# 第五讲 人造地球卫星（侧重应用专题）

## 本讲学习提要

1．巩固和深化圆周运动的知识。

2．掌握地球卫星发射和运行的基本原理。

3．能进行有关卫星运行的简单计算。

本讲在学习了圆周运动的基本知识，万有引力以及第一宇宙速度基础上，进一步学习物体完全脱离地球或太阳引力所需要达到的第二宇宙速度、第三宇宙速度以及卫星的广泛应用。感受人类探索宇宙的漫长过程，了解我国航天事业发展的巨大成就，激发爱国主义的精神。

## 一、学习要求

通过本讲学习进一步巩固和深化有关圆周运动的知识，掌握人造地球卫星的发射和运行的基本原理，能完成求解相关未知量的简单计算。通过上网查询和交流感受数字时代收集和处理信息的基本方法。通过了解我国在卫星发射方面的巨大成就激发爱国主义的精神。

## 二、要点辨析

### 1．地球自转速度对地面上物体的影响

在完成课本第52页“自主活动1”时，可以重点考虑地面上物体的情况。地球自转速度的变化，将使物体随地球自转所需要的向心力发生变化，而万有引力保持不变，结果将发生重力大小的微小变化。

### 2．卫星的发射速度和运行速度

课本第52页“自主活动2”要求回答一个问题：示例1中算出的我国第一颗人造地球卫星的平均速度为v＝7.15×103m/s，为什么会小于第一宇宙速度7.9×103m/s？课本第51页指出第一宇宙速度是“物体环绕地球而不落回地面所要达到的最低速度”，示例结果与这句话是否有矛盾？要回答这个问题只要理解卫星的发射速度与运行速度是不同的，并抓住公式*v*＝，公式表示在只有万有引力作向心力，而且没有其他动力的情况下，卫星运行速度*v*与卫星离地球中心的距离*R*之间的关系。由式可见，当*R*增大时，卫星运行速度*v*减小。第一宇宙速度是卫星贴近地面飞行时的速度，也就是在地面发射时所需的最低速度。当卫星升空稳定运行后，随着*R*的增大，*v*将减小，这时卫星的速度应该小于第一宇宙速度。

## 3．同步卫星的高度

课本第53页示例2中算出了同步卫星的轨道高度，可知一切同步卫星都有相同的轨道高度，相同的线速度大小，相同的角速度大小和相同的周期。但是我们不仅要记住这个结论，还要思考产生这个结论的物理原因。对同步卫星的基本要求就是角速度和地球相同，如果仅仅从运动学的规律考虑，只要具有相应的线速度，在任何高度的卫星都可以保持和地球相同的角速度。但是提供卫星向心力的仅仅是万有引力，既要使卫星具有确定的角速度，又要保证万有引力恰好等于卫星所需要的向心力，卫星的高度就是唯一的了。我们也可以用另一种方法计算同步卫星的高度。公式*v*＝不仅可计算第一宇宙速度，还反映了卫星运行线速度与卫星和地心距离的关系，只须把式中的*R*改写为*R*+*H*，*H*表示卫星离地面的高度，*R*为地球半径，再运用卫星的线速度与角速度的关系*v*＝*ω*（*H*+*R*），把这两式联立求解，变量*v*和*H*都是唯一的，结果与示例2完全相同，

### 4．发射速度与卫星轨迹的关系

课本第52页图5-3比较重要，它表示在和距离平方成反比的地球引力作用下，物体具有不同初速度时，所运行的轨迹不同。这些轨迹都是二次曲线，可以用数学方法精确推导，只是推导方法比较复杂，我们只要知道结论就可以了。

## 三、例题分析

【示例1】试证明太空中任何天体表面附近卫星的运行周期*T*与该天体密度*ρ*的平方根成反比。

【分析与解答】卫星在天体表面附近运行时仅受万有引力*F*作用，卫星做圆周运动，运动半径等于天体的球半径，设该天体质量为*M*，卫星质量为*m*，根据万有引力定律和向心力公式

*G*＝*mR*

得 *T*＝；

又因为，天体质量*M*＝π*R*3*ρ*，*ρ*为天体密度，

可得 *T*＝＝

证得卫星的运行周期*T*与天体密度*ρ*的平方根成反比。

【示例2】有一颗人造地球卫星，在地球表面绕地球运动的速度为*v*1，另一卫星在离地面高为3*R*（*R*为地球半径）的地方绕地球运动，速度为*v*2，问*v*2应是*v*1的几倍？

【分析与解答】因为人造地球卫星运行的向心力是由万有引力提供的，且在地球表面运行的半径为*R*，在离地面高为3*R*的地方运行的半径为4*R*，则有

*G*＝*m*1，*G*＝*m*2

解以上两式得＝＝，即*v*2是*v*1的0.5倍，

由式*v*＝，也可直接得出，＝＝。

由本例可知，卫星的轨道越高，在轨道上运行的速度就越小，但我们不能认为，卫星轨道越高，就越容易发射，因为火箭将卫星送到的轨道越高，卫星离开地面的速度必须越大，火箭在地面上发射时所需提供的能量也就越多。

## 四、基本训练

1. 一颗人造卫星沿某行星表面附近的圆轨道运行，已测出该卫星环绕行星一周所用时间为*T*，那么这颗行星的密度是多少？
2. 某行星半径为*R*，表面的重力加速度为*g*，如果该行星自转速度很快，以至于使其赤道上的物体能“克服”行星引力而飘浮起来，这时行星自转的周期是多少？
3. 设行星A和行星B是两个均匀球体。A与B的质量之比*m*A：*m*B＝2∶1，A与B的半径之比*R*A∶*R*B＝1∶2，A的卫星a沿圆轨道运动的周期为*T*a，B的卫星b沿圆轨道运动的周期为*T*b，两卫星的圆轨道都非常接近各自的行星表面，则它们运动的周期之比为（ ）

