高等学校理工类学习辅导丛书

工程力学（运动学和动力学）学习指导及习题全解

配北京科技大学、东北大学编《工程力学》（运动学和动力学）（第4版）

殷汝珍　编

高等教育出版社

高等学校理工类学习辅导丛书

工程力学（运动学和动力学）学习指导及习题全解

配北京科技大学、东北大学编《工程力学》（运动学和动力学）（第4版）

殷汝珍　编

GONGCHENG LIXUE

XUEXI ZHIDAO JI XITI QUANJIE

高等教育出版社·北京

内容简介

本书是为北京科技大学、东北大学编《工程力学(运动学和动力学)》(第4版)配套编写的学习辅导书。

本书分为基本概念，基本理论及公式，例题，思考题解答，习题解答等。章节安排与主教材保持一致，运动学部分包括点的运动，刚体的基本运动，点的合成运动，以及刚体的平面运动；动力学部分包括质点的运动微分方程，刚体绕定轴的转动微分方程，动静法，动能定理，动量定理和动量矩定理，振动，以及虚位移法。旨在使读者通过对本书的学习，巩固主教材中的内容，帮助读者掌握基本的解题方法和技巧，以及提高分析问题的能力。

本书可作为高等学校材料、能源动力、地矿等相关专业学生学习工程力学课程的学习辅导书，也可供独立学院、高职高专、成人高校师生及有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学-运动学和动力学学习指导及习题全解/殷汝珍编.--北京:高等教育出版社,2016.4

ISBN 978-7-04-044633-3

Ⅰ.①工… Ⅱ.①殷… Ⅲ.①工程力学-高等学校-教学参考资料 Ⅳ.①TB12

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第006302号

策划编辑	黄　强	责任编辑	黄　强	封面设计	张　楠	版式设计	范晓红
插图绘制	杜晓丹	责任校对	刘　莉	责任印制	毛斯璐		

出版发行	高等教育出版社	网　址	http://www.hep.edu.cn
社　址	北京市西城区德外大街4号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.hepmall.com.cn
印　刷	北京新华印刷有限公司		http://www.hepmall.com
开　本	787mm×960mm　1/16		http://www.hepmall.cn
印　张	26.75		
字　数	480千字	版　次	2016年4月第1版
购书热线	010-58581118	印　次	2016年4月第1次印刷
咨询电话	400-810-0598	定　价	38.80元

物 料 号　44633-00

前　言

本套书分静力学,运动学和动力学,以及材料力学三个分册,是为北京科技大学、东北大学编《工程力学》(第4版)(以下称主教材)配套编写的学习辅导书。本套书的主教材侧重基础部分,内容精练,深广度适当,难易适度,适应多层次教学要求,被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本套书的编者北京科技大学纪炳炎教授,东北大学周康年教授、殷汝珍教授均参与了主教材前4版的编写工作。本套书编写过程中,结合了《高等学校理工科非力学专业教学基本要求》(2012),以及近年来的教改趋势,在强化对有关基本理论、概念的研讨与梳理的同时,加强典型例题的剖析和讨论,有针对性地引导学生对重要知识点深入探讨;突出重点,解决好难点和疑点,提高学生运用基本理论、基本概念和基本方法分析问题的能力。

本书是运动学和动力学部分的学习指导及习题详解,由东北大学殷汝珍教授执笔。本书分为基本概念,基本理论及公式,例题,思考题解答,习题解答等,章节安排与主教材保持一致,运动学部分包括点的运动,刚体的基本运动,点的合成运动,以及刚体的平面运动;动力学部分包括质点的运动微分方程,刚体绕定轴的转动微分方程,动静法,动能定理,动量定理和动量矩定理,振动,以及虚位移法。在编写过程中参考了近年来国内、外一些著名的工程力学教材,以及国内、外重点院校编写的习题集及试题,在此一并致谢。

