

经全国中小学教材审定委员会 2005 年初审通过
普通高中课程标准实验教科书

物理

WULI

选修

2-2



教育科学出版社

经全国中小学教材审定委员会 2005 年初审通过
普通高中课程标准实验教科书

物理

WULI

选修

2-2



教育科学出版社
· 北京 ·

主 编 陈熙谋 吴祖仁
本册主编 陈宜生
本册编者 王永生 方贵荣 李 群 王建忠
杨志博 罗国忠

责任编辑 郑 军 莫永超
封面设计 侯 威
版式设计 侯 威
责任校对 刘永玲
责任印制 曲凤玲

经全国中小学教材审定委员会 2005 年初审通过
普通高中课程标准实验教科书

物理 选修 2-2

教育科学出版社 出版发行

(北京·朝阳区安慧北里安园甲 9 号)

邮编: 100101

市场部电话: 010-64989009 010-64891796 (传真)

编辑部电话: 010-64989537 010-64989519 (传真)

网址: <http://www.esph.com.cn>

各地新华书店经销

北京市大天乐印刷有限责任公司印装

开本: 890 毫米×1240 毫米 1/16 印张: 7

2007 年 1 月第 1 版 2007 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5041-3605-3

定价: 8.20 元

(如有印装质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换)



目录

第一章 机械的运动



1. 平动与转动·····	2
2. 齿轮传动·····	6
3. 转动与平动的相互转换·····	11
本章小结·····	15
习题·····	16

第二章 机械中的力



1. 皮带传动中的力·····	18
2. 链轮传动中的力·····	21
3. 液压传动与力的放大·····	25
4. 机械中的螺旋传动·····	28
本章小结·····	31
习题·····	31

第三章 机械和建筑结构中力的平衡



1. 机械中共点力的平衡·····	34
2. 刚体的平衡·····	40
3. 力与形变·····	45
4. 力与结构·····	50
5. 桥上的力与结构·····	54
6. 农村房屋的经济性与力学特性·····	58
本章小结·····	61
习题·····	62

第四章 热与热机



1. 热运动·····	64
2. 热机·····	68
3. 汽轮机·····	72
4. 内燃机·····	74
5. 燃气轮机与喷气发动机·····	79
6. 制冷机与热泵·····	83
本章小结·····	86
习题·····	87

第五章 机械 社会 环境



1. 机械与社会·····	90
2. 机械与环境·····	95
3. 可持续发展战略* ·····	101
4. 机械的未来发展·····	105
本章小结 ·····	108
习题 ·····	108



第一章 机械的运动

- ◆ 平动与转动
- ◆ 齿轮传动
- ◆ 转动与平动的相互转换

钢筋铁骨，坚硬中透着和谐与协调；从不含糊处事，运转中表现出钉铆分明、毫厘无差，结构复杂，无非轮杆之合；运动纷繁，不过平动转动相依。



1 平动与转动

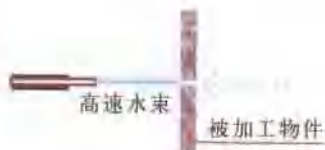


在高速转盘上有两根直径2 mm的尼龙绳，尼龙绳高速转动就成了一对割草飞刀。

图 1-1-1 一种新型割草机



(a) 工作中的“水刀”



(b) “水刀”的原理

使水在 200 MPa ~ 400 MPa 高压状态下从 0.2 mm ~ 0.8 mm 的小孔以 800 m/s ~ 1 000 m/s 的速度射出，水束能切割金属、陶瓷、塑料等。

图 1-1-2



观察思考

图 1-1-1 是一种新型割草机，它的“刀”就是两根直径约 2 mm 的尼龙绳，尼龙绳上每点的运动是不一样的；图 1-1-2 是“水刀”，这个“刀”是一束高速喷出的细水柱，水柱虽细，但不能用质点来反映。

