端腐敗,根本不能自己設計和制造机器。解放后,我国摆脱了半封建半殖民地的社会制度,在党和毛主席的英明领导下,我国人民在迅速完成了国民經济的恢复工作以后,立即着手进行了有計劃的社会主义經济建設工作。由于第一个五年計劃的执行和胜利完成,我国重工业的各个部門都取得了很大的发展。特别是由于1958~1960三年大跃进的結果,提前和超额地完成了第二个五年計劃中規定的主要工业指标,已經为在我国建立一个完整的現代化的国民經济体系奠定了初步基础。而我国工业发展的水平,已經为建立这样一个国民經济体系提供了相当大的物质技术力量。并且为自己設計、自己制造机器創建了必要的技术条件。我国已經达到了自己設計、自己制造机器设备的水平。今天,摆在每个机械設計工作者面前的迫切任务,就在于設計出适合于我国具体条件的、品种繁多、性能优良的各种农业、輕工业、重工业、交通运输和国防建設等各方面的机器和设备,来更好地为实现党的社会主义建設总路綫的要求,为尽可能地在比較短的时期內,多快好省地实现我国的工业現代化、农业現代化和科学文化現代化,建立一个独立的、完整的国民經济体系而貢獻自己的力量!

^① 斯大林“社会主义經济問題”,第37頁,人民出版社,1956年。

第二章 机器及机械零件设计总论

§ 2-1. 机器设计的基本原则

机械零件是组成机器的基本要素。因此,研究机械零件的设计时,就不能离开机器设计的总任务。为了更好地了解设计零件时应满足的要求,就有必要从零件设计的角度出发,简略地讨论机器的基本设计原则。

虽然机器的类别是很多的,但设计时所应遵循的基本原则却是共同的。现分别讨论如下:

(一) 必须满足对机器提出的使用要求

首先,所设计的机器应能有效地完成预定的使用目的。解决这个问题时,起决定作用的环节是工作原理的选择。例如,有工作原理完全不同的各种原动机,运送粉末状物质的输送机,碎石机等。工作原理的选择问题不属本书讨论的范围,故不论述。在选定了工作原理之后,即须进行机构的选择。此时,与本课程有关的即为机械传动方式的选择问题。不正确的传动方式将会使原来拟定的工作原理不能充分地发挥效能,甚至于完全失效。为此,必须认真研究各种传动的使用条件及其参数范围。

其次,必须使所设计的机器能够可靠地工作,即机器在使用中不发生破坏;不因个别部位的磨损而使整台机器失效;有关部位的变形不能超过允许的限度;机器各部分的动作必须足够准确;不因机器中产生有害的振动(过大的振动应力及有害的频率)而损害机器的工作质量等。所有这些都要通过正确的零件设计才能得到保证。为此,提出了设计零件时必须满足的基本要求,即强度、刚度、寿命、精确度及振动稳定性等。

(二) 所设计的机器应该最大限度地满足经济性的原则

机器的经济性是一个综合性的指标。它表现在设计、制造及使用的整个过程中。设计及制造的经济性表现为设计及制造成本的降低;使用的经济性则表现为高生产率,高效率,较少地耗费动力、原材料和辅助材料,以及照管和维修费用的低廉等。

尽可能地使用规格化部件,广泛地在设计中使用各种标准,在设计计算工作中利用表格、线图和有效的计算工具,作好设计的组织工作,集中力量设计那些在该机器中特有的零件,所有这些措施都有助于降低设计成本。

由于降低制造成本的潜力最大,故设计机器时,从零件的结构着眼,千方百计地降低原材料耗费,提高零件及整台机器的制造及装配的工艺性;采用先进的设计理论以降低零件的重量,就可以对降低制造成本起到十分显著的作用。为此,设计零件时也必须满足节料性及工艺性的要求。

