

## 光纤旋转连接技术在光电跟踪设备中的应用

韩红霞, 耿爱辉, 曹立华, 王地男

(长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033)

**摘要:** 为实现光电跟踪设备中随旋转跟踪架转动的信息传输光纤与固定于设备非转动垂直轴内的信息传输光纤之间的对接, 引入光纤旋转连接技术, 实现了对接光纤在相互旋转状态下光信息的连续无误传输。为实现信息的双向传输, 介绍了采用双通道光纤旋转连接器的常规方法, 在此基础上提出单通道光纤旋转连接器与双向光纤模块组合的方法, 将波分复用技术与光旋转连接技术组合应用, 以提高信息传输性能, 简化系统设计结构。所应用的光纤旋转连接器插入损耗  $< 2$  dB, 最大转速可达 1000rpm, 同时光通道的设计实现了带有旋转环节的单纤双向光信号传输。工程实践证明, 将单通道光纤旋转连接器与单纤双向光模块组合应用的光通道设计方法可以正确的传输设备信息。

**关键词:** 光纤旋转连接; 光电跟踪设备; 光通道

**中图分类号:** TN929 **文献标识码:** A **文章编码:** 1007-2276 (2009) 增 E-0202-04

## Application of FORJ in the optic-electronic tracking equipment

Han Hong-xia, Geng Ai-hui, Cao Li-hua, Wang Di-nan

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Changchun 130033 China)

**Abstract:** To realize the connection between the fiber that rotates with the tracker of the optic-electronic tracking equipment and the fiber that fixed in the non-rotating vertical axis of the optic-electronic tracking equipment, The fiber optic rotary joint(FORJ) technology has been applied, which makes the optical signal be transmitted correctly under the fiber rotating status. The normal method that applying the double-channel FORJ has been introduced, based on which, a method applying single-channel FORJ and double-direction optical module has been carried out to improve the transmission quality and simplify the design structure. The insertion loss of the applied FORJ is less than 2dB and the maximum rotary speed can be up to 1000rpm. Meanwhile the design of the optic channel realizes the double direction signal transmission with rotating movement in single route fiber. The real work shows that the signal of the equipment can be transmitted correctly in the way.

**Key words:** FORJ; Optic-electronic tracking equipment; Optic channel

### 0 引言

光纤旋转连接技术是近年来应用于光纤通信领域的一种先进的光纤旋转耦合技术, 主要通过各种光

纤旋转连接器实现。光纤旋转连接器也称作“光滑环”或“光纤环”, 是能将光信号由一端任意旋转的平面传输到另一端固定的平面的光器件, 光纤旋转连接器的引入可以使对接光纤在沿光纤旋转轴旋转的状态

收稿日期: 2009-08-21

作者简介: 韩红霞(1978-), 女, 河北宣化人, 助理研究员, 主要从事数字信号传输、光纤通讯方面的研究。Email: 971828@sina.com。

下也同样保持光信号的连续传输<sup>[1-2]</sup>。为改善数字信号传输的质量并加大视频信号传输的带宽, 光电跟踪设备中采用光纤传输设备中的数字信号, 这样就存在光信号在固定不动的基座与方位任意旋转的转台之间传输的环节, 光纤旋转连接技术的引入实现了光电跟踪设备中光信号在固定不动的基座与方位任意旋转的转台之间连续传输。

## 1 光纤旋转连接技术简述

光纤旋转连接器又名“光滑环”, 资料显示其分类已达到几十种。根据其组成结构分, 光纤旋转连接器可分为有中间光学组件和无中间光学组件两类。根据功能的差异, 光旋转连接器可分为有源光旋转连接器 and 无源光旋转连接器两类<sup>[3]</sup>。根据光旋转连接器可传输的光路多少, 可分为单通道光旋转连接器和多通道光旋转连接器。本文应用的光纤旋转连接器属于利用自聚焦透镜实现的单通道光纤旋转连接器, 利用自聚焦透镜实现的光纤旋转连接器是目前最常见的光纤旋转连接器<sup>[4-5]</sup>, 其结构如图 1 所示。

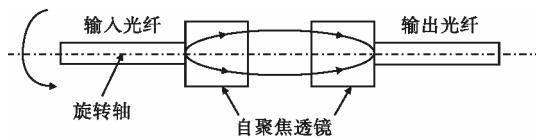


图 1 利用自聚焦透镜实现的单通道光纤旋转连接器

Fig.1 The single-channel FORJ applying self-focus lens

利用 1/4 节距的自聚焦透镜实现的无源单通道光纤旋转连接器, 是无源单通道光纤旋转连接器中最完善的一种设计方法, 也是目前应用最广泛的单通道光纤旋转连接器的设计方法。利用自聚焦透镜实现的单通道光纤旋转连接器中光纤可以和自聚焦透镜直接耦合, 减小了光纤与透镜之间对准和安装的难度, 自聚焦透镜对光线的自准直特性减小了光信号的损耗。

