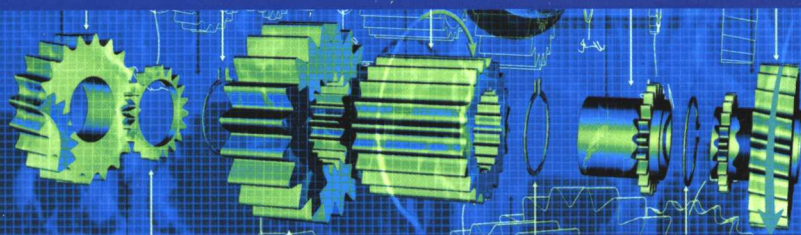


机械设计基础



戴振东 岳 林 主编



國防工業出版社

National Defense Industry Press

机械设计基础

戴振东 岳林 主编

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/戴振东,岳林主编.—北京:国防工业出版社,2005.8

ISBN 7-118-04028-2

I.机... II.①戴...②岳... III.机械设计
IV.TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 076298 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

涿中印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 22 $\frac{3}{4}$ 519 千字

2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月北京第 1 次印刷

印数:1—4500 册 定价:30.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

本书根据 1995 年国家教育委员会审定的高等工业学校《机械设计基础课程教学基本要求》,结合编者多年教学的经验 and 体会就业市场对学生机械设计能力需求的变化和现代科学技术发展的要求编写而成。

本书编写的宗旨是希望达到激发创新思维,锻炼设计能力,掌握工程运作方法;编写方法上力求生动活泼,增加兴趣性。为此作者增加了少量机械史相关的内容,在增加可读性的同时,展示机械科技发展的规律。在阐述常用机构和主要零部件的工作及设计原理、计算方法和结构设计要求的同时,通过具体问题的解决,激发学生的创新热情,并尽量强化学生对已学习知识的综合应用能力,如在凸轮章节,安排了凸轮设计的内容,使学生能够做到学以致用。从而使学生认识并掌握机械设计及其机械设计研究的方法,这里特别强调具有工程特色的方法及其解决问题的思路。为此,将对传统上分属于机械原理和机械设计的齿轮教学合并起来,并特别强调当量齿轮的应用,以便更好地反映齿轮科技的内在规律性。全书附有例题、思考题和习题,以帮助学生掌握和巩固教学内容。

本书计量单位采用国际单位制,尽可能采用有关的国家标准。

参加本书编写工作的有戴振东(第 1、2、3 章);韩文非(第 5、13 章);陆俊华(第 9、12 章);王卫英(第 17 章);于敏(第 15、16 章);岳林(第 4、8、10、11 章);周靳(第 6、7、14 章)。由戴振东,岳林担任主编。

本书承东南大学卢玉明教授主审,他对初稿提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢!

在编写过程中,我们得到国防工业出版社、南京航空航天大学教材科和编者所在教研室教师的热情帮助,在此致以谢意。

由于编者水平所限,书中不足之处在所难免,殷切希望广大读者批评指正。有关意见或建议请寄信给南京航空航天大学机电学院戴振东、岳林,或发电子邮件:zhen-dongdai@yahoo.com.cn, yuelinme@nuaa.edu.cn

戴振东 岳林

2004 年 10 月于南京御苑

目 录

第1章 概述	1
1.1 机械与机械工程	1
1.2 本课程的对象和内容	3
1.3 本课程的地位及学习方法	4
1.3.1 地位	4
1.3.2 学习方法	4
1.4 机械设计的基本要求和过程	5
思考题	6
第2章 机械设计的基础理论	7
2.1 机械零件的失效与设计基本要求	7
2.2 机械零件设计的其他要求	8
2.2.1 结构工艺性要求	8
2.2.2 经济性要求	8
2.2.3 质量小的要求	9
2.2.4 可靠性要求	9
2.3 机械零件的强度	9
2.3.1 静强度计算	9
2.3.2 材料的疲劳特性	10
2.3.3 等寿命疲劳曲线	10
2.4 接触强度	11
2.5 机械系统的摩擦学设计	12
2.5.1 摩擦失效	13
2.5.2 摩擦与摩擦状态	13
2.5.3 磨损	14
2.5.4 润滑与润滑剂	15
2.6 零件制造常用材料及其选择	16
2.6.1 机械零件常用的材料	17
2.6.2 机械零件材料的选择原则	17
2.7 机械设计中的标准化和互换性	19
2.8 机械设计中的工艺性	19
思考题	20
习题	21

