

## 填空

1. 机器的制造单元是零件，运动单元是构件。
2. 进行机构结构分析时，要拆出基本杆组，首先从离原动件最远的构件开始，通常这个构件是作为输出构件。
3. 基本杆组：不能拆分的最简单的自由度为0的构件组。
4. 机构组成原理：任何机构都可看成是有若干基本杆组依次连接于原动件和机架上而构成的。
5. 两个构件直接接触而组成的可动联接称为运动副。
6. 低副机构：机构中所有的运动副均为低副，又称为连杆机构，平面低副具有2个约束，1个自由度。
7. 高副机构：机构中至少有一个运动副是高副，局部自由度（滚子）虽不影响机构的运动，却减小了高副元素的磨损，所以机构中常出现局部自由度。
8. 高副低代的方法是加上一个含有两低副的虚拟构件，高副低代中的虚拟构件的自由度为-1。
9. 高副低代的目的是：便于对含有高副的平面机构进行分析研究；进行高副低代所需满足条件，代替前后机构的自由

度，瞬时速度，瞬时加速度 必须相同。

10. 机构中的速度瞬心是两构件上 相对速度 为零的重合点，它用于平面机构 速度 分析，当两构件组成移动副时，其瞬心在 移动副导路的垂线无穷远处，作相对运动的三个构件的三个瞬心 必在同一条直线上。

11. 当两构件组成兼有滑动和滚动的高副时，其瞬心在 过接触点高副元素的公法线处。

12. 同一构件上各点的速度多边形必 相似于 对应点位置组成的多边形。速度影像的相似原理只能应用于 同一构件 上的各点。

13. 为了计算摩擦力简便，把运动副元素几何形状对运动副的摩擦力的影响因素计入到 摩擦系数 中，这种转化后的摩擦系数称为 当量摩擦系数。

14. 转动副摩擦中，总反力的作用应与 摩擦圆 相切，其轴承对轴径的摩擦力矩的方向与 相对角速度 $\omega$  方向 相反。

15. 移动副中总反力与法向反力偏斜一摩擦角 $\varphi$ ，总反力的偏斜方向与相对运动方向 相反。

16. 转动副的自锁条件是 驱动力臂 $\leq$ 摩擦圆半径。

17. 移动副的自锁条件是：驱动力作用在移动副的摩擦角内。

18. 刚性转子静平衡条件是不平衡质量所产生的惯性力的矢量和等于零；而动平衡条件是不平衡质量所产生的惯性力和惯性力矩的矢量都等于零。

19. 完全平衡是使机构的总惯性力为零，为此需使机构的质心恒固定不动。

20. 等效质量和等效转动惯量可根据等效原则：等效构件的等效质量或等效转动惯量所具有的动能等于原机械系统的总动能来确定

21. 机械发生自锁时，其机械效率小于等于 0。

22. 机器速度波动的类型有：周期性速度波动、非周期性速度波动，分别用飞轮和调速器来调节。

23. 对心曲柄滑块机构：其极位夹角 $\theta = 0$ ，则 $K = 1$ ，滑块在正反行程中平均速度相等，机构没有急回运动特性。偏置曲柄块机构：其极位夹角 $\theta > 0$ ，故 $K > 1$ ，故其回程速度大于工作行程速度，机构具有急回运动特性。

24. 回转运动为直线运动的机构：曲柄滑块，齿轮齿条。

25. 机构的压力角是指不考虑摩擦的情况下 力与速度所夹锐角，压力角的余角为 传动角，传动角越大，机构传力性能越好，在曲柄摇杆机构中 曲柄 与 机架 两次共线位置时可能出现最小传动角。

