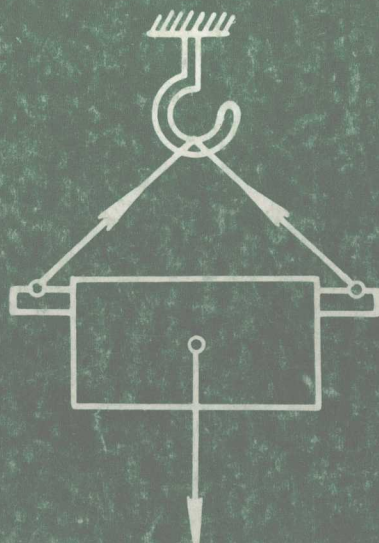


造船厂技校教材

工程力学基础



哈尔滨工程大学出版社

工程力学基础

船舶技校教材编委会

主任 韩 发
 委员 韩 发 葛新辉 胡建忠 任 生
 张 铜 倪绍灵 何亚利 林柱传
 金仲达 朱春元 汪建

船舶技校教材编写组

基础课专业组	主编	胡建忠	副主编	汪 建
船体装配专业组	主编	葛新辉	副主编	魏东海
船舶电焊专业组	主编	任 生	副主编	周雅莺
船舶电工专业组	主编	倪绍灵	副主编	卢建明
船舶钳工专业组	主编	张 铜	副主编	竺维伦
船舶管系专业组	主编	何亚利	副主编	叶 平
船舶木塑专业组	主编	汪 建	副主编	曹建民
本书编者	彭匡宪			
本书主审	卢文沛			

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书共分三篇。第一篇为运动与力,内容包括直线运动、牛顿运动定律、匀速圆周运动、功和能等;第二篇为理论力学,内容包括静力学基础、平面汇交力系、力矩和力偶、平面任意力系、摩擦等;第三篇为材料力学,内容包括拉伸与压缩、剪切与挤压、圆轴扭转、直梁弯曲等。各章后附有小结和习题。

本书也可作为青工培训和职工的自学用书。

工程力学基础

彭匡宪 编

责任编辑 张笑冰

*

哈尔滨工程大学出版社出版

新华书店经销

哈尔滨毕升电脑排版有限公司排版

大庆市第一印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 10 字数 220 千字

1995 年 12 月第 1 版 1995 年 12 月第 1 次印刷

印数:1—5000 册

ISBN 7-81007-624-8

O·42 定价:8.25 元

前 言

技工学校担负着为企业培养中级技术工人的重任,其教学质量的高低影响到企业工人队伍素质和经济效益的提高。

中国船舶工业总公司所属技工学校大多数建立或恢复于“七五”期间。当时主要工种的教学内容,基本上停留在传统的造船工艺水平上,与80年代迅猛发展起来的新的造船工艺存在着明显的差距。在教学安排上,忽视技能训练,技校毕业生走上生产岗位后表现出独立工作能力不强。为解决这一问题,总公司于1987年在首届船舶总公司技工学校校际协作会上明确提出技工学校教学改革方向,一是培养目标为中级技术工人,二是将原来的理论和实习教学的课时从1:1变为3:7突出技能培训,增强学生的动手能力。并于1989年重新颁发了船舶类五大工种的教学计划及大纲。1992年成立了船舶总公司技工学校教材编写委员会。在编委会的领导下,由于各专业组主编、副主编和编审者努力工作,哈船院出版社及有关学校给予了大力支持,我们船舶工业系统技工学校第一批系统教材正式面世了,它必将对船舶工业技工学校的发展起到积极的推动作用。

这套教材包括船体装配工、船舶电焊工、船舶钳工、船舶电工、船舶管系工、船舶木塑工六大工种进行中级工培训的基础课、专业课和技能训练的教材。教材编写以工人技术等级标准为依据,以企业的生产技术现状为基础,突出对技校学生操作技能的培养,力求做到学用结合,改变以往技工培训教材内容偏多、偏难,学用脱离的情况。船舶行业特有工种有80多个,不可能每个工种都统一编写教材,这套教材的出版、无疑只是起个样板的作用,各技工学校可以参照这套教材编写其它工种的教材或讲义。同时,由于各企业的生产技术不一,这套教材也很难做到所有内容都适合各企业的培训要求,各企业的学校、教育部门可以根据技术等级标准和企业的生产技术要求,对教材内容进行删减和补充。这套教材同样适合在职工人的中级工培训。