本书可作为高等学校材料、能源动力、地矿等各相关专业学生学习工程力学课程的教材,也可供独立学院、高职高专、成人高校师生及有关工程技术人员参考。

由于编者水平有限,疏漏和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2015年12月

目　　录

运　动　学

动　力　学

运　动　学

第一章　点的运动

一、基本概念

运动学的任务是研究物体在空间的位置随时间变化的几何特性。例如,物体上各点的运动规律、轨迹、速度和加速度等,而不考虑运动和作用力的关系。运动学一方面为学习动力学打下基础,另一方面,工程中亦要求必要的运动分析,因而运动学又有它的独立应用的意义。

在不同的物体上观察同一物体的运动将得出不同的结果。因此,在描述某一物体的运动时,必须指明是相对于哪一个物体而说的,用力学的术语来说,就是相对于哪一个参考系而说的。这就是运动的相对性。在以后的叙述中,如果不加说明的话,一般都是相对地球而言,亦即参考系固结在地球表面上。

在描述物体运动时,常用到瞬时和时间间隔的概念。瞬时是指物体在运动过程中某一时刻,它对应于运动的瞬时状态。而时间间隔是指两个瞬时相隔的时间,它对应于运动的某一过程。

在研究物体运动时,如果物体的大小和形状,对研究的问题并不是主要因素,我们就可以把这个物体抽象化为一个质点,即只有质量而无大小的几何点。在运动学中,由于不涉及质量,所以把质点常称为点或动点。

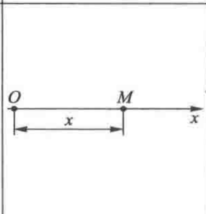
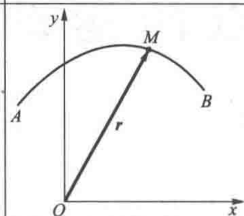
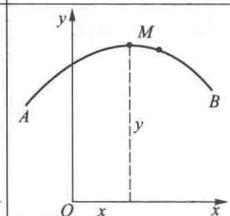
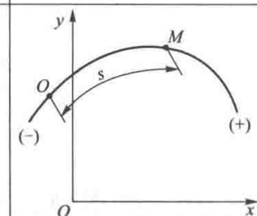
二、描述点运动的基本方法及公式

点的运动按轨迹的不同,可分为直线运动和曲线运动。

描述点的运动,通常采用三种方法:矢量法、自然坐标法和直角坐标法。矢量法适用于理论公式推导,具体计算则用自然坐标法及直角坐标法。按这两种方法确定点的运动方程、速度和加速度。当运动轨迹已知时,宜用自然坐标法,

当运动轨迹未知时采用直角坐标法。如果已知运动方程,求点的速度和加速度时,问题归结为求导数问题;相反,如果知道速度或加速度,要求运动规律时,则归结为积分问题。积分常数由运动的初始条件决定。

具体计算公式如下表。

	直线运动	曲线运动		
方法	直线坐标法	矢量法	直角坐标法	自然坐标法
用途		理论公式推导	一般情况	轨迹已知
参考系				
	以直线上任一点 O 为坐标轴原点	以参考体上任一点 O 为参考点	以直角坐标系的两个坐标轴为参考坐标轴	在轨迹上任选一点 O 为弧坐标原点
运动方程	$x=f(t)$	$\boldsymbol{r}=\boldsymbol{r}(t)$	$x=f_1(t)$ $y=f_2(t)$	$s=f(t)$
轨迹	坐标轴 x	矢径 $\boldsymbol{r}$ 的矢端曲线	从运动方程中消去时间 t,得到以 x、y 表示的轨迹方程	轨迹已知
速度	$v=\dfrac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}=\dot{x}$	$\boldsymbol{v}=\dfrac{\mathrm{d}\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t}=\dot{\boldsymbol{r}}$	$v_x=\dfrac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}=\dot{x}$ $v_y=\dfrac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}=\dot{y}$ $v=\sqrt{v_x^2+v_y^2}$ $\tan\theta=\left\lvert\dfrac{v_y}{v_x}\right\rvert$	$v=\dfrac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}t}=\dot{s}$
加速度	$a=\dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}=\dfrac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2}=\ddot{x}$	$\boldsymbol{a}=\dfrac{\mathrm{d}\boldsymbol{v}}{\mathrm{d}t}=\dfrac{\mathrm{d}^2\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t^2}=\ddot{\boldsymbol{r}}$	$a_x=\dfrac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t}=\dfrac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2}=\ddot{x}$ $a_y=\dfrac{\mathrm{d}v_y}{\mathrm{d}t}=\dfrac{\mathrm{d}^2y}{\mathrm{d}t^2}=\ddot{y}$ $a=\sqrt{a_x^2+a_y^2}$ $\tan\beta=\left\lvert\dfrac{a_y}{a_x}\right\rvert$	$a_t=\dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}=\dfrac{\mathrm{d}^2s}{\mathrm{d}t^2}=\ddot{s}$ $a_n=\dfrac{v^2}{\rho}$ $a=\sqrt{a_t^2+a_n^2}$ $\tan\varphi=\left\lvert\dfrac{a_t}{a_n}\right\rvert$
矢量法与直角坐标法的关系	$\boldsymbol{r}=\boldsymbol{r}(t)=x\boldsymbol{i}+y\boldsymbol{j}$ $\boldsymbol{v}=v_x\boldsymbol{i}+v_y\boldsymbol{j}$ $\boldsymbol{a}=a_x\boldsymbol{i}+a_y\boldsymbol{j}$			

