

A Summary of Structure of Fiber Optic Rotary Joint

Huachun Wu

School of Science, Xi'an Aeronautical University, Xi'an Shaanxi
Email: wu_huachun@126.com

Received: Nov. 13th, 2018; accepted: Nov. 24th, 2018; published: Dec. 5th, 2018

Abstract

Fiber optic rotary joint is used more and more widely in the field of communication, and its demand is also growing. This paper mainly introduces several main structures about the single channel and multi-channel fiber optic rotary joint, analyzes their respective advantages and disadvantages, and refers to the influence of fiber optic rotary joint overall performance, which is the result of three kinds of coupling error about optical fiber collimator.

Keywords

Fiber Rotary Joint, Structure, Summary

光纤旋转连接器结构概述

邬华春

西安航空学院理学院, 陕西 西安
Email: wu_huachun@126.com

收稿日期: 2018年11月13日; 录用日期: 2018年11月24日; 发布日期: 2018年12月5日

摘 要

光纤旋转连接器在旋转通信领域的应用越来越广, 国内对光纤旋转连接器的需求也越来越大。本文主要分别介绍了单通道和多通道光纤旋转连接器的几种主要结构, 并分析了各自的优缺点, 提到了光纤准直器的三种耦合误差对光纤旋转连接器整体性能的影响。

关键词

光纤旋转连接器, 结构, 概述



1. 引言

光纤旋转连接器(也称光纤滑环)是实现旋转平台与静止平台之间光信号传输的器件。随着信息技术的快速发展,信息系统对数据的传输速率和带宽等方面提出了更高更多的要求。因此,在一些需要实现信号旋转通信的领域,传统的电滑环已难以满足使用要求,光纤旋转连接器取而代之就成了必然。光纤旋转连接器与电滑环相比,具有寿命长,旋转速率快,抗电磁干扰能力强等优点。

光纤旋转连接器的分类方法有多种。根据传输通道的多少,可以分为单通道和多通道两种;根据使用光纤的种类,可以分为单模、多模和塑料光纤旋转连接器三类。下面按通道多少的分类方式对光纤旋转连接器进行介绍。

2. 单通道光纤旋转连接器

单通道光纤旋转连接器具有结构简单、体积小、成本低等众多优点,而且通过波分复用技术可以传输的信号量可以扩展到 100 Gbit/s 以上。因此,目前应用最广泛的就是单通道光纤旋转连接器[1]。

单通道光纤旋转连接器依照耦合方式不同可分为四种形式:直接耦合、双透镜扩束耦合、单透镜耦合和光纤准直器扩束耦合。这四种光纤耦合方式中,目前最常用的耦合方式是利用光纤准直器耦合光信号[2],即双透镜扩束耦合。

直接耦合如图 1 所示,图中 1、2 分别为输出端和输入端光纤,3 为光纤旋转轴线。此种耦合方式最为简单明了,但光耦合损耗较大。要能够真正使用,需要很高的机械加工精度来保证,目前阶段很难保证。

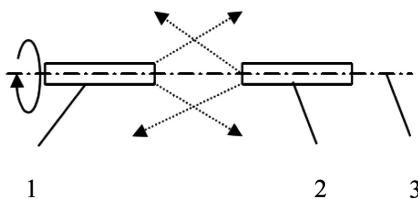


Figure 1. Two fibers are directly coupled
 图 1. 两根光纤直接耦合

使用光纤准直器进行光耦合是现在单通道光纤旋转连接器最常见的方式,如图 2 所示。此种方式对比直接耦合,降低了机械加工精度要求,改进了光纤直接耦合的缺点,在此基础上设计而来的光纤旋转连接器的机械结构主要有如下几种:

