



司南

中学物理教材编写组

经全国中小学教材审定
委员会 2004 年初审通过

普通高中课程标准实验教科书

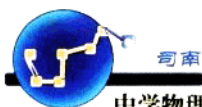
物理

PHYSICS

(选修 2-2)



山东科学技术出版社



中学物理教材编写组

普通高中课程标准实验教科书

物理

PHYSICS

(选修 2-2)



山东科学技术出版社

主 编 廖伯琴

副 主 编 赵保钢 李新乡

主要执笔人 廖伯琴 赵保钢 高山 宋树杰 李传新 孙洲元等

统 稿 廖伯琴 赵保钢 高山

全 书 定 稿 廖伯琴

责任编辑 孟爱平

封面设计 史速建 董小眉

普通高中课程标准实验教科书

物 理

(选修 2-2)

中学物理教材编写组

出版者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路 16 号 邮编: 250002 电话: (0531) 82098082

发行者: 山东省新华书店

地址: 济南市万寿路 19 号 邮编: 250001 电话: (0531) 82797666

制版者: 济南汇海科技有限公司

地址: 济南市乐山小区 邮编: 250001 电话: (0531) 82063098

印刷者: 山东新华印刷厂潍坊厂

地址: 潍坊市潍州路 753 号 邮编: 261031 电话: (0536) 2116928

开本: 880mm × 1230mm 1/16 印张: 8.25 字数: 180 千字

版次: 2005 年 10 月第 1 版 2006 年 8 月第 2 次印刷

ISBN 7-5331-4182-2/G·405(课) 定价: 9.41 元

目录

MULU



第1章 机械与传动机构

- 导 入 从一幅与自动化有关的漫
画谈起 2
- 第1节 平动与转动 3
- 第2节 齿轮传动与带传动 10
- 第3节 液压传动与曲柄连杆传动 18
- 第4节 动手做——制作简易液压
千斤顶 23

第2章 物体的平衡及其稳定

- 导 入 从“桔槔提水”到机器人
走路 27
- 第1节 共点力的平衡及应用 28
- 第2节 刚体的转动及平衡 34
- 第3节 物体平衡的稳定性 41



第3章 材料和结构

- 导 入 来自大自然的启迪 50
- 第1节 弹性与范性 51
- 第2节 承重结构 57
- 第3节 机械的发展 63
- 第4节 动手做——制作拱桥和斜拉桥模型 67

第4章 气体、内能与热机

- 导 入 永动机的神话 71
- 第1节 气体的状态和状态变化 72
- 第2节 能量转化及其方向性 75
- 第3节 热机与热机效率 80

第5章 热机及其效率的提高

- 导 入 热机——人类文明的动力 86
- 第1节 内燃机 87
- 第2节 汽轮机和燃气轮机 94
- 第3节 喷气发动机 100
- 第4节 动手做——拆解和组装内燃机 106

第6章 制冷机及其应用

- 导 入 从热机到制冷机 110
- 第1节 电冰箱 111
- 第2节 空调机 117
- 第3节 热机、制冷机与环境 122

高中物理选修 2-2

第 1 章

机械与传动机构

- 导 入 从一幅与自动化有关的漫画谈起
- 第 1 节 平动与转动
- 第 2 节 齿轮传动与带传动
- 第 3 节 液压传动与曲柄连杆传动
- 第 4 节 动手做——制作简易液压千斤顶



导入

从一幅与自动化有关的漫画谈起

随着各种机械的发明和使用，人们越来越明显地感受到了“自动化”带来的便利。

图1-1中的主人，通过简单机械和传动机构的巧妙搭配，体验到了“坐享其成”的乐趣。当送报人将晨报放进托盘时，托盘受力，启动了为主人准备早餐的自动化系统，同时启动了帮助主人沐浴、梳理、穿戴的自动化系统。当牛奶拌玉米片的早餐和早茶准备好时，主人也穿戴完毕准备吃早餐。