为便于读者解题，现将直线运动与曲线运动中匀速与匀变速运动公式，归纳如下表。

运动状态		加速度			速度	运动方程
		a_t	a_n	a		
直线运动	匀速	0	0	0	$v=$常量	$x=x_0+vt$
	匀变速	$a_t=a$	0	$a=$常量	$v=v_0+at$	$x=x_0+v_0t+\frac{1}{2}at^2$ $v^2=v_0^2+2a_t(s-s_0)$
曲线运动	匀速	0	$a_n=\frac{v^2}{\rho}$	$a=a_n$	$v=$常量	$s=s_0+vt$
	匀变速	$a_t=$常量	$a_n=\frac{v^2}{\rho}$	$a=\sqrt{a_t^2+a_n^2}$	$v=v_0+a_tt$	$s=s_0+v_0t+\frac{1}{2}a_tt^2$ $v^2=v_0^2+2a_t(s-s_0)$

三、例题

例 1-1　如图 1-1 所示，汽车沿直线运动，速度与时间的关系为 $v=0.9t^2+0.6t$（v 单位为 m/s，t 单位为 s）。$t=0$ 时，$s=0$，当 $t=3$s 时，试求其位置和加速度。

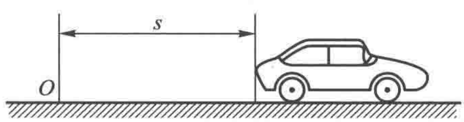


图 1-1

解：

（1）建立坐标系　取汽车出发点 O 为坐标原点，向右为正。

（2）位置　由于 $v=0.9t^2+0.6t$ 已知，所以汽车的位置可由 $v=\mathrm{d}s/\mathrm{d}t$ 求得，即

$$v=\frac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}t}=0.9t^2+0.6t$$

利用初始条件：$t=0$ 时，$s=0$，积分上式

$$\int_0^s \mathrm{d}s=\int_0^t (0.9t^2+0.6t)\,\mathrm{d}t$$

$$s=0.3t^3+0.3t^2$$

当 $t=3$s 时　　$$s=(0.3\times3^3+0.3\times3^2)\,\mathrm{m}=10.8\mathrm{m}$$

(3) 加速度 已知 $v=0.9t^2+0.6t$,加速度可由 $a=\frac{dv}{dt}$求得

$$a=\frac{dv}{dt}=\frac{d}{dt}(0.9t^2+0.6t)=1.8t+0.6$$

当 $t=3s$ 时

$$a=(1.8\times3+0.6)m/s^2=6m/s^2$$

(4) 分析讨论 当已知汽车的速度方程时,求加速度,问题归结为求导数问题;如果求汽车的运动方程时,则归结为积分问题,积分的上下限由初始条件决定。

(5) 思考。

① 为什么不能使用匀加速度公式解本题?