26. 曲柄摇杆机构有死点位置时 摇杆 是主动件，此时 连杆 与 从动曲柄 共线。

27. 机构处于死点位置时，传动角等于  $0^\circ$ ，压力角等于  $90^\circ$ 。

28. 偏心轮机构是通过 扩大转动副半径 由铰链四杆机构演化而来的。

29. 铰链四杆机构中传动角为  $90^\circ$  时，传动效率最大。

30. 在曲柄摇杆机构中，如果将最短杆作为机架，则与机架相连的两杆都可以作整周回转运动，即得到 双曲柄机构。

31. 对心曲柄滑块机构，若以曲柄为机架，则该机构演化为 导杆机构。

32. 万向机构：用于传递 两相交轴 或 平行轴 之间运动和动力的机构。

33. 双万向铰链机构安装要求：主动、从动、中间 三轴共面，

主动轴、从动轴的轴线与中间轴的轴线之间的夹角应相等；  
中间轴两端的叉面应在同一平面内。

34. 凸轮机构：由凸轮，从动件和机架三个基本构件组成的高副机构。

35. 凸轮机构从动件的运动一般分为推程、远休止、回程、近休止四个阶段，凸轮转过的角度称为推程运动角。

36. 凸轮机构中，从动件根据其端部结构形式，一般有尖顶从动件、滚子从动件、平底从动件等三种形式。

37. 按凸轮形状分：盘形凸轮，圆柱凸轮；根据凸轮与推杆接触的方法不同，凸轮可以分为：力封闭的凸轮机构，几何封闭的凸轮机构。

38. 凸轮推杆按等加速等减速规律运动时，在运动阶段的前半程作等加速运动，后半程作等减速运动。

39. 在凸轮机构中，一次多项式运动会出现刚性冲击，二次多项式运动和余弦加速度运动会出现柔性冲击，五次多项式运动和正弦加速度运动既无刚性冲击也无柔性冲击。

40. 增加基圆半径和推杆合理偏置可减小凸轮机构的压力角。

41. 对于转速很高的凸轮机构，为减少冲击和振动，从动件运动规律最好采用摆线运动的运动规律。

42. 凸轮的形状是由从动件运动规律和基圆半径决定的。

43. 一条直线沿着半径为  $R$  的圆周作纯滚动时，直线上任意点  $K$  的轨迹称为该圆的渐开线。

44. 一对渐开线标准直齿圆柱齿轮正确啮合的条件是模数相等，压力角相等。

45. 一对渐开线直齿圆柱齿轮传动，其安装中心距必定等于两个齿轮的节圆半径之和，其标准中心距必定等于两个齿轮的分度圆半径之和。

46. 渐开线标准齿轮在标准安装的情况下，两齿轮分度圆的相对位置应该是相切的。

47. 渐开线齿廓啮合的特点：定传动比，可分性，轮齿的正压力方向不变。

48. 渐开线齿轮齿廓形状决定于模数、分度圆上压力角、齿数。



49. 一对渐开线直齿圆柱齿轮传动, 其啮合角的数值与 节圆上的压力角 总是相等。

50. 渐开线齿轮传动须满足三个条件为: 正确啮合条件、连续传动条件、无侧隙啮合条件。

51. 斜齿轮传动与直齿轮传动比较的主要优点: 啮合性能好, 重合度大, 结构紧凑; 斜齿轮的 法面参数 为标准值, 圆锥齿轮的标准参数在 大端面。

52. 蜗轮蜗杆的中间平面是指 垂直于蜗轮轴线包含蜗杆轴线 的平面, 在中间平面内相当于 齿轮齿条 啮合传动。

53. 在蜗杆传动的中间平面内, 蜗杆的齿廓相当于 齿条, 蜗轮的齿廓相当于一个 齿轮。

54. 用齿条型刀具范成法切制渐开线齿轮时, 为使标准齿轮不发生根切, 应使刀具齿顶线不超过 极限啮合点。

55. 标准直齿轮经过正变位后齿距不变, 齿根圆 增加。

56. 齿轮齿廓上压力角的定义为 啮合点受力方向和速度方向 之间所夹的锐角, 标准压力角的位置在 分度圆 上, 在 齿顶圆 压力角最大。