## 2 光纤旋转连接在设备中的功能

光电跟踪设备在总体结构上分为用于跟踪目标的旋转跟踪架和固定的操作控制台, 旋转跟踪架与固定操控台之间要进行供电信号与数据信号的相互传输, 数据信号的传输采用光纤通讯实现, 光纤旋转连接器实现了存在相互运动的两路光纤的对接, 光纤旋

转连接器的一端光纤与旋转跟踪架相连, 另一端光纤固定于设备的非转动垂直轴内, 其具体应用框图如图 2 所示<sup>[6]</sup>。

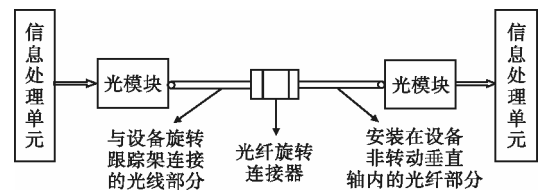


图 2 光电跟踪设备中光纤旋转连接器的应用框图

Fig.2 The application of the FORJ in the optic-electronic tracking equipment

从图 2 中可以看出: 与设备旋转跟踪架连接的光纤和安装在设备非转动垂直轴内的光纤之间用光纤旋转连接器耦合, 实现了信息从旋转跟踪架到固定控制台的实时传输。光纤旋转连接器能使对接光纤在旋转状态下保持光路的连通, 光纤旋转连接技术的引入, 不仅可以实现电信号的非接触传输, 减少摩擦力矩, 而且使光信号的传输不易受电磁场的干扰。

## 3 设备中光通道设计的具体实现

设计中要实现信号的双向传输, 同时两路光纤一路随旋转跟踪架随机转动, 另一路固定于设备的非转动垂直轴内。实现这样的信息传输有两种方法, 常规的方法是将光收发模块分开, 同时应用对称结构的双通道光纤旋转连接器实现带有旋转环节的双向光通道设计; 本文提出的方法是应用收发一体的双向光纤模块结合单通道光纤旋转连接器实现带有旋转连接环节的双向光信号传输<sup>[7][8]</sup>。

### 3.1 带有旋转环节的双向光通道常规设计方法

实现带有旋转环节的光信号的双向传输, 最直观的方法就是把光信息发送和光信息接收分开传输, 中间的旋转连接环节采用对称结构的双通道光纤旋转连接器, 其组成结构如图 3 所示。

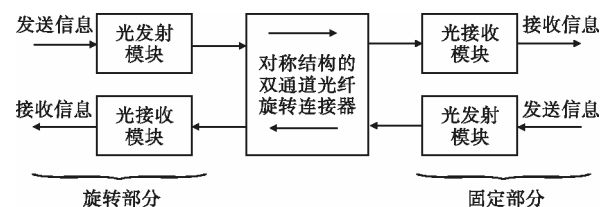


图 3 实现光信号双向旋转传输常规方法

Fig.3 Normal way to realize double-direction rotary optic signal transmission

这种方法是最直观的一种满足功能要求的设计方法, 光收、发都拥有自己独立的光纤信道, 光纤旋转连接器采用对称结构的双通道光纤旋转连接器。采用这种方法的弊端在于: 双通道的光纤旋转连接器的插入损耗和旋转变量等指标都低于同等质量的单通道光纤旋转连接器, 另外其成本要高于单通道光纤旋转连接器好几倍。因此提出将收发一体模块与单通道光纤旋转连接器相结合的方法实现光信息的双向传输。

### 3.2 采用单通道光纤旋转连接器实现光信号双向传输

采用收发双向的光纤模块结合单通道光纤旋转连接器的方法实现带有旋转连接环节的双向光信号传输。收发一体的双向光模块工作原理在于其内部集成了 1 310 nm 和 1 550 nm 波分复用环节, 利用不同波长的光载波作为收发光信号的承载波, 使得收发光信号能够互不干扰。利用收发一体模块与单通道光纤旋转连接器实现的光信号双向旋转传输方法示意如图 4 所示。

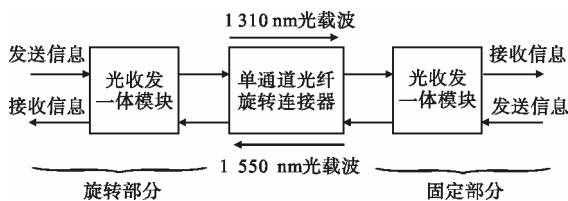


图 4 采用单通道光纤旋转连接器的光信息传输通道设计方法  
Fig.4 The carried out optic signal transmission method that applied single-channel FORJ

