

Discussions of several knowledge points about Mechanisms and Machine Theory and Basis of Mechanical Designing

Lina Fan Yongwei She

School of Mechanical and Automotive Engineering Yinchuan University of Energy, Yinchuan, Ningxia, 750001, China

Abstract

This study compares specific concepts from the textbook *Mechanical Principles* with real-world engineering scenarios, identifying inaccuracies that compromise the material's reliability and students' comprehension. Key issues include: illusory low pairs, normal line translation rules, Coriolis acceleration mechanisms, agricultural applications of four-bar mechanisms, structural dimensions and experimental results of CJDJ-B and JXF-B gear formers, the function of tooth clearance, and transmission characteristics of variable gears and bevel gears. By addressing these gaps, the paper not only refines textbook content for teaching purposes but also helps students better integrate theory with practice, enhancing their ability to solve real-world engineering problems.

Keywords

Teaching materials; Several knowledge points; Working conditions Difference comparison; Tusion; Teaching

《机械原理》教材个别知识点的讨论

樊丽娜 余永卫

银川能源学院机械与汽车工程学院, 中国·宁夏 银川 750001

摘要

文章根据《机械原理》教材中的个别知识点与实际“工况”作比较,发现其中表述有些不严谨不确切之处会影响其真实性 and 确切性,影响学生对知识点的掌握与理解。比如假象低副、公法线平移法则、科氏加速度产生机理、四杆机构在农业机械中的应用、CJDJ-B和JXF-B型齿轮范成仪的结构尺寸与实验结果、齿顶间隙的作用、变位齿轮与斜齿轮的传动特点及应用等问题的表述。本文就以上问题进行了探讨,不仅能促使教材内容更加精准完善,为教学提供更可靠的依据,还能帮助学生更好地将理论与实际结合,提升其解决实际工程问题的能力。

关键词

《机械原理》教材;个别知识点;实际“工况”;教学研究

1 引言

教师的职责是解惑授业,授人以知识。对于从事理工科教学的教师不仅要掌握大量的书本知识还要具备一定的实践能力,方能做到理论结合实际。只有不断的实践才能不断的进步,只有不断的学习才能不断的提高。“学之思之,思之学之。学之用之,用之学之”应是教师职业的左右铭,只要认为所教的内容与实际不相符就要进行审视与怀疑,就要进行研究与探索。以下是笔者对《机械原理》课程教材中的个别知识点认同,悬于大家交流。

2 关于实际低副与假象低副^[1]

有教材思考题举例“能否用公式 $F=3n - (2PL + Ph)$ 计算下列机构的自由度?为什么?应如何正确计算该机构的

自由?”见图1^[1]。图示机构的运动副符合教材相关定义,但直接套用公式计算结果错误,问题在于机构局部特征现象与整机本质有差异。举例看似简单,实则牵扯到机构的结构分析章节的全部知识点和核心内容。若要给出正确的答案必须进行具体分析。

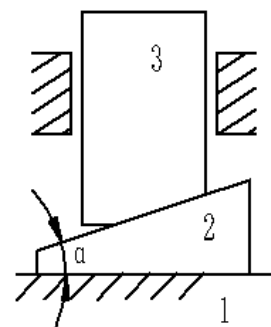


图1 假象低副机构

【作者简介】樊丽娜(1986-),女,回族,中国宁夏银川人,本科,讲师,从事机械研究。

2.1 实际低副

实际低副只有两种,即转动副和移动副。例如曲柄滑块机构中的滑块其上存在着两个运动副,一个转动副,一个移动副。转动副的接触法线始终汇交于一点,移动副的接触法线始终相互平行,见图2。两个运动副的接触法线互不关联自成体系。将其拓展延伸到两个以上运动副理论仍然成立。图1中的两个运动副相互依存,缺一不可,否则机构不能存在。