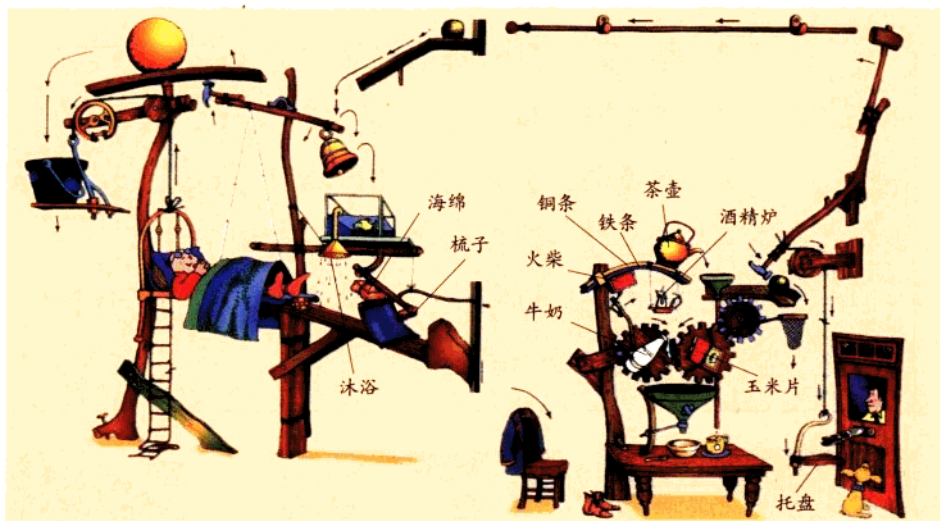


图 1-1 与自动化有关的一幅漫画

漫画表现了作者的智慧和幽默，每一个环节的设计都简单精巧，恰到好处。在我们的生产和生活中，有不少这样的简单机械及其传动装置，让我们生活更方便、更省力。本章将和大家一起探讨简单机械及其传动的一些特点。

本章要求

- 会区分平动和转动。会描述转动。
- 观察常见的传动装置，了解其作用。

第1节

平动与转动

1. 什么是刚体

以前我们研究物体的运动时,通常把物体看成质点,这是一种理想模型。例如,讨论汽车运动时,如果只需要了解汽车整体运动情况,可以将汽车简化为质点。但是,在研究汽车经过某一点需要的时间时,这个问题与汽车的长度有关,不能把汽车看成质点(图1-2)。在生活中这样的例子很多:儿童玩跷跷板时,坐的位置不同,产生的效果也不同,不能把跷跷板看成质点(图1-3);人用力关门时,手作用在门的不同位置,产生的效果不同,门也不能看成质点。在以上例子中,我们都必须考虑物体的形状和大小。



图1-2 汽车在什么情况下可以看成质点



图1-3 跷跷板能看成质点吗

严格说来,物体受力会产生形变,物体的形状和大小都会发生变化。但在一些情况下,物体的形变很小以至可以忽略,我们就可以用实际物体的另一种理想化模型——刚体来讨论物体的运动。**刚体**(rigid body)就是在外力的作用下形状和大小都不发生变化的物体。

把实际物体看成质点还是刚体,与我们所研究的具体问题密切相关。例如,在研究地球公转时,如果只关心地球运动的轨迹和快慢等,可以把地球看成质点;研究地球自转时,由于地球上各点的运动情况不同,不能把地球看成质点。不过,一般



图 1-4 钟表指针可以看成刚体



图 1-5 撑杆不能看成刚体

可以忽略地球的形变,把地球看成刚体;如果要研究地球的地质特点或地震等问题,就不能把地球看成质点或刚体了。再如,在研究钟表指针的转动(图1-4)、电扇叶片的转动等问题时,通常都不考虑它们的形变,近似将它们看成刚体。但在研究撑杆跳高、蹦极时,撑杆和绳子就不能看成刚体了(图1-5)。

2. 刚体的平动

刚体的基本运动可以分为平动和转动。什么是平动呢?我们先来做一个实验。

动手与动脑

平 动

【器材】课本,课桌。

【步骤】让课本在课桌上做以下不同的运动:

- (1) 把课本从左边平行地推到右边[图1-6(a)]。
- (2) 把课本平放在桌子上,让课本的下边缘始终与桌子的一条边平行,在课桌上做如图1-6(b)所示的移动。

【思考】两次移动有什么不同和相同的地方?