② 如果该汽车沿曲线道路行驶,上述求得的结果有无变化?

例 1-2 如图 1-2 所示,汽车从 A 点出发,以匀加速度 $a=0.5\ m/s^2$ 沿高速公路行驶,途中经过一长 $l=300\ m$ 的桥,用了 10 s 时间。试求 A 点到桥头 B 点的路程。

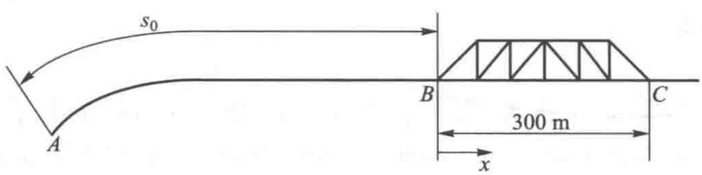


图 1-2

解:

以桥头 B 点为坐标原点,x 轴向右为正向。设出发地 A 点到桥头点 B 的路程为 s_0,汽车经过桥头 B 点时的速度为 v_B,此时开始计时,因为汽车是匀加速度行驶,则有

$$x=v_Bt+\frac{1}{2}at^2$$

当 $t=10\ s$ 时,$x=300\ m$(桥长)代入式中,得

$$300\ m=v_B\times10\ s+\frac{1}{2}\times0.5\times10^2\ m$$

解得

$$v_B=27.5\ m/s$$

现在考虑 AB 段,汽车初速度 $v_A=0$,v_B 已知,则由公式:$v_B^2=v_A^2+2as_0$,得

$$s_0=(v_B^2-v_A^2)/(2a)=(27.5^2-0)/(2\times0.5)m=756.3\ m$$

例 1-3　一动点在 Oxy 平面内运动，其运动方程为 $x=4t, y=6-2t^2$（x、y 单位为 m，t 单位为 s）。试求：

（1）动点的轨迹方程。

（2）$t=2\text{s}$ 时，动点的位置矢量、速度矢量、加速度矢量。

（3）在什么瞬时，动点的位置矢量和速度矢量相互垂直？

（4）在什么瞬时，动点离原点最近？其距离是多少？

解：

（1）动点的轨迹方程　由运动方程 $x=4t$ 和 $y=6-2t^2$ 消去 t 后，得轨迹方程为一抛物线：

$$y=6-2t^2=6-2\left(\frac{x}{4}\right)^2=6-\frac{x^2}{8}$$

即

$$y=6-\frac{x^2}{8}$$

（2）位置矢量为

$$\boldsymbol{r}=4t\boldsymbol{i}+(6-2t^2)\boldsymbol{j} \tag{a}$$

当 $t=2\text{s}$ 时的位置矢量为

$$\boldsymbol{r}(2)=8\boldsymbol{i}-2\boldsymbol{j}$$

速度矢量为

$$\boldsymbol{v}=\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t}=4\boldsymbol{i}-4t\boldsymbol{j} \tag{b}$$

当 $t=2\text{s}$ 时的速度矢量为

$$\boldsymbol{v}(2)=4\boldsymbol{i}-8\boldsymbol{j}$$

加速度矢量为

$$\boldsymbol{a}=\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{v}}{\mathrm{d}t}=-4\boldsymbol{j} \tag{c}$$

当 $t=2\text{s}$ 时，加速度仍为 $-4\boldsymbol{j}$，即加速度为常矢量，大小为 4 m/s^2，方向沿 y 轴负向。

（3）动点的位置矢量与速度矢量相互垂直的条件是 $\boldsymbol{r}\cdot\boldsymbol{v}=0$。由此得

$$[4t\boldsymbol{i}+(6-2t^2)\boldsymbol{j}]\cdot(4\boldsymbol{i}-4t\boldsymbol{j})=0$$