第3章 机械产品的总体设计	22
3.1 机械产品的功能确定	22
3.1.1 发现需求与产品功能	22
3.1.2 产品研究的可行性	22
3.1.3 产品研究的环境约束	23
3.2 机械产品的原理方案构思方法	24
3.2.1 设计任务的抽象和表述	24
3.2.2 设计过程的黑箱方法	24
3.2.3 功能结构分析及原理方案选择	25
3.3 机械执行机构的方案设计	26
3.3.1 总体设计的内容	26
3.3.2 原动机的类型及其运动参数的选择	26
3.3.3 执行构件的运动参数	27
3.3.4 各执行构件间运动的协调配合	27
3.3.5 执行机构的协调设计要求	28
3.4 机械传动系统的方案设计	28
3.4.1 优化运动链	29
3.4.2 提高机械效率	29
3.4.3 传动机构的顺序	29
3.4.4 传动比的分配	29
3.4.5 保证机械的安全运转	29
3.5 机械产品设计中的创造性方法	30
3.5.1 创造性思维的特点	30
3.5.2 创造性方法	31
第4章 平面机构的组成和速度分析	33
4.1 平面机构的组成	33
4.1.1 运动副	33
4.1.2 运动链和机构	35
4.2 平面机构运动简图	35
4.3 平面机构的自由度计算	39
4.3.1 平面机构自由度计算公式	39
4.3.2 计算平面机构自由度的注意事项	41
4.4 速度瞬心及其应用	44
4.4.1 速度瞬心及其求法	44
4.4.2 瞬心在速度分析上的应用	46
思考题	47
习题	47
第5章 平面连杆机构的分析和设计	49
5.1 铰链四杆机构的基本类型	49

5.1.1	曲柄摇杆机构	49
5.1.2	双曲柄机构	50
5.1.3	双摇杆机构	52
5.2	平面四杆机构的基本工作特性	53
5.2.1	急回特性和行程速比系数	53
5.2.2	死点位置	54
5.2.3	压力角和传动角	55
5.2.4	铰链四杆机构曲柄存在条件	56
5.3	铰链四杆机构的演化	57
5.3.1	曲柄滑块机构	57
5.3.2	导杆机构	58
5.3.3	摇块机构和定块机构	59
5.3.4	双滑块机构	59
5.3.5	偏心轮机构	60
5.4	平面四杆机构的设计	61
5.4.1	图解法设计四杆机构	62
5.4.2	解析法	64
5.4.3	实验法	65
思考题		67
习题		67
第6章	凸轮机构	70
6.1	凸轮机构的特点和类型	70
6.1.1	凸轮机构的特点及应用	70
6.1.2	凸轮机构的分类	71
6.1.3	凸轮机构设计的基本问题	72
6.2	凸轮从动件常用运动规律	72
6.2.1	凸轮机构的运动过程和基本参数	73
6.2.2	从动件常用的运动规律	73
6.2.3	从动件运动规律的选择	78
6.3	盘形凸轮轮廓曲线的设计	79
6.3.1	凸轮廓线设计的基本原理	79
6.3.2	用作图法设计凸轮廓线	80
6.3.3	用解析法设计凸轮轮廓	84
6.4	凸轮机构基本参数的确定	87
6.4.1	凸轮机构的压力角	87
6.4.2	滚子半径的选择	88
6.5	凸轮的失效及其承载能力	89
6.6	凸轮机构的结构设计	90
6.6.1	凸轮的结构设计	90