（A）*T*a∶*T*b＝l∶4 （B）*T*a∶*T*b＝l∶2

（C）*T*a∶*T*b＝2∶1 （D）*T*a∶*T*b＝4∶1

1. 同步卫星是指相对于地面不动的人造地球卫星，则（ ）

（A）它可以在地面上任一点的正上方，离地心的距离可按需要选择不同值

（B）它可以在地面上任一点的正上方，但离地心的距离是一定的

（C）它只能在赤道的正上方，但离地心的距离可按需要选择不同值

（D）它只能在赤道的正上方，且离地心的距离是一定的

1. A、B两个同样的人造地球卫星，用不同的火箭发射，它们都成功地环绕地球做圆周运动。A的轨道半径是B的2倍，则（ ）

（A）根据公式*v*＝*rω*可知，A卫星运动的线速度是B卫星运动的线速度的2倍

（B）根据公式*F*＝*m*可知，A卫星所需的向心力是B卫星的

（C）根据公式*F*＝*G*可知，地球对A卫星的万有引力是对B卫星的

（D）根据公式*T*＝可知，A卫星运动的周期是B卫星的

1. 用*m*表示地球通信卫星（同步卫星）的质量，*H*表示它离地面的高度，*R*表示地球的半径，*g*表示地球表面处的重力加速度，*ω*表示地球自转的角速度，则通信卫星所受地球对它的万有引力的大小等于（ ）

（A）0 （B）*m*

（C）*m* （D）以上结果都不正确

1. 关于质量是1.24 t的“亚洲一号”地球同步通信卫星，下述说法中正确的是（ ）

（A）若它的质量增为2.48 t，其同步轨道半径将变为原来的2倍

（B）它的运行速度应是7.9 km/s

（C）它可以绕过北京的正上方，所以我国能利用它进行电视转播

（D）它距地面的高度约为地球半径的5倍，所以它的向心加速度约为其下方地面上物体的重力加速度的

1. 甲、乙两颗人造地球卫星绕地球做匀速圆周运动，它们的质量之比*m*1∶*m*2＝2∶3，运行轨道的半径之比*r*1：*r*2＝4∶9，则它们的向心力之比*F*1∶*F*2＝\_\_\_\_\_\_\_\_，运动的线速度之比*v*1∶*v*2＝\_\_\_\_\_\_\_，周期之比*T*1∶*T*2＝\_\_\_\_\_\_\_。
2. 人造地球卫星由于大气阻力的作用，轨道半径逐渐变小，它的线速度将怎样变化？为什么？周期将怎样变化？为什么？
3. 两颗靠得较近的天体组成的系统称为双星，它们以两者连线上某点为圆心做匀速圆周运动，因而不至于由于引力作用吸引在一起，以下说法中正确的是（ ）

（A）它们做圆周运动的角速度之比与其质量成反比

（B）它们做圆周运动的线速度之比与其质量成反比

（C）它们所受向心力之比与其质量成反比

（D）它们做圆周运动的半径与其质量成反比

1. 一位同学根据向心力公式*F*＝*m*，如果人造卫星的质量不变，当轨道半径增大到2倍时，人造卫星需要的向心力减小为原来的，另一位同学根据卫星的向心力是地球对它的引力，由公式*F*＝*G*推断，当轨道半径增大到2倍时，人造卫星需要的向心力减小为原来的。哪位同学的说法对？说错了的同学错在哪里？说明理由。
2. 地球的质量为*M*，一个人造地球卫星的轨道半径为*R*，运行周期为*T*，试用两种办法求出卫星运动的加速度。
3. 海王星的质量是地球的17倍，它的半径是地球的4倍，绕海王星表面做圆周运动的宇宙飞船，其运行速度有多大？
4. 已知在轨道上运转的某一人造地球卫星，周期为5.6×103 s，轨道半径为6.8×103 km，试据此估算地球的质量。
5. 金星的半径是地球的0.95倍，质量为地球的0.82倍，金星表面的自由落体加速度是多大？金星的第一宇宙速度是多大？
6. 2003年10月15日9时，我国“神舟五号’’载人飞船在酒泉卫星发射中心成功升空，飞船变轨后飞行的轨道可近似看作圆轨道，请从以下报道中选择数据计算飞船变轨后在圆轨道上飞行时离地面的高度。

“神舟五号”飞船直接耗资不到10亿元人民币；“神舟五号”飞船总长9.2 m，总质量7790 kg；“神舟五号”飞船的返回舱直径2.5 m，约6 m3，是目前世界上可利用空间最大的载人飞船；地球半径约为6400 km。“神舟五号”飞船装有52台发动机，能精确调整飞船飞行姿态和运行轨道；用于“神舟五号”飞船发射的“长征二号F”型火箭，首次采用了55项新技术；飞船在太空中大约每90 min绕地球一圈，其间要经受180℃的温差考验；分布在国内外的9个陆地测控站、三大洋上的4艘测量船跟踪测控“神舟五号”飞船；航天员杨利伟在太空展示的中华人民共和国国旗和联合国旗尺寸相同，长15 cm，宽10 cm，重约10 g，为尼龙质地；“神舟五号”飞船共绕行地球14圈；5架直升机、14台专用车辆分别组成空中和地面搜救分队搜救飞船返回舱；“神舟五号”飞船实际着陆点与理论着陆点相距4.8 km；地球表面重力加速度约为9.8 m/s2。