如图 1-1-3 和图 1-1-4 所示，一个物体运动时，不仅物体各点运动状态可以不同，而且物体自身会发生形变。



静止时杯中水面是平面，随圆盘转动后杯中水面就成了曲面。

图 1-1-3 圆盘



圆盘转动时，槽内的小球将向外移动，弹簧伸长。

图 1-1-4 圆盘上的弹簧—小球系统



讨论交流

如何研究一般情况下物体的运动呢？是否可以类似于引进质点模型，再引进一个理想物理模型来研究一般情况下的物体运动问题呢？

实际物体的简化模型——刚体

物体受力或运动时会发生形变，但是，在许多情况下，

物体发生的形变很小,研究运动时可以忽略形变对运动的影响,把物体看做受力而无形变(认为物体上任意两点的距离保持不变)的理想物体,称之为**刚体**(rigid body)。



讨论交流

1. 上面列举的运动物体中哪些能被看做刚体呢?
2. 我们周围的桌子、凳子、机器、汽车都能被看成刚体吗?

刚体的两类基本运动形式

如果物体在运动过程中,组成物体的各点运动状态完全相同,我们称这种运动为**平动**。若组成物体的各点都绕某一直线做圆周运动,我们称这种运动为**转动**。怎么认识平动和转动呢?我们先来讨论生活、生产中的一些物体运动现象,看能不能总结出某些规则。



活动

观察生活中的平动和转动:

- (1) 手表指针的运动;
- (2) 教室里门的运动;
- (3) 自行车的运动(车身、车轮);
- (4) 起重机的运动;
- (5) 缝纫机的运动。

通过观察,说说上面物体中哪些部件做平动,哪些部件做转动。

做平动的有_____。

做转动的有_____。



讨论交流

如何区分平动和转动?

小明: 物体上每个点做直线运动的为平动,做曲线运动的为转动。

方法论提示

被研究的对象一般都是比较复杂的,涉及多种因素,这往往令研究者如坠烟海,无从下手。有经验的研究者,为了理清头绪,采用的方法就是建立模型(简称建模)。所谓建模就是忽略次要因素,抓住主要因素,用一个简单的对象代替一个复杂的对象。这样做容易实现对事物的数学描述,从而找到事物的主流。将物体视为质点就是建模。在讨论机械的运动时,把物体看做刚体,也是建模。



图 1-1-5 黑板擦的一种运动



图 1-1-6 黑板擦的另一种运动

方法论提示

综合与比较：认识事物从区分开始，要有区分，就要有比较，有比较才有鉴别。通过比较，鉴别出事物的相同点和不同点，依共同点将事物归类，依不同点将事物分类。

小芳：是的，转动轮子上的点都做圆周运动，而冲床重锤上每一点都做直线运动。

小聪：按你们的说法，一个黑板擦做如图 1-1-5 所示的那种运动应该是转动？

老师：请大家注意，现在是研究刚体，单从物体上某个点的运动轨迹来判断是不完备的，同学们能想出别的方法吗？

多思：刚体运动要考虑每一点的运动，可以在运动物体上任意两点之间作一连线，观察这条直线在运动中的取向，应该能判断物体是平动还是转动。

老师：对！任意两点的连线的运动，能全面反映一个物体的运动，这是一个科学的办法。

小明：按多思的法则，图 1-1-5 所示黑板擦的运动应该是平动。

老师：对，你们看，虽然 A 点做曲线运动，但 A、B 两点之间连线的取向在运动中不变。仔细看，每点的位移、速度、加速度都是相同的，因此，物体的平动可以用《物理 必修 1》中所学的质点直线运动的知识来处理。

小明：黑板擦也可做图 1-1-6 所示的运动，这时两点连线的取向在运动中是变化的，那黑板擦是在转动吧？

老师：严格地说应该是平动和转动的合运动。因为在垂直纸面（黑板）的方向上，任意两点连线的方向在运动过程中保持不变，始终垂直黑板。而在平行黑板方向上的任意两点连线，却在绕垂直黑板方向的轴进行转动。

