

运动式发动机相比,有着更高的机械效率。

4.4. 无配气机构 与三角活塞式转子发动机一样,这种发动机同样也不需要复杂的配气机构,只需要进气口和排气口,发动机结构简单,没有四冲程发动机配气机构产生的振动,同时也省去了驱动配气机构的驱动功。

5. 研发的可行性

该发动机研发能否成功,首先取决于非圆形齿轮的设计、材料和制造方法上。再者是扇形转子的材料及制作问题。

5.1. 非圆型齿轮问题

发动机两个扇形转子在转动时发生角度差,造成工作腔容积的变化,其核心问题就是非圆型齿轮机构。非圆型齿轮的齿形要打破常规,不再采用模数制的渐开线齿轮,因为这类齿轮在齿轮节线曲率最大、曲率半径量小的区段上存在一个最少齿数问题。如果少于最少齿数,在这一区段上的齿轮齿廓容易发生根切问题,并且这种齿轮的齿根疲劳强度也不是很高。本发动机所使用的非圆型齿轮的齿廓可以采用诸如摆线或是其它共轭齿廓,以避免产生类似渐开线齿轮的根切问题[3]。

对于转轴2上的匀速转动的非圆型齿轮的材料可以采用高强度的渗碳钢材,对于与扇形转子一起转动的非圆形齿轮和拨轮可以采用高强度的碳纤维增强的复合材料来制作,这样可以减小转动惯量,有利于高速转动。

对于非圆形齿轮的加工制作方法,完全可以通过计算机控制的机床加工或是电蚀方法加工制作。

5.2. 凹、凸形拨轮机构问题

凹、凸形拨轮机构其实就是一种转动的凸轮机构,如果非圆形齿轮设计的非常圆满,完全可以无需此机构。当然,使用一组这样的转动凸轮机构也能代替非圆形齿轮机构,实现正弦函数变化的运动规律运动,这为正弦函数传动机构的研发开辟了新的途径。凹、凸形拨轮机构的制造类似一般的凸轮机构制造,没有很大的制造难度。随扇形转子一起转动的凸形拨轮可采用轻质的高强度复合材料制造。随着转轴2转动的凹形拨轮可用渗碳钢制造。

5.3. 扇形转子问题

扇形转子的结构可采用中间套管组合式结构(图中未标出),中间套管插入机体内的一端联接扇形转子,伸出机体外的另一端联接非圆形齿轮和拨轮,中间套管采用优质钢材加工制作。扇形转子则采用高强度的耐热合金或是耐高温的非金属材料制作(如碳化硅纤维强化金属复合材料,或是耐高温的C/C复合材料),这类材料在高温中,它仍可保持优良的机械性能,扇形转子采用中空结构以减小转动惯量。

5.4. 密封问题

扇形转子与圆形汽缸密封问题要比三角活塞式转子发动机好解决的多,可在扇形转子的外圆圆面和端面上可用加工出密封槽,安装密封条就能实现可靠地密封。这种密封方法技术上可行,生产工艺简单,密封材料要求不是很苛刻,有着比三角活塞式转子发动机更好的密封效果。

5.5. 润滑与冷却问题

扇形转子在工作时,因受热于高温燃气,并不断地将热量传向轴承等,可将心轴中部加

工出中心润滑油道,在扇形转子上也加工出冷却油道,以便于润滑和冷却轴承和扇形转子。

6. 结论

本发动机的主要特点是体积小、功率大,结构简单。可以采用滚动轴承以机减少件的摩擦、磨损,提高发动机的机械效率和机件的使用寿命。本机型若开发成功,它可代替目前的小型汽油机,在小型汽油机领域里面有着广阔的市场。它可以作为农林植保机械、小型农机具、园林机械、发电机组、建筑机械、舷外机械等的配套动力。只要有有关部门重视、多部门协作,研发成功本发动机应是没有多大问题,在当代科技发达的今天,在现有的工业技术条件下完全可以研发成功。总之,本发动机研发成功的可能性比较大,它具有很高的社会、经济价值。

参考文献

- [1] 朱仙鼎. 特种发动机原理与结构 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1998: 171.
- [2] 机械设计手册 中册 第2版 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1985: 79-88.
- [3] Ф. Л. 李特文. 齿轮啮合原理 第2版 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1984: 210-220.