要降低整台机器的材料耗费就必须尽可能地减小机器的外廓尺寸。在选定了工作原理后,合理地配置机器中各个零件和部件的位置,就有助于满足减小外廓尺寸的要求。在配置方式已

定时, 机器的外廓尺寸往往取决于傳动系統的尺寸。因此, 尺寸小和重量輕就成为对于傳动零件提出的主要要求。

設計机器时, 提高机器的自动化和机械化的水平, 采用連續进行的工作过程来代替往复进行的工作过程(例如用离心泵代替活塞泵), 就可以提高劳动生产率和减少照管机器所需的劳动力。提高机器效率的途徑在于选用效率高的傳动系統及支承。为此, 必須在本課程中注意研究提高傳动效率的方法和降低支承中摩擦損失的途徑。

必須注意, 經濟性既然是一个綜合指标, 那么, 在設計时就不能孤立地提高某一个零件的設計或制造阶段的經濟性指标, 而应进行全面考慮。例如自动化和机械化虽可提高机器的使用經濟性, 但却要引起机器設計和制造成本的增加。因此, 应使机械操作、半机械操作和必要的手工劳动适当地結合起来, 才能最大限度地提高全国的生产經濟性。

(三) 必須特別关心机器操作者的劳动保护

在社会主义的社会制度中, 对于劳动保护工作給予极大的重視。因而在設計机器时, 必須特別注意技术安全問題。为此, 对于机器中易于造成危害的运动部件应加装安全护罩; 一切傳动应尽可能設計成封閉式的; 以及在机器中采用其他的安全装置等。这样可以防止工作时发生人身事故和设备事故。

其次, 要尽可能地改善操作者的劳动条件, 最大限度地减小操作时的体力及脑力的消耗。为此, 应合理取定人力机械的工作力; 力求簡化操作过程; 采用連鎖閉合装置(例如在具有集中潤滑的巨型设备中, 为了避免起动机时摩擦付发生过度磨損, 就安装了这种装置, 使得在未接通油泵的綫路前, 就不可能开动机器, 以保証消除操作錯誤)等, 这样就能消除工人在操作时的心理緊張状态及思想負担等。

另外, 对于机器的外形美观也应予以足够的注意, 以起到美化工作环境的作用。这个要求經常反映在大型壳体零件及机架的設計中。在美化零件外形的同时, 常在机器或零件的外表面使用噴漆或电鍍等方法。这样除了能增强外表的美观外, 还可以起到机器及零件表面保护的作用。

(四) 滿足其他的特殊要求

对不同的机器, 还有一些为该机器所独有的特殊要求。例如, 对航空发动机有在最小重量条件下得到最大功率的要求; 对机床有长期保持精确度的要求; 对經常流动使用的机器(如鉬探机械)有便于安裝和拆卸的要求; 对大型机器的机架等有便于运输的要求; 对紡織及食品工业的机器則有保持洁淨, 不許污染产品的要求等。設計机器时, 在滿足了前述共同的基本原則的条件下, 还应着重地滿足这些特殊要求, 以提高机器的使用性能和保証机器的工作质量。

§ 2-2. 設計机械零件时应滿足的基本要求

設計机械零件时, 应当按照零件的工作条件, 力求滿足以下各项主要要求的一部或全部。这些要求和机器設計的基本原則有着密不可分的关系。

(一) 强度 零件必須具有足够的强度。当机器工作时, 零件承受载荷后, 既不发生任何形式的断裂, 亦不出現超过容許限度的残余变形, 这样才能认为該零件已經滿足了强度要求。

對零件提出不發生任何形式的斷裂的要求，其必要性是很明顯的。機器中若有一個零件發生斷裂，最低限度要使機器的工作發生間斷，不得不停止生產以更換零件。此外，有些零件斷裂，極易引起非常嚴重的設備事故，甚至人身事故。這些都是對生產與工人的安全極其不利的，因而是不允許的。