多思：在平直道路上行驶的自行车轮子的运动便是平动和转动的合运动。自行车轴做平动，整个轮子则围绕轴转动。

结论：物体上任意两点之间的连线在运动中保持取向不变的为平动（translation），两点之间的连线取向在运动中有改变的一定包含转动。如果物体在运动中存在一个相对不动的转轴，而其他点都绕转轴做圆周运动的称为（定轴）转动（rotation）。

● 定轴转动物体的转速

在《物理 必修 2》中，角速度定义为

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

单位为弧度/秒 (rad/s)。但生产和生活中习惯于用转速 (n) 来表示物体转动的快慢。图 1-1-7 是一个电动机上的铭牌, 上面有一栏标明电动机的转速为 1 400 转/分, 它表明电动机转子每分钟转 1 400 圈, 角速度和转速都是用来表示转动快慢的物理量, 只是单位不同而已。因为转一圈转过的角度是 2π , 因此转速 n 与角速度 ω 的换算关系应为

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \quad (1-1)$$

式中 n 的单位为转/分 (r/min), ω 的单位为 rad/s。若 n 的单位为转/秒 (r/s), 则转速 n 与角速度 ω 的换算关系可表示为

$$\omega = 2\pi n \quad (1-1a)$$

● 转动物体上线速度与角速度的关系

如图 1-1-8 (a) 所示, 转动物体上离转轴距离不同的点在时间 t 内转过的路程 s (弧长) 不同, 故速率 (线速度大小) 不同, 但每一点转过的角度 φ 相同, 角速度 ω 相同。参照图示, 利用弧长 s 与圆心角 φ 的关系

$$s = \varphi r$$

两边除以时间 t , 就得到转动体上离转轴距离为 r 的点的线速度 v 与角速度 ω 的关系为

$$v = \omega r$$

上式和图 1-1-8 (a) 表明, 离轴的距离 r 越大的点其线速度越大, 线速度 v 的方向为圆轨道的切线方向。依上式, 图 1-1-8 (b) 所示的两个半径不同的同轴圆盘固定在一起, 它们各自边缘的线速度之比等于半径之比, 即

$$v_1 : v_2 = r_1 : r_2 \quad (1-2)$$



图 1-1-7 电机铭牌

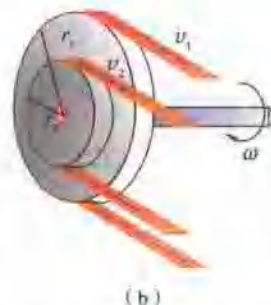
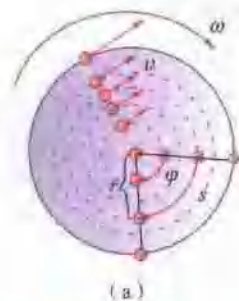


图 1-1-8 线速度与角速度的关系

练习与评价

1. 当汽车沿斜坡做直线运动时, 车厢的运动是平动还是转动? 汽车轮子的运动呢?
2. 分析缝纫机几个轮子之间的线速度、角速度变换.
3. 分析图 1-1-9 所示游乐场中旋转木马的运动.
4. 一个飞轮的转速为 $1\,500\text{ r/min}$, 求飞轮的角速度和飞轮上距离转轴 20 cm 处的线速度.



图 1-1-9

发展空间

实验室

1. 调查家中电扇、洗衣机、抽油烟机、计算机的光盘驱动器等电器中电机的转速, 列出表格并将转速换算成角速度.
2. 用低压玩具电机制作一个变转动为平动的小装置.

2 齿轮传动

齿轮 (gear) 是构造机械的重要部件之一. 齿轮传动可以改变转速和方向, 也可以改变力的方向和大小. 从力的角度分析, 齿轮可以说是杠杆的变形. 制造和使用不同类型的齿轮和齿轮的组合, 目的是为了更好地实现特定的功能. 齿轮有哪些功能?