作者简介:

白雪峰(1963-)男,汉族,籍贯是山东省济南市。1985年本科毕业于山东农业大学,现在泰安市高级技工学校高级讲师,主要从事机械学科的教学和研究工作,2006年在兰州理工大学获工程硕士学位。近年来已发表学术论文8篇,编写出版教材7部,获国家一项发明专利,两项实用新型专利。

系留气球储缆绞车乱绳现象探讨

中航工业特种飞行器研究所(荆门)-冯大毛

摘要:

分析了系留气球储缆绞车多层缠绕乱绳现象产生的原因,并结合系留缆绳多层缠绕的特点提出了几点解决系留气球储缆绞车乱绳的建议和措施。

Abstract: The causes of the multilayer cable winding disorders on tethered aerostat storage winches is analyzed, according to the multilayer cable winding characteristics, some suggestions are put forward.

Keywords: tethered aerostat; storage winch; tether cable; disorder cable

引言

通信或预警系留气球系统一般采用光电复合缆作为系留缆绳,该缆绳不仅用于各系统的

信息传输和球载设备的供电,还用于系留气球的空中系留。系留缆绳收放牵引和存储一般采用牵引绞盘和储缆绞车分离的结构形式,牵引绞盘能释放绝大部分的缆绳张力使缆绳张力减小至适于储缆绞车卷绕存储的程度。与钢丝绳一样,多层缠绕的系留缆绳(以下称缆绳)也会出现乱绳现象,下文将对系留气球储缆绞车乱绳现象进行初步探讨,并提出解决储缆绞车乱绳的初步措施和方案。

1. 乱绳现象及原因分析

储缆绞车的乱绳是指部分缆绳在绞车滚筒

上排列凌乱、不整齐,也可认为是缆绳在缠绕存储过程中排绳不顺畅。储缆绞车的乱绳有空槽、咬绳和背绳三种表现形式[1]。空槽是指缆绳跳过相邻的绳槽而排到其它绳槽;咬绳是指上层缆绳硬挤到下层缆绳中;背绳是指缆绳在滚筒局部堆积。储缆绞车出现乱绳的情形主要表现在靠近滚筒两侧法兰局部缆绳排列不整齐而形成锥台,见示意图1。靠近滚筒法兰处形成的锥台在绕缆时缆绳相互挤压摩擦,高处的缆绳通常会突然从上层跳到下层,跳层的缆绳张力瞬间减小并增大产生冲击并伴随冲击响声。

关键词

系留气球 储缆绞车 系留缆绳 乱绳

空槽和背绳等乱绳也能造成前面所述的冲击情况。咬绳主要是缆绳硬挤入下层缆绳中产生强烈的摩擦并产生响声。



图1 缆绳乱绳示意图

缆绳多层卷绕时产生乱绳的原因很多也很复杂,但缆绳的缠绕过程与钢丝绳非常相似,因此,可以参考钢丝绳乱绳产生的原因进行分析。钢丝绳多层卷绕产生乱绳的原因主要有绳径因长期磨损变细、底层钢丝绳排列松弛、滚筒及钢丝绳抖动、绳槽与绳径不适应[1][2]、钢丝绳进入滚筒的偏角过大[3]以及钢丝绳存在僵性阻力[4]等等。另外,第一层(或最底层)钢丝绳的缠绕至关重要,其它层的缠绕是以下一层排列的钢丝绳形成的沟槽进行缠绕的[2],也就是说:如果第一层钢丝绳缠绕松弛且绳槽与绳径不相适应,以后各层的缠绕极易出现乱绳;前一层钢丝绳的缠绕出现乱绳,后一层排列的钢丝绳也会出现乱绳。