由于整个成书过程比较仓促,与以前教材相比,内容变化较大,加上组织工作经验不够,编写水平有限,缺点和错误在所难免,敬请专家和教育工作者批评指正,以利再版时改正。

编委会

1995.6

编者的话

为了适应技工学校课程改革的需要,准确地把握技工学校培养目标,中国船舶工业总公司技校教材编写领导小组,于1992年10月在上海召开了有关学科编写人员会议,确定了学科的教学大纲和编写要求。

本书特别将技工学校物理学中的力学内容,并入工程力学;这样避免了学科之间的重复讲授,从而能更合理的安排技校理论课的授课时数。本书由上海船厂技工学校高级讲师彭匡宪编写,高级讲师卢文沛审稿。

这次编写教材的工作,由于时间比较紧促,经验不足,缺点和错误在所难免,希望读者提出批评和改进意见,以便再版时修订。

目 录

绪 论.....	1
----------	---

第一篇 运动与力

第一章 直线运动.....	4
第一节 机械运动.....	4
第二节 匀速直线运动.....	5
第三节 变速直线运动.....	6
第四节 匀变速直线运动.....	7
第五节 匀变速直线运动的公式.....	9
本章小结	11
习 题	12
第二章 牛顿运动定律	14
第一节 牛顿第一定律	14
第二节 力的概念	14
第三节 牛顿第二定律	15
第四节 质量和重量	17
第五节 牛顿第三定律	18
本章小结	20
习 题	20
第三章 匀速圆周运动	22
第一节 匀速圆周运动	22
第二节 向心力、向心加速度	24
本章小结	28
习 题	29
第四章 功和能	30
第一节 功	30
第二节 功率	32
第三节 机械效率	34
第四节 能	34
第五节 动能	35
第六节 势能	36
第七节 机械能守恒定律	36
第八节 功和能的关系	38

本章小结	39
习 题	40

第二篇 理论力学

第五章 静力学基础	44
第一节 力的合成和分解	44
第二节 物体平衡的概念	46
第三节 约束和约束反力	47
第四节 物体的受力分析和受力图	49
本章小结	51
习 题	52
第六章 平面汇交力系	56
第一节 平面汇交力系合成的几何法	56
第二节 用解析法求平面汇交力系的合力	56
第三节 平面汇交力系的平衡条件	58
第四节 平衡方程的应用	59
本章小结	61
习 题	61
第七章 力矩和力偶	64
第一节 力矩的概念及其计算	64
第二节 合力矩定理	65
第三节 力矩平衡条件	66
第四节 力 偶	67
第五节 平面力偶系的合成及平衡条件	70
本章小结	71
习 题	72
第八章 平面任意力系	75
第一节 平面任意力系的平衡条件及其应用	75
第二节 平面平行力系的平衡条件及其应用	78
本章小结	81
习 题	82
第九章 摩 擦	84
第一节 滑动摩擦	84
第二节 考虑摩擦时的平衡问题	86
本章小结	88
习 题	89

第三篇 材料力学

第十章 拉伸与压缩	95
第一节 拉伸与压缩的概念和实例	95
第二节 用截面法求拉伸与压缩时的内力	95
第三节 横截面上的正应力	98
第四节 拉压变形和胡克定律	100
第五节 拉伸和压缩时材料的力学性能	102
第六节 许用应力和安全系数	105
第七节 拉伸或压缩的强度计算	106
本章小结	108
习 题	109
第十一章 剪切与挤压	112
第一节 剪切	112
第二节 挤压	114
第三节 剪切和挤压的强度计算	115
本章小结	118
习 题	118
第十二章 圆轴扭转	120
第一节 扭转的概念和实例	120
第二节 扭矩和扭矩图	121
第三节 圆轴扭转时横截面上的应力	123
第四节 圆轴扭转的强度计算	126
第五节 圆轴扭转时的变形	127
本章小结	128
习 题	129
第十三章 直梁弯曲	131
第一节 平面弯曲的概念和实例	131
第二节 梁弯曲时的内力	132
第三节 弯曲正应力	137
第四节 梁的弯曲强度计算	140
第五节 提高弯曲强度的主要措施	143
本章小结	147
习 题	148

绪 论

工程力学是一门与工程实际密切联系的技术基础课。在现代生产的各个部门中,没有哪一项工程技术能离开工程力学。例如,机床、内燃机、起重机等各种各样的机械在工作时,都是按照一定规律运动的,且都受到力的作用。如果我们不了解机器各零件的运动规律,不了解各零件的结构特点和受力情况,就不能很好地使用机器,使生产受到影响,甚至会造成事故。

