

机械技术手册

上

〔日〕日本机械学会编

机械工业出版社

这部手册是根据日本机械学会编辑出版的《机械技术手册》1977年修订第6版翻译的。原书共有22篇，为了使用和出版上的方便，翻译本分上、中、下三卷出版。第1篇至第7篇为上卷，第8篇至第15篇为中卷，第16篇至第22篇为下卷。

本书为上卷，包括数表、单位与物理常数，数学，力学，材料力学，工业材料，测量方法和机械零件等内容，主要介绍有关机械工业的基础理论和常用的基本数据及设计资料，内容比较广泛，可供广大工程技术人员参考使用。

机械工学便覧

日本機械学会 編

日本機械学会 改訂第6版 昭和50年

* * *

机械技术手册

上

日本机械学会 編

*

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许可证出字第117号)

中国青年出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印张 $67 \frac{1}{2}$ · 插页4 · 字数1931千字

1984年11月北京第一版·1984年11月北京第一次印刷

印数 00,001—46,000 · 定价12.35元

*

统一书号: 15033·5394

序

本会发行的《机械技术手册》修订第6版，终于从第1分册开始出版了，对此不胜喜悦。大型合订本的完成之日也为期不远了。

本手册的初版是在1934年2月以32开版本发行的。从初版到现在，每次修订无论其内容的质量和数量都得到了补充和提高。在此期间，本手册对日本机械工程学科和机械工业的发展所起的作用，是难以用语言表达的，本书从初版到现在已销售20万册这一事实就是最有说服力的证明。

这次发行的第6版，正如修订经过报告中所指出的，对全书内容的二分之一进行了修订，其中某些篇甚至作了全面修改，版面也改成了16开的大开本，从而更新了第5版的面貌，使之成为一部崭新的手册。在内容上，既保持了手册无遗漏地记载最新工业技术和设计资料的固有特点，同时在阐述有关专业基础知识方面，又具有教科书的特色。这是本手册历次修订中锤炼出来的传统特色，因此，受到工厂、研究部门、设计部门和学校等的广泛欢迎。

我们深信，这次竭尽全力修订的第6版，一定能满足读者的希望。在此，首先向本会会员，并向广大的机械工程界及其他工业界的有关人员推荐，衷心希望这部手册能作为各位身边的工具书，在日常业务工作中得到运用。

最后，值此修订版发行之际，对各位主编及时提供的建议，以及改编工作以来，历届会长和各位负责人，出版部会长，修订分科委员会主任审查委员和其他各位委员，各位编写人员等的辛勤工作，深表敬意和感谢。此外，对本会事务局的各位为完成本手册付出的辛勤劳动，以及各位会员有形无形地给予的巨大支援，在此一并表示谢意。

社团法人 日本机械学会

第53届会长 曾田範宗

1975年9月

修 订 经 过 报 告

《机械技术手册》修订第5版发行到现在已为时7年了,在本会第50届第三出版部会议上征求了包括规划部委员会等许多有关方面的意见后,拟定了进一步充实手册内容的修订方案,并上报第50届理事会,理事会对上报修订方案作了进一步审议,确定了下述修订方案及出版计划:

(1) 修订原手册中分类重叠的部分,使其更加完善而简明。

(2) 在方针(1)的范围内,根据工程学科和工业的发展,对内容进行修改和补充:

a. 尽量删除陈旧的内容;

b. 重点放在预计长期不变,而且利用率较高的通用性、基础性、定论性内容及资料上;

c. 考虑多数使用者的方便,手册应编得通俗易懂;

d. 单位方面适当考虑国际单位制(SI);

e. 除特别指定者外,对原有篇章等不作大幅度变动。

(3) 合订本采用全书一册(现行)的形式,但注意不要使其过厚,总页数的增加量不宜超过10%(约2200页)。

(4) 修订本先以分册形式出版,出齐后再出版合订本。合订本完成日期定为1976年底。

按照上述方针成立了机械技术手册第6版修订分科委员会,并委托下列各位分工负责:

主任审查委员 竹中規雄

干 事 益子正巳

委 员 井田富夫 石川二郎 石原智男 植田辰洋 浦田 星 塩崎 進

芹沢良夫 寺野寿郎 丸山弘志 水野正夫 山家讓二

分科委员会于1973年6月召开第一次会议,以后又通过几次会议,按照修订方针制定了审查大纲和编写日程等。

之后,该委员会为每篇的修改均委任了几名(全书共134名)审查委员,到1973年9月收到了具体修订事项的审查报告,根据这份报告,委员会调整了各篇的编写项目,确定了承担页数的比例及执笔人员,整理出编写期限、编写提纲、编写内容等资料,1974年4月向全体执笔人员委托编写原稿。在此期间,为了密切各篇章之间的关系,各篇的审查委员与分科委员会委员进行了充分研究,有时还根据需要邀请委员以外的人士协助,力求把修订工作做好。

