

文章编号:1000-582X(2004)10-0118-03

钢缆绳在线测长系统*

周宴,肖沙里,丘柳东,唐跃林,姚富光

(重庆大学 教育部光电技术及系统开放实验室,重庆 400030)

摘要:在生产线上对钢缆绳长度进行实时准确的测量,其关键是检测打滑,消除由于打滑带来的测量误差。在对生产流程分析的基础上,采用成品卷筒和主动卷筒的转速比在短时间内是否有跳变的方法来检测是否打滑,从而消除由于打滑而引起的测量误差。用编码器零位来消除由于现场干扰而引入的少量非计数脉冲。实验结果表明,该系统工作可靠,测量误差小于0.2%。

关键词:钢缆绳;消除打滑;零位脉冲;在线测长

中图分类号:TP27

文献标识码:A

钢缆绳广泛地运用于桥梁、码头、矿山等生产、运输的一线工地。由于钢缆绳本身的生产成本高,对于厂家需要节约成本、提高产品的质量、维护自己的信誉。因而准确的测量钢绳的长度至关重要。其传统的测量方法是在主动卷筒处安装机械计数器,根据主动卷筒的旋转圈数和直径来计长。由于生产钢绳的规格千差万别,直径各不相同,故其灵活性低,并且无法消除由于打滑所引起的误差,因而测量不准。该系统是根据钢绳厂的应用需要和生产状况研制,通过实际实用和测试表明该系统测量准确、可靠,操作方便。

变化;主动卷筒在整个生产过程中其直径不变化,但与钢绳会有相对的滑动,即打滑,故将成品卷筒用做参考轮,主动卷筒用做测量轮。

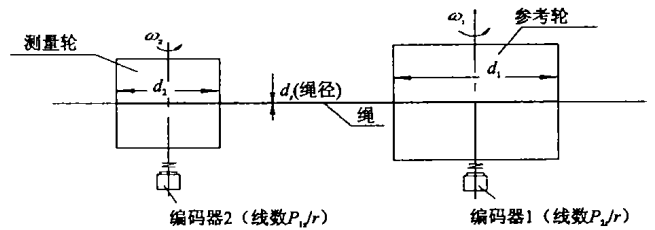


图2 测量原理示意图

1 测量原理

1.1 钢绳生产流程分析

钢绳的生产流程简图示意图如图1所示。股绳和绳芯经主机聚合成钢丝绳,经压紧轮,由主动卷筒至成品卷筒。在成品卷筒处有摩擦打滑装置,用它来控制成品卷筒的旋转速度。打滑是主动卷筒与钢绳有相对的滑动,而成品卷筒与钢绳是没有相对滑动的。

则测量的绳长 l 为

$$l = \frac{P_2 - P_s}{P_{2z}} \times \pi(d_2 + d_s) \quad (1)$$

其中, P_2 为编码器2的脉冲累计数, P_s 为累计的打滑脉冲数。

在运动过程中,单位时间 ΔT 内,其参考轮与测量轮的转速比 R 为

$$R = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{\Delta P_1}{\Delta P_2} \quad (2)$$

其中, $\Delta P_1, \Delta P_2$ 分别为 ΔT 内 P_1, P_2 的变化量, P_1 为编码器1的脉冲累计数。

当不打滑时,由于测量轮和参考轮在线速度上是一样的,设在单位 ΔT 时间内绳运动的长度为 ΔL ,当前参考轮的直径为 d_1 ,则 $\frac{\Delta P_1}{\Delta P_2} = \left(\frac{\Delta L}{\pi d_1} \times P_{1z}\right) / \left(\frac{\Delta L}{\pi d_2} \times P_{2z}\right) =$

$\frac{d_2}{d_1} \times \frac{P_{1z}}{P_{2z}}$ 由(2)式则得如下式(3)。

$$R = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{d_2}{d_1} \times \frac{P_{1z}}{P_{2z}} \quad (3)$$

