



创造大学生的未来

北京交通大学 960 机械原理

真题解析 09—12 年

万学教育·海文考研
考研教学与研究中心

通过真题的学习和掌握，可以帮助学生把握考试重点。每年的考点在历年试题中几乎都有重复率，因此，通过对历年真题的把握，可以掌握今年考试的重点。另外，可以通过对历年真题的学习，把握出题者的思路及方法。每种考试都有自己的一种固定的模式和结构，而这种模式和结构，通过认真揣摩历年真题，可以找到命题规律和学习规律。因此，本部分就真题进行详细剖析，以便考生掌握命题规律、知悉命题的重点、难点、高频考点，帮助考生迅速搭建该学科考试的侧重点和命题规则。

1.1 真题分析

年份	题型	分值	考察范围（章、节、知识点……）	考察难度 （了解、理解、 掌握、应用）
2012	计算作图题	150	第一章 机构结构见图的绘制，自由度计算，机构合理结构设计。 第二章 速度和加速度适量方程图解法求解机构上特殊点的速度和加速度的。 第三章 机构的运动副中反力的计算与判断，作图。 第四章 直动式滚子从动件盘形凸轮机构压力角，位移等参数得标识，作图。 第五章 曲柄滑块机构的设计。 第六章 齿轮参数的计算。 第七章 复合轮系传动比的计算。 第八章 速度周期性波动的调节。	掌握、应用
2011	计算作图题	150	第一章 机构自由度的计算，高副低代以及机构杆组分析； 第二章 速度矢量方程图解法：列出矢量方程以及绘制速度和加速度矢量图； 第三章 机构运动副中反力判断：方向和作用线。 第四章 曲柄摇杆机构的设计； 第五章 直动式尖顶推杆盘形凸轮机构的作图以及标识响应的参数； 第六章 渐开齿轮线参数、理论啮合计算，重合度计算以及实际理论啮合线的绘制； 第七章 复合轮系传动比的计算； 第八章 速度周期性波动的调节 第九章 机构平衡的计算。	掌握、应用
2010	计算作图题	140	第一章 机构自由度的计算：复合铰链，局部自由度以及虚约束； 第二章 矢量方程图解法求解机构上特定点的速度和加速度； 第三章 机构例分析：运动副中反力的方向和作用线，	掌握、应用

			写出驱动力矩的表达式以及力三角形等； 第四章 曲柄滑块机构的作图设计以及有曲柄的条件； 第五章 摆动滚子盘形凸轮机构； 第六章 齿轮参数的计算，中心距定理的应用； 第七章 复合轮系的计算：求某一个齿轮的齿数以及某个齿轮的转速及其方向；机构速度周期性波动的调节；	
	问答题	10	第八章 机构静平衡和动平衡的判断与计算；	理解
2009	计算作图题	140	第一章 机构自由度的计算； 第二章 利用矢量方程图解法求解机构的速度和加速度； 第三章 机构力分析； 第四章 曲柄滑块机构的设计； 第五章 滚子推杆盘形凸轮机构的作图分析； 第六章 齿轮参数的计算； 第七章 复合轮系传动比的计算； 第八章 机构速度周期性波动的调节；	掌握、应用
	问答题	10	第九章 特殊机构的考察：用途，概念以及结构注意事项等。	理解

说明：

考查范围是考题在课本上出现的章节以及知识点，综合来说，北京交大机械原理专业课这几年的题型变化不大，主要有计算作图题型，难度略有增加，侧重于对基础知识点的掌握。在复习时，对于了解的知识点，复习的时候，只需进行理解即可，因为机械原理内容很多，要掌握住重点；对于熟悉的知识点，复习的时候，首先应该弄清楚课本上的知识点，然后完成课后的习题，但是这样远远不够，应为机械原理是一门动手实践以及考性极强的课程，课本上的条条框框考试一般不考，考试与课本上有很大的出入，课本上很多的知识点很难作为考点，很多知识点需要查很多资料才能完成，所以正确掌握试题命题规律具有十分重要的意义；对于掌握的知识点，这是考试的重点，出题人为了不偏离主要内容，无论如何都不会逃离这些知识点，所以每年的考试题都是围绕那么几个知识点不断重复的出题，只是换个方式问问题或者侧重点不一样，但是机械原理出题点很局限，所以在学习过程中完全可以将所有考点进行整理归纳，考试时做到以不变应万变。举一反三，所以复习时，切记不能记题目，一定要在掌握基础知识的基础上，归纳题型，做到对知识点的应用。