如果零件的材料太差或尺寸太小,则机器在工作时,零件就会发生破坏,不能安全地正常工作;如果零件的材料太好或尺寸太大,就会造成浪费,同时使机器结构笨重。为了保证机器及其构件具有足够的承受载荷的能力,就要根据的构件受力情况,合理地设计或选用构件截面尺寸,使机器安全、可靠地工作。这就是工程力学课程要研究的主要问题。

工程力学将包含哪些内容呢?针对技校培养目标(技术工人),本书将工程力学分成三个部分:

1. 运动与力 主要讨论物体的简单运动规律、运动与力的联系。
2. 理论力学 重点学习静力学,即学习物体受力分析方法和物体平衡的一般规律。
3. 材料力学 主要讨论构件在简单受力情况下的强度与变形问题。

如何学好工程力学呢?力学与其它科学一样,是人们通过长期生产实践和无数次科学实验,经过综合、分析和归纳总结出来的。所以,学习工程力学必须注意理论密切联系实际。在生活和生产实践中,观察和实验是学习工程力学的基础。要注意将感性认识上升为理性认识,并将理论应用到实践中去检验和指导实践,这是学好工程力学的一个重要方法。要注意掌握工程力学课程中的基本概念、基础理论和基本运算方法。学习时还要注意掌握和应用合理的假定,准确的概括与抽象,严密的推理等科学方法。要注意各章之间的内在联系,应用数学、物理等基础知识及运算方法来分析、解决工程力学中提出的一些问题。每章学完以后要进行小结,要完成一定数量的练习题,巩固所学的基础知识和提高学用结合的技能,培养综合分析及解决问题的能力,这样才能取得较好的学习效果。

第一篇 运动与力

自然界是由各种各样的物质组成的，所有的物质都在不断地运动。运动是物质存在的形式，也是物质的固有属性。

运动的形式是多种多样的。如物质的位置移动、温度变化、带电、发光、辐射等，都是物质以不同形式在运动。其中物体位置的相对移动，如天体的运行、车辆的行驶、机器的运转、弹簧的振动等，都是我们常见的、基本的运动形式。

我们把物体之间或物体内部各部分之间，相对位置发生改变的过程，叫做机械运动，简称运动。

运动与力这一篇，就是研究物体作机械运动的规律。

第一章 直线运动

第一节 机械运动

一、参照物

在自然界中，所有的物体都在永恒不停地运动。例如，房屋、机床虽然看起来似乎不动，但是实际上，这些物体只是相对地面来说是不动的。因为地球在运动着，所以这些物体也随同地球一起运动。世界上绝对静止的物体是不存在的，因此，我们说物体的运动是绝对的，静止只是相对的。

通常我们说：这个物体在“运动”，那个物体“静止”，都是以地面为参考。这种判断物体运动而选作参考用的物体叫做参照物。

同一物体，如果我们在研究它的时候选用的参照物不同，得到的结果也就不同。例如：坐在行驶着的电车中的乘客，他对电车来说是静止的。但对地球或马路旁的房屋来说，他是在运动；正在运动着的车床刀架上的车刀，对车床床身来说是运动的，但对刀架来说是静止的。

由此可见，物体的运动情况，跟选择的参照物有关。

究竟选择哪一个物体作参照物，要看问题的性质和研究的方便而定。研究物体在地面上运动时，一般都用地面或静止在地面上的物体作参照物；研究地球和其他行星绕太阳运行时，都用太阳作参照物。

二、质点

物体的运动，表现为物体在空间位置的改变。如果在运动过程中，物体上所有各个点的运动状况都相同，那么只要知道其中任何一个点的运动状况，就可以知道整个物体的运动状况。这样，我们就可以用其中的任意一个点来代替这个物体，而不必去考虑这个物体原来的形状和大小。

另外，当研究的问题，只跟物体的质量有关，而跟物体的形状、大小无关；或者物体本身的大小对所研究的问题影响很小，也可以把它当作一个点来研究。例如，在研究地球环绕太阳公转的时候，起作用的是它们的质量，因地球直径（ 1.3×10^4 公里）比它离太阳的距离（ 1.5×10^8 公里）小到可以忽略不计，就可以把地球当作质点来看待。但是当研究地球自转时，我们就不能忽略它的形状和大小的了。