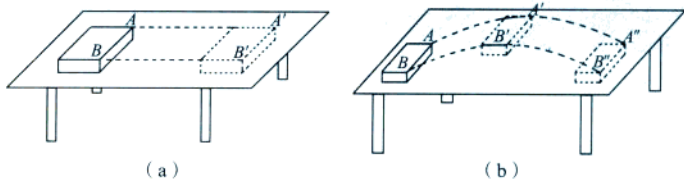


图 1-6 课本平移

我们发现,两次运动的轨迹不同,前一次是直线,后一次是曲线,但是课本的各边缘始终与它们相应的初位置平行。例如,图1-6(b)中 $A'B'$ 、 $A''B''$ 与 AB 始终是平行的。仔细分析还会发现,课本上任意两点的连线都始终与它的初位置平行。我们

把物体上任意两点的连线在各时刻的位置始终保持彼此平行的运动称为平行移动，简称**平动**（translation）。

在日常生活中有很多平动的例子：电梯上下运动时（图1-7），任意两点的连线总是平行移动的，可看成平动；游乐场中，人坐在摩天轮里（图1-8），相对地面而言，人的运动仍然可看成平动。同样，抽屉水平推拉、公园中浪桥的水平摆动等，也都可看成平动。

平动时，物体上各点的运动轨迹相同，各点发生的位移相等，各点的速度和加速度也相等。就是说，平动物体上任何一点的运动情况都可以代表其他各点，可以体现整个物体的运动规律。所以，我们在研究物体的平动时，可以选取物体上任何一点（如重心）进行研究，这时可以将平动的物体当成质点处理。

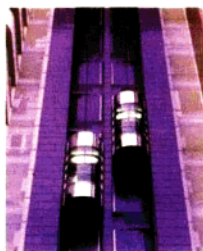


图 1-7 电梯



图 1-8 摩天轮

3. 刚体的转动

转动是刚体的另一类运动形式。刚体的转动有什么特点呢？我们还是来做一个小实验。

动手与动脑

转 动

【器材】课本，课桌。

【步骤】让课本在课桌上做以下不同的运动：

- （1）如图1-9（a）所示，把课本竖立在桌面上，使课本以棱 AB 为轴转动一周回到原位置。
- （2）在图1-9（a）中，让竖起的课本绕棱 BC 翻倒在桌面上。
- （3）如图1-9（b）所示，把课本平放在课桌上，让课本在桌面上绕棱 AA' 转动一周回到原位置。

【思考】

在课本上多找几个点，描述它们的运动轨迹。这些轨迹有什么相同和不同之处？

这3次运动和前面物体的平动之间有什么不同和相同的地方？

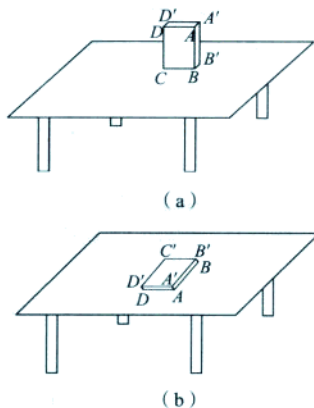


图 1-9 课本转动

我们发现，在上述3次运动过程中，课本上任意两点的连线在不同位置时的方向并不始终平行。例如，在上述实验步骤（2）中，课本的棱 AB 原本是竖直的，翻倒在桌面上后，棱 AB 就变



(a) 风车



(b) 小猫门

图 1-10 转动的物体

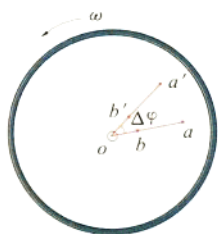


图 1-11 刚体转动示意图

为水平，二者显然是不平行的。此外可以看到，尽管课本的放置方式不同，但在3次运动中，它们都绕着某一个固定轴转动，物体上的各点都绕同一直线做圆周运动（或圆周运动的一部分）。例如在步骤（3）中，课本的B点、C点等，都在绕垂直于桌面穿过A点的轴线AA'做圆周运动。