一般来说,带绳槽的滚筒有利于顺利排绳,但螺旋线槽不适合多层钢丝绳的缠绕[3]。实践证明,螺旋线槽滚筒缠绕的钢丝绳从第二层开始往往卷绕不整齐[5]。

虽然缆绳乱绳的原因很复杂,但对于带有排绳机构的储缆绞车来说,排绳机构与滚筒卷绕的不同步是产生乱绳的一个很重要的因素。排绳机构的同步是指缆绳在滚筒上的缠绕和排绳机构的动作保持步调一致,即缆绳缠满一层时,入绳端的缆绳行走至滚筒边缘的一侧法兰处即将调头往另一端行走,而排绳机构的动作也恰好是即将调头。在实际操作中,绞车还未缠满一层缆绳,排绳机构就已执行换向动作,导致缆绳在滚筒上的排列有明显间隙,使缆绳在靠近法兰处形成空槽;或者,排绳机构换向较慢,导致缆绳在靠近法兰处形成背绳。这种空槽和背绳随着缆绳缠绕层数的积累在靠近滚筒两侧法兰形成锥台形的空当和堆积。因此,储缆绞车滚筒两侧法兰形成锥台形的空当和堆积的最主要原因是排绳机构走绳速度(或传动比)与绞车滚筒的转速不匹配:排绳机构走绳太快形成空当,走绳太慢形成堆积。由于缆绳的粗细影响缆绳在滚筒上缠满一层的圈数,缆绳直径偏小时,可以看作是排绳机构走绳偏快;缆绳直径偏大时,可以看作是排绳机构走绳偏慢。如果缆绳直径偏小且排绳机构传动比为定

量,缆绳排列时会产生更多的间隙,上层缆绳硬挤入下层缆绳而产生咬绳的几率会增大;再加上上层(或下层)缆绳排列松弛、缆绳的抖动和僵性阻力等因素,缆绳咬绳几率会更大。

2. 多层缠绕特点分析

如前所述,即使采用了排绳机构,也不能完全保证缆绳在多层缠绕时排列整齐和顺利排绳。多层缆绳或钢丝绳的缠绕整齐与否还与第一层(或最底层)缆绳的排列形式和紧密程度密切相关。

带绳槽滚筒第一层缆绳的缠绕形式与绳槽一致,第一层缆绳排列形成的沟槽与滚筒上的绳槽基本保持一致,第二层缆绳将以第一层缆绳形成的沟槽作为“绳槽”进行缠绕,即第二层缆绳绝大部分落在第一层缆绳形成的沟槽中间(见图2a),其它部分则因需要过槽而“骑”在第一层缆绳上方(见图2b)。

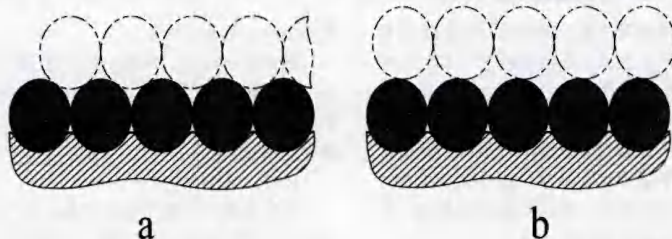


图2 缆绳排列示意图

对于光面滚筒来说,理论上第一层缆绳的缠绕是一规则空间螺旋卷绕;实际上,由于缆绳间的相互推挤,卷绕在滚筒上的绳圈并非规则螺旋线,而是由一段倾斜段和一段平行段组成[5],见图3。光面滚筒上第一层缆绳整齐紧密缠绕而形成的沟槽也可以看作是其它层缆绳的“绳槽”,其它各层缆绳的缠绕与带绳槽滚筒基本相同。



图3 光面卷筒缆绳缠绕示意图

无论是带绳槽滚筒还是光面滚筒,卷绕在滚筒上的外层绳圈都要有足够的预紧力来维持其受挤压时的稳定以避免咬绳。如果外层绳圈比较松弛,被卷绕的缆绳极易嵌入外层绳圈中间,外层绳圈的部分缆绳也可能被挤出而“骑”在相邻的绳圈上,这些会影响排绳的效果,也容易造成乱绳。当外层绳圈卷绕比较紧密时,层缆绳形成的沟槽结构比较稳定,产生咬绳的

几率低,缆绳能沿沟槽顺利排绳。

3. 解决乱绳的建议和措施

根据前面的分析,储缆绞车排绳不理想的主要原因是排绳机构与滚筒卷绕的不同步,其次是外层绳圈缠绕松弛。外层绳圈缠绕松弛的解决措施主要是稳定缆绳缠绕时的张力,避免缆绳张力出现较大的波动或抖动。排绳机构不同步的解决措施主要是控制排绳机构的走绳速度和缆绳缠绕时的入绳角度,走绳太快或入绳角度太大绳圈之间易形成空槽或咬绳,走绳太慢易形成背绳或咬绳。

可选的稳定缆绳缠绕张力的措施有两种:在滚筒驱动机构中安装扭矩限制器,或在排绳装置中安装储缆张力传感器。

可选的走绳速度控制措施有:选用无级变速机构或可调速的马达。例如,用光轴转环直线移动式无级变速器(也称可调速光杆丝杠)