为了使研究的问题得到简化，在物理学中，把质量看作集中在一点，只考虑其位置而不考虑其形状和大小的物体，叫做质点。

三、路程 位移

描述质点在运动过程中，从空间的一个位置运动到另一个位置的轨迹长度，叫做质点在运动过程中通过的路程。

描述质点在运动过程中，从空间的一个位置，运动到另一个位置的变化，叫做质点在运动过程中的位移。

路程和位移，都用 s 表示，单位是米 (m) 和千米 (km)。

例如，在图 1-1 中，足球的轨迹可以是直线 $\overline{AB}$ ，弧线 $\overline{ACB}$ ，或反弹时的折线 $\overline{ADB}$ ，路程虽然各不相同，但三种不同情况下位移却都是 $\overline{AB}$ ，它的方向是从东到北，在示意图上是从 A 点指向 B 点，它的大小为 20 米，是从 A 点到 B 点的距离。

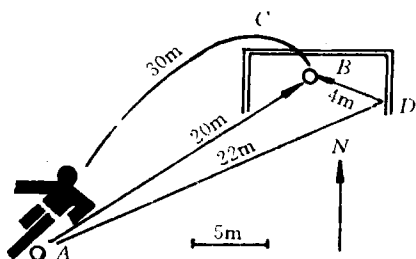


图 1-1 质点运动的路程和位移

四、标量 矢量

我们把描述物体状态的量，叫做物理量。

长度、质量、时间、温度、路程等物理量，没有方向，只要用数值和单位就能完整地描述。这种只有大小和单位，而没有方向的物理量，叫做标量。

但有些物理量，除了要有数量和单位，还要说明方向，才能完整地描述，象力、速度、位移。这种既要由大小和单位，又要由方向才能确定的物理量，叫做矢量。

矢量可以用一段带有箭头的有向线段来表示。箭头的方向表示矢量的方向；线段按一定标度画出，它的长短表示矢量的大小。图 1-1 中的有向线段 $\overline{AB}$ 就是足球的位移量。

第二节 匀速直线运动

一、匀速直线运动

物体在空间的位置发生变化时，有快慢的区别。如我们骑自行车，有时快有时慢。但是有些物体运动的快慢，在一段时间内是保持不变的。例如，车床拖板的自动进刀，在切削加工的过程中的快慢是不变的。

如果物体沿直线运动，在任意相等的时间间隔里位移都相等，这种方向和快慢都保持不变的运动，叫做匀速直线运动。

二、速度

质点在作匀速直线运动的时候，它的位移跟完成这段位移所需要时间的比值，是用来描述质点在直线上移动快慢的物理量，叫做匀速直线运动的速度，简称速度，通常用 v 表示。

$$v = \frac{s}{t} \quad (1-1)$$

匀速直线运动的速度是一个恒量。它的大小由上式确定，它的方向就是质点位移的方向。所以，速度也是矢量。

如果只描述质点运动的快慢，而不考虑运动的方向，可以用路程跟时间的比值来表示，叫做速率。速率是标量。

速度和速率的单位，都是米/秒 (m/s)。

三、匀速直线运动的位移公式

根据质点作匀速直线运动的公式，就可以得到在时间 t 内，质点的位移 s ，

$$s = vt \quad (1-2)$$

公式表明，在匀速直线运动中，质点的位移跟经过的时间成正比。这样，就可以确定质点在任意时刻的位置。

例 1-1 设一飞机以匀速飞行，在 10 小时内笔直飞过 3600 千米的路程，试求：(1) 飞机的速度是多少？(2) 在 20 分钟内它飞行了多少千米？(3) 若飞行了 72 千米的路程，需多少小时？

解：(1) 飞机的速度

$$\begin{aligned} v &= \frac{s}{t} = \frac{3600}{10} = 360 \text{ (km/h)} \\ &= \frac{360 \times 1000}{3600} = 100 \text{ (m/s)} \end{aligned}$$

(2) 在 20 分钟内飞机飞过的路程为

$$s_1 = vt_1 = 100 \times 20 \times 60 = 120 \text{ (km)}$$

(3) 飞行 72 千米的路程所需要的时间为

$$t_2 = \frac{s_2}{v} = \frac{72}{360} = 0.2 \text{ (h)}$$

第三节 变速直线运动

工程实际中大量存在着速度不断变化的运动。例如，汽车的上坡、下坡，起重机的起货、卸货，打夯锤的下落等等。我们把这种在相等的时间间隔之内，它的位移并不相等的运动称为变速直线运动。

