

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.09.012

# 一种车载线缆电动盘线装置

汪元蛟<sup>1</sup>, 康林<sup>2</sup>

(1. 中国兵器工业第五八研究所 检验科, 四川 绵阳 621000;  
2. 总装重庆军代局驻绵阳地区军代室, 四川 绵阳 621000)

**摘要:** 针对各种长度和直径不同的线缆卷绕问题, 设计一种可卷绕 5 种线缆的车载线缆电动盘线装置。该装置通过减速带动轮毂转动, 对各种线缆进行缠绕。给出了设计过程中的各个参数, 通过计算得出了在实际卷绕中需要的时间和提速的措施。实例证明了该装置的有效性。

**关键词:** 电动盘线; 应力; 电机

**中图分类号:** TP206 **文献标识码:** A

## A New Electrical Convolute Equipment of Wire in the Vehicle

Wang Yuanjiao<sup>1</sup>, Kang Lin<sup>2</sup>

(1. Laboratory & Quality Control Section, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industries, Mianyang 621000, China; 2. Mianyang Office of Chongqing Military Representative Bureau of PLA General Equipment Department, Mianyang 621000, China)

**Abstract:** For the convolute problems of wire in different lengths and diameters, introduce a new design of electrical convolute equipment which can convolute five kinds of wires in the vehicle. Via the slowing the speed, the equipment make the wheel rotating and convoluting kinds of wire. In the paper, all the parameters in the design's course the time for the wires convolute and the timesaving strategy is given. At last, the example proved the validity of the equipment.

**Keywords:** electronic equipment for convolute; stress; motor

### 0 引言

目前, 进行线缆卷绕的电动装置不能对粗细不一的线缆进行卷绕, 而人工进行卷绕则效率十分低下。某型车载线缆需要同时卷绕 5 种长度和直径不同的线缆: 圆形直径为 16 mm、长度 100 m 防水橡胶电缆线, 圆形直径为 3 mm、长度 500 m 的光纤线, 圆形直径为 6 mm、长度为 100 m 的网线, 圆形直径为 2 mm、长度为 100 m 的双根缠绕线以及

方圆形厚度 6 mm、宽度 15 mm 长度为 100 m 的音视频线, 故设计一种可卷绕 5 种线缆的车载线缆电动盘线装置, 以提高卷绕效率。

### 1 方案设计

该装置通过减速带动轮毂转动, 轮毂转动盘绕线缆的方法进行对各种线缆进行缠绕。

#### 1.1 盘线公式计算

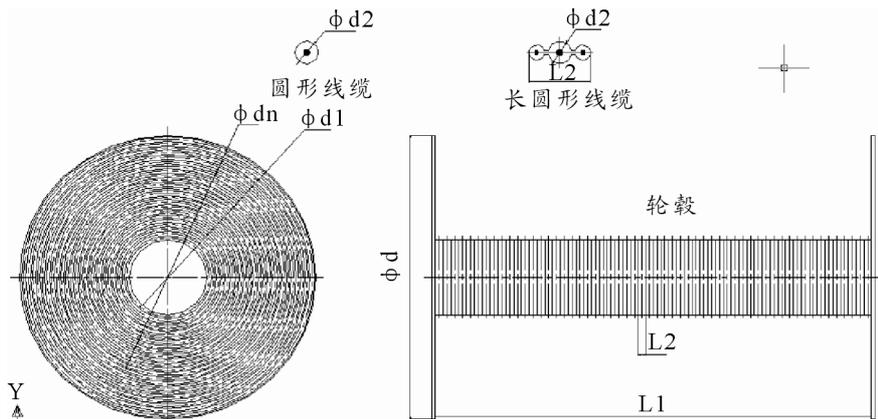


图 1 结构图

线缆的层数随轮毂转动而增加, 每层缠绕的线缆的长度也不一样, 如图 1, 轮毂第 1 层上能够盘

线的长度为  $S_1$ :  $S_1 = \frac{L_1}{L_2} \times \pi \times (d_1 + 1 \times d_2) \text{ m}$