零件工作時，不得產生超過容許限度的殘余變形。這項強度要求的提出，是因為過量的殘余變形必然引起零件尺寸和形狀發生顯著的改變，使機器不能正常地工作，以及使該零件報廢。例如齒輪輪齒工作表面產生過量的局部殘余變形，就會使齒廓曲線發生較大的改變，從而增大了傳動中的動載荷，迅速地導致了傳動的報廢。

由此可見，強度乃是設計一切機械零件及整部機器時的最基本的要求，任何零件或機器都應毫無例外地滿足這個要求。

為了提高機械零件的強度，設計時在原則上可以採取以下的主要措施：採用強度性能高的材料；使零件具有足夠的剖面尺寸；合理地設計零件的剖面形狀，以增大該剖面的慣性矩及剖面模數；採用熱處理或化學熱處理的方法以提高零件材料的強度特性；提高運動零件的製造精度，以降低動載荷；合理地安排機器中的各個零件的位置，以求同類零件上承受的載荷尽可能地均勻；合理地設計零件的結構，以降低載荷集中與應力集中等等。

(二)剛度 剛度就是零件承受載荷時抵抗產生彈性變形的能力。如零件在工作時，所產生的彈性變形不超過容許的限度，即是零件具有足夠的剛度。這個要求只是對那些由於彈性變形量超過一定數值後，就要影響機器工作性能的零件才是必要的。例如：安裝齒輪的軸及這個軸的軸承，機床的主軸、絲杠、導軌，軋鋼機的軋輥等。對於這些零件，除了要进行強度計算外，還得進行剛度計算。甚至某些零件（例如機床的主軸）還應以剛度計算為主。

實踐證明，凡是能滿足剛度要求的零件，一般說來，強度總是沒有問題的。這是由於按剛度計算所得的零件剖面尺寸，往往大於按強度計算所得的尺寸。

剛度可分為兩種：一種是兩個零件接合面間由於表面不平，在載荷作用後，兩零件的相對位置要和原設計的相對位置發生一定的偏差，這種叫做接觸剛度；另一種則是零件本身在載荷作用下發生的伸長、縮短、撓曲和扭轉等彈性變形，這種叫做變形剛度。

就原則上說：為了提高零件表面的接觸剛度，可採用增大貼合面的方法來降低單位壓力，採用精加工和機器試運轉滾磨等方法來降低表面不平度；為了提高零件的變形剛度，可採取增大零件剖面尺寸、合理地設計零件剖面形狀等方法來增加剖面的慣性矩，採用多支點結構或增加必要的杆系來提高零件抵抗變形的能力。

(三)壽命 這個要求與強度要求有一定的聯繫。零件在開始工作時，雖能滿足強度的要求，但是，在工作了一定時期之後，却可能喪失它的強度。因此零件必須具有足夠的壽命，亦即保證它能在完成一定時期的工作任務前不致報廢。

這個要求通常是針對那些有相對運動的零件，或在工作時產生變應力的零件而提出的。那些無相對運動或不產生變應力的零件，只要剛開始工作時能滿足強度的要求，一般總是能在很長的時期內正常地工作的。

影响零件工作寿命的主要因素有以下三个方面:一是机器零件的磨損;二是机器零件材料的疲劳;三是在高温情况下,机器零件材料的蠕变。

互作相对运动的零件,在长久的工作过程中,接触表面总是要发生磨損的。結果造成了零件尺寸的减小和零件接触表面間間隙的增大,从而破坏了它們的相互位置的正确性及机器的应有精度,于是机器工作的动载荷增加了,强度降低了,最后导致了零件的报废或机器不能正常地工作。

大部分的机器零件在工作中承受着变载荷,因而产生了变应力;或者是虽然承受着静载荷,但由于零件的运转,亦处于变应力状态下工作。处于变应力状态下工作的零件,其材料要发生疲劳现象。疲劳对零件寿命的影响是极其明显的。因此近代对零件进行精确計算时,都要考虑到零件材料的疲劳問題。影响零件材料疲劳强度的主要因素是:应力集中、尺寸大小和表面状态。在設計計算时,应充分考虑这些影响。另外在結構設計时,应采用降低应力集中的結構形式和提高表面光洁度等措施,以增加零件的寿命。