- 1) 图 3 [3]为一种结构,此种结构的优点在于: a) 器件的密封性能好; b) 对准直器尾纤上的护套进行了良好处理,增强了器件上光纤的抗拉能力。
- 2) 图 4 [4]中提到的结构中增加了转动拨杆,密封处理相对简单,装配相对容易。
- 3) 图 5 为一种单路光纤旋转连接器结构。此结构将安装法兰设计在了定子端准直器的上方,采用拨杆来带动转子端转动,整体结构显的比较宽松,且没有考虑密封。该结构在实际使用安装时可能会带来一定麻烦,且适合在无密封要求的环境中使用。

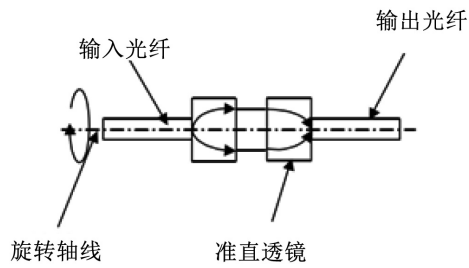


Figure 2. Coupling with a collimator
图 2. 用准直器进行耦合

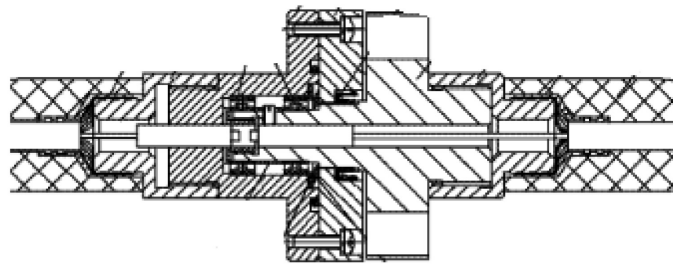


Figure 3. Structure 1
图 3. 结构 1

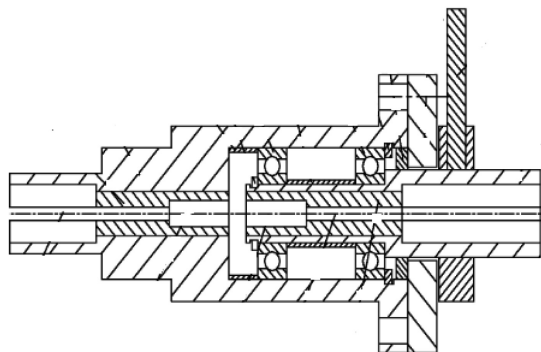


Figure 4. Structure 2
图 4. 结构 2

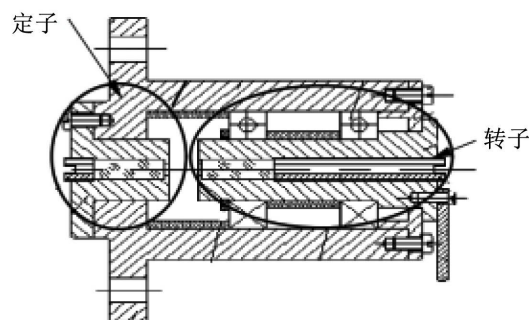


Figure 5. Structure 3
图 5. 结构 3

4) 图 6 [5]中的结构, 从外形上看, 与前面提到的几种相比存在比较明显的差异。此结构的优点在于准直器尾部空间大, 方便调整准直器在安装孔内的位置, 但这同时也增加了器件径向方向的外形尺寸。