57. 增大模数，齿轮传动的重合度不变；增多齿数，齿轮传动的重合度增加，重合度大于 1 是齿轮的连续传动条件。

58. 齿轮根切的现象发生在齿数较少的场合，齿轮变位不仅可以消除根切，而且可以改变齿轮传动的中心距。

59. 共轭齿廓是指一对满足啮合基本定律的齿廓。

60. 用标准齿条型刀具加工标准齿轮时，其刀具的中线与轮坯分度圆之间作纯滚动。

61. 平行轴外啮合斜齿圆柱齿轮机构的正确啮合条件是法向模数相等、压力角相等、螺旋角相等方向相反。

62. 圆锥齿轮用于传递两轴线相交的运动，蜗杆传动用于传递两轴线交错的运动。

63. 平行轴齿轮传动中，外啮合的两齿轮转向相反，内啮合的两齿轮转向相同。

64. 具有一个自由度的周转轮系称为行星轮系，具有两个自由度的周转轮系称为差动轮系。

65. 周转轮系由行星轮、行星架、中心轮等基本构件组成。



66. 行星轮条中必须有一个 中心轮 是固定不动的。
67. 行星轮系齿数与行星轮数的选择必须满足的四个条件是 传动比条件、同心条件、装配条件、邻接条件。
68. 棘轮机构是将摇杆往复摆动转换为棘轮的 单向间歇转动，棘轮机构的典型结构中的组成有：摇杆、棘爪、棘轮 等。
69. 槽轮机构的典型结构由 主动拨盘、从动槽轮和机架 组成，是将 主动销轮 的连续旋转运动转换成从动槽轮的 间歇转动 运动。
70. 三角螺纹主要用于 联接，矩形螺纹主要用于 传递运动。这是因为三角螺纹比矩形螺纹 摩擦力矩大。
71. 常用的间歇运动机构 棘轮机构、槽轮机构、凸轮机构、不完全齿轮机构。
72. 间歇凸轮机构是将 主动轮的连续转动 转化为 从动盘的间歇运动。
73. 当原动件为整周转动时，使执行构件能作往复摆动的机构有 曲柄摇杆机构、摆动从动件圆柱凸轮机构、摆动从动件空间凸轮机构或多杆机构或组合机构 等。
74. 机械运转的三个阶段是 起动阶段、稳定运转阶段、停车阶段。

75. 机械产生速度波动的原因是驱动力矩与 阻力矩不相等，使机械的动能发生变化从而引起的。

76. 机械在稳定运转时期，在一个运动循环周期的始末，驱动功和阻抗功的大小 相等，动能的增量等于 零。

77. 运动链与机构的区别是：机构中有作为机架的固定构件，而运动链则没有。

简答：

1. 简述“运动副”和“运动副元素”的基础概念。

运动副：两构件直接接触并能产生相对运动的活动联接。

运动副元素：两个构件上参与接触而构成运动副的点、线、面等元素。

2. 运动副可以分为哪几类？

(1) 按照运动副的接触形式分类：

面和面接触的运动副在接触部分的压强较低，被称为低副，低副一般有转动副，移动副，螺旋副；点或线接触的运动副称为高副，高副有车轮与钢轨，凸轮与从动件，齿轮传动等。

(2) 按照相对运动的形式分类：

构成运动副的两个构件之间的相对运动若是平面运动则为平面运动副；两个构件之间的相对运动若为空间运动则称为

空间运动副；两个构件之间只做相对转动的运动副被称为转动副；两个构件之间只做相对移动的运动副称为移动副。

(3) 按照运动副引入的约束分类：

引入一个约束的运动副称为一级副；引入两个约束的运动副称为二级副；还有三级副，四级副，五级副。

(4) 按照接触部分的几何形状分类：

可以分为圆柱副、平面与平面副、球面副、螺旋副等。

3. 机构自由度数 and 机构原动件数的关系是怎样的？

机构的自由度数等于机构的原动件数，则机构具有确定运动；当机构的自由度多于机构的原动件数时，机构的运动不确定，但遵守最小阻力定律，即优先沿阻力最小的方向运动；当机构的自由度少于机构的原动件数时，机构将不能运动，或在机构中最薄弱环节处损坏。