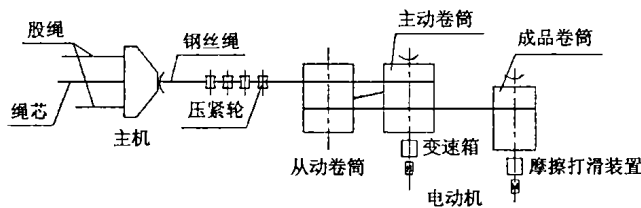


图1 钢丝绳生产流程示意图

1.2 测量原理

在主动卷筒和成品卷筒处各安装一个光电旋转编码器^[1],如2图所示。由于成品卷筒与钢绳是不会相对滑动的,但成品卷筒的直径随着生产的进行会不断

* 收稿日期:2004-04-02

作者简介:周宴(1978-),男,四川资阳人,重庆大学硕士研究生,主要从事测控技术方面的研究。

在运动过程中,由于参考轮的直径 d_1 随时间会逐渐变大,而钢绳的线速度变化很小,设为 v_s ,则从 t_0 时刻开始到 t 时刻钢绳运动的长度应等于绕在参考轮上钢绳的长度有式(4)。

$$\int_{t_0}^t \pi \times (d_0 + \frac{dd_1}{dt}) dt = v_s \times (t - t_0) \quad (4)$$

其中 d_0 为 t_0 时刻参考轮的直径。由式(4)微分再整理可得式(5)。

$$\frac{dd_1}{dt} = \frac{v_s - \pi \times d_0}{\pi} \quad (5)$$

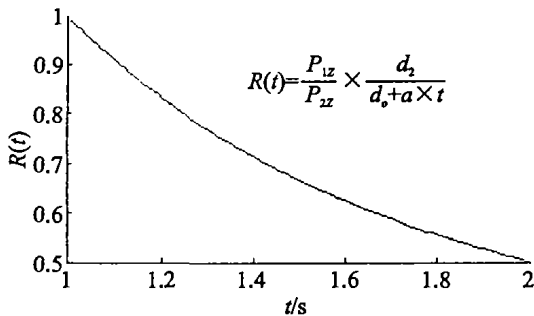
令 $a = \frac{dd_1}{dt} = \frac{v_s - \pi \times d_0}{\pi}$ 由式(5)得式(6)。

$$d_1(t) = d_0 + a \times t \quad (6)$$

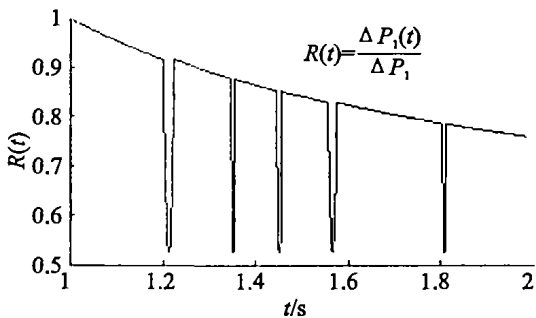
由式(3)和式(6)则得如下式(7)。

$$R(t) = \frac{P_{1Z}}{P_{2Z}} \times \frac{d_2}{d_0 + a \times t} \quad (7)$$

d_2, P_{1Z}, P_{2Z} 都为常量, $R = \omega_1/\omega_2$ 会逐渐变小,其曲线应为双曲线如图 3 中(1)图。



(a)无打滑的速比(曲线光滑)



(b)有打滑的速比(有跳变)

图 3 测量中参考轮与测量轮在无打滑和有打滑情况下的转速比曲线

由于在运行过程中,会随机出现突然的打滑现象,即是 ΔP_2 变化很小, $\Delta P_1 \approx 0$ 。其曲线不再是光滑的双曲线而会有突变(如图 3(2)所示),其中突变部分为打滑处。通过检测 R 的突变,从而检测出打滑,突变处的驱动轮的脉冲数 ΔP_{2i} 为打滑量。将测量过程中所有的打滑量累计则为测量中打滑的总的脉冲数为 P_s ,如下(8)式。

$$P_s = \Delta P_{2s1} + \dots + \Delta P_{2si} \dots + \Delta P_{2sn} \quad (8)$$

其中 ΔP_{2si} 为测量中第 i 次打滑的脉冲数。

由于测量轮的转速不高(一般在每分钟 5 转以

下),且转速比较恒定,虽然参考轮的直径随着生产而增大,但是在短时间内(1 s 之内)参考轮的直径基本上可以看成是恒定。在刚开始运动时,由于摩擦力很大不会出现打滑,故在时间内由公式(2)可以得到参考轮和测量轮的旋转速比 R_0 。