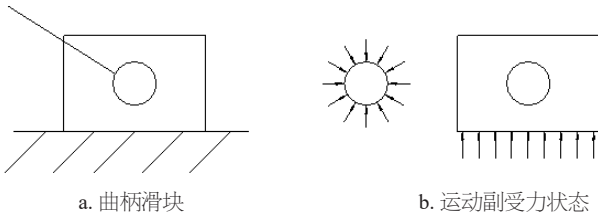


图2 曲柄滑块及运动副受力状态

2.2 假象低副

若是同一构件上存在着两个运动副,且两个运动副的接触法线相互汇交即可定义为假象低副。假象低副的两个运动副之间存在相互依附关系,是高副接触点无穷大的特殊表象。例如凸轮机构无穷大时推杆与凸轮接触点会出现图1现象,其本质仍然是高副。

对图1所示机构应用假象低副定义作分析计算,自由度为: $F=3n-(2P_L+P_h)=2 \times 3-2 \times 2-1=1$,机构具有确定的运动。

若是直接应用 $F=3n-(2P_L+P_h)$ 的公式作分析计算,上述机构的自由度为: $F=2 \times 3-2 \times 3=0$,机构没有确定的运动。

假象低副被广泛地应用于土法楔面榨油,也是现代榨油机的原形。

3 公法线平移法则^[2]

当瞬心位于公法线上且无穷远时,公法线可向已知条件一侧进行平移,从而获得所需瞬心,其结果仍然符合三心定理。

公法线平移法则的原理是基于平行光线原理,光源为瞬心,且无穷远。平行公法线有n条,但所求瞬心一定在其中一条与具体问题相关的公法线上,以其原理平移求瞬心即为公法线平移法则。虚约束条件之一“两构件构成多个移动副,且导路平行”。也证明了法线平移法则的正确性。公法线平移法则在教材中被广泛应用,但没有表述和定义。

4 科氏加速度产生机理

法国气象科学家科里奥利发现并证明了科氏加速度产生的理论,解释了多重自然现象。但未明确的对其产生机理作说明,为什么牵连运动为转动时就会产生科氏加速度?因为牵连运动为转动时,其上作匀速直线运动的质点会不断的改变其运动方向,运动方向的改变也是一种变化,只要有变

化就会产生加速度,这就是产生科氏加速度的根本原因^{[3][4]}。

5 四杆机构在农业机械上的应用

有教材在四杆机构的应用实例中,将平行四杆机构用于农业机械^[1],见图3。而实际应用中悬挂式农具的悬挂机构一定是典型的四杆机构而不是平行四杆机构¹,见图4。因为使用平行四杆机构会使机组在纵向铅垂面内无合力作用点,既瞬心P。机具的受力状态极不稳定,造成工作部件不能入土和作业深度不稳定的问题。若是使用平行四杆机构作为农具的悬挂机构,还会产生机具在升降过程中只能作平行的上下平动,当机具纵向尺寸较大时会使机组在道路运输和田间作业过程中的通过性不好,机组纵向尺寸越大通过性越差。

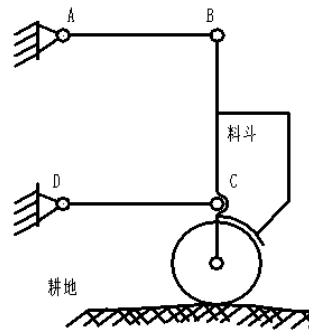


图3 教材中播种机的悬挂机构简图

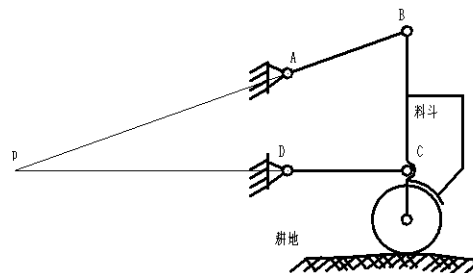


图4 实际播种机的悬挂机构简图

所以,农具的悬挂机构一定是四杆机构而不是平行四杆机构。在水平面内的挂接为等腰梯形四杆机构,也不是平行四杆机构,瞬心及合力作用点在机组前方。

6 CJDJ-B 和 JXF-B 型齿轮范成仪的基本参数与实验结果

范成法齿轮加工演示实验仪很成功的将渐开线齿轮加工原理以模拟加工的形式呈现于实践教学中,把一个抽象的原理问题演变为一个可视化、可操作的实验项目,极大的简化了教学难度,也是《机械原理》课程实验项目中最典型的项目之一。就其原理及教学效果而言是成功的,是教学方法创新的典型案例。因此,一直被应用于实践教学中,但仔细考量其结构参数的确有不合理之处,问题就出现在其结构尺寸上。例如选用 $m=20$ 的刀具,加工不产生根切的最少齿