如果物体上所有点都绕同一直线做圆周运动，物体的运动就称为**转动**（rotation），该直线就是**转轴**。在生活和生产中有很多转动的物体，如各种机器上齿轮、飞轮的运动，还有风车〔图1-10（a）〕、水车的运动以及电扇叶片、钟表指针、小猫门〔图1-10（b）〕的运动等都是转动。

在刚体的转动中，转轴上各点都保持不动，转轴外各点在同一时间间隔 Δt 内所走过的弧长虽然不同，但是连接各点与圆心的直线（如图1-11中 oa 、 ob 等）在 Δt 内扫过的角度 $\Delta\varphi$ 是相同的，因此，可以用共同的角速度来描述刚体转动的快慢。

根据匀速圆周运动角速度的定义可知，刚体转动的角速度

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$$

在国际单位制中， $\Delta\varphi$ 的单位是rad， Δt 的单位是s， ω 的单位是rad/s。

与质点的圆周运动相同，转动刚体上任一点的线速度大小等于角速度与该点到轴线距离的乘积，它的方向沿圆周的切线方向，指向转动的一方。即

$$v = \omega r$$

刚体转动一周所用的时间称为周期，用 T 表示；刚体在单位时间内转动的周数称为频率，用 f 表示。 T 、 f 的关系为

$$T = \frac{2\pi}{\omega}, f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$$

在生产 and 生活中，还常用转速来描述刚体转动的快慢。转速是单位时间内刚体转动的周数，即为频率，用 n 表示，单位是r/s或r/min。抽水机、磨面机、电动机等机械的铭牌上都标有额定转速。

例题

指针式钟表的时针、分针和秒针的周期、角速度分别是多大?

解 时针转1周为12 h, 所以它的周期

$$T_1 = 12 \times 3\,600 \text{ s} = 43\,200 \text{ s}$$

角速度

$$\omega_1 = \frac{2\pi}{T_1} = \frac{2\pi}{43\,200} \text{ rad/s} \approx 1.45 \times 10^{-4} \text{ rad/s}$$

分针转1周为1 h, 所以它的周期

$$T_2 = 1 \times 3\,600 \text{ s} = 3\,600 \text{ s}$$

角速度

$$\omega_2 = \frac{2\pi}{T_2} = \frac{2\pi}{3\,600} \text{ rad/s} \approx 1.74 \times 10^{-3} \text{ rad/s}$$

秒针转1周为1 min, 所以它的周期

$$T_3 = 60 \text{ s}$$

角速度

$$\omega_3 = \frac{2\pi}{T_3} = \frac{2\pi}{60} \text{ rad/s} \approx 0.1 \text{ rad/s}$$

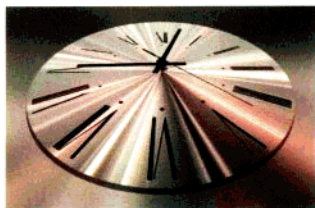


图 1-12 钟

设计与制作

制作小风车

请准备废旧拉罐1只、剪刀1把、铁丝、橡皮泥等辅助材料。

- (1) 将易拉罐剪成一张正方形的薄铝片, 在铝片上画两条对角线, 然后分别从4个角沿对角线剪铝片, 中心处不要剪断, 这样就形成了4片风叶。
- (2) 把每片风叶的一角(要么都是左角, 要么都是右角)捏到一起并固定, 用细铁丝从铝片中心处插入。为了防止滑落, 可在铁丝的另一端粘上少许橡皮泥。这样, 小风车便做好了(图1-13)。

观察风车的运动是什么运动。想一想, 选什么样的材料更好, 如何改进你的小风车?(请注意安全)



图 1-13 小风车制作

4. 刚体的一般运动

物体运动多数既有平动又有转动。例如,芭蕾舞演员的精彩旋转常令人赞叹不已(图1-14),演员一面围绕某轴转动,一面又沿某一路径平动,这一复杂、精湛的舞技,实质上就是物体转动与平动的合成。