设当前的转速比为 R_n ,在运动过程中,转速比在不断的变化,而不打滑时变化是非常缓慢的,打滑时会出现跳变,故可以设置阀值 T_h ,当 $T_h < T_n/R_0$ 时则认为打滑,当前测量轮的脉冲增加数 ΔP_2 为打滑的脉冲。 $T_h < T_n/R_0$ 时则认为不打滑,同时将 R_n 的值赋给 R_0 。这样通过自适应处理^[2],即 R_0 不断的修正来适应参考轮直径逐渐变大,转速比逐渐下降的趋势,从而准确的检测出打滑。同时在处理中,为了防止白噪声信号的干扰^[3],取前面不打滑 4~5 的速比的平均值作为当前不打滑的比率。打滑处理过程如图 4 所示。

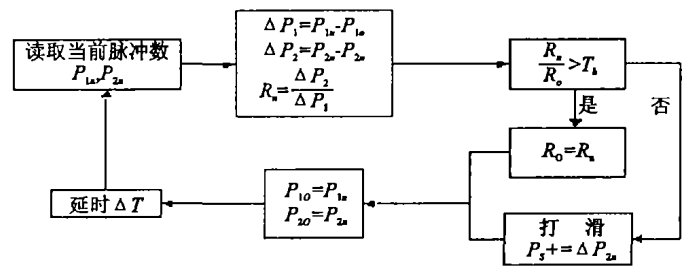


图 4 检测打滑的处理流程

2 系统实现

2.1 硬件配置

系统数据采集卡采用光栅计数卡。卡上有四组独立的光栅脉冲输入和计数通道。系统测试安装示意图如 5 图。由于系统是对转动累计计数,所以采用增量式旋转编码器^[4]。根据采集卡的响应频率、测量精度的要求,相应选用参考轮和测量轮的旋转编码器为 2 000 P/r,和 800 P/r;输出信号具有 A, B, Z 三路。由于生产现场严重的电磁干扰,故主机选用工控机,从编码器到计算机接口处信号加屏蔽,采用编码器零位来消除干扰脉冲引起的计数误差^[5]。

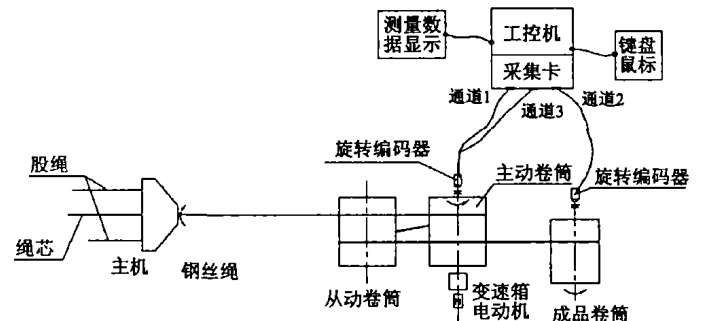


图 5 系统测试安装示意图

2.2 软件实现

系统采用 Visual C++ 6.0 作为开发平台,由于要分别处理打滑、计算打滑脉冲数和检测零位计长(包括反转的零位计长),因而采用 Windows 的多线程

技术^[6]。其程序流程分别如6图和7图。

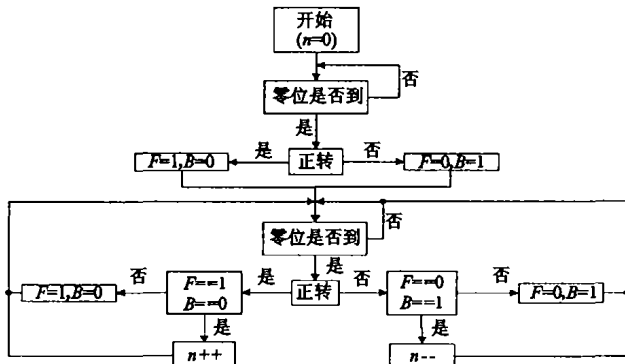


图6 线程一(检测零位计长)