要求执笔人员在分配的篇幅内,遵照讨论结果编入丰富的内容。依据对原稿的审阅,找出各篇章之间的重复内容,再对原稿进行补充、修改和删节等繁重的加工。

第6版,由于进行了上述的充分讨论和审议,采取了通篇修改二分之一的方针,详细内

容以方针(2)为准则,某些篇甚至作了全面修改,从而更新了旧版的面貌。关于篇名,这次只作了使其符合内容的变更。此外,关于 SI 单位,则与现在惯用单位一并列入。考虑到不久即将普及国际单位制(SI),因而在各分册中均列入了全书通用的 SI 单位换算表。

这次修订是从谷口 修任第 50 届会长时开始的,以后又经过第 51 届会长藤木俊三、第 52 届会长鵜戸口英善,直到曾田範宗任第 53 届会长时才得以出版,在此期间,由于各位主编的及时指导,以及审查委员、执笔人员、审校人员、分科委员会委员和学会工作人员共同努力,才使修订版得以顺利完成。借此机会,表示深切谢意。

第 53 届第三出版部 会长 佐藤 豪

机械技术手册第 6 版修订分科委员会

主任审查委员 竹中規雄

1975 年 9 月

目 录

第1章 数表1-1

- 1.1 平方、立方、平方根、立方根、自然对数、倒数、圆周长和圆面积.....1-1
- 1.2 常用对数1-31
- 1.3 三角函数(度)1-33
- 1.4 三角函数、指数函数和双曲函数1-37
- 1.5 分数的平方根和立方根1-41
- 1.6 重要数值1-41
- 1.7 半径为1吋圆的弧长、弦高、弦长和弓形面积1-42

第2章 单位1-44

- 2.1 单位制1-44
 - 2.1.1 米制1-44
 - 2.1.2 国际单位制(SI)1-44
 - 2.1.3 CGS 单位制1-45
 - 2.1.4 重力单位制1-46
 - 2.1.5 国际电气单位1-46
 - 2.1.6 码磅制1-46
 - 2.1.7 尺贯制1-46
- 2.2 量纲1-47
 - 2.2.1 物理量的量纲1-47
 - 2.2.2 量纲表1-47
 - 2.2.3 物理量的数值换算1-47
- 2.3 米制单位1-48
 - 2.3.1 有关力学的单位1-48
 - 2.3.2 有关电磁的单位1-49

- 2.3.3 有关热学的单位1-50

- 2.3.4 有关化学的单位1-50

- 2.3.5 有关光及辐射的单位1-51

- 2.3.6 有关电离辐射的单位1-52

- 2.3.7 有关声学的单位1-52

2.4 各种单位制换算表1-53

- 2.4.1 米制单位换算系数表1-53

- 2.4.2 码磅制单位换算系数表1-55

- 2.4.3 尺贯制单位换算系数表1-56

2.5 各种换算表1-57

- 2.5.1 分数英寸换算为毫米换算表1-57

- 2.5.2 长度换算表1-57

- 2.5.3 面积换算表1-57

- 2.5.4 体积换算表1-57

- 2.5.5 速度换算表1-57

- 2.5.6 质量换算表1-58

- 2.5.7 密度换算表1-58

- 2.5.8 力换算表1-58

- 2.5.9 压力换算表1-58

- 2.5.10 功、能和热量换算表.....1-58

- 2.5.11 功率换算表.....1-59

第3章 物理常数1-59

- 3.1 基本物理常数1-59

- 3.2 元素周期表1-60

- 3.3 原子量表1-60

目 录

第1章 代数	2-1
1.1 幂与对数	2-1
1.1.1 幂	2-1
1.1.2 根式	2-2
1.1.3 对数	2-2
1.2 排列与组合	2-2
1.2.1 排列	2-2
1.2.2 组合	2-2
1.3 矩阵与行列式	2-2
1.3.1 矩阵的定义	2-2
1.3.2 矩阵的运算	2-3
1.3.3 逆矩阵	2-3
1.3.4 行列式	2-3
1.3.5 一次方程组	2-4
1.3.6 矩阵的三角分解	2-4
1.3.7 矩阵的分块	2-5
1.3.8 矩阵的导数与积分	2-5
1.4 代数方程	2-5
1.4.1 一次方程	2-5
1.4.2 二次方程	2-5
1.4.3 三次方程	2-6
1.4.4 四次方程	2-6
1.4.5 高次方程	2-6
1.5 数列	2-6
1.5.1 等差数列	2-6
1.5.2 等比数列	2-6
1.5.3 特殊数列之和	2-6
1.6 级数	2-7
1.6.1 二项级数	2-7
1.6.2 指数函数与对数函数的级数展开	2-7
1.6.3 三角函数与反三角函数的级数展开	2-7
1.6.4 双曲函数与反双曲函数的级数展开	2-8
第2章 三角函数与双曲函数	2-8
2.1 三角函数	2-8
2.1.1 三角函数的定义	2-8
2.1.2 三角函数的值与符号	2-8
2.1.3 一个角的函数之间的关系	2-8
2.1.4 二角之和与差的函数	2-9
2.1.5 倍角与半角的函数, 正弦与余弦的幂	2-9
2.2 三角形	2-10
2.2.1 平面三角形	2-10
2.2.2 球面三角形	2-10
2.3 反三角函数	2-10
2.3.1 反三角函数的定义	2-10
2.3.2 反三角函数间的关系	2-10
2.4 双曲函数	2-11
2.4.1 双曲函数的定义	2-11
2.4.2 双曲函数间的关系	2-11
2.4.3 双曲函数与三角函数的关系	2-11
第3章 微分	2-11
3.1 极限与连续	2-11
3.1.1 数列的极限	2-11
3.1.2 函数的极限	2-11
3.1.3 函数的连续	2-11
3.1.4 特殊极限值	2-11
3.2 导数与微分	2-12
3.2.1 导数、导函数与微分	2-12
3.2.2 高阶导数	2-12
3.2.3 偏导数	2-12
3.3 求导公式	2-13
3.3.1 一般公式	2-13
3.3.2 基础求导公式	2-13
3.3.3 隐函数的导数	2-14
3.3.4 变数代换	2-14
3.4 中值定理与泰勒展开	2-14
3.4.1 中值定理	2-14
3.4.2 泰勒与马克劳林展开	2-14
3.5 不定形的极限值	2-15
3.6 极大与极小	2-15
第4章 积分	2-16
4.1 不定积分	2-16
4.1.1 一般公式	2-16
4.1.2 基础积分公式	2-16