图 1-14 芭蕾舞演员的漂亮舞姿



图 1-15 汽车快速前进

在研究刚体的一般运动时,可以把它分解为转动和平动。例如,汽车在平直的路面上行驶时,车轮的复杂运动可以看成车轴随同车身的平动和车轮绕轴转动的合成(图1-15)。分别研究平动和转动,然后进行运动的合成,就可以得出刚体做一般运动的特点。



设计与制作

制作“飞去来器”

澳大利亚土著人在投掷“飞去来器”时,巧妙地应用了刚体平动与转动的规律。若没击中猎物,“飞去来器”还能自动飞回来[图1-16(a)]。

我们也来试试制作“飞去来器”。准备一张硬纸板,先在纸板上描画出“飞去来器”的形状,两翼的长约5 cm,宽约1 cm,张开的角度约为 105° [图1-16(b)]。然后剪下“飞去来器”,并拿着“飞去来器”中间凸点,用手指弹一端(注意稍微往上弹)。这时,“飞去来器”会飞出去又飞回来。如果你做得好,“飞去来器”还可能落到你的脚下。

尝试使用不同硬度的纸或者改变两翼的形状和大小。比一比谁做得更好!



(a)



(b)

图 1-16 “飞去来器”的制作



作业

1. 公园中的勇敢者转盘(左下图)可以载着人旋转。在这种情况下,人做转动还是平动?为什么?
2. 右下图是两种不同的秋千,它们的运动是转动还是平动?请说明理由。



(第1题)



(第2题)



3. 转动和圆周运动有什么区别和联系?

4. 下列说法是否正确?说明理由。

- (1) 平动刚体上任意一点的轨迹一定是直线。
- (2) 转动刚体上任意一点的轨迹一定是曲线。
- (3) 平动刚体上不同点的速度一定是相同的。
- (4) 转动刚体上不同点的速度一定是不同的。
- (5) 转动刚体的转轴一定在物体上。

5. 某种自行车车轮的直径为 66 cm (26 英寸), 在平直的公路上以 15 km/h 的速度行驶, 车轮绕轴转动的角速度是多大?



第2节

齿轮传动与带传动

1. 齿轮传动



图 1-17 漫画中的齿轮传动部分

我们已能区分刚体的平动与转动，并且知道像齿轮、皮带轮这样的物体可看成刚体。在机械传动中，齿轮、皮带轮在传递动力、改变运动方式和速度等方面发挥了重要作用。我们把各种机械中传递动力、改变运动方式和运动速度的机构称为传动装置。常见的传动装置很多，下面我们从齿轮传动开始探讨。

图 1-17 是图 1-1 的局部，仔细观察你会发现，那位“坐享其成”的主人非常巧妙地应用了齿轮传动的知识。在准备早餐时，主人设计了 3 个齿轮，其中顺时针转动的蓝色齿轮将动力传递给了缚有一盒玉米片的棕色齿轮，使其逆时针旋转，同时将动力再传递给缚有一瓶牛奶的棕色齿轮，并使其顺时针转动。这样，只要蓝色齿轮一转，两个棕色齿轮便同时转动，将玉米片和牛奶混合于碗中。从这个设计可见，齿轮可以传递动力，并且可以改变转动方向。齿轮传动还有其他功能吗？下面我们动手，探究齿轮是如何传动的。

动手与动脑

解剖钟表

【器材】废旧机械钟表。

【步骤】

图 1-18 是常见机械表的内部结构，仔细观察它的传动装置。

【思考】齿轮是如何传递动力的？齿轮能改变转速吗？齿轮是如何改变转速的？



图 1-18 机械表的内部结构

在齿轮传动系统中, 齿轮有主动轮与从动轮之分。主动轮是直接受驱动力作用而运动的齿轮, 由主动齿轮带动的齿轮叫做从动轮。从上面对钟表的解剖可知, 机械钟表发条的动力是通过齿轮传递给指针的, 主动轮连续转动, 通过轮齿依次拨动从动轮的轮齿, 使从动轮转动。在这一过程中, 钟表指针也就跟着转动起来了。仔细观察还会发现, 主动轮与从动轮的转向是相反的, 大齿轮转速慢, 小齿轮转速快。像机械钟表那样由主动轮和从动轮紧密啮合而构成的传动装置叫做齿轮传动装置, 简化模型如图 1-19 所示。