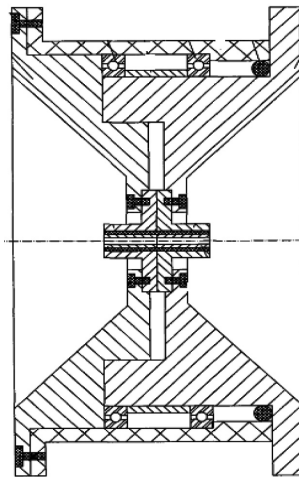


Figure 6. Structure 4
图 6. 结构 4

5) 图 7 [6]显示的结构中, 从外形上看, 该结构相对较复杂, 但其优点在于: 具有一定的可拆卸性; 能够较方便对准直器进行角度调整。

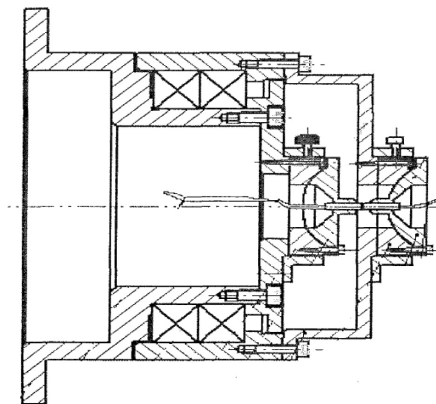


Figure 7. Structure 5
图 7. 结构 5

3. 多通道光纤旋转连接器

多通道光纤旋转连接器相比于单通道来讲, 可以传输的信号量更大。常见的多通道光纤旋转连接器有两路和四路等几种。

在已报道过的多通道光纤旋转连接器中, 耦合光信号的方式有多种, 包括: 1) 使用 Y 型塑料光纤进行双通道光信号耦合, 如图 8 所示[7]; 2) 利用对称光学结构耦合光信号, 如图 9 所示[8]; 3) 利用反射镜组合进行耦合, 如图 10 所示; 4) 利用菲涅耳透镜进行耦合, 如图 11 所示[9]; 5) 利用道威棱镜进行耦合, 如图 12 所示。使用道威棱镜进行耦合是最常见的一种方式。道威棱镜是由直角棱镜去掉多余的直角部分而成的, 其入射面和出射面与光轴均不垂直, 但出射光轴与入射光轴方向不变。道威棱镜的重要特性之一是: 当其绕光轴旋转 α 角是, 反射像同方向旋转 2α 角, 正如平面镜旋转一样[10]。