● 各种各样的齿轮组合



(a) 外啮合齿轮



(b) 内啮合齿轮



(c) 锥形齿轮



(d) 行星齿轮

图 1-2-1 几种齿轮模型



观察思考

观察图 1-2-1 所示的各种齿轮模型, 说出每种齿轮组合的作用. 通过这些齿轮, 转速 (大小、方向) 和力 (大小、方向) 发生了怎样的变化?

- (a) _____, _____.
- (b) _____, _____.
- (c) _____, _____.
- (d) _____, _____.

不管什么形式的齿轮, 都有将一个物体的运动传递给另一个物体的功能, 由于运动的传递和转换是用齿轮实现的, 故称之为**齿轮传动** (gear transmission).

● 齿轮转速比与齿轮齿数比的关系

图 1-2-2 表明, 把一个齿轮的转动传递给另一个齿轮, 将使转速发生变化. 齿轮 A 上齿数为 z_1 , 转速为 n_1 , 1 s 内转过的总齿数为 $n_1 \times z_1$; 齿轮 B 上齿数为 z_2 , 转速为 n_2 , 1 s 内转过的总齿数为 $n_2 \times z_2$. 因为在齿轮传动中, 相同时间

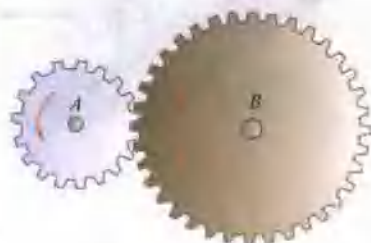


图 1-2-2 齿轮变速



图 1-2-3 蜗轮蜗杆传动系统

内两个齿轮转过的总齿数相等, 即 $n_1 \times z_1 = n_2 \times z_2$, 所以两个齿轮的转速 n 与齿数 z 成反比, 即

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} \quad (1-3)$$

图 1-2-2 中齿轮 A 和齿轮 B 的齿数比为 $1:2$, 则转速比为 $2:1$, 即齿轮 A 转两圈, 齿轮 B 才转一圈. 如果两个齿轮像齿轮 A 、 B 那样外啮合, 它们的转动方向是相反的. 要使两个齿轮转动方向相同, 可以采用图 1-2-1 (b) 所示的内啮合方式. 如果要求既改变转速, 又使转动方向转 90° , 可以采用图 1-2-1 (c) 所示的两个锥形 (或伞形) 齿轮. 为了增大转速比可以采用图 1-2-3 所示的蜗轮蜗杆传动 (worm drive) 系统来实现, 蜗轮蜗杆系统有很大的转速比.

● 齿轮变速箱

为了增大齿轮传动中转速的变化, 可采用多级齿轮串接构成齿轮变速箱. 齿轮变速箱一般有一个转动输入轴, 一个或多个转动输出轴.

图 1-2-4 (a) 是一个齿轮变速箱的外形, 可以明显地看出一个转动输入轴和一个转动输出轴, 且两个转轴互成 90° . 图 1-2-4 (b) 是一个四级减速的齿轮组模型, 输入的转动由内齿轮与外齿轮的啮合实现. 图 1-2-4 (c) 是一个利用蜗轮蜗杆和锥齿轮等组成的齿轮组, 请同学们自己分析减速的过程. 图 1-2-4 (d) 中的齿轮组模型与汽车中的传动机构类似. 齿轮变速箱是许多机械设备中不可缺少的部件. 生产厂家可提供各种转速比的变速箱供用户选用.