轮毂第 2 层上能够盘线的长度为  $S_2$ :

$$S_2 = \frac{L_1}{L_2} \times \pi \times (d_1 + 3 \times d_2) \text{ m}$$

依此推算, 轮毂第  $n$  层上能够盘线的长度  $S_n$  为:

收稿日期: 2010-04-18; 修回日期: 2010-05-19

作者简介: 汪元蛟 (1977-), 男, 青海人, 硕士, 工程师, 从事检测技术及其相关设计研究。

$$S_n = \frac{L1}{L2} \times \pi \times \{d1 + [1 + (n-1) \times 2] \times d2\} \text{ m}$$

当盘到第  $n$  层时, 盘线的总长度  $L$  为:

$$L = S1 + S2 + S3 + \dots + Sn$$

$$= \frac{L1}{L2} \times n \times \pi \times d1 + \frac{L1}{L2} \times n^2 \times \pi \times d2 \text{ m}$$

式中,  $L1$  为轮毂盘线段长度;  $L2$  为线缆宽度(对圆形线缆,  $L2=d2$ );  $d1$  为轮毂直径,  $d2$  为线缆直径(对长圆形线缆;  $d2$  为线缆厚度);  $dn$  为轮毂盘线后, 第  $n$  层的直径;  $d$  为轮毂挡线板直径。

### 1.2 相关应力计算

当一个转动装置持续平稳运转时, 所需要持续输入的能量(功)为:

$$W = M \times \phi \text{ (w)}$$

其中,  $W$  为输入的功;  $M$  为转动装置受到的力矩;  $\phi$  为转动装置转过的角度。

该装置所受到的力矩为摩擦力的力矩, 其模型简图如图 2。

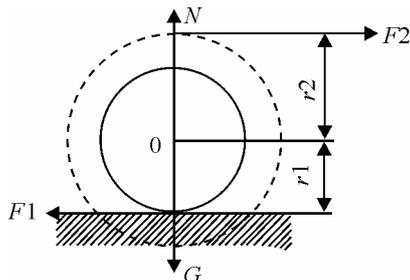


图 2 装置的模型简图

在平稳状态时, 有如下关系:

$$G = N$$

$$F_1 \times r_1 = F_2 \times r_2$$

$$G = m \times g$$

$$F_1 = f \times N$$

上式中,  $N$ 、 $F_1$ 、 $F_2$  是力矩, 单位是 N,  $m$  是质量, 单位是 kg,  $r_1$ 、 $r_2$  是图中所示的长度, 单位是 m;  $g$  是重力加速度;  $f$  是摩擦因数。

在该装置中, 轴上质量主要是线缆质量、盘线轮毂质量、轴的质量、大链轮质量、大锥齿轮质量和轴承、轴用挡圈的质量。

$$\text{线缆质量: } m = \rho \times v \text{ (kg)}$$

$$\text{其中, } \rho = 8.9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

根据线缆质量公式, 可计算出 5 种线缆的总质量为:  $m_{\text{总1}} \approx 322 \text{ kg}$ 。

挡线板的总质量为 43 kg, 圆盘总质量为 4.7 kg, 连杆 A 的总质量为 0.2 kg, 连杆 B 的总质量为 0.55

kg, 连杆 C 的总质量为 0.18 kg, 大链轮的总质量为 1.77 kg, 大锥齿轮的总的质量为 1.5 kg, 轴的总质量为 6.4 kg, 深沟球轴承 6008 的总质量为 1.8 kg, 深沟球轴承 6207 的总质量为 0.58 kg, 轴用挡圈 ( $d=40$ ) 的总质量为 0.096 kg, 轴用挡圈 ( $d=35$ ) 的总质量为 0.01 kg, 普通圆头平键 ( $12 \times 8 \times 28$ ) 的总质量为 0.02 kg, 锁紧装置的总质量为 2.7 kg, 故轴上所有零件的总重约为:

$$m_{\text{总}} = 322 + 43 + 4.7 + 0.2 + 0.55 + 0.18 + 1.77 + 1.5 + 6.4 + 1.8 + 0.58 + 0.096 + 0.01 + 0.02 + 2.7 \approx 386 \text{ kg}$$

