# 23．线速度与角速度各是描述什么的物理量？

线速度就是速度，它是描述质点运动快慢和方向的物理量，而角速度是描述转动物体转动快慢和方向的物理量。质点的圆周运动也可以说是在绕圆心转动，因此也可以用角速度描述，但不可以说角速度也是描述运动快慢的物理量。

有一种说法：匀速圆周运动的快慢可以用角速度来描述。这是不够准确的。那么，线速度与角速度二者之间到底是怎样的关系呢？

## 一、闹钟与手表的快慢之争

有的教师曾经在课堂上讲了一个拟人化的故事，以激发学生的兴趣并由此引入角速度概念。

闹钟说：“我的秒针针尖的线速度是 3×10−3 m/s，你的秒针针尖的线速度是 8×10−4 m/s，我比你快得多。”

手表说：“你的秒针针尖 60 s 转一圈，我也是 60 s 转一圈，我并不比你慢呀。”

学生对此会有各种各样的看法，并由此而引发争论，这种争论无疑是有益的，问题是教师将怎样了结这段“公案”！

如果认为线速度和角速度都是描述匀速圆周运动快慢的物理量，便说二者的观点都有道理，只是由于看问题的角度不同才造成了差异。这种“各打五十大板”的含糊说法会造成学生对概念的混淆。

正确的回答应该是：闹钟比的是二者针尖处的质点做匀速圆周运动的快慢，是根据线速度的大小来比较的，是正确的；手表比的是指针整体做匀速圆周运动的快慢，它们作为刚体，是用角速度或者周期来比较的，也是正确的。这样的回答明确了质点的圆周运动与刚体的转动间的不同，对于学生准确理解物理概念是有帮助的。

## 二、描述质点做圆周运动的线量和角量

当我们把研究对象选为做圆周运动的质点时，描述它运动的物理量仍是位矢（位置矢量）、位移、速度、加速度等，这些物理量的定义、公式、单位等学生都已学过，且仍然适用。在定量讨论这些物理量时，通常需要建立直角坐标系。但对于做圆周运动的质点，选用另一种坐标系可能更为方便，那就是极坐标系。

如图 1 所示，以圆心处为极点 *O*，向右为极轴 *Ox*，质点 P 的位置用极坐标表示就是（*ρ*，*θ*），其中 *ρ* 为极径，*θ* 为极角。由于质点 P 做圆周运动，极径 *ρ* 保持不变，因此它的位置就完全由极角 *θ* 确定，这正是选用极坐标的方便之处。

图 1 P 点位置的极坐标表示

*x*

*O*

P

*ρ*

*θ*

类比位置、位移、速度和加速度的定义，把 *θ* 称为角位置，定义 Δ*θ* = *θ*2 – *θ*1 为角位移，*ω* = 为角速度，*β* = 为角加速度。原来描述质点运动的位置、位移、速度、加速度等物理量，称为线量；而角位置、角位移、角速度、角加速度等物理量，称为角量。下列表格列出了它们的定义及相互关系。

描述质点做圆周运动的物理量：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 线量 | 相互关系 | 角量 |
| 位矢 ***r*** | ***r*** 的大小为 *ρ*，方向与 *x* 轴成 *θ* 角 | 角位置 *θ* |
| 位移 Δ***r*** = ***r***2 – ***r***1 | 微小位移 d***r*** = d***θ***×***ρ***  *ρ*·*θ* = 沿圆弧的路程 | 角位移 Δ*θ* = *θ*2 – *θ*1 |
| 速度 ***v*** = | *v* = *ρω* | 角速度 *ω* = |
| 加速度 ***a*** = | 切向加速度 *a*τ = *ρβ*  法向加速度 *a*n = *ωv* = *ω*2*ρ* = *v*2/*ρ* | 角加速度 *β* = |

描述质点做圆周运动的角量与描述刚体转动的物理量相同，这当然不是巧合，而是因为质点做圆周运动，也可以看作绕圆心的转动。想象有一根质量可以忽略的刚性杆连接着圆心和绕圆心转动的质点，那么完全可以把这个组合装置看作一个刚体。

## 三、关于角量的进一步认识

中学阶段讲的角速度，以及其他很多角量也都是矢量，但我们教学中没有提它是矢量这个问题，因此上面表格中的角量也没有用矢量符号。在线量中，位置是矢量，简称位矢，同一行角量中的角位置 *θ* 也是矢量（轴矢量），也可以写作 ***θ***，它的方向由右手螺旋定则判定，即平伸出右手，拇指与四指垂直，使四指指向极轴 *Ox* 方向，再使四指弯曲指向质点 P 所在位置，则拇指所指的方向就是角位置矢量 ***θ*** 的方向。图 1 所示的质点 P 的角位置矢量 *θ* 的方向是垂直于纸面向外。

角位移 Δ*θ* 由于不遵守加法交换率，因此不是矢量，但微小角位移 d*θ* 是矢量。图 1 中的质点 P 如果沿逆时针方向转动，则 d***θ*** 的方向是垂直于纸面向外；如果沿顺时针方向转动，则 d***θ*** 的方向垂直于纸面向里。角速度 ***ω*** 的方向与 d***θ*** 的方向相同。

角加速度也是矢量，它的方向与 ***ω*** 的方向相同。如果角速度增加，则 ***β*** 的方向与 ***ω*** 的方向相同；如果角速度减小，则 ***β*** 的方向与 ***ω*** 的方向相反。

做圆周运动的质点，其速度方向时刻在变，因此圆周运动一定是变速运动。匀速圆周运动与变速圆周运动中的“速”字，指的是速率而不是速度。速度大小保持不变的圆周运动称为匀速圆周运动，速度大小随时间变化的圆周运动称为变速圆周运动。

要注意的是，角速度描述的是质心绕圆心转动的快慢．不能说它也是描述质点运动快慢的物理量！描述质点运动快慢及方向的物理量只有线速度，线速度的“线”字可以省略，只称速度即可，但角速度中的“角”字却不可以省略。

由于线速度 *v* = *ρω*，当半径 *ρ* 一定时，*ω* 越大 *v* 也越大，也就是说，在比较半径相同的圆轨道上运动的质点的快慢时，才可以说 *ω* 的大小表示运动的快慢。一般来说，两个都做匀速圆周运动的质点，由于半径 *ρ* 不相等，*ω* 的大小只能表示质点绕圆心转动的快慢，而不能表示质点运动的快慢。

还有一个问题需要说明：质点做圆周运动时，如果在某段时间 Δ*t* 里通过的弧长为 Δ*l*，那么 是什么？对于一般的圆周运动来说，它表示的是 Δ*t* 时间段里的平均速率，可以粗略地表示这段时间里的运动快慢。如果是匀速圆周运动，由于其速率是不变的，因此 可以说是速度的大小，即线速度的大小。

最后让我们回到闹钟与手表之争的问题上来，包括闹钟与手表在内的用指针计时的仪器，利用的是刚体的匀速转动，确定时间时看的是指针所处的角位置，而与指针尖端质点的线速度大小无关，从这个意义上说，手表的说法更为切题，这场争论应该判手表获胜。