(a)



(b)



(c)

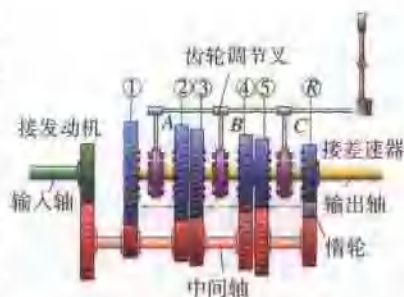


(d)

图 1-2-4 齿轮组

图 1-2-5 是一种汽车齿轮变速箱的示意图, 汽车司机通

过调整其中齿轮的配置来改变汽车行驶的快慢。图中标出的数字表示各速度挡位,指在选定速度挡位后输出轴所选定的齿轮上。从选定的齿轮与中间轴上齿轮大小的配置关系可知,速度挡数字越大,速度越快,共有五个速度挡位可供选择。字母R表示倒车挡位,在汽车倒车时必须使车轮反转,为此在中间轴与输出轴的齿轮之间加入了一个齿轮——惰轮(又叫倒车齿轮)。图1-2-6表明了为什么惰轮能改变输出轴的转动方向。汽车齿轮变速器的输入轴与汽车发动机连接,输出轴与车轮轴连接。



输出轴是一根带键槽的“滑键轴”，套在轴上的5个齿轮都必须通过滑键才能与轴相连接。汽车变速就是通过操纵拨叉（齿轮调节叉），使某个挡位齿轮与轴“键合”，变速器就以这一挡速度输出。A、B、C这三个拨叉分别左右移动，变速器可以分别选择5个速度挡位和一个“倒挡”。

图1-2-5 汽车齿轮变速器

● 齿轮传动的功能

现在可以总结重要的机械部件——齿轮的功能了，齿轮至少能起下列作用。

(1) 传动。将一个物体的运动传递给另一个物体，如在汽车中将发动机的运动转换和传递到车轮。

(2) 变速。利用齿轮的齿数比可以使一个轴的快速转动变为另一个轴的慢速转动，反之亦然。

(3) 改变转动方向。齿轮可使转动方向反转（如汽车倒车齿轮），也可改变 90° （如锥形齿轮）或其他的角度。

(4) 可以将一个轴的转动转换成两个或多个轴的同步转动。如机械表中的情形。

(5) 传递能量（功率）、力（或力矩）和位移。



图1-2-6 惰轮

● 齿轮传动的优点

用不带齿的轮子也可以传动，为什么要采用齿轮传动呢？那是因为齿轮传动有下列优点。

(1) 齿轮传动不打滑，齿轮传动中输出轴和输入轴严格同步。机械讲究的是步调一致，齿轮传动正好能做到。

(2) 齿轮传动中能精确地保证转速比。这一点在机械钟表上显得尤为重要。

(3) 齿轮传动中对齿轮直径或周长的稍许变化不敏感。因为齿轮传动中的转速比等于齿轮齿数的反比。

(4) 能在很小的空间实现较大的力或转速的变化。

齿轮传动也存在一些缺点，其中一个缺点是：转速比的调节是跳变的，不能连续地变化。

练习与评价

1. 电动机转速是 1 500 r/min, 要求将输出转速变为 500 r/min. 如果采用齿轮变速, 齿轮的齿数比应为多少?
2. 电动机只能水平安装, 如果想用它来带动绕竖直轴转动的搅拌机, 你打算如何将动力由电动机传给搅拌机?
3. 参照图 1-2-5 说明怎样调节中间轴可以使汽车速度加快或减慢. 用齿轮组改变转速时, 转速是跳跃式的改变. 你能想出一种方法使转速连续可调吗? (提示: 可利用轮子和摩擦. 当然你也可用别的方法)
4. 给你两个带轴的轮子, 要求你做一个转速连续可调的调速机构, 画出结构图并说明原理.

发展空间

实验室

1. 打开机械式闹钟, 观察里面的齿轮机构和齿轮传动时转速的变换情况.
2. 到旧货市场买些小齿轮, 制作一个多挡变速器.

走向社会

参观汽车修理厂, 观察汽车齿轮变速箱等, 了解汽车的齿轮传动情况, 也可因地制宜去农机站参观.