4.1.3 有理函数的积分	2-16	7.2.1 空间坐标	2-45
4.1.4 无理函数的积分	2-18	7.2.2 方向余弦	2-46
4.1.5 超越函数的积分	2-19	7.2.3 平面	2-46
4.2 定积分	2-21	7.2.4 直线	2-46
4.2.1 一般公式	2-21	7.2.5 坐标变换	2-46
4.2.2 重要的积分	2-21	7.2.6 曲面与曲线	2-47
4.2.3 由定积分定义的几个函数	2-22	7.2.7 二次曲面	2-47
4.2.4 定积分的近似值	2-26	7.3 微分几何	2-48
4.2.5 二重积分	2-26	7.3.1 曲线坐标	2-48
第5章 微分方程	2-27	7.3.2 空间曲线	2-48
5.1 常微分方程	2-27	7.3.3 曲面	2-48
5.1.1 一阶常微分方程	2-27	7.3.4 螺面	2-49
5.1.2 二阶常微分方程	2-28	第8章 矢量与张量	2-49
5.1.3 线性常微分方程	2-33	8.1 矢量代数	2-49
5.1.4 常微分方程组	2-34	8.1.1 矢量的表示	2-49
5.2 偏微分方程	2-35	8.1.2 矢量的合成	2-49
5.2.1 一阶偏微分方程	2-35	8.1.3 矢量的分量	2-50
5.2.2 二阶偏微分方程	2-35	8.1.4 单位矢量	2-50
第6章 面积与体积	2-37	8.1.5 矢量的内积	2-50
6.1 平面图形的面积	2-37	8.1.6 矢量的外积	2-50
6.1.1 三角形	2-37	8.1.7 三个矢量之积	2-50
6.1.2 四边形	2-37	8.2 矢量的微分	2-50
6.1.3 多边形	2-37	8.2.1 导数	2-50
6.1.4 圆	2-38	8.2.2 数量的梯度	2-50
6.1.5 椭圆	2-38	8.2.3 矢量的散度	2-51
6.2 立体的体积与表面积	2-38	8.2.4 矢量的旋度	2-51
6.2.1 棱柱	2-38	8.2.5 哈密尔顿算子	2-51
6.2.2 棱锥	2-38	8.2.6 微分运算之间的关系	2-51
6.2.3 拟棱台	2-38	8.2.7 曲线坐标下的梯度、散度、旋度	2-51
6.2.4 圆柱	2-38	8.3 矢量的积分	2-52
6.2.5 圆锥	2-38	8.3.1 斯托克斯定理	2-52
6.2.6 球	2-39	8.3.2 高斯定理	2-52
6.2.7 椭球体	2-39	8.3.3 格林定理	2-52
6.2.8 旋转体	2-39	8.4 张量	2-52
第7章 解析几何	2-39	8.4.1 向量与坐标变换	2-52
7.1 平面几何	2-39	8.4.2 张量	2-52
7.1.1 坐标	2-39	8.4.3 张量与矢量的线性函数	2-53
7.1.2 直线	2-40	8.4.4 对称张量的主方向, 张量的二次曲面	2-53
7.1.3 平面曲线的一般性质	2-40	第9章 复变函数与积分变换	2-53
7.1.4 二次曲线	2-41	9.1 复数	2-53
7.1.5 其他平面曲线	2-44		
7.2 空间几何	2-45		