代替传统的双向往丝杠,或在传动系统中采用机械无级变速器等。光轴转环直线移动式无级变速器主要用于电线电缆的收线、绕制线圈以及卷绕成盘等,在我国电线电缆工业中已广泛应用[6]。机械无级变速器主要用于调整作业设备的最佳运转速度,如行星式牵引无极变速器、皮带牵引无级变速器等。由于机械无级变速器不适合长期以某一固定的速度运行,在实际操作中往往变速器长时间运转后需要人工辅助微调变速器的传动比。

对入绳角度进行控制是一种全自动排绳方案。可在排绳装置中设置角度传感器,适时检测缆绳的入绳角,通过自动控制系统调节丝杠的转速、无级变速器的传动比或控制丝杠马达的运转来实现入绳角度的调整。该措施控制同步走绳和缠绳的精度高,适应于不同直径缆绳的卷绕,不需要人工辅助调整变速器的传动比。

4. 结论

显然,单层或双层缠绕的缆绳在滚筒上形成的结构要比多层缠绕更稳定,出现乱绳的几率更低。但是,限于安装空间和重量等因素,储缆绞车只能采用多层缠绕存储缆绳时,建议从缆绳缠绕张力控制、走绳速度控制和入绳角度控制等方面考虑排绳设计。另外,储缆绞车产生乱绳的原因实际上比较复杂,对缆绳缠绕张力、走绳速度和入绳角度等参数进行实时监控能有效减小出现乱绳的几率,但仍然不能杜绝乱绳现象,因此,提高作业人员日常维护和

人工辅助排绳的技能也是避免储绳绞车产生乱绳的措施之一。

参考文献:

[1] 高加索, 范吉祥, 刘文娟. 绞车滚筒乱绳原因分析及解决方法 [J]. 石油矿场机械, 2010, 39(2):82-86.

[2] 邢鹏, 陈思祥. 关于绞车滚筒夹绳问题

的几点思考 [J]. 石油矿场机械, 2010, 39(2):82-86.

[3] Cris Seidenathe. 折线绳槽滚筒——滚筒设计是进行平滑提升作业的关键 [J]. 建筑机械与管理, 2006(01):49-50

[4] 胡水根, 利歌. 折线绳槽滚筒 [J], 起重运输机械, 2001(1):12-15.

[5] 雷宽成. 钢丝绳在滚筒上的卷绕运动及

磨损 [J]. 石油机械, 1994, 22(9):6-10.

[6] 阮忠唐主编. 机械无级变速器设计与选用指南 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1999. 8.

作者简介

冯大毛, 男, 高级工程师, 毕业于南京航空航天大学飞行器制造工程专业, 研究方向: 飞行器环控、救生及地面设备系统设计。

浅谈动平衡试验的原理及验收标准

中核核电运行管理有限公司 - 肖孝锋

关键词 核电站 旋转机械 动平衡 泵

摘要: 旋转机械是核电站设备的一个重要的组成部分, 其安全稳定运行关系着整个核电站的安全运行, 本文结合核电站的具体设备, 主要介绍了旋转机械动平衡的试验原理及验收标准。

旋转机械设备产生的振动会加速轴承的疲劳和磨损, 降低机械设备的精度和可靠性, 产生噪声, 严重时则会发生机械事故。对核电站而言, 主泵, 主给水泵, 汽轮机等均为大型旋转机械, 特别是像汽动辅助给水泵等为高速旋转机械, 动平衡对其安全稳定运行尤为重要, 当然核电站还有风机, 压缩机等旋转机械, 其动平衡的方法与水泵相似。

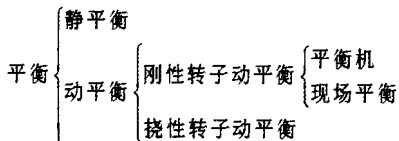
1. 动平衡试验原理

1.1. 概述

如果转子刚体是均匀对称的, 绕对称中心轴转动, 则各点离心力相互抵消。由于转子本身组织不均匀, 或是加工误差, 装配等造成质量偏心等都会引起旋转轴线的偏移, 从而导致不平衡。

例如一个薄圆盘, 若是质量分布不均, 不能相互抵消平衡, 就可以产生不平衡力, 总效果是相当于某一个方向上多出一个当量的不平衡质量。对于长轴物体, 如水泵转子可看成多个不平衡圆盘的组合, 不平衡质量的分布呈空间曲线形式。