使用道威棱镜进行光信号耦合的优点在于光信号可以逆向传输, 即没有指定的输入输出端。其它的方式中多数都只能进行光信号的单向传输。

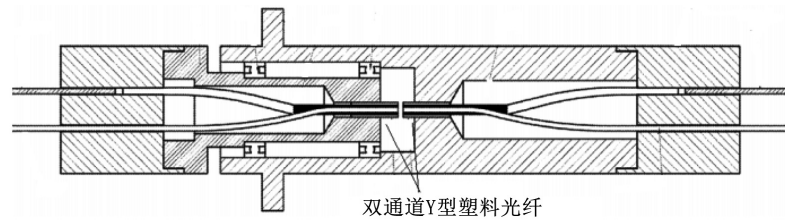


Figure 8. Plastic fiber structure
图 8. 塑料光纤结构

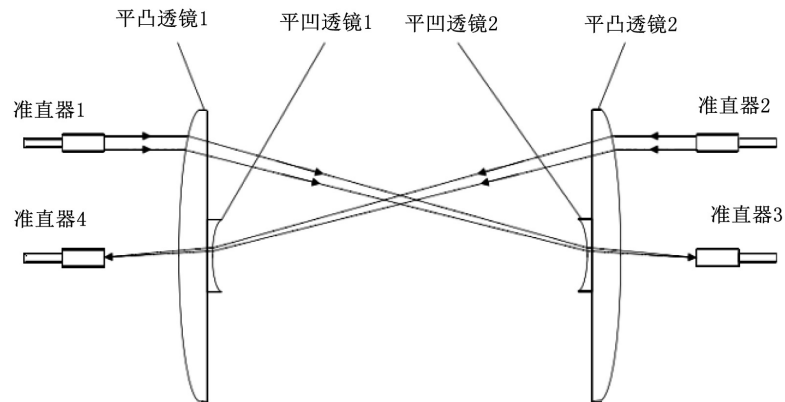


Figure 9. Symmetrical optical structure
图 9. 对称光学结构

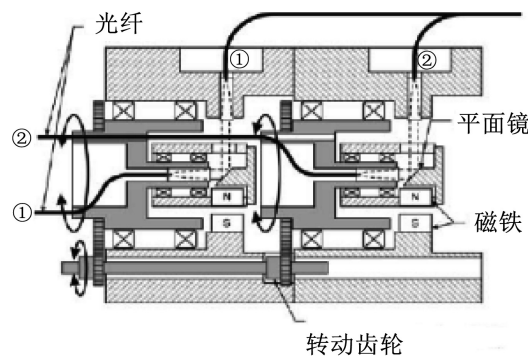


Figure 10. Mirror combination structure
图 10. 反射镜组合结构

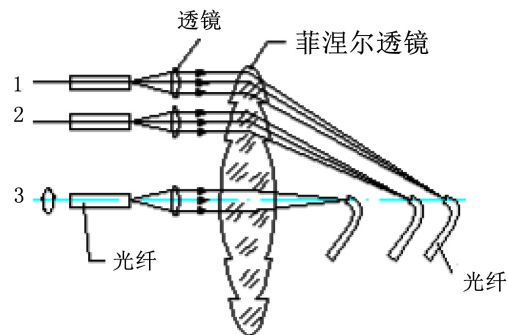


Figure 11. Fresnel lens coupling structure
图 11. 菲涅尔透镜耦合结构

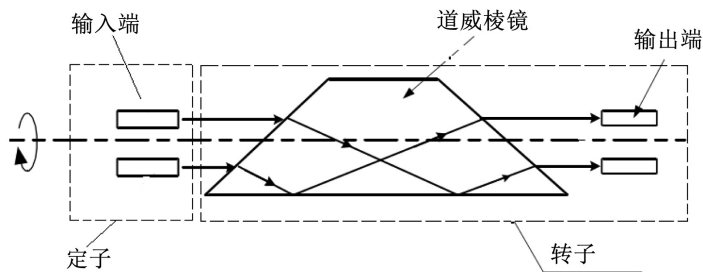


Figure 12. Dove prism coupling structure
图 12. 道威棱镜耦合结构

多通道光纤旋转连接器与单通道光纤旋转连接器相比，在输入输出准直器之间增加了光学元件，这样也就增加了整个期间的装配难度。多通道光纤旋转连接器的难点在于制作光纤阵列无偏准直器，需要使光纤阵列准直器的光束都能够达到偏角最小。德国史来福灵公司已制作出了每个准直器光束偏角小于 0.01° 的单模光纤阵列准直器，最多可达 69 个通道[11]。多通道光纤旋转连接器体积较大、结构复杂、转速低、成本高，在一定程度上限制了其应用。

4. 准直器的三种耦合损耗

在所有结构中，在安装光纤准直器时，都需要考虑三种装配偏差对两光纤准直器耦合损耗的影响。这三种装配偏差分别为：角度偏差、离轴偏差和轴向偏差[12]，如图 13 所示。这三种偏差损耗与光纤准直器的具体参数有直接关系。两个准直器的耦合损耗对角度偏差最敏感，其次是离轴偏差和轴向偏差。所以理想的光纤旋转连接器结构是，准直器在其内能够方便进行上述三种偏差校正。