9.1.1 定义与计算规律	2-53	11.3.2 数值微分	2-71
9.1.2 指数式	2-53	11.3.3 数值积分 (等步长的情况)	2-72
9.1.3 几何表示	2-54	11.3.4 数值积分 (可自由选取分点的 情况)	2-72
9.2 复变函数	2-54	11.3.5 重积分	2-72
9.2.1 解析函数	2-54	11.4 时间序列分析	2-73
9.2.2 保角映射	2-54	11.4.1 关于时间序列的统计量	2-73
9.2.3 积分定理	2-55	11.4.2 快速傅立叶变换	2-73
9.3 积分变换	2-55	11.5 函数逼近	2-73
9.3.1 傅立叶变换	2-55	11.5.1 多项式逼近	2-74
9.3.2 拉普拉斯变换	2-56	11.5.2 傅立叶级数	2-74
9.3.3 梅林变换	2-58	11.6 一次方程组的数值解法	2-76
9.3.4 汉克尔变换	2-58	11.6.1 标准形	2-76
第10章 概率与统计	2-59	11.6.2 直接法	2-76
10.1 概率	2-59	11.6.3 迭代法	2-76
10.1.1 集	2-59	11.7 矩阵的特征值问题	2-77
10.1.2 样本空间与事件	2-59	11.7.1 特征值问题	2-77
10.1.3 概率的定义与性质	2-59	11.7.2 雅可比法	2-77
10.1.4 条件概率	2-59	11.7.3 豪斯霍尔德法	2-78
10.2 概率分布	2-60	11.7.4 斯图谟法	2-78
10.2.1 随机变量与概率分布	2-60	11.7.5 乘幂法	2-78
10.2.2 离散分布	2-60	11.7.6 逆矩阵叠代法	2-78
10.2.3 连续分布	2-61	11.7.7 QR 法	2-79
10.2.4 二维分布	2-63	11.8 高次代数方程的数值解法	2-79
10.3 母函数	2-65	11.8.1 代数方程	2-79
10.4 随机过程	2-65	11.8.2 实根求法	2-79
10.5 最小二乘法	2-66	11.8.3 包括复根的求法	2-79
10.6 统计	2-67	11.8.4 非线性方程组的解法	2-80
10.6.1 统计推断	2-67	11.9 微分方程的数值解法	2-80
10.6.2 点估计	2-67	11.9.1 级数展开法	2-80
10.6.3 假设检验	2-67	11.9.2 龙格-库塔-基尔法	2-81
10.6.4 区间估计	2-68	11.9.3 阿达姆斯法	2-81
10.6.5 各种情况的估计与检验的公式	2-68	11.9.4 密伦法	2-81
第11章 实用分析	2-69	11.9.5 偏微分方程的数值解法	2-82
11.1 数值计算	2-69	11.10 蒙特卡罗法	2-82
11.1.1 计算方法	2-69	11.10.1 随机数的发生	2-82
11.1.2 误差	2-69	11.10.2 数值实验的层次	2-83
11.2 插值法	2-70	11.11 图解法	2-83
11.2.1 等步长的情况	2-70	11.11.1 多项式的计算	2-83
11.2.2 变步长的情况	2-71	11.11.2 图式积分	2-83
11.2.3 多元函数的情况	2-71	11.11.3 图式微分	2-83
11.3 数值微分与积分	2-71	11.11.4 常微分方程的图式积分	2-84
11.3.1 原理	2-71		