6.6.2 从动件的结构设计·····	91
6.6.3 凸轮工作图及其技术要求·····	92
思考题·····	93
习题·····	94
第7章 间歇运动机构 ·····	95
7.1 棘轮机构·····	95
7.1.1 棘轮机构的工作原理和特点·····	95
7.1.2 棘轮机构的类型与应用·····	95
7.1.3 棘轮机构几何尺寸设计·····	97
7.2 槽轮机构·····	98
7.2.1 槽轮机构的组成及工作原理·····	98
7.2.2 槽轮机构的主要参数·····	99
7.3 不完全齿轮机构·····	100
7.4 凸轮间歇运动机构·····	101
思考题·····	102
习题·····	102
第8章 平衡和调速 ·····	103
8.1 机械速度波动的调节·····	103
8.1.1 机械速度波动调节的目的和方法·····	103
8.1.2 飞轮设计·····	105
8.2 转子的平衡·····	110
8.2.1 静平衡·····	110
8.2.2 动平衡·····	112
8.3 转子平衡的实验·····	114
8.3.1 静平衡试验法·····	115
8.3.2 动平衡试验法·····	115
思考题·····	116
习题·····	117
第9章 齿轮传动 ·····	119
9.1 齿轮传动的特点和类型·····	119
9.1.1 齿轮传动的特点·····	119
9.1.2 齿轮传动的类型·····	119
9.2 齿廓啮合基本定律·····	120
9.3 渐开线齿廓及其啮合特性·····	121
9.3.1 渐开线的形成及其特点·····	121
9.3.2 渐开线齿廓满足定角速比传动·····	122
9.3.3 渐开线齿廓啮合的特性·····	123
9.4 标准直齿圆柱齿轮及其几何尺寸计算·····	123
9.5 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合·····	126

9.5.1 正确啮合条件	126
9.5.2 标准中心距	127
9.5.3 连续传动条件	127
9.6 齿轮加工原理和齿轮精度	128
9.6.1 齿轮加工原理	128
9.6.2 渐开线圆柱齿轮传动的精度等级及其选择	131
9.7 渐开线圆柱齿轮的根切现象及变位齿轮	132
9.7.1 根切现象和最少齿数	132
9.7.2 变位齿轮	133
9.8 轮齿的失效、齿轮传动的设计准则和齿轮的材料	133
9.8.1 轮齿的失效形式	133
9.8.2 齿轮传动的设计准则	135
9.8.3 常用材料	136
9.9 直齿圆柱齿轮传动的承载能力计算	137
9.9.1 受力分析与计算载荷	137
9.9.2 齿面接触疲劳强度的计算	138
9.9.3 轮齿弯曲疲劳强度	140
9.9.4 齿轮传动参数的选择与调整	143
9.10 斜齿圆柱齿轮传动	144
9.10.1 斜齿圆柱齿轮的齿面形成原理及啮合特点	144
9.10.2 斜齿圆柱齿轮的几何尺寸及正确啮合条件	145
9.10.3 斜齿轮传动的重合度	147
9.10.4 斜齿圆柱齿轮的当量齿数和最少齿数	148
9.10.5 斜齿圆柱齿轮的受力分析	148
9.10.6 斜齿圆柱齿轮传动强度计算	149
9.11 直齿圆锥齿轮传动	151
9.11.1 概述	151
9.11.2 直齿圆锥齿轮齿廓形成原理和当量齿轮	152
9.11.3 直齿圆锥齿轮传动的正确啮合条件	153
9.11.4 直齿圆锥齿轮传动的几何尺寸计算	153
9.11.5 直齿圆锥齿轮传动的受力分析	154
9.11.6 直齿圆锥齿轮承载能力的计算	155
9.12 齿轮的结构设计	156
9.13 齿轮传动润滑和效率	158
9.14 各种齿轮传动的对比分析	160
思考题	161
习题	162
第 10 章 蜗杆传动	164
10.1 蜗杆传动的组成和特点	164