4. 机构运动简图的作用是什么，画图应依据什么条件？

机构运动简图使人更了解机械的组成，以及对机械进行运动和动力分析变得简便。画图是根据原动件的运动规律、该机构中各运动副的类型和机构的运动尺寸(确定各运动副相对位置的尺寸)来决定的, 而与构件的外形(高副机构的运动副元素除外)、断面尺寸、组成构件的零件数目及固连方式等无关。

5. 低副机构（又名连杆机构）有什么优点和缺点？

优点：运动副都是低副，低副两元素为面接触，所以耐磨损，

承载大；低副两元素几何形状简单，容易制造简单，容易获得较高的制造精度；可以实现不同运动规律和特定轨迹要求。

缺点：低副中存在间隙，会引起运动误差，使效率降低；动平衡较困难，所以一般不宜用于高速传动；设计比较复杂，不易精确的实现复杂的运动规律。

6. 什么条件下会出现哥氏加速度（又名科氏加速度）？

由于相对运动与牵连转动的相互影响而形成，当动点对某一动参考系作相对运动，同时这个动参考系又作牵连转动时，该点将具有哥氏加速度。

7. 质量代换法需满足什么条件，其中动代换和静代换分别需要满足什么条件？

质量代换法需满足三个条件：代换前后构件的质量不变；代换前后构件的质心位置不变；代换前后构件对质心轴的转动惯量不变。

其中动代换需要满足三个条件，静代换满足前两个条件便可。

8. 简述机械自锁的概念与本质。

机械自锁指：机构的机构情况分析是可以运动的，但由于摩擦的存在，却会出现无论如何增大驱动力，也无法使其运动的现象。

自锁的本质是：驱动力引起的摩擦力大于等于驱动力的有效分力。

9. 简述齿轮传动的优点和缺点。

优点:传动效率高,传动比恒定,结构紧凑,可靠,使用寿命长。

缺点:制造、安装精度要求较高,不适于大中心距传动,使用维护费用较高。

10. 简述转子不平衡的原因, 以及平衡方法和平衡目的。

不平衡原因: 转子质心与其回转中心存在偏距。

平衡方法: 增加或减小配重使转子偏心质量产生的惯性力和惯性力偶矩同时得以平衡。

平衡目的: 使构件的不平衡惯性力和惯性力矩平衡, 以消除或减小其不良影响。

11. 什么是运转不均匀系数?

运转不均匀系数是指机械变速稳定运转时, 一般用在一个周期内角速度的最大变化量( $\omega_{\max} - \omega_{\min}$ )和平均角速度 $\omega_m$ 的比值来描述其速度波动的不均匀程度, 这个比值用 $\delta$ 表示, 称为机械运转的不均匀系数, 即 
$$\delta = \frac{\omega_{\max} - \omega_{\min}}{\omega_m}$$

12. 简述飞轮调节周期性速度波动的方式。

飞轮调节周期性速度波动的方式: 飞轮实质是一个能量储存器。当机械出现盈功速度上升时, 飞轮轴的角速度只作微小上升, 它将多余的能量储存起来; 当机械出现亏功速度下降时, 它将能量释放出来, 飞轮轴的角速度只作微小下降。

13. 平面四杆机构(又称为平面连杆机构, 铰链四杆机构)有哪几种基本形式, 它们分别有什么特征和作用?