目 录

第1章 静力学 3-1

1.1 力的平衡 3-1

1.2 力的合成与分解 3-1

1.2.1 汇交力系的合成与分解 3-1

1.2.2 同平面内作用点不同的力的合成与分解 3-2

1.3 力偶与力偶矩 3-3

1.3.1 力偶 3-3

1.3.2 力偶的表示法 3-4

1.3.3 力的移动 3-4

1.4 力矩 3-4

1.4.1 力矩 3-4

1.4.2 合力矩的图解法 3-4

1.4.3 平行力力矩的图解法 3-5

1.5 平衡条件 3-5

1.6 支座反力 3-5

1.6.1 支座反力 3-5

1.6.2 平衡条件的应用 3-5

1.7 索系的平衡 3-6

1.7.1 滑轮 3-6

1.7.2 悬挂载荷的绳索 3-6

1.7.3 索自重产生的挠度 3-7

第2章 重心及转动惯量 3-8

2.1 重心 3-8

2.1.1 平行力中心 3-8

2.1.2 质心及重心 3-8

2.1.3 决定重心的一般规则 3-9

2.1.4 图形边框的重心 3-9

2.1.5 面积的重心 3-10

2.1.6 体积的重心 3-12

2.1.7 重心的图解法 3-13

2.2 转动惯量 3-13

2.2.1 物体转动惯量的一般理论 3-13

2.2.2 面积惯矩的一般理论 3-15

2.2.3 线的转动惯量 3-16

2.2.4 平面物体的转动惯量 3-16

2.2.5 平面和曲面围成物体的转动惯量 3-18

2.2.6 截面惯矩的图解法 3-20

第3章 质点 3-21

3.1 点的运动 3-21

3.1.1 点运动的矢量表示 3-21

3.1.2 点运动的几种坐标表示 3-22

3.1.3 相对运动 3-23

3.1.4 点运动的简单情况 3-24

3.2 功和能 3-26

3.2.1 功、功率、能 3-26

3.2.2 势能 3-26

3.2.3 保守力和约束力 3-27

3.2.4 动能 3-27

3.2.5 虚功和平衡条件 3-27

3.3 质点动力学 3-28

3.3.1 力学基本定律和运动方程式 3-28

3.3.2 质量和力的单位 3-28

3.3.3 假想力 3-29

3.3.4 运动方程式的积分和中间积分 3-29

3.3.5 约束运动 3-30

3.3.6 质点运动的简单情形 3-30

第4章 质点系和刚体 3-32

4.1 质点系和刚体的运动 3-32

4.1.1 质点系和刚体的自由度 3-32

4.1.2 刚体运动的矢量表示 3-32

4.1.3 刚体运动的解析表示 3-34

4.1.4 刚体平面运动中的几何关系 3-34

4.2 质点系动力学的基本定理 3-35

4.2.1 质点系的运动方程式 3-35

4.2.2 动量定理 3-35

4.2.3 动量矩定理 3-36

4.2.4 能量定理 3-36

4.2.5 重心运动定理 3-36

4.2.6 哈密顿(Hamilton)原理 3-37

4.3 运动方程式的各种形式 3-37

4.3.1 虚功表达式 3-37

4.3.2 第一类拉格朗日(Lagrange)运动方程式 3-37

4.3.3 第二类拉格朗日(Lagrange)运动方程式 3-38

4.3.4 刚体运动方程式 3-38

4.4 质点系和刚体运动的简单情形	3-39	7.2.1 n 自由度振动系统的自由振动 ...	3-60
4.4.1 二体问题	3-39	7.2.2 n 自由度振动系统的强迫振动 ...	3-60
4.4.2 滚动	3-39	7.2.3 定速型无摩擦动力减振器	3-61
4.4.3 刚体摆	3-40	7.2.4 粘性摩擦减振器	3-62
4.4.4 陀螺仪	3-40	7.2.5 固体摩擦减振器	3-63
第 5 章 摩擦	3-41	7.2.6 固有圆频率	3-64
5.1 滑动摩擦	3-41	7.3 无限自由度振动	3-65
5.1.1 静摩擦	3-41	7.3.1 连续体的振动	3-65
5.1.2 动摩擦	3-41	7.3.2 弦的横向振动	3-65
5.1.3 摩擦定律	3-42	7.3.3 膜的横向振动	3-65
5.1.4 摩擦系数表	3-42	7.3.4 杆的纵向振动	3-66
5.2 滚动摩擦	3-44	7.3.5 杆的扭振	3-66
5.2.1 过去的表示法	3-44	7.3.6 气柱振动	3-66
5.2.2 按不同产生机理的几种滚动 阻力表示法	3-44	7.3.7 杆的横向振动	3-68
5.2.3 滚动摩擦表	3-45	7.3.8 环的振动	3-70
5.3 滚动-滑动摩擦	3-46	7.3.9 平板振动	3-70
5.4 机件的摩擦	3-46	7.3.10 固有振动的近似计算法	3-71
5.4.1 斜面的摩擦	3-46	7.4 旋转轴的临界速度	3-75
5.4.2 楔的摩擦	3-46	7.4.1 轴有偏心质量时的临界速度	3-75
5.4.3 螺纹的摩擦	3-48	7.4.2 临界速度的近似解法	3-75
5.4.4 轴承的摩擦	3-48	7.4.3 陀螺效应对临界速度的影响	3-77
5.4.5 齿轮的摩擦	3-48	7.4.4 旋转轴的特殊振摆旋转运动	3-77
5.4.6 连杆机构销的摩擦	3-49	7.4.5 旋转体的平衡	3-78
5.4.7 皮带轮和皮带的摩擦	3-50	7.5 非线性振动	3-79
第 6 章 碰撞	3-50	7.5.1 非线性振动的各种表现	3-79
6.1 碰撞	3-50	7.5.2 相平面的应用	3-82
6.1.1 碰撞	3-50	7.5.3 解析法	3-82
6.1.2 径向正碰撞	3-51	7.6 自激振动	3-85
6.1.3 回弹系数	3-51	7.6.1 概述	3-85
6.1.4 径向斜碰撞	3-52	7.6.2 负阻抗	3-85
6.1.5 偏心正碰撞	3-52	7.6.3 振动系统的稳定性判断	3-86
6.1.6 有固定轴的物体的碰撞	3-52	7.6.4 自激振动的定常振幅	3-86
第 7 章 机械振动	3-53	7.6.5 系数激振	3-87
7.1 单自由度振动	3-53	7.6.6 马歇(Mathieu)方程式稳定判 断图线	3-88
7.1.1 运动方程式及等效回路	3-53	7.6.7 自同步	3-88
7.1.2 自由振动	3-53	7.7 过渡振动	3-89
7.1.3 有粘性阻尼的强迫振动	3-54	7.8 随机振动(不规则振动)	3-89
7.1.4 有固体摩擦阻尼的强迫振动	3-55	7.8.1 概率密度函数	3-89
7.1.5 弹簧常数	3-55	7.8.2 相关函数	3-91
7.1.6 机械阻抗	3-58	7.8.3 功率谱密度函数	3-91
7.2 多自由度振动	3-60	7.8.4 线性单自由度系统	3-92
		7.8.5 线性二自由度系统	3-92