即

$$8t^3-8t=0$$

上式解得

$$t_1=0, t_2=1\ \text{s}, t_3=-1\ \text{s}（舍去）$$

所以 $t=0$ 和 $t=1$ s 时,位置矢量与速度矢量相互垂直。

(4) 动点到坐标原点的距离 r 为

$$r=\sqrt{x^2+y^2}=\sqrt{16t^2+(6-2t^2)^2}=2\times\sqrt{t^4-2t^2+9} \qquad \text{(d)}$$

由 $\dfrac{\mathrm{d}r}{\mathrm{d}t}=0$ 得

$$t^3-t=0$$

解得其根为

$$t_1=0, t_2=1\ \mathrm{s}, t_3=-1\ \mathrm{s}(\text{舍去})$$

将其分别代入式(d),当 $t=0$ 时,$r_1=6$ m;当 $t=1$ s 时,$r_2=5.66$ m。所以,在 $t=1$ s 时,动点距坐标原点最近,距离为 5.66 m。

例 1-4 如图 1-3a 所示,一垂直槽杆以匀速 $\boldsymbol{v}_0$(单位为 m/s)向右运动,迫使销钉 P 沿抛物线槽 $x=y^2/3$(x、y 单位为 m)滑动。试计算当 $y=2$ m 时,销钉所在位置抛物线槽的曲率半径、销钉的速度及切向和法向加速度。

解:

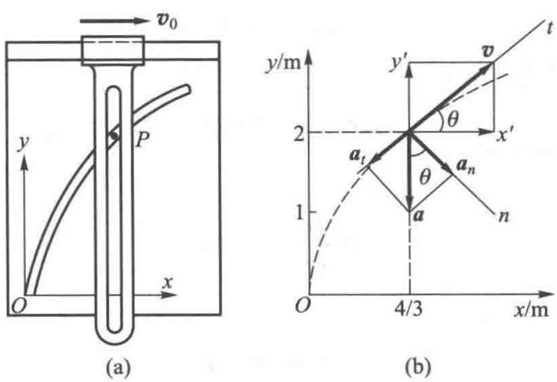


图 1-3

(1) 分析运动 垂直槽杆匀速向右运动,带动销钉 P 沿抛物线槽运动。

(2) 建立坐标系 设 $t=0$ 时,销钉 P 在抛物线的顶点 O,以此点 O 为原点,建立坐标系 Oxy。如图 b 所示。

(3) 求运动方程 因为垂直槽杆以匀速 v_0 沿 x 方向做匀速运动,并带动销钉 P 沿抛物线槽运动,而其 x 方向的运动与垂直槽杆的运动相同,故有

$$x=v_0 t \qquad \text{(a)}$$

将式(a)代入抛物线方程 $x=y^2/3$ 中,则得

$$y^2=3v_0 t \qquad \text{(b)}$$

则式(a)与(b)就是销钉 P 的直角坐标运动方程。

(4) 求销钉 P 的速度　将式(a)与(b)对时间 t 求导数,则得销钉 P 的速度方程:

$$v_x = v_0 \tag{c}$$

$$2y\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t} = 3v_0$$

$$v_y = \frac{3v_0}{2y} \tag{d}$$

则销钉 P 的全速度 $\boldsymbol{v}$ 的表达式为

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + \left(\frac{3v_0}{2y}\right)^2} \tag{e}$$

当 $y = 2\mathrm{m}$ 时

$$v = \sqrt{v_0^2 + \left(\frac{3v_0}{2\times 2}\right)^2} = \frac{5}{4}v_0$$

其方向沿抛物线在点 P 的切线方向。

(5) 求销钉 P 的加速度　将式(c)与(d)分别对时间 t 求导数,得

$$a_x = \frac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t} = 0 \tag{f}$$

$$a_y = \frac{\mathrm{d}v_y}{\mathrm{d}t} = -\frac{9v_0^2}{4y^3} \tag{g}$$

将 $y = 2\mathrm{m}$ 代入上式中,则得

$$a_y = -\frac{9v_0^2}{4\times 2^3} = -\frac{9v_0^2}{32}$$

因为 $a_x = 0$,所以销钉 P 在 $y = 2\mathrm{m}$ 时的全加速度的大小为

$$a = a_y = -\frac{9v_0^2}{32}$$

其方向与 y 轴正向相反,如图 b 所示。

(6) 求销钉 P 的切向加速度　由公式 $a_t = \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}$ 可求。将式(e)对时间 t 求导数得

$$a_t=\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}=\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\sqrt{v_0^2+\left(\frac{3v_0}{2y}\right)^2}$$

$$=-\frac{1}{2}\times\frac{1}{\sqrt{v_0^2+\left(\frac{3v_0}{2y}\right)^2}}\times\frac{27v_0^3}{4y^4}$$