平面四杆机构（又称为平面连杆机构，铰链四杆机构）的基本形式有：曲柄摇杆机构，双曲柄机构，双摇杆机构。

(1) 曲柄摇杆机构：

特征：曲柄和摇杆；

作用：将曲柄的整周回转转变为摇杆的往复摆动。

(2) 双曲柄机构：

特征：两个曲柄；

作用：将等速回转转变为等速或变速回转；

特例：平行四边形机构，铸造翻箱机构，风扇摇头机构。

(3) 双摇杆机构：

特征：两个摇杆；

作用：可相对于两连架杆作整周回转；

特例：等腰梯形机构，汽车转向机构。

14. 什么叫死点（又称止点）？

从  $F \cdot t = F \cdot \cos\alpha$  知，当压力角  $\alpha = 90^\circ$  时，对从动件的作用力或力矩为零，此时连杆不能驱动从动件工作，机构处在这种位置称为死点。

15. 凸轮机构有什么优点和缺点？

优点：只要适当地设计出凸轮的轮廓曲线，就可以使推杆得到各种预期的运动规律，而且响应快速，机构简单紧凑。

缺点：凸轮与从动件间为点或线接触，易磨损，只宜用于传力不大的场合；凸轮轮廓精度要求较高，需用数控机床进行加



工；从动件的行程不能过大, 否则会使凸轮变得笨重。

16. 简述刚性冲击和柔性冲击的区别。

刚性冲击：由加速度产生的惯性力突变为无穷大，致使机械产生的强烈冲击，有速度突变。

柔性冲击：从动件在某瞬时加速度发生有限大值的突变时所引起的冲击，无速度突变。

17. 简述凸轮实际工作廓线变尖原因并写出避免措施。

凸轮实际工作廓线变尖原因：滚子半径与凸轮理论轮廓的曲率半径相等，使实际轮廓的曲率半径为 0。

避免措施：在满足滚子强度条件下，减小其半径的大小。

18. 什么是重合度？其物理意义是什么？增加齿轮的模数对提高重合度有无好处？

实际啮合线段与轮齿法向齿距之比为重合度。它反映了一对齿轮同时啮合的平均齿数对的多少。增加模数对提高重合度没有好处。

19. 简述渐开线齿廓的根切现象及其出现原因。

渐开线齿廓的根切现象：用范成法加工齿轮，当加工好的渐开线齿廓又被切掉的现象时称为根切现象。

原因：刀具的齿顶线与啮合线的交点超过了被切齿轮的啮合极限点。其中刀具齿顶线超过啮合极限点的原因是被加工齿轮的齿数过少，压力角过小，齿顶高系数过大。

20. 分别写出渐开线齿廓和斜齿轮的啮合特点。

渐开线齿廓啮合的特点：定传动比，可分性，轮齿的正压力方向不变。

斜齿轮啮合特点：两轮齿廓由点开始接触，接触线由短变长，再变短，直到点接触，再脱离啮合，不像直齿圆柱齿轮传动那样沿整个齿宽突然接触又突然脱离啮合，而是逐渐进入啮合逐渐脱离啮合，这样冲击小噪音小，传动平稳。

21. 写出蜗轮蜗杆的正确啮合条件。

蜗杆的轴面模数 $m_{x1}$ 和压力角 $\alpha_{x1}$ 分别等于蜗轮的端面模数 $m_{t2}$ 和压力角 $\alpha_{t2}$ ，且均取为标准值 $m$ 和 $\alpha$ ，即 $m_{x1} = m_{t2} = m$ ， $\alpha_{x1} = \alpha_{t2} = \alpha$ ；当蜗杆与蜗轮的轴线交错角 $\Sigma = 90^\circ$ 时，还需保证蜗杆的导程角等于蜗轮的螺旋角，即 $\gamma_1 = \beta_2$ ，且两者螺旋线的旋向相同。

22. 什么是定轴轮系、周转轮系和周转轮系的转化轮系？

轮系运转时，如果各齿轮轴线的位置相对于机架都不改变，这种轮系是定轴轮系。至少有一个齿轮的轴线的位置不固定，而绕其他固定轴线回转的轮系称为周转轮系。在周转轮系中加上公共角速度 $-\omega^H$ 后，行星架相对静止，此时周转轮系转化成定轴轮系，这个假想的定轴轮系称为原周转轮系的转化轮系。