如图所示, 光信号通道将光收发一体模块与单通道光纤旋转连接器组合起来实现带有旋转环节的光信号双向传输。其中旋转端向固定端发送的光信息由 1 310 nm 波长的光载波承载, 固定端向旋转端的发送信息由 1 550 nm 波长的光载波承载。

设计中采用的光纤旋转连接器属于光无源器件, 单纤双向光模块采用 1310nm 波长和 1550nm 波长的光载波承载双向传输的光信息, 不同波长的光信号在光纤介质中互不干扰。采用单通道光纤旋转连接器的光通道设计方法很大程度的简化了设计结构, 节约了开发成本, 同时降低机械装调难度。

### 4 光纤旋转连接带来的损耗分析

自聚焦透镜实现的单通道光纤旋转连接器产生

的损耗主要由三方面组成, 分别为: 两透镜安装的离轴偏差、角度偏差以及轴向距离偏差, 图 5 给出透镜耦合偏差简图<sup>[9]</sup>。

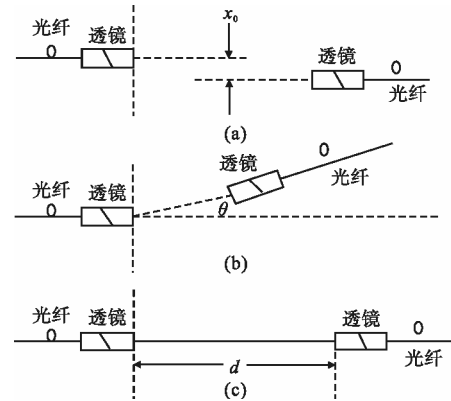


图 5 光纤旋转连接器插入损耗原因示意图

Fig.5 The schematic of the reasons of the insertion loss of FORJ

理论上光纤耦合效率  $\eta$  公式可以写为:

$$\eta = \frac{|\iint \phi_1 \phi_2 ds|^2}{\iint |\phi_1|^2 ds \iint |\phi_2|^2 ds} \quad (1)$$

设计中所采用的无源单通道光纤旋转连接器技术参数如下:

波长范围为 635-1650nm; 插入损耗为 < 2dB(典型值: 0.5dB); 插入损耗变化为 < 0.5dB(典型值: 0.3dB); 回波损耗为 > 40dB; 最大转速为 1000rpm; 最大传输功率为 23dBm; 最大负载为 10N; 工作温度为 -40 ~ +65℃。

工程实践证明: 采用显示器分别显示发送数据与接收数据, 接收到的数据与发送的数据完全一致, 光纤旋转连接器的引入实现了设备中带有旋转环节的光信号的无误传输, 完全满足信息传输的要求。

## 5 结 论

光电跟踪设备中光纤旋转连接器的引入实现了旋转跟踪架与固定基座之间光信号的不间断、无误传输, 改善了数字信号传输的质量, 加大了视频信号传输的带宽, 同时单通道光纤旋转连接器与双向光模块的组合应用在节省开发成本的同时简化了设计结构, 降低了机械装调难度, 完全满足设备中信息无误传输

的设计要求。

参考文献:

[1] 贾大功, 张以谟, 井文才, 李朝晖, 唐峰。无源多路光纤旋转器的设计。天津大学学报。2004(5),37:382-385.

[2] 国锋, 张丽华。四通道多模光纤旋转连接器的相关问题及措施。光通信技术。1998(3), 22:216-217.

[3] 季伯言。光纤旋转连接器。光通信技术。1992年第1、2期: 74-76。

[4] 朱少丽, 徐秋霜, 刘德森。自准直透镜在光纤准直器中的应用分析。西南师范大学学报(自然科学版), 2004(3), 29:380-383.

[5] 寇秉成。光旋转连接器。机电元件。1992(3), 12:1-5.

[6] 何照才, 胡宝安。光学测量系统。北京: 国防工业出版社, 2002。P1-80.

[7] GEORGY S.Svechnikov, VLADIMIR N. Shapar. Multi-channel optical rotary connector for non-contact transfer of data signals between relatively moving bodies. SPIE Vol.1580 Fiber Optic Components and Reliability. 1991, 1580:391-394.

[8] GEORGY S.Svechnikov, VLADIMIR N. Shapar. Optical rotary connector for transfer of data signals from fiber optic sensors plasing on rotary objects. SPIE1589 Specialty Fiber Optic Systems for Mobile Platforms. 1991, 1589:24-31.

[9] 林学煌, 方罗珍, 姚建。光无源器件。北京: 人民邮电出版社, 1998.

[10] 杨小丽。光纤连接损耗的研究。红外与激光工程: 2007(6),36.