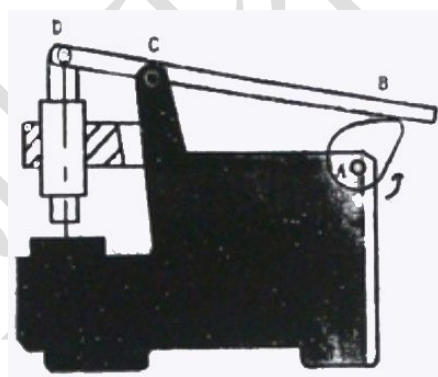
1.2 真题剖析

1.2.1 2012 年真题

【点评】 本年份真题主要是计算作图题。一共包括八道大题。每题 10 分到 20 分不等。总分 150 分。和往年考试题目对比，题型变化很小，从近年考题来看，属于中等难度。

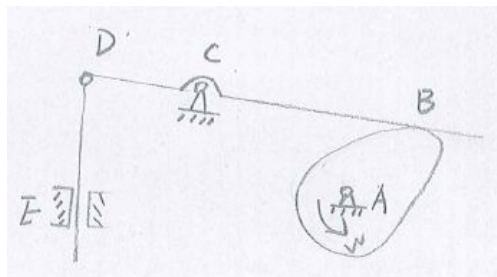
【题目】1 真题题目

一、（15）图示为一冲床机构，试：（1）计算自由度，绘制机构运动简图，分析其设计是否合理，并且指出原因。（2）给出改进设计。



【解题】

（1）机构运动简图如下图所示。

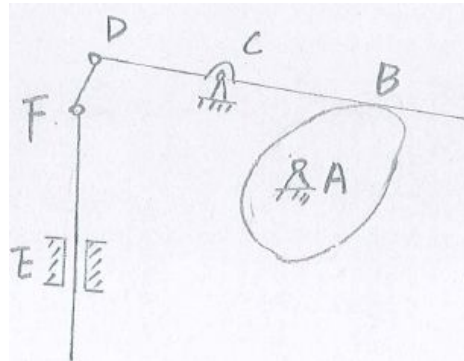


（2）自由度计算： $n=3, p_l=4, p_h=1$

$$F = 3n - 2p_l - p_h = 9 - 8 - 1 = 0$$

因为机构的自由度为零，所以该机构不能运动。所以设计不合理。

（2）改进后机构的结构件图如下：



(3) 改进后机构自由度的计算:

$$n = 4, p_l = 5, p_h = 1$$

$$F = 3n - 2p_l - p_h = 12 - 10 - 1 = 1$$

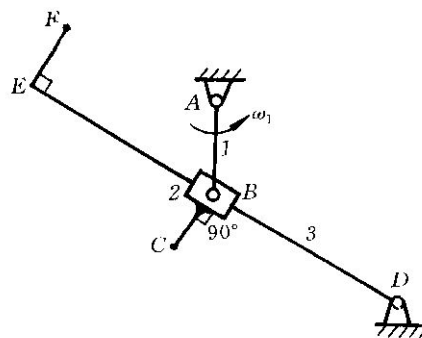
【分析】 本题主要考查机构结构简图的绘制以及自由度的计算。这种题型在考研中每年都以第一题出现，在课本上也是位于第二章。在第二章中，主要考察的知识点有：机构结构简图的绘制，自由度的计算，高副低代以及机构基本杆组分析。本题中考察的有三个知识点：首先会根据实际的机械画出其运动机构简图，然后根据运动简图算出机构的自由度，然后判断机构设计是否合理，一般情况下可定时不合理的，主要有机构自由的为 0，或者机构自由度和机构原动件的数目不一样。本题中机构自由度为 0，所以机构无法运动，所以该机构设计不合理，那就需要改进机构，改进后，要求机构的功能不能发生变化，并且是自由度满足机构工作的要求。