当 $y=2\mathrm{m}$ 时,则得

$$a_t=-\frac{1}{2}\times\frac{1}{\sqrt{v_0^2+\left(\frac{3v_0}{2\times2}\right)^2}}\times\frac{27v_0^3}{4\times2^4}=\frac{-27}{160}v_0^2=-0.169v_0^2$$

$\boldsymbol{a}_t$ 为负值,说明切向加速度的方向与速度 $\boldsymbol{v}$ 的方向相反,如图 b 所示。

(7) 求销钉 P 的法向加速度　由公式 $a=\sqrt{a_t^2+a_n^2}$ 得

$$a_n=\sqrt{a^2-a_t^2}=\sqrt{\left(\frac{9v_0^2}{32}\right)^2-\left(\frac{27v_0^2}{160}\right)^2}$$

$$=\frac{9}{40}v_0^2=0.225v_0^2$$

(8) 求曲线在 $y=2\mathrm{m}$ 处的曲率半径。

$$\rho=\frac{v^2}{a_n}=\frac{(5v_0/4)^2}{9v_0^2/40}\mathrm{m}=6.94\mathrm{m}$$

(9) 分析讨论　现在用另一种方法求 $\boldsymbol{a}_t$ 与 $\boldsymbol{a}_n$。因为加速度 $\boldsymbol{a}$ 与法线 n 的夹角和速度 $\boldsymbol{v}$ 与 x 轴的夹角相等,如图 b 所示,则有

$$\tan\theta=\frac{v_y}{v_x}=\frac{3v_0/4}{v_0}=\frac{3}{4}$$

所以

$$\sin\theta=\frac{3}{5},\cos\theta=\frac{4}{5}$$

则销钉 P 的切向、法向加速度的大小计算如下:

$$a_t=a\sin\theta=\frac{9}{32}v_0^2\times\frac{3}{5}=0.169v_0^2$$

$$a_n=a\cos\theta=\frac{9}{32}v_0^2\times\frac{4}{5}=0.225v_0^2$$

四、思考题解答

1-1 描述动点的运动有几种方法？试比较各种方法的特点。

解：

描述点的运动，通常采用三种方法：矢量法，自然坐标法和直角坐标法。矢量法定义了速度、加速度，适用于理论公式推导，具体计算则用自然坐标法和直角坐标法。当运动轨迹已知时，宜用自然坐标法，当运动轨迹未知时，采用直角坐标法。如果已知运动方程，求点的速度和加速度，问题归结为求导数问题；相反，如果已知速度或加速度，要求点的运动规律，则归结为积分问题，积分常数由运动的初始条件决定。

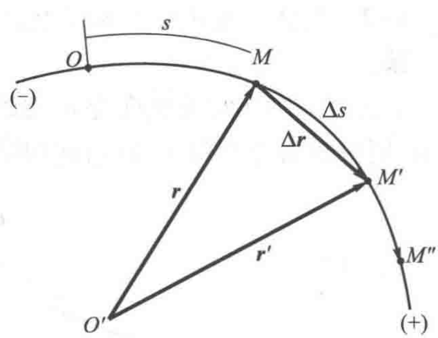
1-2 点做曲线运动时点的位移、路程和弧坐标是否相同？各有什么意义？

解：

质点的位移定义为点的位置变化。例如，若点从初始位置 M 点沿曲线到 M'' 点，然后又沿曲线负向回到 M' 点，在这一运动过程中矢量 $\overrightarrow{MM'}$ 表示位移。在矢量法中，点的位置由矢径表示。当点分别在 M、M' 点时，其矢径分别为 $\boldsymbol{r}$ 与 $\boldsymbol{r}'$，则点的位移 $\overrightarrow{MM'}=\Delta\boldsymbol{r}=\boldsymbol{r}'-\boldsymbol{r}$，如思 1-2 图所示。