目 录

第1章 外力、应力及应变	4-1
1.1 载荷	4-1
1.1.1 按载荷作用速度分类	4-1
1.1.2 按载荷分布形式分类	4-1
1.1.3 按载荷作用方式分类	4-1
1.2 支承条件及约束反力	4-1
1.3 应力的定义及种类	4-2
1.3.1 内力和应力	4-2
1.3.2 平面应力	4-3
1.3.3 莫尔应力圆	4-3
1.4 三向应力	4-4
1.4.1 应力分量	4-4
1.4.2 应力椭球体	4-4
1.4.3 莫尔应力圆(三向)	4-4
1.5 平衡方程	4-5
1.6 应变的定义及种类	4-5
1.6.1 变形和应变	4-5
1.6.2 纵向应变	4-5
1.6.3 剪应变	4-6
1.6.4 体积应变	4-6
1.7 三向应变	4-6
1.7.1 应变分量	4-6
1.7.2 应变分量的坐标变换	4-7
1.7.3 应变椭球体	4-7
1.8 协调条件	4-7
1.9 对称性及叠加原理的应用	4-8
第2章 弹性、塑性及蠕变	4-9
2.1 弹性变形	4-9
2.1.1 定义	4-9
2.1.2 弹性模量	4-9
2.1.3 弹性的基本公式	4-9
2.1.4 应变能、弹性能	4-10
2.1.5 弹性理论的定理	4-11
2.1.6 二维弹性问题	4-12
2.1.7 三维弹性问题	4-13
2.1.8 接触应力	4-14
2.2 应力集中	4-14
2.2.1 应力集中的一般概念	4-14
2.2.2 圆孔及球孔的应力集中	4-15
2.2.3 椭圆孔的应力集中	4-17
2.2.4 带横槽、纵槽(端部为圆形)及 矩形孔(拐角为圆形)的板条的 拉伸(压缩)或弯曲	4-18
2.2.5 由切口引起的应力集中	4-18
2.2.6 阶梯板条及阶梯圆杆的应力 集中	4-19
2.2.7 其它形状的应力集中	4-20
2.2.8 防止应力集中造成结构强度恶化 的方法	4-20
2.3 应力强度因子	4-20
2.3.1 定义和概述	4-20
2.3.2 具有一个裂纹的无限体	4-22
2.3.3 中央有裂纹的有限板的拉伸	4-23
2.3.4 边缘有裂纹的板和梁	4-24
2.4 热应力	4-24
2.5 弹性稳定	4-25
2.6 塑性变形	4-26
2.6.1 材料的塑性	4-26
2.6.2 塑性的基本公式	4-29
2.6.3 塑性的几个一般定理	4-33
2.6.4 滑移线场理论	4-34
2.6.5 残余应力	4-35
2.6.6 塑性屈曲	4-35
2.7 粘弹性	4-36
2.7.1 概论	4-36
2.7.2 线性粘弹性理论的基本公式	4-37
2.8 蠕变	4-38
2.8.1 概述	4-38
2.8.2 蠕变变形分析	4-39
2.8.3 塑性解及弹性解的相似	4-39
第3章 材料的强度	4-40
3.1 静强度	4-40
3.1.1 概论	4-40
3.1.2 静强度	4-43
3.2 疲劳强度	4-44
3.2.1 S-N曲线及疲劳极限	4-44

3.2.2 疲劳极限图线	4-47	4.11.3 应变能法	4-80
3.2.3 各种因素对疲劳强度的影响	4-48	4.12 等强度梁	4-81
3.2.4 尺寸效应	4-49	4.13 组合梁	4-82
3.2.5 切口效应	4-49	4.14 梁的塑性弯曲	4-82
3.2.6 压入的影响	4-52	4.14.1 纯弯曲	4-82
3.2.7 表面加工的影响	4-52	4.14.2 极限弯矩	4-83
3.2.8 腐蚀疲劳	4-52	4.14.3 梁的破坏载荷	4-83
3.2.9 积累疲劳损伤	4-54	4.15 冲击弯曲	4-83
3.2.10 塑性疲劳与热疲劳	4-54	4.15.1 自由端受冲击的悬臂梁	4-84
3.2.11 高温疲劳	4-56	4.15.2 中点受冲击的简支梁	4-84
3.3 冲击强度	4-57	4.16 曲梁	4-84
3.4 蠕变强度	4-58	4.16.1 曲梁的应力	4-84
3.4.1 蠕变强度	4-58	4.16.2 κ 的图解法	4-85
3.4.2 蠕变破坏强度	4-58	4.16.3 曲梁的挠度	4-86
3.4.3 蠕变数据的外推	4-59	4.16.4 圆环的弯矩及挠度公式	4-86
3.4.4 应力及温度变化下的蠕变强度	4-59	4.17 梁的屈曲	4-87
3.4.5 切口杆件的蠕变破坏强度	4-59	4.17.1 梁的横向屈曲	4-87
3.4.6 蠕变破坏强度的分析	4-59	4.17.2 梁的其它屈曲形式	4-88
3.5 裂纹材料的强度	4-60	4.17.3 小曲率曲梁的跳跃	4-88
3.5.1 由静载引起的不稳定破坏	4-60	第5章 平板	4-89
3.5.2 疲劳破坏	4-61	5.1 受垂直载荷作用的平板	4-89
3.5.3 裂纹材料的环境断裂强度	4-61	5.1.1 平板的弹性弯曲	4-89
3.6 断口显微观察	4-61	5.1.2 平板的大挠度	4-97
第4章 梁	4-63	5.1.3 平板的塑性弯曲	4-101
4.1 梁的弯矩和剪力	4-63	5.2 受面内载荷作用的平板	4-102
4.2 梁的弯曲应力	4-64	5.3 正交各向异性平板	4-102
4.3 梁由弯矩引起的转角和挠度	4-64	5.3.1 正交各向异性平板的平面应力	4-102
4.4 截面惯性矩和抗弯截面模量	4-64	5.3.2 正交各向异性平板的弯曲	4-102
4.5 剪力、弯矩、挠度和转角的图表	4-65	5.4 平板的屈曲	4-103
4.6 梁的弯矩及挠度的图解法	4-65	第6章 柱	4-103
4.6.1 面矩法	4-65	6.1 短柱	4-103
4.6.2 图解法	4-73	6.1.1 短柱受轴向载荷作用时的应力	4-103
4.7 梁在斜弯曲时的应力	4-74	6.1.2 截面核心及核心半径	4-103
4.8 梁的弯曲应变能	4-74	6.2 等截面长柱的屈曲	4-104
4.9 梁由剪力引起的应力和挠度	4-75	6.2.1 在比例极限范围内的柱的屈曲	4-104
4.9.1 梁由剪力引起的应力	4-75	6.2.2 超过比例极限的柱的屈曲	4-104
4.9.2 剪切中心	4-75	6.3 受横向载荷、集中力偶作用的长柱	4-107
4.9.3 梁由剪力引起的挠度	4-77	6.4 具有初挠度及受偏心载荷的长柱	4-108
4.10 受移动载荷的梁	4-78	6.4.1 有初挠度的长柱	4-108
4.11 静不定梁	4-79	6.4.2 受偏心压缩载荷的长柱	4-108
4.11.1 三弯矩方程	4-79	6.5 受轴向与非轴向载荷的长柱的强度	4-109
4.11.2 叠加法	4-80		