数 $Z_{\min}=17$ 的直齿圆柱齿轮时, 范成仪本身的结构尺寸问题就显现出来了, 大家都知道直齿圆柱齿轮最少不根切齿数为 $Z_{\min}=17$, 若齿顶高系数 $h_a^*=1$, 其分度圆 d 和齿顶圆直径 d_a , 分别为:

$$\text{分度圆: } d = z \times m = 17 \times 20 = 340 \text{ mm}$$

$$\text{齿顶圆直径: } d_a = d + 2h_a^*m = (z + 2h_a^*)m = (17 + 2 \times 1)20 = 380 \text{ mm}$$

至此, 大家知道 CJDJ-B 和 JXF-B 型齿轮范成仪的最大齿顶圆直径只有 340mm, 怎么能加工出模数 $m=20$; 最少齿数 $Z_{\min}=17$ 的不根切齿轮呢? 我们错误的把分度圆直径 d 当作齿顶圆 d_a 直径使用。结果是做了一个变位系数为 $\chi=1$, 位移量 $\chi m=20 \text{ mm}$ 的负变位齿轮的模拟加工, 变位系数 χ 超大。之后还做了变位系数为 $\chi=0.25$, 位移量 $\chi m=5 \text{ mm}$ 的正变位齿轮的模拟加工和 $\chi=-0.25$, $\chi m=-5 \text{ mm}$ 的负变位齿轮的模拟加工。由于 CJDJ-B 和 JXF-B 型齿轮范成仪结构尺寸上的错误, 实验结果是错上加错。

CJDJ-B 和 JXF-B 型齿轮范成仪之所以设计 $m=20$ 的模拟刀具, 其理由应该是以下两点, 一是模数大便于模拟操作; 二是模数大图形大, 做图线条分辨率相对较高, 可直接观察到标准齿轮与变位齿轮的齿廓线变化, 具有可视性、直观性。而另一把模拟刀具 $m=8$, 用于实验达不到上述效果。

尽管 CJDJ-B 和 JXF-B 型齿轮范成仪存在结构参数上的错误, 但其做到了理论结合实际, 能清晰的模拟齿轮范成法加工原理, 这一点还是要肯定的。

7 关于齿顶间隙或齿根间隙的作用

关于齿顶间隙的作用只在各别教材中有所表述^[5], 认为齿顶间隙是具有贮存润滑油的作用, 其它资料还表述为是为了防止齿轮卡死。笔者认为这一观点是次要的。由尺寸链概念可知齿顶间隙是齿轮安装尺寸链中的封闭环被直接保证却成为影响传动质量的主要因素。齿侧间隙被间接保证却成为影响传动质量次要因素, 见图 5。从齿廓啮合原理、传动质量两个方面分析二者的主次关系被倒置了。即齿侧间隙应是主要因素, 齿顶间隙是次要因素。这种主次颠倒的原因是齿轮结构特点所致。具有不可逆性。

假设不设计齿顶间隙, 则会出现两个问题, 若是保证了齿侧间隙, 齿顶圆和齿根圆一定会因为制造误差彼此产生干涉, 产生附加载荷; 若是保证齿顶间隙, 则齿侧间隙不能保证, 传动质量下降, 效率降低。而设计了齿顶间隙就解决了齿顶圆与齿根圆相互干涉问题, 剩下的问题只是齿侧间隙问题, 可通过控制中心距误差的方法给予保证。这样两个矛盾简化为一个矛盾, 且有利于加工质量的控制。以上即为齿顶间隙的作用。