蠕变现象产生在高温情况下。对那些在高温下工作的机械零件,例如燃气涡轮机的叶片,在設計計算时考虑蠕变是很重要的。但本书介绍的都是通用零件,很少涉及到高温問題,故这里不作詳細叙述。

(四)工艺性 設計机械零件时,要考虑到满足工艺性的要求。所謂零件具有良好的工艺性,是指那些在既定的生产条件下,能用最少的資金消耗,制造出能满足一切使用及技术要求的零件[1]、[2]^①。显然,花钱少、制造容易、满足使用及技术要求的零件工艺性的三个主要方面;同时工艺性能必然要与工厂的生产条件取得密切的联系。

花钱少是指材料費用少,制造工时少。

为了达到材料費用少的要求,应当尽量采用廉价的材料和采用消耗原材料最少的結構形式。

为了降低制造工时,应当尽量减少耗費劳动量多的工作。例如:在生产机床时,各工种劳动量的百分比为:鑄工 12~18%;热处理 3~4%;特殊(专用)零件的机械加工 44~53%;标准零件的机械加工 4~6%;装配工 24~29%[1]。由此可以看出,应当尽量簡化鑄件形状来减少鑄工工作量;应当尽量采用标准化零件来代替特殊零件,以减少特殊零件的种类和数量;应当尽量减少各零件需要机械加工的表面积和規定最低必須的加工精度与表面光洁度等級,以降低机械加工量;尽量考虑到装配的要求,使装配工作机械化,采用装配設備,簡化結構来降低装配工作量。

制造容易的含义是指在制造零件时用最少的人工、最简单的設備及現有的制造方法能得到所設計出的零件毛坯,并且尽可能地不用或少用特殊的及貴重的設備和工具。

在工艺性中,还要考虑到零件在装拆时的可能和方便。沒有設計經驗的工作者,在实际設計时,常会錯誤地設計出只能画出来,但是制造不出来或是不能装拆的零件或部件。

关于結構工艺性問題,以后还要討論,在这里須要建立的概念是:为了满足工艺性的要求,設計工作者应当熟悉国家目前的生产水平及制造零件的方法;在設計时,要时刻考虑到制造它的过程及方法。

^① 本书用加有方括号的数字代表各篇末尾所列的参考书刊的序号。

(五)重量小 减轻机械零件和机器的重量可以得到两方面的好处:一方面可以节约材料;另一方面,对运动的零件来说,可以减小惯性,降低动力的消耗,减小机器的起动功率。尤其象汽车、飞机等机器的零件,由于减轻了重量,还可以增加有效的运载能力。因此,减轻机械零件和机器的重量在这里就具有特殊重要的意义。

节约材料是有效地降低零件成本的方法。例如在机床的成本中,材料费约占全部成本的25—40%;拖拉机的成本中,材料费高达全部成本的65%;更重要的是,减少材料用量就能节约国家的资财,就能在原材料的现有生产水平下,制造出更多的产品。

为了减轻零件或机器的重量,应当尽可能地减小大型铸件的壁厚,采用宽翼薄壁及空心构件;采用焊接代替铸造;采用精确的设计计算方法设计零件;合理利用热处理及其他强化处理方法,提高材料的机械性能;采用轻质材料(轻合金或塑料);以及对受力大的零件采用机械性能好的材料等。