6.6 中间受轴向载荷的长柱.....4-109	8.1.5 特殊形状的旋转圆板.....4-118
6.6.1 柱中间承受一个集中轴向载荷的情况.....4-109	8.1.6 旋转圆板的塑性变形.....4-118
6.6.2 柱中间承受匀布轴向载荷的情况 (长柱由自重引起的屈曲).....4-109	8.1.7 旋转圆板的破坏.....4-119
6.7 变截面长柱.....4-110	8.1.8 圆板的热应力.....4-120
6.7.1 变截面长柱的屈曲载荷.....4-110	8.1.9 离心应力, 热应力的近似解法.....4-122
6.7.2 等强度及最小重量的长柱.....4-110	8.2 圆筒.....4-125
6.8 受剪切及压缩变形影响的长柱.....4-110	8.2.1 弹性变形.....4-125
6.8.1 受剪切变形影响的长柱.....4-110	8.2.2 受内压圆筒的塑性变形.....4-126
6.8.2 受剪切及压缩变形影响的长柱.....4-110	8.2.3 压力容器的设计标准.....4-127
6.9 薄壁杆件组合柱的屈曲.....4-111	8.2.4 薄壁圆筒.....4-128
第7章 轴及扭转4-111	8.2.5 组合圆筒.....4-128
7.1 圆轴的扭转.....4-111	8.2.6 旋转圆筒.....4-129
7.1.1 弹性变形.....4-111	8.2.7 圆筒的热应力.....4-129
7.1.2 塑性变形.....4-111	8.3 球.....4-131
7.2 等截面直轴的扭转.....4-112	8.3.1 受内外压的空心球.....4-131
7.2.1 弹性变形.....4-112	8.3.2 受内压的空心球的塑性变形.....4-131
7.2.2 塑性变形.....4-112	8.3.3 薄壁球壳.....4-132
7.3 各种截面轴的扭转.....4-112	8.3.4 球的热应力.....4-133
7.4 薄壁及组合截面杆件的扭转.....4-114	第9章 组合结构4-133
7.4.1 薄壁管的扭转.....4-114	9.1 序言.....4-133
7.4.2 空心杆件的扭转.....4-114	9.2 刚架结构.....4-133
7.4.3 型材的扭转.....4-114	9.2.1 挠度转角法.....4-134
7.4.4 组合截面杆件的扭转.....4-114	9.2.2 力矩分配法.....4-135
7.5 螺旋弹簧.....4-114	9.2.3 刚架的极限分析.....4-137
7.6 轴的应力集中.....4-115	9.2.4 刚架的屈曲.....4-137
7.6.1 有键槽的轴.....4-115	9.3 板场理论.....4-138
7.6.2 阶梯轴的扭转.....4-115	9.3.1 剪切场理论.....4-138
7.6.3 带槽轴的扭转.....4-115	9.3.2 张力场理论.....4-140
7.7 受复合应力的轴.....4-115	9.4 薄壁杆件结构.....4-142
7.7.1 弹性变形.....4-115	9.4.1 杆件的弹性理论.....4-142
7.7.2 塑性变形.....4-115	9.4.2 杆件的扭转分析.....4-144
7.8 轴的屈曲.....4-116	9.4.3 杆件的剪切变形分析.....4-145
7.8.1 圆轴的扭转屈曲.....4-116	9.4.4 杆或柱的屈曲问题的公式化.....4-146
7.8.2 薄壁圆柱壳的扭转屈曲.....4-116	9.5 壳体结构.....4-147
第8章 圆板、圆筒及球4-116	9.5.1 壳的理论基础及其分类.....4-147
8.1 圆板.....4-116	9.5.2 壳的薄膜理论.....4-148
8.1.1 弹性变形.....4-116	9.5.3 壳的有矩理论.....4-149
8.1.2 塑性变形.....4-116	9.5.4 壳的非线性理论.....4-153
8.1.3 旋转圆板.....4-117	9.6 组合结构的屈曲.....4-154
8.1.4 等强度旋转圆板.....4-118	9.6.1 平板的屈曲.....4-154
	9.6.2 薄壁杆件的壁面屈曲.....4-157
	9.6.3 压缩屈曲后的有效宽度.....4-159