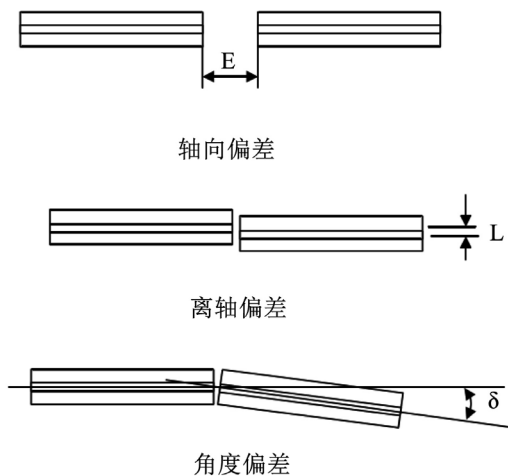


Figure 13. Three coupling deviations
图 13. 三种耦合偏差

插入损耗和插入损耗旋转变化量是光纤旋转连接器的两个主要性能指标。准直器的三种耦合损耗的大小直接决定了整个器件的插入损耗大小，机械结构的优劣决定了插损旋转变化量的大小。国内外市场上，现有的单路光纤旋转连接器的插入损耗和插入损耗旋转变化量，主流上都是分别按小于 2 dB 和小于 1 dB 去控制。多通道的插入损耗和旋转变化量分别控制在 6 dB 和 2 dB 内。为了达到光纤旋转连接器整体性能指标要求，人们从准直器的三种偏差着手，进行优化设计。如设计点精度接近于零的准直器；或者给准直器增加套管，以方便调节等。

5. 结束语

随着光通信技术的发展以及电滑环使用的局限性, 光纤旋转连接器应用的领域越来越广。如: 工业领域中的石油平台、工业机器人等; 军用装备领域中的雷达系统、光电经纬仪等; 医疗领域中的医疗 CT 等。国内光纤旋转连接器的市场份额国外公司占据了大部分, 由于国内光纤旋转连接器研究起步较晚, 而其又属于精密的光学通信器件, 国内机械加工工艺与国际上先进水平相比还有很大差距, 因此国内的光纤旋转连接器在整体性能上与国外还是有差距。单通道光纤旋转连接器国内已有厂家能够自行生产, 但为数不多。多通道光纤旋转连接器国内能够自行生产的厂家数量更少, 且产品性能和可靠性有待提高。因此, 国内光纤旋转连接器生产单位现在需要解决的问题有: 一是提高产品的性能指标和可靠性, 二是提高光纤旋转连接器的工业化生产水平, 三是促进产品的多样化。

参考文献

- [1] 米磊, 姚胜利, 等. 连接器的发展及其军事应用[J]. 红外与激光工程, 2011, 40(6): 1138-1142.
- [2] 贾大功. 互连光旋转连接器的研制[D]: [博士学位论文]. 天津: 天津大学, 2004: 10-11.
- [3] 程霁竝. 单芯光纤旋转连接器[P]. 中国专利: 201859230U, 2010-03-03.
- [4] 米磊, 等. 一种光纤旋转连接器[P]. 中国专利: 201812053U, 2011-04-27.
- [5] 王廷云, 等. 单通道直通式光纤旋转连接器[P]. 中国专利: 101566709A, 2009-10-28.
- [6] 李红光. 一种光纤的旋转连接机械装置[P]. 中国专利: 101435896A, 2009-05-20.
- [7] Zhang, B.B. and Zhang, H. (2009) Two-Channel Plastic Optical Fiber (POF) Rotary Joint. U.S 2009/0.10911 A1.
- [8] 贾大功, 张红霞, 井文才, 等. 无源对称光学结构双通道光纤旋转连接器[J]. 光电工程, 2004, 31(6): 17-20.
- [9] Johansson, M. and Hard, S. (1999) Design, Fabrication, and Evaluation of a Multichannel Diffractive Optic Rotary Joint. *Applied Optics*, **38**, 1302-1310. <https://doi.org/10.1364/AO.38.001302>
- [10] 郁道银, 谈恒英. 工程光学[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010: 44-44.
- [11] Stark, M., Rank, M., Schmidt, M., *et al.* (2005) Micro-Optical Rotary Joint for Multichannel Communication via a Rotating Interface. *SPIE*, **5712**, 241-250.
- [12] 胡卫生, 曾庆济. 自聚焦透镜准直系统的装配误差引起的附加耦合损耗分析[J]. 中国激光, 1999, 26(3): 221-224.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2163-3983, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: hjwc@hanspub.org