

# 关于电机转子找动平衡方法的分析

周 涛 (中国石油乌鲁木齐石化公司设备检验检测院, 新疆 乌鲁木齐 830019)

**摘要:** 以实习教学设备介绍转动机械振动知识及动不平衡的低速、高速找法。转动机械在运行中有一项重要指标, 就是振动。振动要求越小越好。转动机械产生振动的原因很复杂, 其中以转动机械的转动部分(转子)质量不平衡而引起的振动最为普遍。长期不正常的振动, 会使机组金属材料疲劳而损坏, 转子上的紧固件发生松动, 间隙小的装配件动静部分发生摩擦使轴发生弯曲等缺陷。不允许时间很短的震动过大, 尤其是对高转速大容量的机组, 后果更为严重。现将在转子找平衡工作中使用的方法及过程进行介绍。

**关键词:** 振动; 动不平衡; 低速动平衡; 高速动平衡

## 1 现今我国动平衡机校验法中存在的问题

### 1.1 动平衡机校验法中的补偿比问题

在测量校正面并且起到调整作用的电子式动平衡机中, 对于不平衡左右面的大或者是小, 是具备着一定影响作用的, 对于不平衡左右面的影响大小, 通常情况下将其称之为互相影响系数或者是分离比, 在实际工作中, 其影响程度越小越能促进工作的效率, 一旦平衡机所调节得相对来说比较好, 那么其影响的系数也就相对来说比较小, 为了对平衡机能够消除平衡机带来的影响能力大小进行明确而且清晰的表示, 通常情况下将这个系数叫作分离率或者是补偿比, 一旦平衡机能够消除平衡机带来的影响能力太大, 平衡机仪表盘上表示出来的大小和相位也丧失了一定的精准度, 使得动平衡机没有办法进行正常的校正, 因此, 对生产率产生了直接的影响。

### 1.2 动平衡机校验法中的谐振频率问题

对于动平衡机水平面来说, 其垂直刚性是具有着一定的限度的, 并且动平衡机传感器探针与转子质量之间, 存在着一定的谐振频率, 动平衡机传感器探针在受到外力进行弯曲变化时, 还承受着来自于纵向的影响作用力, 通过对弹性体振动理论进行分析和研究后, 可以发现这个时候的动平衡机传感器探针上具有着相当多的谐振频率, 因此产生了无数的谐振点, 一旦如此多的谐振点不进行驱除, 就会产生一定的振动偏差。因为这些谐振点如果出现在工作频率附近, 因为阻尼相对来说比较小, 所以动平衡机水平面的相位特性就会产生十分剧烈的变化, 使得动平衡机误差增大, 失去测量性能。

### 1.3 动平衡校验人员的不专业

要实现动平衡机校验法在实际生产中的应用, 首先要拥有一批较为专业的动平衡校验人员。现今, 由于一些企业对旋转设备动平衡校验了解还不是很深刻, 导致其对于动平衡校验没有给予相当的重视, 致使在动平衡校验人员缺少严格的录用及培训, 这就导致动平衡校验人员素质良莠不齐, 进而使得在动平衡校验在实际的工作中受到了限制, 直接影响了校验结果和质量。

## 2 动平衡机校验法存在问题的对策

### 2.1 降低补偿比

由于补偿比的产生对于平衡机来说调节起来相对比较差, 那么其影响的系数也就相对来说比较大, 所以使用的分离方法或者是补偿方法主要是对振动的中心进行适当的调整。使左右校正面上不平衡量各个结构所带来的振动得到抑制, 可以将振动的中心放在其他传感器的位置上, 进行人为的机械补偿, 也可以采用利用电气补偿电路综合法对其进行补偿。

### 2.2 谐振频率的消除

因为上文提到谐振频率的产生是由于动平衡机传感器探针在受到外力进行弯曲变化时, 还承受着来自于纵向的影响作用力的原因引起的, 所以, 可以通过改变动平衡机传感器探针受力的方式进行谐振频率的消除, 进而将动平衡机水平面的刚性系数进行调整。

### 2.3 建立完善的动平衡机校验人员审查机制

作为生产工作中起到重要作用动平衡机校验人员, 企业应该在上岗前对其进行岗前培训, 使其具备相关的专业知识, 并且制定完善的奖惩制度以及动平衡机校验人员考核机制, 严格监督检验工作人员的工作状态和工作质量, 在根本上杜绝了因专业知识匮乏, 进而不能对动平衡科学合理检查的现象发生, 不仅提高了工作质量, 也保证了旋转设备的正常运行。

### 2.4 加强国内外的动平衡机校验法交流

由于各生产装置旋转设备不断的增加及更新换代。旋转设备的形态和精度都有很大的变化。由此需要加强国内外的动平衡机校验法交流, 引进新的校验法与设备, 在实践与理论结合的前提下保证校验法的不断创新, 进而加快生产效率, 才能大幅度的提高企业效益。

## 3 刚性转子与挠性转子找动平衡的必备条件

转子可分为刚性转子和挠性转子两类。刚性转子是指转子在不平衡力的作用下, 转子轴线不发生动挠曲变形; 挠性转子是指转子在不平衡力的作用下, 转子轴线发生动挠曲变形。严格地讲, 绝对刚性转子不存在, 但习惯上把转子在不平衡力作用下, 转子轴线没有显著变