所以:

$$G = m \times g = 386 \times 9.8 \approx 3860 \text{ N}$$

查机械设计手册可知, 滚动轴承中, 单列向心球轴承的摩擦因数为 0.004。

$$\text{所以有: } F_1 = f \times N = 0.004 \times 3860 = 15.44 \text{ N}$$

产生的力矩为:

$$M = 15.44 \times 24 \times 10^{-3} = 0.37 \text{ N}\cdot\text{m}$$

该盘线装置的线盘旋转速度约为 5 r/min, 所以, 其每分钟需要输入的功为:

$$W = 0.37 \times 5 \times 2 \times 3.14 = 11.618 \text{ (w)}$$

$$\text{功率为: } p = \frac{W}{t} = \frac{11.618}{60} = 0.194 \text{ (w)}$$

查机械设计手册可知, 滚子链传动的效率为 0.96, 所以, 需要电机输出的功率为:

$$p = \frac{0.194}{0.96} = 0.21 \text{ (w)}$$

在该装置中, 原动机选用无锡市红湖磁电机厂生产的直流减速电机, 型号为: 76ZYT001J2000, 相关参数为: 减速比为 1/180, 转矩为 120 kg.cm, 转速为 11 r/min, 额定电压为 24 (VDC), 空载电流  $\leq 1.3 \text{ A}$ , 负载电流  $\leq 5.5 \text{ A}$ , 该电机能提供的最大额定功率为:  $p = u \times i = 24 \times 5.5 = 132 \text{ (w)} \geq 0.21 \text{ (w)}$ , 功率满足要求。

在轴上, 共有 6 个受力点(大链轮与大锥齿轮段、音视频线段、网线段、电话线段、光纤线段、防水橡胶电缆线段), 根据以上各零件的质量计算, 各段受力如下:

1) 大链轮与大锥齿轮段:

$$F_{\text{链}} = 3.302 \times 10 + 20.235 \times 2 = 53.255 \times 2 \approx 54 \text{ (N)}$$

2) 音视频线段:

$$F_{\text{音}} = G = m \times g = 89.844 \times 9.8 = 880.471 \times 2 \approx 900 \text{ (N)}$$

3) 网线段:

$$F_{网} = G = m \times g = 34.769 \ 4 \times 9.8 = 340.740 \ 12 \approx 341 \ (N)$$

4) 电话线段:

$$F_{电} = G = m \times g = 15.207 \ 2 \times 9.8 = 149.030 \ 56 \approx 150 \ (N)$$

5) 光纤线段

$$F_{光} = G = m \times g = 41.057 \ 25 \times 9.8 = 402.361 \ 05 \approx 410 \ (N)$$

6) 防水橡胶电缆线段:

$$F_{防} = G = m \times g = 188.968 \ 4 \times 9.8 = 1 \ 851.890 \ 32 \approx 1 \ 852 \ (N)$$

轴三维模型的网格划分及受力图如图 3。

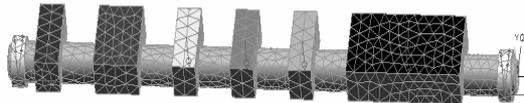


图 3 轴三维模型的网格划分及受力图

采用 Unigraphics NX 2.0 三维建模软件, Structures P.E. v3.0 有限元求解器, 网格类型为: 十节点四面体单元, 网格全局单元尺寸大小为 15.2, 网格中的单元数为 15 589, 网格中的节点数为 26 702, 轴采用钢质材料。

材料参数如下: 密度为  $7.829 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ , 泊松比为 0.288 (21℃), 弹性模量为  $206.94 \times 10^9$  (21℃), 经有限元运算求解, 应力分析效果如图 4。