平衡可以分为静平衡和动平衡, 动平衡又可以分为刚性转子平衡和挠性转子平衡。



静平衡是在转子一个校正面上进行校正平衡, 校正后的剩余不平衡量, 以保证转子在静态时是在许用不平衡量的规定范围内, 因此静平衡又称为单面平衡。

动平衡则是在两个校正面上同时进行校正平衡, 校正后的剩余不平衡量, 以保证转子在动态时是在许用不平衡量的规定范围内, 因此动平衡又称为双面平衡 (特殊情况下也可以使

用多个校正面进行平衡)。

通常水泵转子, 汽轮机转子都属于刚性转子, 动平衡是在工厂的动平衡机上进行, 现场平衡一般是在工作条件下进行, 特别是现场维修时更为方便。

1.2. 动平衡原理

动平衡的目的是平衡不平衡力和力矩, 由于转子上的平衡是分布式的, 在转子上存在多个不平衡力, 可以分别向任选的两个面简化, 这两个面即通常我们所说的校正面。通常不平衡量可以由矢量来表示, 符号为 U , 单位通常为 $g \cdot mm$ 。如图 1 所示, 转子不平衡量在两个校正面上分别为 U_1 和 U_2 。

根据上述转化, 只需要在两个校正面上加上两个校正量 W_1, W_2 来平衡不平衡量 U_1 和 U_2 , 即可实现平衡。

即: $W_1 + U_1 = 0, W_2 + U_2 = 0$ 。

校正量可以是正的也可以是负的, 据此校正方式基本上分去重和加重两种, 目前对于水泵的转子动平衡去重方式使用较多, 而对于汽轮机则使用加重方式较多, 如平衡槽式和平衡螺钉式等。

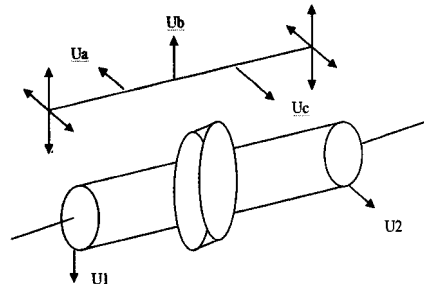


图 1: 转子不平衡量的简化图

2. 动平衡验收标准

2.1. 动平衡的试验转速

刚性转子动平衡只要试验系统的灵敏度足够, 可以取用较低的转速 (相对于工作转速而

言)。平衡转速通常只取用一个, 在此转速下转子的弯曲变形显然很小, 不会影响其不平衡量的大小和分布, 平衡过程中只是把力和力偶不平衡量降低到许可的范围内。

例如水泵, 对高速旋转的转子, 一般转子动平衡速度在 700 - 1000 转左右, 如上充泵转子动平衡试验转速为 830rpm, 而对于速度较低, 直径较大的转子, 转子动平衡在 200 - 400 转左右, 如主泵转子动平衡试验转速为 300rpm, 海水循环泵叶轮动平衡试验转速为 250rpm。

2.2. 动平衡的精度等级

一个转子的总不平衡量, 工程上都是使用两个平面上不平衡量的模之和来表示:

$$U_0 = |U_1| + |U_2|$$

为了排除转子质量的因素, 工程上也用不平衡量除以转子质量后来表示:

$$e = \frac{U_0}{M}, e \text{ 称为不平衡度, 又称为不平衡偏心距, 单位通常用 } \mu m.$$

国际标准 ISO 1940 使用了 $e\omega$ 值作为动平衡品质的衡量尺度

我国国标也是使用 $Su = e\omega$ 作为衡量尺度, 命名为不平衡烈度, 单位通常为 mm/s。

在 ISO 1940 和国标中均以 Su 值大小来划分动平衡品级, 并冠以符号 G 为等级。

$$\text{动平衡等级 } G (\text{mm/s}) = (e/1000) \times \omega = (e/1000) (2\pi n/60)$$

如图 2 中, 是以转速 (n 转/分, 即 rpm) 为横坐标, 以偏心距 e (μm , 微米) 为纵坐标, 以动平衡等级 G (mm/s) 为参数的斜线族 (该斜线左高右低, 即同一个 G 值, 低转速设备所允许的偏心量大, 高转速设备所允许的偏心量小)。斜线族中包括 G0.4, G1, G2.5, G6.3, G16, G40, G100, G250, G630 等各级。

如果转速为 4800 rpm, 选取 $G=2.5$; 则查阅动平衡斜线, 可以找到对应的纵坐标读数约