形,即挠曲造成的附加不平衡可以忽略不计的转子,都作为刚性转子对待。在找转子平衡工作中,如果把转子设定为刚体,则可使转子复杂的不平衡状态简化为一般的力系平衡状态,从而大大简化找平衡的方法。刚性转子具备了用一般力系关系找平衡的两个必备条件:

①转子不平衡质量所产生的离心力与振幅成正比;

②当转速不变时,振幅滞后于扰动的滞后角是一定值。

#### 4 高速动平衡与低速动平衡

##### 4.1 找动平衡的方法大致可归纳如下

直接测相法高速动平衡闪光灯测相法。动平衡同位二次加重法。试加重周移法垂直二次加重法。低速动平衡二次加重法对称二次加重法。两次加重法随意二次加重法。

##### 4.2 转子高速动平衡

一般是在机体内进行的,试验时的转速底于或等于工作转速,称试验时的转速为平衡转速。找平衡时,是用测振仪同时测出转子不平衡的相位及振幅。低速动平衡,它不是用仪器进行测相、测振,因转子处于低速状态,其不平衡质量所产生的不平衡力很小,不足以使转子产生明显可测的振幅,因而也就无法用仪器测出不平衡力的相位。

低速动平衡是专用的低速动平衡台上进行的,平衡台采用一种可摆式轴承,使轴承在底转速时与不平衡力发生共振,并将振动改变为适当的、可测的往复运动。然后通过二次以上加试加重试验,即可得到两次以上不同的合振幅值,根据每次的加重位置和加重后的合振幅,再进行作图与计算,求出应加重的方位与大小。低速动平衡不能采用测相、测振法,但高速动平衡可采用找低速动平衡的任何一种方法。

##### 4.3 试加重量周移法找低速动平衡

①试加重量前,先将转子升速至略高于转子的共振转速,然后拉开离合器让转子靠惯性旋转,随即松开动平衡台两侧轴承的固定螺栓,转速每降低 10r/min,记录一次百分表数值(转子的振幅)。在转子的降速过程中,轴承振动的振幅急剧增加,此时的转速(此时振幅最大为共振振幅)就是共振转速。这个转速应当测的准确,因为转子在整个找动平衡过程中,都要以共振转速的振幅变化为依据。令振动大的一端为 A 侧,另一端为 B 侧。找动平衡时,先做 A 侧再做 B 侧;

②将转子两侧的平衡面按同一起点分成 6-8 等份,并按转动方向编上序号;

③根据上述测出的 A 侧共振振幅 A。计算试加重量 P;

④把试加重量依次固定在 A 侧的各等分点上,并测记各点共振振幅。当各点出现共振振幅时,共振转速应保持不变。若共振转速有变化,则应找出原因,消除缺

陷。测记时若共振振幅出现在测速员两次口令之间时,记录员应按实际记录下共振振幅。当转速降到底于共振转速 20-40r/min 时即可停测;

⑤以各等分点为横坐标,以各点的共振振幅为纵坐标,绘出曲线。共振振幅最小的点,即为加平衡重量的位置;

⑥把平衡重量加在配重位置,起动试验对加重位置和重量多少再加以细致的调整,使 A 侧轴承振幅不超过允许限度;

⑦用同样的方法求出 B 侧的平衡重量及位置;

⑧当求出两侧平衡重量后,为了保证在同时松开轴承时保持平衡,应将 B 侧平衡重量分成 x 和 y 两个重量:  
 $X=Qb*mn/(mn-ab)(g)$ ,  $Y=Qb*nb*R2/(mn-ab)*R1(g)$ ;

⑨固定好两侧的平衡重量后,再启动转子,在两个轴承均松开的状态下,测量两侧轴承振幅。如不合格,可根据剩余振幅另求试加重量,直到合格为止。

##### 4.4 简单测相(划线)法找动平衡

①在靠近转子附近的轴上选择一段长 20-40mm,表面光滑、无锈蚀不晃动、无椭圆的轴段,作为划线位置,并在该段上涂一层白粉。起动转子至额定转速,转速稳定后,用铅笔或划针向涂白粉的轴段缓慢、平稳的靠近,在该轴段上划 3-5 道线段,线段越短越好。同时用震动表测取靠近转子的轴承上的振幅 A1。停机后找出轴上各条用铅笔划线痕迹的中点,并将该点沿径向移到转子平衡面上(设该点为 A),此点即为第一次划线位置;

②确定试加重量,根据转子转速、加重半径及振幅,查取 1t 重转子不平衡度 G1。G1 是针对中等刚性的轴承外壳所规定的数值,对于刚性较大的轴承,其 G1 值尚须乘 1.0-1.5 的系数。根据 G1 值即可得出转子不平衡度 G 值,  $P=0.5G(g)$ ;

③自平衡面上 A 点退后 90° 得 C 点,在 C 点上加上试加重量 P。再启动转子,按前操作方法进行第二次划线,并将划线中点移至平衡面上(B 点),并测记轴承振动振幅 A2;

④根据两次划线位置(A、B)和两次轴承振幅(A1、A2)。将平衡重量 Q 加在 D 点上,起动转子,进行试验,若振幅不合格,可对 Q 值及其位置作适当调整。若转子位于两轴承之间,则应先振幅较大的一侧找好平衡,再进行另一侧的找平衡,并将其平衡重量按周移法分配至两平衡面上。

## 5 结论

综上简要介绍了电机转子找平衡的几种方法,都是比较常用的,希望在今后的工作中能得到更多的方法。

### 参考文献:

- [1] 王永昌. 电机制造工艺学 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1984.
- [2] 龚炯. 电机实验 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1994.