由图 4 可知: 轴的最大综合应力为 62.65 MPa, 形变效果图如图 5。

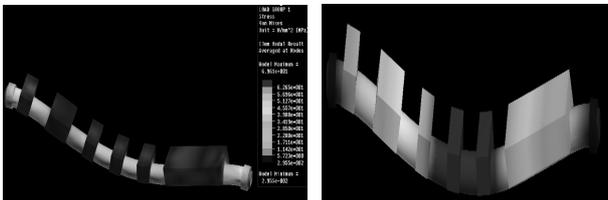


图 4 应力分析效果图

图 5 形变效果图

经查询可知, 在轴的中部, 轴的变形位移最大, 查询值如下:

节点 ID	X	Y	Z	Magnitude
2152			5.374357e-005	-1.343372e-001
-3.150469e-003		1.343742e-001		

轴用冷拔无缝钢管加工而成, 其屈服强度  $\delta_s \geq 160 \text{ MPa}$ , 强度极限  $\delta_b \geq 300 \text{ MPa}$

设计时, 取安全系数为 2, 轴的最大综合应力为:  $62.65 \times 2 = 125.3 \text{ MPa} \leq \delta_s \leq \delta_b$ 。

在此极限受力条件下, 轴的最大位移为 0.134 34 mm, 从以上分析可以看出, 轴的刚度与强度均满足要求。

## 2 设计结果

总体安装效果图如图 6。

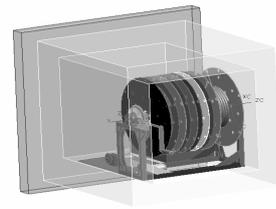


图 6 总体安装效果图

## 3 结果计算

直流减速电机输出转速: 11 r/min, 小链轮齿数: 18, 大链轮齿数: 48, 链传动的减速比:  $\frac{48}{18} = 2.667$ ,

轴的转速:  $\frac{11}{2.667} = 4.124 \ 5 \ (r/min)$ , 小锥齿轮齿数:

17, 大锥齿轮齿数: 66, 锥齿轮传动的减速比:  $\frac{66}{17} = 3.882 \ 4$ 。

当卷绕第一层线时, 由于直径较小, 所以盘线长度比较短, 随着层数增加, 直径变大, 盘线的长度也在增加, 为简化计算, 以所盘线缆的中间层半径为基准计算。

经计算, 盘完 100 m 防水橡胶电缆线所需时间为:  $\frac{100 \times 1 \ 000}{3 \ 988.886 \ 44} \approx 25 \ \text{min}$ 、盘完 100 m 光纤线所需时

间为:  $\frac{500 \times 1 \ 000}{4 \ 481.022} \approx 112 \ \text{min}$ 、盘完 100 m 网线所需时

间为:  $\frac{100 \times 1 \ 000}{4 \ 403.316 \ 2} \approx 23 \ \text{min}$ 、盘完 100 m 电话线所需

时间为:  $\frac{100 \times 1 \ 000}{4 \ 506.923 \ 64} \approx 23 \ \text{min}$ 、盘完 100 m 音视线所

需时间为:  $\frac{100 \times 1 \ 000}{4 \ 403.316 \ 2} \approx 23 \ \text{min}$ 。因此, 盘完所有线

缆所需时间为 206 min。

## 4 总结

该装置能实现 5 种线缆的卷绕, 但所需时间比较长。如果选择变频调速电机来增加轴的转速, 盘线时间将大大缩短, 但成本将会有所增加。在具体应用时, 可根据设计任务要求中的目标参数, 选择合适的传动方案, 根据相关参数进行结构设计。

## 参考文献:

- [1] 方正. BFT 型多柔传动装置的理论分析[J]. 重型机械, 1985(9).
- [2] 王春和. 多柔传动系统中解决齿轮同步问题的一种方法[J]. 北方工业大学学报, 1988(1).
- [3] 杨基原, 编著. 机构运动学与动力学. 北京: 机械工业出版社, 1987.
- [4] 许涛, 赵志旺, 曹林, 等. 基于半导体激光器的车载红外夜视系统设计[J]. 四川兵工学报, 2009(8): 23-26.