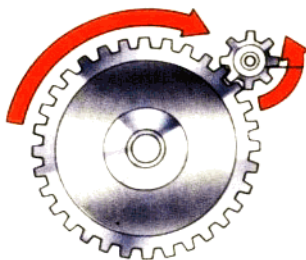


图 1-19 齿轮模型

通过观察可知, 当主动轮与从动轮的大小不同时, 转速是不相等的。我们把主动轮转速与从动轮转速之比称为齿轮的传动比, 用符号 i 表示。精确测量发现, 齿轮传动的传动比与两齿轮齿数或者齿轮半径的关系为

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{r_2}{r_1}$$

式中, n_1 、 n_2 分别表示主动轮和从动轮的转速; z_1 、 z_2 分别表示主动轮和从动轮的齿数; r_1 、 r_2 分别表示主动轮和从动轮的半径。

由传动比公式可见, 当主动轮的转速一定时, 从动轮的转速取决于两个齿轮的齿数。齿数较多的主动轮会带动齿数较少的从动轮快速转动; 而齿数较少的主动轮会使齿数较多的从动轮缓慢转动 (图 1-20)。如果需要主动轮与从动轮的转向相同, 必须在它们中间加入另一个齿轮, 形成齿轮组。图 1-21 是水表里的齿轮组, 当水通过推动器时, 推动器使齿轮组转动起来, 齿轮传动装置逐步降低转速, 水表显示器指针和计数器与齿轮组相连, 最后以一定的比例关系显示水流量。

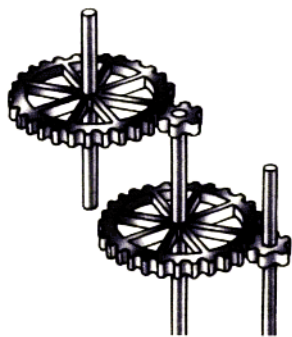


图 1-20 变速齿轮组

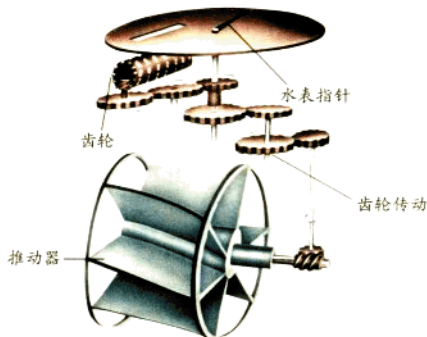


图 1-21 水表里的齿轮组

齿轮传动具有传动比恒定、工作可靠、结构紧凑、效率高、寿命长、传动功率及速度范围大等优点,是各种机器和仪表中常用的一种传动形式,应用范围非常广泛。例如,钟表、收录机、影碟机(图1-22)、搅拌机(图1-23)、汽车、轮船、飞机等,都大量采用齿轮传动。

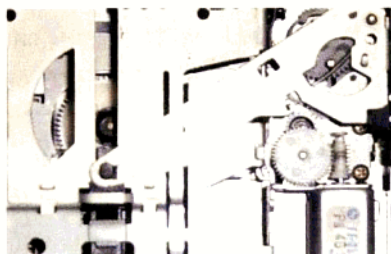


图 1-22 影碟机机芯

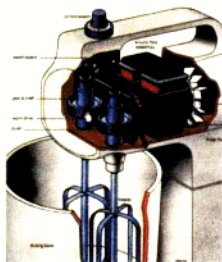


图 1-23 搅拌机

信息窗

汽车为什么要换挡

司机驾车时会根据道路情况扳动变速杆换挡,以选择速度和动力。为什么司机扳动变速杆就能变速呢?