10.2 圆柱蜗杆传动的主要参数	165
10.2.1 圆柱蜗杆传动的主要参数	165
10.2.2 圆柱蜗杆传动的几何尺寸计算	168
10.3 蜗杆传动的失效形式、材料和结构	169
10.3.1 蜗杆传动的失效形式及材料选择	169
10.3.2 蜗杆和蜗轮的结构	170
10.4 圆柱蜗杆传动的受力分析	171
10.5 圆柱蜗杆传动的强度计算	172
10.5.1 强度计算	172
10.5.2 许用应力	172
10.6 圆柱蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	174
10.6.1 蜗杆传动的效率	174
10.6.2 蜗杆传动的润滑	175
10.6.3 蜗杆传动的热平衡计算	175
思考题	176
习题	177
第 11 章 轮系和减速器	178
11.1 轮系的分类	178
11.1.1 定轴轮系	178
11.1.2 周转轮系	178
11.1.3 复合轮系	179
11.2 定轴轮系及其传动比	180
11.3 周转轮系及其传动比	182
11.4 复合轮系及其传动比	184
11.5 轮系的应用	187
11.6 减速器	189
思考题	192
习题	192
第 12 章 带传动和链传动	195
12.1 带传动的类型和特点	195
12.1.1 带传动的类型	195
12.1.2 带传动的形式	196
12.1.3 开口传动的几何关系	196
12.1.4 包角 α	196
12.1.5 带传动的特点	197
12.2 带传动的工作情况分析	197
12.2.1 带传动的受力分析	197
12.2.2 带传动的应力分析	199
12.3 V 带、V 带轮和张紧装置	201

12.3.1	V 带的规格	201
12.3.2	V 带轮	203
12.3.3	张紧装置	204
12.4	普通 V 带传动的计算	206
12.4.1	带传动的设计准则和单根 V 带的许用功率	206
12.4.2	V 带传动的设计计算	207
12.5	其他带传动简介	210
12.5.1	高速带传动	210
12.5.2	同步带传动	211
12.6	链传动概述	211
12.6.1	链传动的特点	212
12.6.2	链传动的应用	212
12.7	传动链的结构和基本参数	212
12.7.1	传动链的结构	212
12.7.2	链轮	214
12.8	链传动参数的选择	216
12.8.1	链轮齿数和传动比	216
12.8.2	链节数和中心距	216
12.8.3	链节距和排数	216
12.9	链传动的运动分析和受力分析	217
12.9.1	链传动的运动分析	217
12.9.2	链传动的受力分析	218
12.10	链传动的设计计算	219
12.10.1	链传动的失效形式	219
12.10.2	链传动的额定功率曲线	220
12.10.3	套筒滚子链的选择计算	221
12.11	链传动的布置、张紧和润滑	224
12.11.1	链传动的布置	224
12.11.2	链传动的张紧	225
12.11.3	链传动的润滑	225
思考题		227
习题		227
第 13 章	机械联接	228
13.1	概述	228
13.1.1	联接的特性	228
13.1.2	联接的分类	228
13.1.3	联接的选择	228
13.2	螺纹主要参数	229
13.2.1	螺纹的形成	229