【题目】

哪些问题。

2 真题题目

二、(20 分) 图示机构中，已知机构位置图和各杆尺寸， $\omega_1 = \text{常数}$ ， $l_{BD} = l_{BE}$ ， $l_{EF} = l_{BC} = \frac{1}{3}l_{BE}$ ，试用相对运动图解法求 v_F 、 a_F 、 v_C 、 a_C 及 ω_2 、 α_2 。(列出矢量方程式，画出相应的速度和加速度多边形)。



【解题】

(1) 速度分析

$$v_{B1} = \omega_1 l_{AB} = v_{B2}$$

$\vec{v}_{B3} = \vec{v}_{B2} + \vec{v}_{B3B2}$, 取 μ_v 作速度多边形, 影像法得 e 和 f 点。

$v_F = \overline{pf} \mu_v$, $\omega_2 = \omega_3 = v_{B3} / l_{BD} = \overline{pb_3} \mu_v / l_{BD}$, 顺时针方向

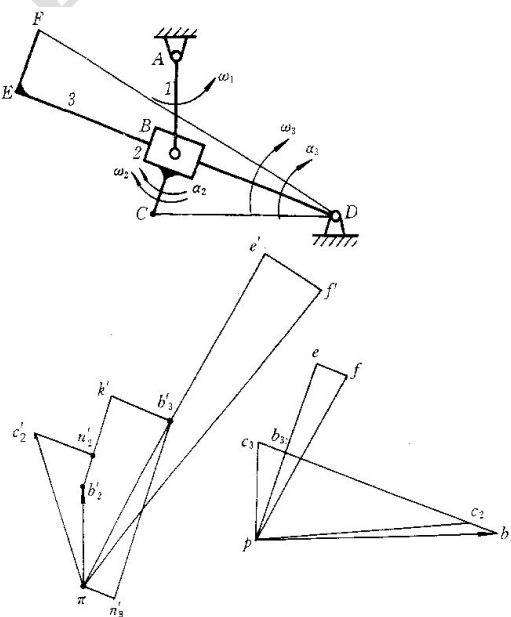
$$\vec{v}_C = \vec{v}_{B2} + \vec{v}_{CB2}, \quad v_C = \overline{pc_2} \mu_v. \text{ (或另法 } \vec{v}_{C2} = \vec{v}_{C3} + \vec{v}_{C2C3} \text{)}$$

(2) $a_{B1} = a_{B1}^n = \omega_1^2 l_{AB} = a_{B2}$, $\vec{a}_{B3}^n + \vec{a}_{B3}^t = \vec{a}_{B2} + \vec{a}_{B3B2}^k + \vec{a}_{B3B2}^r$, 取 μ_a 作图,

影像法得 e' 和 f' 点。 $a_F = \overline{\pi f} \mu_a$, $\vec{a}_C = \vec{a}_{B2} + \vec{a}_{CB2}^n + \vec{a}_{CB2}^t$

其中 $\alpha_2 = \alpha_3 = a_{B3}^t / l_{BD}$, 顺时针方向, $a_C = \overline{\pi c_2} \mu_a$