设计工作者在考虑上述要求时,不可避免地要遇到一些矛盾。这些矛盾是前述各项要求间所固有的。能够结合具体情况,恰如其分地处理各项矛盾,就可以提高设计的质量。例如:强度、刚度的要求与重量小、工艺性好之间就有矛盾。为了提高零件的强度,常要增大剖面尺寸;但当剖面尺寸增加时,零件的重量就必然增大。因而只有进一步掌握机械零件强度的自然规律,才有可能在保证强度的条件下,尽可能地减轻零件的重量。显然,机械零件的设计科学也正是在不断克服这些矛盾的过程中发展起来的。例如:早先对于低碳钢屈服强度的许用弯曲应力一概采取为900公斤/厘米²;后来,由于设计科学的发展,以及材料性能的提高,许用应力就被提高到1500公斤/厘米²左右。

对待以上各项要求,也不应采取一成不变的态度。有时为了保证主要或贵重零件在工作时不致破坏,常常利用安全装置(其中包括有当载荷增大到规定的临界值时立刻断裂的零件),以保护贵重零件,使其不致承受过载,从而达到上述目的。例如采用安全联轴节就是为了实现这样的意图。如果为了要满足强度的要求,那就可能会把零件做得过分笨重。这时亦可考虑将零件故意做得小些,另外准备一些备用零件,当零件工作一定时间而破坏后,即可用备用零件更换。

此外,还应该综合地考虑以上各项要求,不能孤立地对待它们。例如:为了减小铸造零件的重量,须把一个较大的零件分成数块来铸造,以减小壁厚。但是,这时却要增加机械加工量和增加联接件的用量。在这种情况下,任何孤立片面的看法,都会引起不良的后果。

这些要求的总和,从实质上来看,也正是如何在设计工作中贯彻党的社会主义建设总路线的问题。只有正确地、综合地解决了上述各项要求间的矛盾,才能在设计工作中体现出多快好省的要求。因此,我们不仅要把以上这些要求从技术意义上来理解,更应当提高到党的社会主义建设总路线的高度上来理解。只有这样,设计工作者才会更有效地发挥主观能动性,从而创造出更新更合理的机器和机械零件来。

§2-3. 设计与设计的方法

概括地说,设计就是应用了正确的基本原理和已有的实践经验来创造发展新事物或改善旧

事物。机器或机械零件的设计也完全符合这一概念。但由于所设计的零件各有不同，因而在设计方法上也就有所差异。目前最常用的设计机械零件的方法有以下几种：

(一) 理論設計 理論設計是根据人們已經掌握了合乎客觀規律的理論及實踐知識所进行的設計。

机械零件的理論設計，使用了理論力学、机械原理、金属学、材料力学等課程的知識。本課程中主要是研究进行設計的方法。

根据設計順序的不同，理論設計的計算过程又分为：

1. 設計計算 在零件尺寸尚未决定之前，根据載荷情况，由計算公式直接求出零件的几何尺寸。这个計算过程叫做設計計算。例如在計算受拉伸載荷的直杆剖面面积时，可直接引用材料力学的公式：

$$F \geq \frac{P}{[\sigma]_p}$$

式中 F ——直杆的剖面面积；

P ——直杆所承受的拉伸載荷；

$[\sigma]_p$ ——直杆材料的許用拉伸应力。

由此可以看出，設計計算的必要条件是：載荷情况、材料性能与零件工作情况（为了决定許用应力）以及应力的分布規律（能用材料力学公式表現出来），同时这个規律在实际設計中，一般表现为简单的数学关系。

2. 校核計算 先根据其他方法（例如：选用标准化或規格化的零件，或按經驗、規格近似地計算等）初步定出零件的尺寸及形状，然后用理論的方法校核零件危險剖面的安全系数計算值。这个計算过程叫做校核計算。

校核計算多用于应力分布規律复杂，但又能用材料力学的公式表示出来的零件設計中；也用于应力分布規律虽简单，但其計算数据又須在零件尺寸已知时才能决定的情况下。例如轉軸的設計、彈簧的設計就是这样进行的。

有时有經驗的設計工作者，在设计某些零件时，虽然已經具备进行設計計算的条件，但是为了简化計算手續，也常根据有关資料或粗略估計直接进行結構設計，然后采用校核計算。^①