13.2.2 螺纹的种类	229
13.2.3 螺纹的主要参数	230
13.2.4 常用螺纹的类型、特点和应用	231
13.3 螺旋副的受力分析、效率和自锁	233
13.3.1 矩型螺纹的受力分析	233
13.3.2 三角形螺纹的受力分析	235
13.4 螺纹联接与螺纹联接件	237
13.4.1 螺纹联接的四种基本类型	237
13.4.2 螺纹联接件	238
13.5 螺栓联接的预紧与防松	239
13.5.1 螺栓联接的预紧	239
13.5.2 螺纹联接的防松	240
13.6 螺栓联接的强度计算	241
13.6.1 松螺栓联接	241
13.6.2 紧螺栓联接	242
13.7 螺栓组的结构设计	246
13.8 螺栓的材料和许用应力	247
13.9 提高螺栓联接强度的措施	249
13.10 螺旋传动	251
13.10.1 螺旋传动的分类	251
13.10.2 螺旋传动的运动分析	252
13.10.3 螺旋传动的强度设计	253
13.11 滚动螺旋简介	255
13.12 键联接和销联接	256
13.12.1 键联接	256
13.12.2 销联接	261
13.13 其他联接方式	262
13.13.1 焊接	262
13.13.2 胶接	263
13.13.3 过盈配合联接	264
13.13.4 型面联接	266
思考题	266
习题	267
第 14 章 轴、联轴器及离合器	269
14.1 概述	269
14.1.1 轴的功用和类型	269
14.1.2 轴的材料选择	270
14.1.3 轴设计的主要内容	271
14.2 轴的结构设计	272

14.2.1 轴上零件的定位和固定	272
14.2.2 制造安装要求	274
14.2.3 改善轴的受力状况,减小应力集中	274
14.3 轴的强度计算	276
14.3.1 按扭转强度计算	276
14.3.2 按弯扭合成强度计算	276
14.4 轴的刚度计算	280
14.5 联轴器、离合器的类型	281
14.6 联轴器	282
14.6.1 刚性联轴器	282
14.6.2 挠性联轴器	283
14.6.3 联轴器的选择	287
14.7 离合器	289
14.7.1 牙嵌离合器	289
14.7.2 圆盘摩擦离合器	290
14.7.3 离合器的选择	292
思考题	292
习题	293
第15章 滑动轴承	296
15.1 概述	296
15.2 滑动轴承的结构形式	297
15.2.1 径向滑动轴承的结构	297
15.2.2 推力滑动轴承的结构	298
15.3 轴瓦结构和轴承材料	299
15.3.1 轴瓦的结构	299
15.3.2 滑动轴承材料	299
15.4 非液体摩擦滑动轴承的设计计算	301
15.4.1 径向滑动轴承的设计	301
15.4.2 推力滑动轴承的设计	302
15.5 液体润滑轴承的工作原理	303
15.5.1 液体动压油膜的形成机理	303
15.5.2 液体动压轴承的工作过程	304
15.5.3 静压轴承简介	304
15.6 气体轴承与电磁轴承简介	305
15.6.1 气体轴承	305
15.6.2 电磁轴承	305
思考题	306
习题	306
第16章 滚动轴承	308

16.1 滚动轴承与滑动轴承的比较	308
16.2 滚动轴承的结构、类型、特点和代号	309
16.2.1 滚动轴承的结构	309
16.2.2 滚动轴承的基本类型和特点	309
16.2.3 滚动轴承的主要性能	312
16.2.4 滚动轴承的代号	313
16.3 滚动轴承的选择计算	315
16.3.1 滚动轴承的失效形式和计算准则	315
16.3.2 滚动轴承的寿命计算	316
16.4 滚动轴承的组合设计	322
16.4.1 保证支承的刚性和同轴度	322
16.4.2 滚动轴承的轴向固定	322
16.4.3 滚动轴承轴系固定的结构型式	323
16.4.4 轴承组合的调整	324
16.4.5 滚动轴承的配合	325
16.4.6 轴承的装拆	325
16.5 轴承的润滑和密封	325
16.5.1 轴承的润滑	325
16.5.2 轴承的密封	328
思考题	329
习题	330
第 17 章 弹簧	334
17.1 弹簧的功用和类型	334
17.1.1 弹簧的功用	334
17.1.2 弹簧的分类	334
17.2 圆柱螺旋弹簧的材料、许用应力和制造	335
17.2.1 弹簧的材料	335
17.2.2 弹簧的许用应力	336
17.2.3 弹簧的制造	336
17.3 圆柱螺旋压缩(拉伸)弹簧的结构参数和特性线	338
17.3.1 螺旋弹簧的结构	338
17.3.2 圆柱形螺旋压缩(拉伸)弹簧的结构参数	339
17.3.3 弹簧的特性线	340
17.3.4 弹簧的变形能	341
17.4 圆柱性压缩(拉伸)螺旋弹簧的设计计算	342
17.4.1 弹簧的强度计算	342
17.4.2 弹簧的刚度计算	344
17.4.3 弹簧的稳定性计算	344
17.4.4 弹簧的疲劳强度校核	345