课外阅读

行星齿轮

如图 1-2-7 所示的行星齿轮是由太阳轮、行星轮和内啮合齿轮 (又叫齿环) 组成. 输入轴与中心处的太阳轮连接, 齿环及支撑壳与输出轴相连, 行星轮起惰轮的作用.

利用图 1-2-8 中三个齿轮的外啮合传动很容易说明行星齿轮的传动. 图中左边小齿轮与中间齿轮啮合, 转速被降低, 转动方向被反转; 中间齿轮与右边的大齿轮啮合使得转速再次降低, 转动方向再次反转. 于是小齿轮和大齿轮的转动方向相同. 三个齿轮构成了两级变速, 设从左到右齿轮的序号为 1、2、3, 齿轮齿数为 z_1 、 z_2 、 z_3 , 由转速比与齿轮齿数比的关系, 可知齿轮 1、2 的转速比为 $\frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$, 齿轮 2、3 的转



图 1-2-7 行星齿轮

速比为 $\frac{n_2}{n_3} = \frac{z_3}{z_2}$, 利用上两式相乘, 可得三个齿轮的总转速

变换关系为 $\frac{n_1}{n_3} = \frac{z_3}{z_1}$, 可见三个齿轮的输入转速与输出转速

之比与中间的齿轮无关, 中间齿轮起惰轮的作用。如果把图 1-2-8 中大齿轮的中间部分挖空, 仅剩下带齿的轮缘, 然后把轮缘翻转过来便成了齿环, 让齿环中心与小齿轮中心重合, 加入两个惰轮便构成了行星齿轮。



图 1-2-8 三个齿轮与行星齿轮的关系

3 转动与平动的相互转换

大约在 5 000 年前, 我们的祖先就发明了轮子, 轮子是把平动与转动联系起来的机械。辘轳、水车、纺车、织机等都是把平动与转动结合起来的创造发明。18 世纪, 利用平动与转动的结合而创造出的具有普遍实用意义的蒸汽机, 吹响了第一次工业革命的号角。当今社会, 在生产、生活、科研各个领域, 各种各样的机器无不依靠转动与平动的相互转化来传递动力以完成各种工作。

下面我们通过几个生产和生活中重要的实例来具体理解平动与转动的转换。

● 生活中的平动与转动



观察思考

1. 观察螺杆的运动 (图 1-3-1)。
2. 观察手摇铅笔刀的运动 (图 1-3-2)。



讨论交流

说说你知道的生活中的平动与转动转换的实例。



图 1-3-1



图 1-3-2

● 自动扶梯中转动与平动的相互转换

现代化的城市中，在人员流动大的车站和商场普遍都建有自动扶梯，在高层建筑中安装有电梯。图1-3-3是火车站输送旅客的自动扶梯，旅客随楼梯做平动。看看图1-3-4所示自动扶梯的内部结构就会明白，乘客的平动是由电动机的转动通过一系列传动和转换实现的。实现传动转换的装置称为传动机械。电动机转速较快，先经过皮带轮、齿轮箱将转速降低，再经链轮传动机械将转动变为平动。



图 1-3-3 火车站的自动扶梯

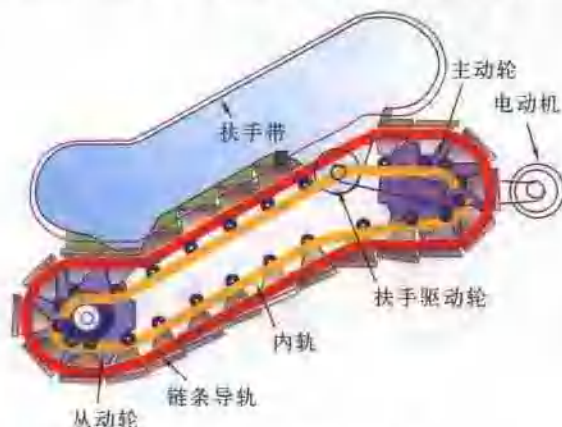
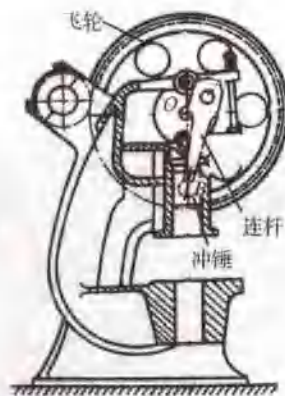
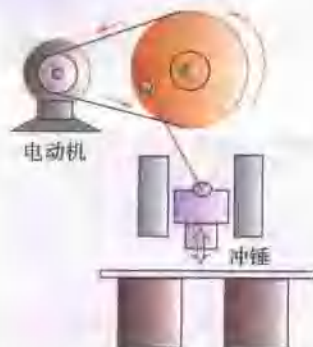