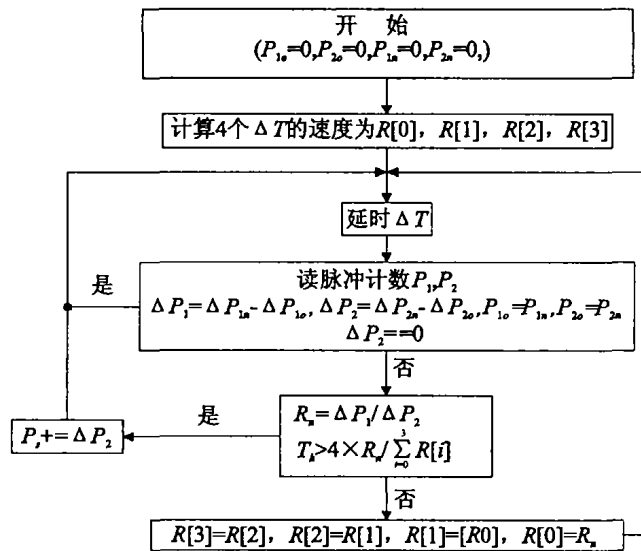


图7 线程二(检测打滑、计打滑脉冲)

3 实验数据与分析

这次分别在18号和7号生产线上对该套系统进行安装、测试,其测量轮的直径分别为800mm和1060mm。从小钢丝绳(2.0~6.0mm)到粗大钢丝绳(10mm~60mm)生产线,在生产过程中,不时会有打滑现象出现。测试结果如表1所示。

表1 系统测试结果

生产线	绳径/mm	机械计长/m	该系统计长/m	打滑长度/m	实际长度/m	误差/%
18	5.4	556	551.979	3.254	552.318	0.61
7	12.0	451	457.393	5.326	458.246	1.86
18	6.2	409	407.176	4.101	407.914	1.81
7	22.0	400	395.102	7.282	395.848	1.88
7	17.0	494	488.768	7.472	489.145	0.771

测量误差的主要来源是实际中可能会出现轻微打滑,测量轮的磨损使其直径变小,但测试结果表明,其误差值在系统误差范围内,本系统达到了设计要求的低于0.2%的精度。

4 结论

在系统的分析了钢绳生产流程的基础上,适应生产线的状况,从而基于驱动轮来测量钢绳长度,关键是如何检测打滑以及消除由于打滑所带来的误差。通过比较参考轮和测量轮在转速比上是否有跳变来检测打滑,在程序中采用累计脉冲的方法来消除由于微小打滑而出现的舍入误差。在生产线上的测试结果表明,用该算法来测长,系统工作稳定,测量数据准确,可管理性强,达到设计要求。

参考文献:

- [1] 贾伯年,俞朴. 传感器技术[M]. 南京:东南大学出版社,1992.
- [2] 高晓康, WATER STUETZ, JUERGEN ZECH, 等. 计算机辅助测试技术及其应用[J]. 计算机自动测量与控制, 2001, 9(5): 4-5.
- [3] 李洁. 计算机控制系统的可靠性分析[J]. 光学精密工程, 2000, 8(6): 582-586.
- [4] 董莉莉,熊经武,万秋华. 光电轴角编码器的发展动态[J]. 光学精密工程, 2000, 8(2): 198-202.
- [5] 肖志怀,张志学,王晓麟. 旋转编码器在闸门控制系统中的应用[J]. 仪器仪表学报, 2002, 10(5): 97-99.
- [6] DAVID J, KRUGLINSKI. Visual C++技术内幕[M]. 北京:清华大学出版社,1999.

Real-time System to Measure the Length of Steel Wire Rope

ZHOU Yan, XIAO Sha-li, QIU Liu-dong, TANG Yao-ling, YAO Fu-guang
 (Key Laboratory of Opto-electronic Technology and System Under the State Ministry of Education,
 Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: In measuring the steel wire rope, the key problem is to detect and eliminate the measure error for wheel spin. In order to measure the length of steel wire rope precisely, the velocity ratio of the wheel of steel wire rope and driving windlass is adopted for detecting wheel spin and the accumulated pulse error is also adopted to eliminate the round off error. Phase zero is used to remove the jam pulse of electromagnetism. The result shows the system works reliably and the measure error is less than 0.2%.

Key words: steel wire rope; length measure on-line; wheel spin; phase zero

(编辑 张小强)