另外, 从齿轮加工精度的方面而言, 齿廓表面的加工精度是必须要保证, 而齿顶圆和齿根圆的加工精度等级可采用经济的加工精度^[6], 有利于提高生产率。

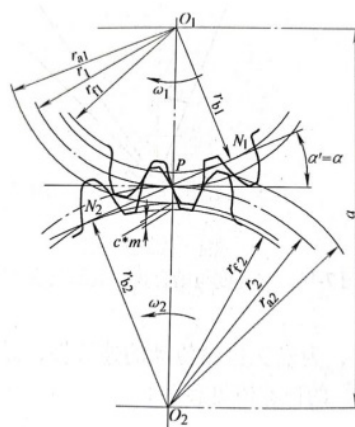


图 5 标准齿轮的安装示意图

8 变位齿轮与斜齿轮传动的其它特点

各教材中关于变位齿轮的理论论述是清晰透彻的, 没有“瑕疵”。但是关于变位齿轮与斜齿轮的应用表述就不够清晰明确, 在实际应用中齿轮传动中大部分为变位齿轮传动, 不仅仅是为了 $Z \leq 17$ 时会产生根切现象, 而是因为变位齿轮传动具有即能满足传动比又能满足中心距的特点。特别是在两轴式变速箱设计中, 多对传动比不同而中心距相同的齿轮装在一根轴线上固定的轴上, 这一点就尤为重要。

能够满足上述要求的还有斜齿轮传动, 因为斜齿轮的中心距 $a = r_1 + r_2 = m(z_1 + z_2) / 2 \cos \beta$, 可以通过改变 β 调整 a 的大小。故斜齿轮传动同样具有即能满足传动比又能满足中心距的特点。

在实际生产过程中因为齿轮加工刀具磨损, 刃磨之后其几何形状与尺寸发生微量变化就得作相应的变位调整, 以满足齿侧间隙精度要求。所以, 齿轮变位加工是一个经常性的问题, 标准齿轮是变位齿轮的“参考坐标”。

9 提高机械效率的基本措施

9.1 关于机械效率

有教材定义为“机械效率是衡量机器对机械能量有效利用程度的物理量^[1]”。应更改为“机械效率是衡量机器对机械能量有效利用程度的百分数”更确切。因为机械效率是不能用物理量做量纲^{[2][7]}。

9.2 关于提高机械效率的基本措施

教师的普遍观点有三点, (1) 用滚动代替滑动; (2) 考虑润滑; (3) 合理选材。这三条措施似乎是符合实际要求的, 但由《机械原理》“平面机构的力分析、自锁和效率”章节可知, 观点(1)和(2)是同一目的, 均是为了减小摩擦。实际上影响机械效率的主要因素是运动副表面的压力角和传动角, 还有表面加工质量。如果不解决好这两个问题机械效率就不能提高, 因此上述观点应更改为(1)在设计过程中尽量减小运动副上的压力角 α 或增大其传动角 γ ; (2)用滚动代替滑动, 并考虑润滑; (3)合理选材;

(4) 提高零件表面加工质量,减小摩擦^[6]。

10 结语

以上是笔者就《机械原理》教材中的个别知识点的补充与完善,有助于学生对上述知识点的掌握与理解;有利于提高教学质量。不实之处恳请大家指证。

参考文献

- [1] 冯立艳主编,机械原理,北京,机械工业出版社,2012;
- [2] 孙恒,陈作模,葛文杰主编,机械原理,北京,高等教育出版社,2013;
- [3] 哈工大.理论力学教研室编.理论力学[J].下册,第4版,高等教育出版,1984.02
- [4] 王永岩.理论力学[J].科学出版社2007.08第一版刷
- [5] 王云德主编,机械原理,吉林大学出版社出版,2015年2月第1次印刷;
- [6] 刘烈元 刘兆祥 主编,工程材料及机械制造基础(Ⅲ),第3版,高教出版社,出版时间2012年12月第5次印刷。
- [7] 濮良贵,陈国定,吴立言主编,机械设计基础,第10版,北京,高等教育出版社,2019.7;
- [8] 张春林,赵自强主编,机械原理,北京,机械工业出版社,2012.12