由于理論設計是在闡明了材料性能及应力分布規律的基础上所进行的設計，因而它是比較科学和先进的方法。它是在大量的感性知識的基础上總結出来的設計規律。所以對於一切重要的零件，都应当尽可能地采用理論設計。

随着科学的日益发展，理論設計的方法本身将会不断地改进和变化。但是理論設計直到今天还有許多不完善的地方，所以不应当将书本中的理論設計方法看作是一成不变或絕對完善的方法。

(二) 經驗設計 根据对某类零件已有的設計与使用实践而總結出来的經驗关系式，或根据設計工作者本人的設計經驗，采用类比的办法所进行的設計叫做經驗設計。

① 并非所有的零件在初步定出尺寸及形状后都要进行校核計算；对于某些次要的零件，有时是可以略去的。

虽然经验设计没有详尽的理论化的科学分析作为根据,但经验公式的形成,已经具有一定的科学统计性。因此,它具有很大的实用价值。另外,由于它也是由实践中总结出来的经验关系,因而它也就能经得起实践的考验,在实践中证明是正确的。通常经验设计都是用于外形复杂、载荷情况不明而目前尚不能用理论分析的零件设计中。例如机架的设计、变速箱箱体的设计等。由此可以看出,经验设计正是用在理论薄弱的地方,并且是理论设计的前身。此外,对一些价值不高的零件,也常采用经验设计的方法。例如螺旋举重器的一些附件的设计就是这样进行的。

本书中在研究理论设计的同时,也将引用到与通用零件设计有关的经验设计关系式。

(三)模型实验设计 对于一些非常巨大的、结构复杂而重要的、但以现有的理论知识尚不足以详尽分析的零件和部件,如今已开始广泛地采用所谓模型实验设计的方法。这就是说,将初步设计的零件或部件做出模型,经过实验,再根据实验结果加以修改,这样的过程叫做模型实验设计。显然,这种设计方法是借助于实验来弥补理论的不足,同时也消除了经验设计中不够科学的成分。

这种设计方法费时多,花钱亦多。因此,它只用于大型重要的零件或部件等。例如飞机的机身、机翼或巨大水轮机的转子等的設計。

通过模型实验设计,能够决定复杂零件中工作应力的分布实况和零件的极限承载能力。它较使用经验设计而设计出的结构更为合理。因而,这个方法也是使经验设计转变为理论设计的途径之一。任何一件模型设计工作,实质上亦是一件科学研究工作,它所涉及的范围极广。深入研究模型实验设计不是本课程所能做到的,故在此仅就其含义加以介绍,以后不再提及。

最后,有必要强调指出:设计方法是理论与实践相结合的具体体现;设计工作是创造性的工作;必须和科学分析紧密结合。任何脱离实际或是忽视理论的设计,都会给工作造成不良的影响,甚至带来不可弥补的损失。

§ 2-4. 一般的设计步骤

任何一成不变的设计步骤是不存在的;而且任何零件的设计也不能和具体机器的设计分离开来。但是,一般来说零件的设计大体要经过以下几个步骤:

1. 根据零件的使用要求,选择零件的种类和结构。为此,必须对各种零件的优缺点和特性,以及使用范围等能有综合对比及正确选择的能力;
2. 根据机器的工作要求,计算作用在零件上的载荷;
3. 根据零件的工作条件及对零件的特殊要求(例如高温、高速等)选择适当的材料;
4. 决定计算用的许用应力;
5. 根据强度、刚度或寿命等条件,用理论或经验设计的方法设计零件的几何尺寸;
6. 根据工艺性及标准化、规格化等原则进行零件的结构设计,或改进结构型式(必要时,在结构设计以后,还要进行校核计算);
7. 画出零件的工作图。

在进行设计时,对于数值的运算,除个别的情况外,都可以用计算尺进行。因为计算的精确度