(3) 速度和加速度多边形

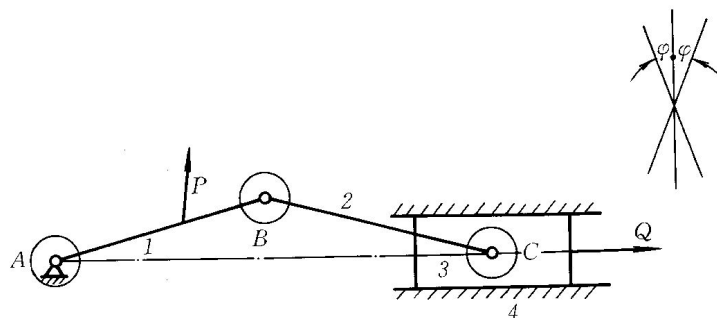


【分析】本题是考研中最难的题目, 也是考查学生综合分析能力, 作图能力以及机械结构连接的综合

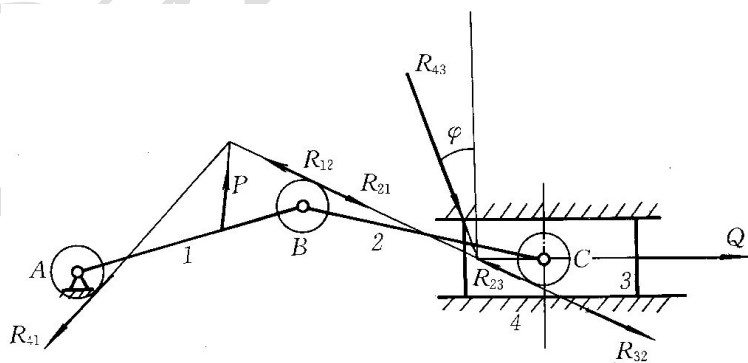
性题目。主要考察速度瞬心的求法，作图法，但是从历年考研来看，主要是考察利用矢量方程图解法来求机构上一些点的速度和加速度。包括统一构件上不同点间速度和加速度的求法，以及不同构件上重合点间速度和加速度的求法。还要做出速度和加速度矢量图，这是最重要的。本体就是考查这个知识点。这种题型要特别注意隐含条件的挖掘。方法有很多但是要选对最简便的方法，不然花费时间多而且往往越做越复杂。

【题目】3 真题题目

三、(11分) 图示四杆机构中， \vec{P} 为驱动力， \vec{Q} 为阻力。摩擦圆如图所示，摩擦角为 φ ，试在图中画出各运动副中的总反力的作用线和方向。



【解题】该机构各运动副中总反力的方向以及作用线如下图所示。

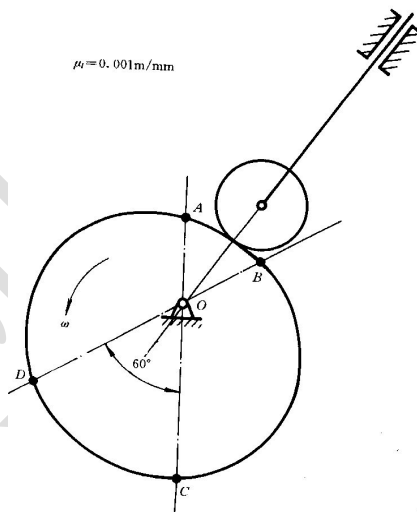


【分析】该种题型也是考研中必考题目。但是比较简单，属于易得分题目，所以平时一定要掌握，不然直接影响总分。主要考察移动副和转动副中反力的大小和方向，特别注意根据转动趋势来判断反力方向位于摩擦圆的哪一侧，课本上对该知识点没有详细介绍，很多考试题在课本上都找不到，一定要找到规律和方法。这种题型首先要找到二力构件或者手里最简单的构件进行分析。本题中首先找到构件 2 进行分析，然后依次求解构件 1 和构件 3。