一、平均速度

物体作变速运动时，由于速度在不断地变化，所以物体在相等的时间内所通过的路程不相等。例如，某人走路第一小时走了 4 公里，二小时走了 3 公里，第三小时走了 5 公里。为了确定该人行走的平均快慢程度，可以用平均速度来表示。

在变速运动中，物体通过的路程 s 跟所用时间 t 的比叫做物体在这段时间内（或这段路程中）运动的平均速度。平均速度用符号 $\bar{v}$ 表示，则

$$\bar{v} = \frac{s}{t} \quad (1-3)$$

上述某人 3 小时总共走了 12 公里，则 3 小时内的平均速度为

$$\bar{v} = \frac{12}{3} = 4 \text{ (km/h)}$$

平均速度只能应用于与平均速度相对应的那段时间和位移。实际上更常用的是平均速率。平均速率是指物体的路程和经历这段路程的时间之比。例如北京到上海的铁路路程是 1462 千米，火车驶完全程的时间是 19 小时零 4 分。应用公式求得火车的平均速率为

$$\bar{v} = \frac{s}{t} = \frac{1462}{19.07} = 76.7 \text{ (km/h)}$$

二、即时速度

用平均速度来描述物体的变速运动是粗略的,为了能够精确地描述物体的变速运动,有必要引入即时速度这个物理量。运动物体在某一给定时刻的速度,或运动物体在它的运动轨迹上某一给定位置的速度叫做即时速度。即时速度也是矢量,它的方向是物体在某一时刻或某一位置的运动方向。它的大小接近于在某给定时刻的前后一段极短的时间间隔内的平均速度,时间间隔取得越短,平均速度就越接近即时速度,所描述的即时速度就越精确。如果所取得的时间间隔短到趋近于零,那么在这无限短的时间间隔内所得到的平均速度,就是在该时刻的即时速度 v 。

图 1-2 是一种斜槽轨道装置,用来测定一个小球通过斜槽某一位置 A 时的即时速度。

小球从斜槽上端自由放下,速度越来越快,测出 AB 的长度,以及小球通过 AB 所用的时间,就可算出小球在这段时间内的平均速度 $\bar{v}$ 。把 B 移近 A,测出小球在更短时间内的平均速度。当 B 紧靠 A 时,小球通过 AB 所用的时间只有百分之几秒,小球在这样短的时间间隔内的平均速度,就非常接近于小球通过 A 点时的即时速度了。

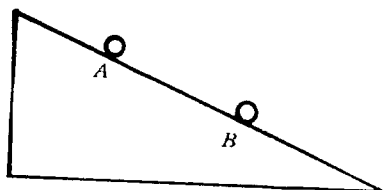


图 1-2 斜槽轨道装置

例如:汽车开始运动时的速度是 0,第 1 秒末的速度是 6 公里/小时等都是指即时速度。又如,飞机的起飞速度、子弹的出膛速度、汽车的过桥限速等?也都是指的即时速度。

第四节 匀变速直线运动

在变速直线运动中,如果运动的速度变化是均匀的,这种运动叫做匀变速直线运动。例如:火车从车站开出时,速度逐渐增快;火车进站时,速度逐渐减慢;打夯时重锤从高处落下速度逐渐增快。这种运动在任何相等的时间内,速度的增加或减少都相等,是一种最简单的变速直线运动。

例如,有一列火车从车站开出作直线行驶,在头半分钟内如果它的速度按下表所列的规律均匀变化:

时 刻	0 秒	1 秒末	2 秒末	3 秒末	4 秒末	5 秒末	6 秒末	
速 度	0	0.2 米/秒	0.4 米/秒	0.6 米/秒	0.8 米/秒	1.0 米/秒	1.2 米/秒	

那末,这列火车在任何相等的时间内速度的变化量都相等。

因此,物体作匀变速直线运动时在任何相等的时间内速度的变化量都相等。如果速度均匀增加的叫匀加速直线运动;速度均匀减少的叫匀减速直线运动。

一、匀变速直线运动的加速度

人们对作变速运动的物体进行长期的观察和研究,发现它们速度改变的快慢一般是

不同的。例如，炸药爆炸后，枪膛内子弹的速度很快从零上升到每秒几百米，时间只要千几之几秒；而自行车起动后几分钟，也不过是每秒几米。可见，速度的改变，子弹要比自行车快得多。为了比较物体速度变化的快慢，我们用加速度来表示。