汽车内部装有变速器,它的工作原理与齿轮传动密切相关。当汽车发动机开始转动后,通过齿轮啮合,发动机轴将动力传给了中间轴,中间轴又将动力传递给输出轴,使车轮转动起来。下面以变速器的3个挡位为例,讨论齿轮组是如何将发动机动力传递给车轮的。

当变速杆位于1挡位时,输出轴上面的大齿轮与中间轴上的小齿轮啮合,发动机的动力经由两次齿轮联动传给车轮,这时车轮获得的速度小,但动力很大。一般在汽车起动或者上坡时需要将变速杆置于1挡位[图1-24(a)]。

当变速杆位于2挡位时,输出轴和中间轴上两个大小相差不多的齿轮啮合,这时车轮获得的速度大一些,但动力要小一些[图1-24(b)]。

当变速杆位于3挡位时,输入轴和输出轴直接连接起来,这时发动机的高转速便直接传给车轮,汽车以更高速度行驶,但这时汽车的动力更小。通常在平直公路上用较高挡位行驶[图1-24(c)]。

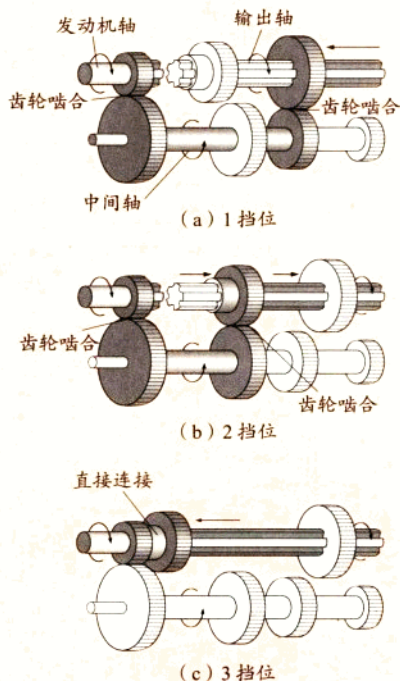


图 1-24 汽车变速器

2. 带传动

齿轮传动有不少优越性,但也有不足,如制造和安装的精度要求较高,成本也相应较高,不适宜在距离较远的两轴之间传递动力或运动等。带传动则克服了这些缺陷。这种传动装置通常是由主动轮、从动轮和张紧在两轮上的环形带组成(图1-25)。当主动轮转动时,依靠带与轮接触面间的摩擦力拖动从动轮一起转动,从而传递一定的速度和动力。

我们以缝纫机为例,一起来探究带传动的特点。

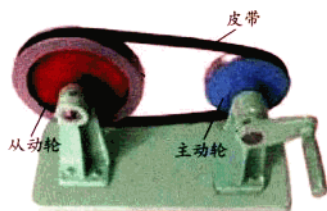


图 1-25 带传动模型

动手与动脑

缝纫机上的带传动

【器材】家用缝纫机。

【步骤】

- (1) 观察缝纫机(图1-26)上的皮带传动部分,找出主动轮和从动轮。
- (2) 踏动脚踏板,使主动轮转动,从动轮在皮带的带动下也转动起来。观察主动轮转1周时从动轮转几周。(注意先取下缝纫机针头的线)

【思考】带传动由哪几部分组成?哪个是主动轮或从动轮?为什么皮带可以带动从动轮转动?如果皮带松了,从动轮还能转动吗?从动轮与主动轮的转速关系如何?



图 1-26 缝纫机

由以上观察可见,脚踏板带动的大轮子是主动轮,缝纫机头的小轮子是从动轮。从动轮比主动轮转动快得多,并且从动轮的转动方向与主动轮相同。皮带传递动力的效果与皮带和轮槽之间的摩擦有关,皮带越紧,传递效果就越好;如果皮带太松,摩擦小,就会出现打滑现象,传动装置就不能有效工作。

进一步的精确测量发现,从动轮的转速与两个轮子的大小有关。与齿轮传动相似,带传动的传动比

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{r_2}{r_1}$$