【题目】4 真题题目

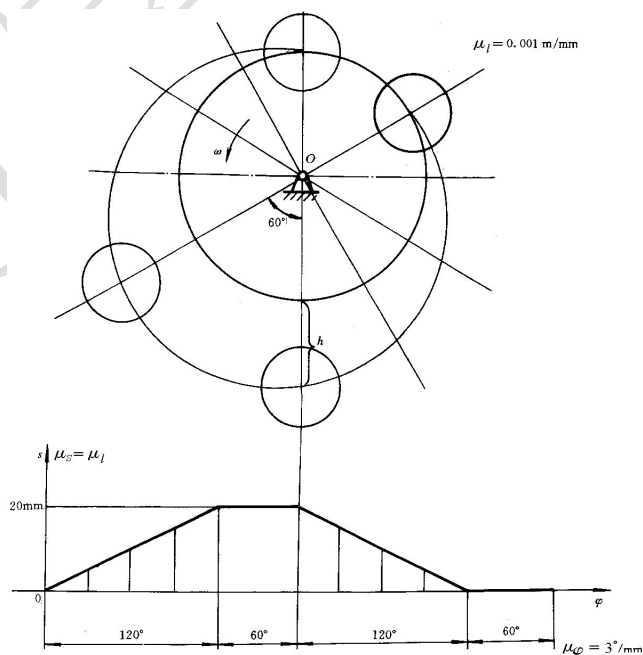
四、在图示凸轮机构中，已知： $AO = BO = 20 \text{ mm}$ ， $\angle AOB = 60^\circ$ ，且 $\overset{\frown}{AB}$ 为圆弧； $CO = DO = 40 \text{ mm}$ ， $\angle COD = 60^\circ$ ， $\overset{\frown}{CD}$ 为圆弧；滚子半径 $r_r = 10 \text{ mm}$ ，从动件的推程和回程运动规律均为等速运动规律。

- (1) 求凸轮的基圆半径；
- (2) 画出从动件的位移线图。



【解题】

- (1) $r_0 = AO + r_r = 20 + 10 = 30 \text{ mm}$
- (2) $s-\varphi$ 线图如图所示。



【分析】凸轮机构也是考研必考题目。一般考查的一般都是作图题，包括尖顶直动式从动件盘形凸轮机构，滚子的凸轮机构以及摆动凸轮机构，考查的知识点都是标注凸轮机构压力角、传动角、从动件位移等。每一种结构的凸轮的方法都是固定的，只要掌握各种题型的作图方法即可。本题考查的主要是直动式滚子推杆从动件凸轮机构。特别注意的是从动件行程 S 的位移线图的绘制，这各知识点在考查的比较少，因予以注意。

【题目】5 真题题目

五、(15分) 设计一曲柄滑块机构。已知曲柄长 $AB=20\text{mm}$ ，偏心距 $e=15\text{mm}$ ，其最大压力角 $\alpha=30^\circ$ 。试用作图法确定连杆长度 BC ，滑块的最大行程 H ，并标明其极位夹角 θ ，求出其行程速度变化系数 K 。

【解题】

(1) 取 $\mu_l = 0.001 \text{ m/mm}$ 作图。

(2) 其最大压力角发生在 AB 处于 AB' 时，作 30° 角可得 C' 。

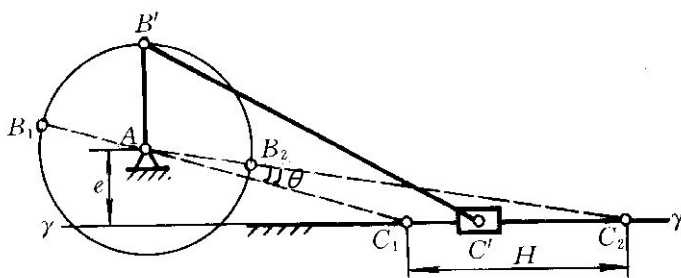
(3) 确定尺寸

$$BC = B'C' = 70 \text{ mm}$$

$$H = C_1C_2 = 41.5 \text{ mm}$$

作极限位置，量得 $\theta=8^\circ$

$$K = \frac{180^\circ + \theta}{180^\circ - \theta} = \frac{180^\circ + 8^\circ}{180^\circ - 8^\circ} = 1.093$$



【分析】本题考查的是四杆机构，主要考查的知识点有曲柄摇杆机构、双摇杆机构以及曲柄滑块机构。包括四杆机构基本作图和基本参数的计算：极位夹角，行程速比，压力角、四杆机构有曲柄的条件以及曲柄滑块行程、最小压力角的作图。本题考查的是偏置式曲柄滑块机构的作图分析。其中要注意的一个知识点是这种结构形式的曲柄滑块机构最大压力角的位置。

【题目】6 真题题目

六、(20 分) 一对渐开线外啮合直齿圆柱齿轮传动, 已知 $m = 4 \text{ mm}$, $\alpha = 20^\circ$, $h^*a = 1$, $c^* = 0.25$, 传动比 $i_{12} = 1.5$ 。试求:

(1) 若为标准齿轮传动, 其中心距 $a = 100 \text{ mm}$, 试计算两齿轮的齿数 z_1, z_2 , 分度圆半径 r_1, r_2 , 齿顶圆半径 r_{a1}, r_{a2} , 齿根圆半径 r_{f1}, r_{f2} , 节圆半径 r_1', r_2' , 啮合角 α' , 齿距 p , 分度圆齿厚 s , 分度圆齿槽 e ;

(2) 若中心距 $a' = 102 \text{ mm}$, 则该对齿轮无侧隙啮合属于什么类型的传动?

$r_1, r_2, r_1', r_2', \alpha, p$ 是否有变化? 若有变化是增大还是减小?

【解题】

$$\begin{aligned}
 (1) \quad & \text{当 } a = 100 \text{ mm} \text{ 时 } a = m(z_1 + z_2)/2 \quad i_{12} = z_2/z_1, \text{ 求得: } z_1 = 20 \\
 & z_2 = 30, \\
 & r_1 = mz_1/2 = 40 \text{ mm} \quad r_2 = mz_2/2 = 60 \text{ mm}, \quad r_{a1} = r_1 + h_a^*m = 44 \text{ mm} \\
 & r_{a2} = r_2 + h_a^*m = 64 \text{ mm}, \\
 & r_{f1} = r_1 - (h_a^* + c^*)m = 35 \text{ mm}, \quad r_{f2} = r_2 - (h_a^* + c^*)m = 55 \text{ mm}, \quad r_1' = r_1 = 40 \text{ mm} \\
 & r_2' = r_2 = 60 \text{ mm}, \quad \alpha' = \alpha = 20^\circ, \quad p = m = 12.566 \text{ mm}, \quad s = 0.5p = 6.283 \\
 & \text{mm}, e = 0.5p = 6.283 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

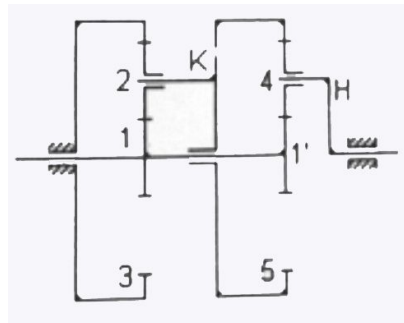
(2) 当 $a' = 102 \text{ mm}$ 时, 属于正传动

r_1, r_2, p 没有变化; r_1', r_2', α' 有变化, 且均为增大。

【分析】 本题考查的是齿轮。也是近十几年真题中每年都必考的题型。主要考查的知识点有齿轮参数的计算, 变位齿轮以及齿轮作图分析。要注意的是齿轮这个章节的公式比较多, 考试中一般不给予提供, 所以需要记忆, 不能出现差错, 要不然第一步, 后边关联的都会做错。所以平时做题的时候就要养成良好习惯, 先把公式记熟, 平时做题的时候尽量不要去翻课本, 这样在考试的时候就会信手拈来, 起到事半功倍的效果。

【题目】7 真题题目

七、(15) 图示复合轮系中, 各齿轮齿数为 $z_1 = z_1 = 20, z_3 = 60, z_4 = 15, z_5 = 60$, 如图所示, 求传动比 i_{1H} 。