9.6.4 壳的屈曲.....4-160	10.3.3 有限位移弹性问题的有限元 分析4-175
第10章 有限元法4-162	10.3.4 材料非线性问题的有限元 分析4-175
10.1 序言4-162	10.3.5 有代表性的有限单元4-176
10.2 固体力学中的变分原理4-162	10.3.6 联立一次方程式和固有值问题 的解法4-178
10.2.1 小变形弹性问题的基本理论 ...4-162	10.3.7 有限元法的程序设计4-180
10.2.2 小位移弹性问题的几个变分 原理4-164	10.4 有限元法在机械工程学科中的 应用4-180
10.2.3 梁和平板的小静变形问题及 与其对应的几个变分原理4-168	10.4.1 刚架结构和薄板结构的有限元 分析4-180
10.2.4 固体力学中的非线性问题及 其变分原理4-170	10.4.2 非线性问题的分析4-182
10.2.5 几何非线性问题的变分原理 ...4-171	10.4.3 在应力集中问题和断裂力学中 的应用4-184
10.2.6 材料非线性问题的变分原理 ...4-171	10.4.4 在非结构领域中的应用4-186
10.3 有限元法概论4-172	
10.3.1 瑞利-里兹法.....4-172	
10.3.2 位移法概论4-173	

目 录

第1章 总论5-1

1.1 金属材料5-1

1.1.1 元素的物理性能5-1

1.1.2 金属材料的物理性能5-4

1.1.3 金属材料的组织5-4

1.1.4 热处理5-8

1.1.5 残余应力5-10

1.1.6 金属材料及金属制品材质的缺陷5-10

1.2 金属材料的检验5-12

1.2.1 金属材料的鉴别法5-12

1.2.2 金相组织的检验法5-13

1.2.3 金属材料的缺陷检验法5-13

1.3 金属材料 JIS 的标志5-14

1.4 非金属材料5-17

1.4.1 非金属材料的分类5-17

1.4.2 非金属材料的特征5-17

第2章 钢铁材料5-18

2.1 碳素钢5-18

2.1.1 碳素钢的标准5-18

2.1.2 纯铁的性能与用途5-21

2.1.3 碳素钢的成分5-21

2.1.4 沸腾钢和镇静钢5-23

2.1.5 碳钢的热处理5-23

2.1.6 含碳0.20%以下的低碳钢5-24

2.1.7 含碳0.15~0.25%的碳素钢5-27

2.1.8 含碳0.25~0.45%的碳素钢5-28

2.1.9 含碳0.45~0.60%的碳素钢5-29

2.1.10 含碳大于0.60%的高碳素钢5-31

2.2 高强度钢5-32

2.3 低温用钢5-32

2.4 原子反应堆用钢板5-32

2.5 合金结构钢5-35

2.5.1 强韧钢5-35

2.5.2 渗碳钢5-38

2.5.3 渗氮钢5-38

2.5.4 易切削钢5-39

2.6 超高强度钢5-40

2.7 轴承钢5-41

2.8 弹簧钢5-42

2.9 工具钢5-43

2.9.1 碳素工具钢5-43

2.9.2 合金工具钢5-43

2.9.3 高速工具钢5-46

2.9.4 特殊工具材料5-48

2.10 不锈钢5-48

2.10.1 马氏体系不锈钢5-48

2.10.2 铁素体系不锈钢5-48

2.10.3 奥氏体系不锈钢5-48

2.10.4 弥散硬化系不锈钢5-52

2.11 耐热钢与耐热合金5-52

2.12 铸铁5-55

2.12.1 普通铸铁5-55

2.12.2 高强度铸铁5-61

2.12.3 可锻铸铁5-63

2.12.4 耐热铸铁5-63

2.12.5 耐蚀铸铁5-64

2.12.6 硬质铸铁5-64

2.13 铸钢5-65

2.13.1 碳素铸钢5-65

2.13.2 合金铸钢5-66

2.13.3 不锈钢5-67

2.13.4 耐热铸钢5-67

2.13.5 高锰铸钢5-67

第3章 非铁金属材料5-67

3.1 铜及其合金5-67

3.1.1 铜及其合金5-67

3.1.2 延展材料的性质5-68

3.1.3 铜合金铸件5-71

3.1.4 铜及其合金的耐蚀性5-73

3.1.5 轴承用铜合金5-74

3.2 镍及其合金5-75

3.2.1 镍5-75

3.2.2 镍铜合金5-75