思考题.....	347
习题.....	347
参考文献.....	349

第 1 章 概 述

机械是现代社会进行生产和服务的基本要素;机械的发展史就是一部人类进步史;机械包括机构和机器,它们均为具有确定运动的物体的人为组合,但机器能够代替人完成一定的功能,或者实现能量形式的转化。组成机构的最小运动单元是构件,组成机器的最小制造单元是零件。

1.1 机械与机械工程

机械(machine design)是现代社会进行生产和服务的五大要素(即人、资金、能量、材料和机械)之一,并且能量和材料的生产还必须有机机械的参与。因此机械科技水平的高低和使用广泛的程度是社会生产力水平的重要标志。发达国家无一不是机械强国。

机械使用范围十分广泛。任何现代产业和工程领域都需要应用机械,并形成了机械产品的行业特色,例如农业、林业、矿山、冶金、化工、纺织、食品加工、施工工程、动力均具有鲜明行业特色的机械;交通运输业需要各种车辆、船舶、飞机等;各种商品的计量、包装、储存、装卸需要相应的工作机械;人们的日常生活也越来越多地应用各种机械,如汽车、自行车、缝纫机、钟表、照相机、洗衣机、冰箱、空调机、吸尘器等。而 21 世纪的领头学科——生物技术、纳米技术和信息技术的发展,也无不依赖于更加先进、高效和准确的机械装备;服务领域可以归纳为:(1)能量转换机械;(2)生产各种产品的机械;(3)从事各种服务的机械;(4)家庭和个人生活中应用的机械;(5)各种机械武器。机械的基本功能可归纳为:(1)实现物质位置变化;(2)实现物质形状和形态的变化;(3)实现能量存在形式的转化。

机械历史悠久。它是在工具基础上发展而来,因此其历史可以追溯到石器时代,从制造简单工具演化到制造由多个零部件组成的现代机械,经历了漫长的过程。历史上,机械的发展与使用材料的变革和所采用的动力的演化密切相关。工程需求导致所需机械的发明。而某些机械的发明和完善,又导致新的工程技术和新的产业的出现和发展。例如机车的发明导致了铁路工程和铁路事业的兴起;机械工程在各方面不断提高的需求压力下获得发展动力,同时又从各个学科和技术的进步中得到改进和创新的能力。最早的人造材料——陶瓷发明于公元前 3500 年。制造陶瓷的陶车,已是具有动力、传动和工作 3 个部分的完整机械。弓形钻也是人类最早发明的工具,它由燧石钻头、钻窝、钻杆和弓弦等组成,如图 1-1。这类机械在各文明古国均有文物出土。中国是机械发展最早的国家之一,许多发明在动力利用和结构设计上均有独到之处。