【解题】

轮系划分: 该复合轮系中, 齿轮 1, 2, 3 组成一个周转轮系; 齿轮 1', 4, 5 组成另一个周转轮系。

$$i_{13} = \frac{n_1 - n_H}{n_3 - n_H} = -\frac{z_3}{z_1} = -3$$

$$\text{又} \because n_{1'} = n_1,$$

$$\text{又} \because n_3 = 0 \quad n_K = n_5$$

$$\therefore \frac{n_1 - n_H}{n_5 - n_H} = -3$$

$$\therefore 1 - \frac{n_1}{n_K} = -3$$

$$\Rightarrow \frac{\frac{n_1}{n_H} - 1}{\frac{1}{4} \frac{n_1}{n_H} - 1} = -3$$

$$\Rightarrow \frac{n_1}{n_5} = 4$$

$$i_{1'5} = \frac{n_{1'} - n_H}{n_5 - n_H} = -\frac{z_5}{z_{1'}} = -3$$

$$i_{1H} = \frac{n_1}{n_H} = \frac{16}{7}$$

【分析】 本题考查的是轮系传动比的计算。一般考查的知识点是: 首先进行轮系划分, 复合轮系一般由若干个定轴轮系和周转轮系组成。区别周转轮系和定轴轮系是求解这种题型最关键的部分。因为周转轮系和定轴轮系求解传动比的方法是不一样的。另外, 周转轮系的求解方式比较抽象, 要通过多做习题来理解周转轮系的组成, 要做到一眼就能看出轮系的组成。另外就是题目中遗憾的条件很多, 所以解题的关键是发现题目中或者图形中隐含的条件。另外一个关键点是求解过程中要注意各个轮转向的方向性。很多齿轮的转向都是要通过计算出来的转速正负来确定。

【题目】8 真题题目

八(20)、一机械系统在稳定运转阶段的一个周期内, 等效阻力矩 M_r 的额变化规律如图所示, 等效驱动力矩为常数, 等效转动惯量 $J=0.5\text{kg}\cdot\text{m}^2$, 等效构件的平均转速 $\omega_m=40\text{rad/s}$, 试求:

- (1) 等效构件上的驱动力矩 M_d ;
- (2) w_{\max} 和 w_{\min} 的位置;
- (3) 做出 $\Delta W - \varphi$ 曲线, 求出最大盈亏功 ΔW ;
- (4) 速度不均匀系数 δ 。

【解题】

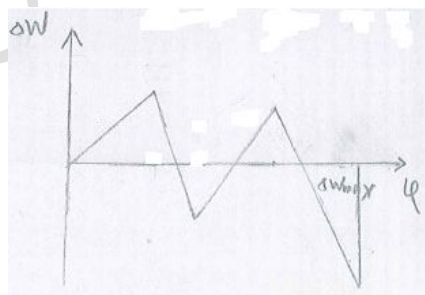
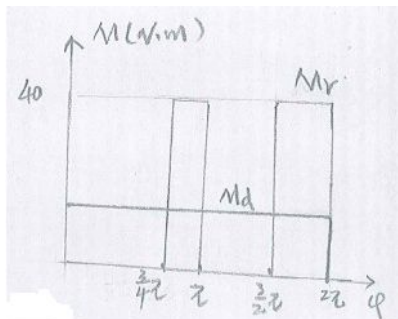
$$(1) \quad M_d = \frac{(\pi - \frac{3}{4}\pi) \times 40 + (2\pi - \frac{3}{2}\pi) \times 40}{2\pi} = 15 N \cdot m, \text{ 如图所示。}$$

(2) 根据图形以及计算可知:

最大盈功出现在 $\frac{3}{2}\pi$ 处, 最大亏功出现在 2π 处, 所以 w_{\max} 位于 $\frac{3}{2}\pi$ 处, w_{\min} 位于 2π 处。

(3) $\Delta W - \varphi$ 曲线如图所示。 $\Delta W_{\max} = 39.25 J$

$$(4) \quad \delta = \frac{\Delta W_{\max}}{J w_m^2} = \frac{39.25}{0.5 \times 40^2} = 0.049$$



【分析】 本题考查的是周期性速度波动的调节。这种题型比较简单, 只要记住公式, 按照一定的解题步骤就可以。只是要正确理解最大盈亏功的概念。、以及最大角速度和最小角速度出现的位置。本题中要用特别注意最大盈亏功与专拣之间关系图的绘制。

1.2.2 2011 年真题

【点评】 本年份真题主要是计算作图题。一共包括九道大题。每题 10 分到 20 分不等。总分 150 分。

和往年考试题目对比, 题型变化很小, 其但是难度有点呈增加的趋势, 纵观近几年考题, 属于难度较大一些。