物体作匀变速直线运动，速度的改变量跟所用时间的比值，叫加速度，用 a 表示。

如果在时间 t 内，速度从改变开始时的初速度 v_0 ，变到结束时的末速度 v_t ，则在这段时间里的加速度为

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} \quad (1-4)$$

时间的单位用秒 (s)，速度的单位用米/秒 (m/s)，那末加速度的单位就是米/秒² (m/s²)。

例如，由前面表格列出速度变化情况的火车，它在头 2 秒内的加速度为

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{0.4 - 0}{2} = 0.2 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

它在头 6 秒内的加速度为

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{1.2 - 0}{6} = 0.2 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

可以看出，作匀变速直线运动的物体，其加速度是一个恒量。

例 1-2 火车作匀变速直线运动，原来的速度是 27 千米/小时，经过 1 分 40 秒后速度增加到 36 千米/小时。求火车在这段时间内的加速度。

解：先换算单位：

$$v_0 = 27 \text{ (km/h)} = \frac{27000}{3600} = 7.5 \text{ (m/s)}$$

$$v_t = 36 \text{ (km/h)} = \frac{36000}{3600} = 10 \text{ (m/s)}$$

$$t = 1 \text{ 分 } 40 \text{ 秒} = 100 \text{ (s)}$$

代入公式 (1-4) 可以求得加速度 a ，即

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{10 - 7.5}{100} = 0.025 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

例 1-3 当汽车的速度是 12 (米/秒)，发动机停止发动，汽车作匀减速直线运动，经过 15 秒而停止，求汽车的加速度。

解： $v_0 = 12 \text{ m/s}$ ， $v_t = 0$ ， $t = 15 \text{ s}$

代入公式 (1-4)，便可求得加速度 a 为

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{0 - 12}{15} = -0.8 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

从上面例题中可以看出，物体作匀加速直线运动，它的加速度为正值；物体作匀减速直线运动，它的加速度为负值。加速度不仅有大小，也有方向，所以加速度是矢量。

物体运动的加速度越大，就是速度的变化越快。若物体运动的加速度为零，则物体运动的速度保持不变，则物体作匀速直线运动或保持静止状态。

物体在没有空气的空间里自由落下时，是作匀加速直线运动。物体落下时受到重力的作用，所产生的加速度叫做重力加速度。通常用符号 g 表示，它的方向总是竖直向下

的。

经实验证明,任何物体的重力加速度的数值,在同一地点是相同的,在不同地点是不同的。例如,在北京 $g=9.8012$ 米/秒², 在上海 $g=9.7943$ 米/秒²。通常在计算时, g 值采用 9.8 米/秒² 或取 10 米/秒²。

二、匀变速直线运动的速度公式

在匀变速直线运动中,加速度 a 是个恒量,公式 $a=\frac{v_t-v_0}{t}$ 可以改写为

$$v_t = v_0 + at \quad (1-5)$$

即末速度等于初速度 v_0 跟速度改变量 at 之和。

如果初速度为零,即 $v_0=0$, 上式就可以简化为

$$v_t = at \quad (1-6)$$

例 1-4 原来用 27 千米/小时的速度开行的电车,用 0.5 米/秒² 的加速度前进了 10 秒钟,求它达到了多大的速度。

已知: $v_0=27\text{km/h}=7.5$ (m/s)

$a=0.5$ (m/s²), $t=10$ (s)

求: 经过 10 秒钟,达到的速度 v_t

解: $v_t=v_0+at=7.5+0.5\times 10=12.5$ (m/s)

例 1-5 载重汽车在紧急制动时的加速度为 -8 米/秒², 如果必须在制动后 2 秒钟内停下来,它在制动时的最大允许速度是多少?

已知: $a=-8$ (m/s²), $v_t=0$, $t=2$ (s)

求: 制动时的最大允许速度 v_0 。

解: 由 $v_t=v_0+at$, 得到 $v_0=v_t-at$

所以 $v_0=-(-8)\times 2=16$ (m/s)

第五节 匀变速直线运动的公式

一、位移跟时间关系的公式

在匀变速运动中,因为速度的改变是均匀的,所以在这段时间里的平均速度 $\bar{v}$, 等于它在这段时间里的初速度 v_0 和末速度 v_t 的平均值, 即

$$\bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2}$$

因此,在这段时间里的位移是

$$s = \bar{v}t = \left(\frac{v_0 + v_t}{2}\right)t$$

如果把公式 $v_t=v_0+at$ 代入, 可得

$$s = v_0t + \frac{1}{2}at^2 \quad (1-7)$$

如果初速度为零,即 $v_0=0$, 上式就可以简化为

$$s = \frac{1}{2}at^2 \quad (1-8)$$