图 1-3-4 自动扶梯内部结构



(a) 结构示意图



(b) 原理示意图

图 1-3-5 冲压机

煤矿、港口码头、仓库、自动生产线等的传输装置的结构和原理都与自动扶梯类似。传动机械将一个物体的运动传递给另一物体，并且还可以使运动形式和运动快慢发生变化，以满足各种工作需要。

● 冲压机中转动与平动的转换

你知道漂亮的流线型小汽车的整体外壳是怎么造出来的吗？



“铿锵有力，击铁如泥”的冲压机是怎样工作的？

图1-3-5(a)、(b)分别为冲压机的结构示意图和原理示意图。

由图1-3-5(b)可见，先通过皮带传动机构降低电动机的转速，再由连杆滑块机构将转动变为冲锤的平动，冲锤急

速冲向要加工的板件,巨大的冲力使板材成形。

其中,皮带传动是怎样改变转速的呢?如图1-3-6所示,两个轮子安装在两个平行转轴上,轮半径不同。轮子用皮带连接,皮带上各点的速度大小是相同的,所以两个轮子轮缘上的线速度是相同的。但轮子的角速度不同,依式(1-2)有

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{r_1}{r_2} \quad (1-4)$$

式中 n_1 、 n_2 分别为两个轮子的转速,因此这种机构可以用来改变角速度或转速。

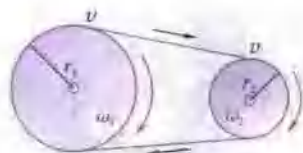


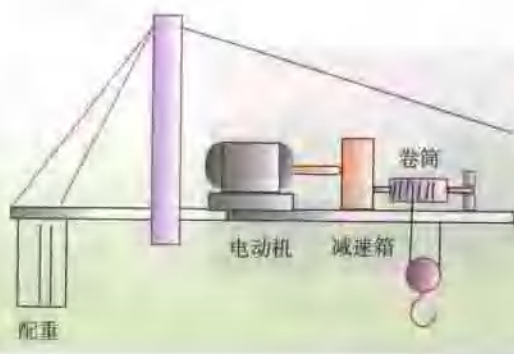
图1-3-6 皮带传动改变转速

● 起重机中转动与平动的转换

铁塔巍然挺立,长臂挥动,将建筑构件和建筑材料输送到工地的各个角落,起重机是怎么实现这一切的呢?图1-3-7为建筑用起重机的外观及起重臂旋转、升降重物的结构示意图。



(a)



(b)

图1-3-7 塔式起重机外观及结构示意图

如图1-3-7(b)所示,电动机的转动经过减速箱后转速变慢,较慢的齿轮带动卷筒转动,使钢丝绳与吊钩升降,进而带动重物沿竖直方向上下平动。同时,起重机臂由另一套传动机构带动,它旋转很慢,转速仅1 r/min ~ 2 r/min,电动机的转动也要先经减速箱减速后去带动起重机臂旋转。

● 内燃机中平动与转动的相互转换

汽车的行驶靠内燃机提供动力,内燃机在工作过程中是如何使转动与平动相互转换的呢?