在自然坐标法中，点 M 的位置由弧坐标表示。弧坐标 s 是一个代数量，当点在曲线正向取正值，反之取负值。

点的位移是矢量，而路程是恒正的标量，位移与路程是两个不同的概念，应区别开。在思 1-2 图中，点从 M 点运动到 M'' 点，经过的路程为 $\widehat{MM''}=s_1$，然后又从 M'' 点返回到终点 M'，走过的路程为 $\widehat{M''M'}=s_2$，则点走过的总路程 $s=s_1+s_2$。



思 1-2 图

1-3 点的运动方程和轨迹方程有何区别？由点的运动方程可求轨迹方程吗？反之，由轨迹方程能求得运动方程吗？

解：

点的运动方程可以确定点的轨迹，可以确定任何瞬时点的位置、速度、加速度。而点的轨迹方程只能确定点的轨迹。一般情况下，由点的运动方程可以求得点的轨迹，但由点的轨迹方程不能求得点的运动方程。

1-4 点做曲线运动时，由矢量法表示的运动方程、由直角坐标法表示的运

动方程以及由弧坐标法表示的运动方程都可求得哪些与运动有关的物理量？

解：

点做曲线运动时，由矢量法表示的运动方程 $\boldsymbol{r}(t)$ 的函数形式已知，则可求得轨迹、速度、加速度。由直角坐标表示的运动方程可求轨迹、速度、加速度。由弧坐标表示的运动方程可以求速度、切向和法向加速度的大小和方向。

1-5 试问平均速度与瞬时速度有什么不同？在什么情况下相同？

解：

平均速度只能说明在某一段时间内点运动快慢的平均情况。在工程实际中，有时需要确切地知道物体在某一瞬时的运动速度。例如，炮弹的出口速度为瞬时速度。当点做匀速直线运动时，瞬时速度与平均速度相同。

1-6 点做直线运动，在某瞬时的速度 $v=1$ m/s，试问这时的点的加速度是否为 $a=\dfrac{dv}{dt}=0$？

解：

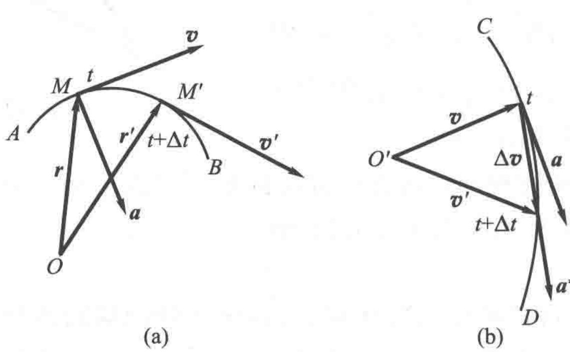
$v=1$ m/s 是指某瞬时的特定值，它并不表明速度 $\boldsymbol{v}$ 与时间 t 之间的关系。所以，用 $a=\dfrac{dv}{dt}=0$ 是错误的。

1-7 为什么说速度矢端线上的点的切线都对应某瞬时动点加速度方向？

解：

若点在瞬时 t 时的速度为 $\boldsymbol{v}$，在瞬时 $t+\Delta t$ 时的速度 $\boldsymbol{v}'=\boldsymbol{v}+\Delta\boldsymbol{v}$，如思 1-7 图 a 所示，则可求得点在每个 Δt 时间间隔内的平均加速度

$$\boldsymbol{a}^{*}=\frac{\Delta\boldsymbol{v}}{\Delta t} \tag{a}$$



(a) (b)

思 1-7 图

式中 $\Delta\boldsymbol{v}=\boldsymbol{v}'-\boldsymbol{v}$。为了研究这一时间变化率，把思 1-1 图 a 中的两个速度矢量平