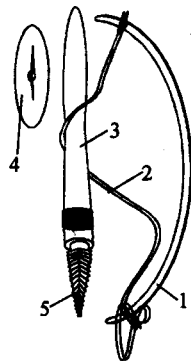


图 1-1 弓形钻

如图 1-2 为三国时期魏国马钧(公元 235 年)设计的指南车,在齿轮传动及自动离合器的设计和制造上已经具有了很高的技术。

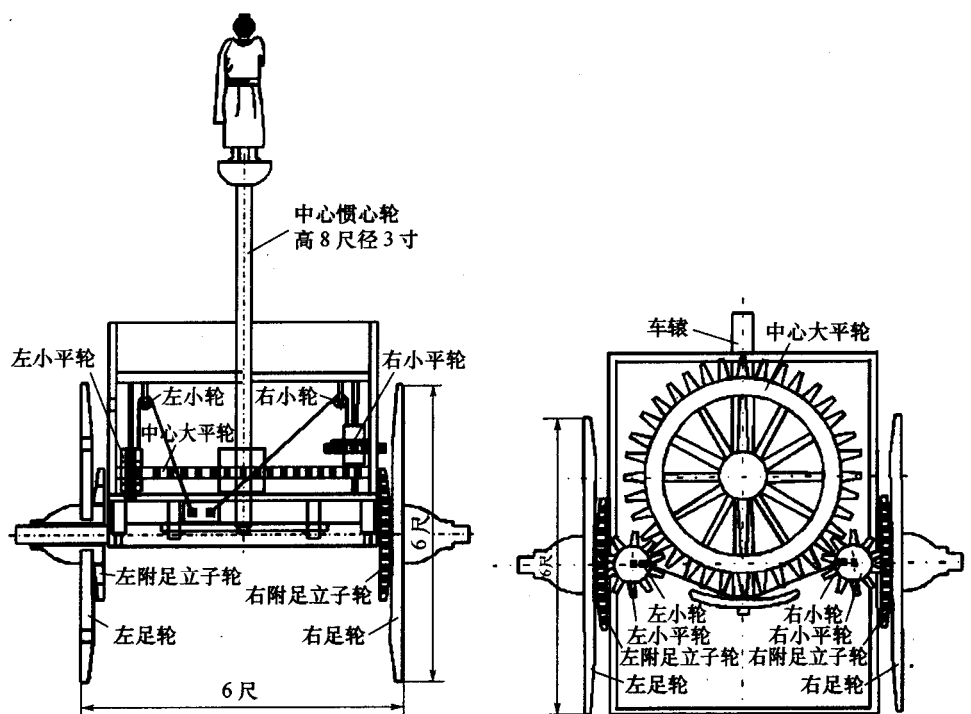


图 1-2 指南车齿轮机械结构复原图

机械的发展是从实践中来,经理论升华再到实践中去的过程。在四千多年的实践中,机械的发展积累了相当的经验和知识,发展相当缓慢。许多零件的雏形与人类的文明史一样长。如古希腊已有圆柱齿轮、圆锥齿轮和蜗杆传动的记载。但关于齿轮传动瞬时速比与齿形的关系和齿形曲线的选择,直到 17 世纪之后才有理论阐述。手摇把和踏板机构是曲柄连杆机构的先驱,在各文明古国都有悠久历史。但曲柄连杆机构的形式、运动和动力的确切分析和综合,则是 19 世纪初近代机构学的成就。17 世纪以后,资本主义商品生产在英、法等国出现。许多高才艺的机械匠师和有生产观念的知识分子致力于改进各产业所需的工作机械和研制新的动力机械——蒸汽机。18 世纪后期蒸汽机的应用从采矿业推广到纺织、面粉、冶金等行业。制作机械的主要材料逐渐从木材改用更为坚韧,但难以用手工加工的金属。机械制造业开始形成,并在几十年中成为一个重要产业。机械工程通过不断扩大的实践,从分散、主要依赖匠师们个人才智和手艺的一种技艺,逐渐发展成为一门有理论指导、系统和独立的工程技术。成为是促成 18 世纪~19 世纪的工业革命以及资本主义机械化大生产的主要技术因素。

机械工程(mechanical engineering)是以有关的自然科学和技术科学为理论基础,结合在生产实践中积累的技术经验,研究和解决在开发、设计、制造、安装、运用和修理各种机械中的全部理论和实际问题的一门应用学科。