

弘揚優良學風，
培育“四有”新人。

賀第八屆“慧光杯”研究生學術節

王金華
97.11.

我校校長王金華教授為本屆學術節題詞

北方交通大学第八届“慧光杯”研究生学术节组织机构

1. 研究生学术节顾问

张永胜 王金华 谈振辉 李士群 张国华 高福廷 郑吉春
鞠颂东 张保生 许守楨 卜长坤 王刚 裴劲松 徐爱国
杨军 方素梅 刘彦青 李军子 康敬东 路家栓 董志升

2. 学术论文评审委员会

经济管理类

张文杰 袁伦渠 杨爱芬 赵坚 许晓峰

电子信息类

阮秋琦 黄厚宽 陈芳 吴重庆 李哲英 董志升

土木建筑类

陈峰 夏禾 刘维宁 许克宾 高日

机电工程类

孙守光 张家栋 谭南林 贾萍稳 辛成山 汪至中 金新民
王立德

交通运输类

胡安洲 胡思继 王苏男 祝甲山 张仲仪 申金升

文理类

林铁生 宗顺成 王永生 冯其波 赵达夫 刘 晓 李思泽

秘书长 裴劲松

3. 第八届“慧光杯”研究生学术节执行委员会

主任:顾忠仁

副主任:徐其瑞 马璐

委员:张骏温 孙翔 钟鸣 刘迎心 孙浩清

序

金秋时节，果熟杏落，飒爽的秋风中，红果园又迎来了丰收的喜讯，我校第八届“慧光杯”研究生学术节胜利地降下了帷幕。

我校“慧光杯”研究生学术节创办于1990年，她是在学校的领导下，在研究生部、科技处、校团委及慧光科技服务部的关心、指导和支持下，由校研究生会组织的一年一度的学术活动。历届学术节始终以“活跃学术气氛，促进学术交流，带动研究生素质的全面提高”为宗旨，在首都高校中颇具影响，对我校研究生优良学风的形成起到了很好的促进作用。

本届学术节在前七届成功举办的基础上，继续举办了优秀学术论文评比和“学术节科研标兵”评选。本届学术节执行委员会在学术节开幕前及学术节期间开展了广泛的宣传活动，得到了广大研究生同学的积极响应。在学术论文评比活动中，共收到151名同学的161篇学术论文（其中经济管理类33篇、电子信息类44篇、土木建筑类16篇、交通运输类41类、机电工程类26篇、文理类1篇）。经过学术节评审委员会各类专家的认真评阅，筛选出60篇论文进行公开答辩，最后评选出优秀学术论文20篇（其中一等奖4篇、二等奖6篇、三等奖10篇）。在学术节科研标兵评比中，共收到各学院系（所）、导师推荐材料45份，学术论文312篇，科研课题113项。为严把质量关，真正发挥标兵的示范作用，我们最后评选出学术节科研标兵三名（在1996~1997学年里，博士生龚岩栋发表论文26篇，其中一级刊物8篇，参加国家863项目2项、国家自然科学基金项目1项；硕士生谢增华，发表学术论文10篇，其中一级刊物3篇，参加国家自然科学基金重点项目1项；硕士生关明坤，发表论文6篇，其中核心期刊一篇，一级刊物3篇，1篇被美国Web Internet收录索引）。这三名评选出的学术节科研标兵都是我校首批获“杰出研究生”称号的同学，这在一定程度上也反映了研究生学术节在广大同学中的影响。

为了适应新的形势，进一步活跃研究生学术气氛，本届学术节采取了以下新的举措：一是提高学术报告会的数量、质量。本届学术节执委会广泛征集广大研究生同学所关心的热点问题，特邀请了国家科委工业司和北京市注册会计师协会的有关专家、学者作了专题报告，受到了同学们的欢迎；同时我们举办了“听大师的课、走大师的路”的学术节系列报告，邀请简水生院士作了“过去未来与现实——与青年学生谈成才之路”的报告，同学们反映简院士的报告感人至深，感觉到要更加珍惜现在的大好时光，发奋努力，立志成才。博士生导师许庆斌教授、胡思继教授、缪龙秀教授等针对本学科的研究现状及前沿作了专题报告会。这些报告使同学们扩大了视野，拓宽了思路，大师们严谨治学的态度和高尚师德也使

目 录

科研标兵论文

- 新型低偏振模色散光纤的研制..... 电子信息工程学院 龚岩栋(1)
加快产业整合,发展民族工业 经济与工商管理学院 关明坤(5)
光纤陀螺的研究进展及其在列车导航中的应用初探 电子与信息工程学院 谢增华(10)

一等奖(4名)

- 乡镇企业产权界定问题的探讨 经济与工商管理学院 杨峰丽(15)
不连续细长相位分布与 CMCs 增韧特性 机械与电气工程学院 袁 泉(19)
特定经路语言机器表示研究 交通运输学院 梁 峰(25)
高精度雷击测定定位系统的分析与应用 电子与信息工程学院 庄渭峰(30)

二等奖(6名)

- 铁路区间通过能力缓冲时间算法 交通运输学院 李 想(37)
8×2.5Gb/s 全光纤时分复用器 电子与信息工程学院 魏道平(44)
遗传算法用于平面曲柄摇杆机构再现轨迹的优化设计 机械与电气工程学院 原亮明(49)
从垄断到市场——我国铁路改革的必由之路 经济与工商管理学院 杨金英(53)
抗滑桩在岳阳楼泊岩基台加固中的应用 土木建筑工程学院 曹国安(59)
NYG12864—02CGE 大规模点阵式液晶显示器与单片机接口技术
..... 机械与电气工程学院 郭世勇(64)

三等奖(10名)

- 列车提速情况下钢板梁桥横向刚度加固的理论计算和实验分析
..... 土木建筑工程学院 张宏杰(69)
物资企业应用财务评价指标中的几个问题 经济与工商管理学院 王作为(74)
商誉会计理论的经济学探讨 经济与工商管理学院 陈 尉(77)
关于加冰冷藏车车内温度和冰内掺盐百分数关系的研究 交通运输学院 汪文斌(82)
数据仓库·数据发掘——数据库技术的两种新用途 交通运输学院 许向东(85)
电偶极子模型定位癫痫病灶的一种新方法 电子信息工程学院 赵文杰(91)
真实感双三次 Bezier 曲面的计算机实时显示研究 电子与信息工程学院 王海滨(96)
超声波在塑性加工中的应用研究..... 电子与信息工程学院 苗金鱼(101)
以 80C196 为核心的智能便携式诊断仪 机械与电气工程学院 孙尚民(109)
随机过程中 Kolmogrov 不等式的扩展 文理学院 杨瑞成(114)

新型低偏振模色散光纤的研制*

龚岩栋 江中澳 关雅莉 蒋方云 简水生

(北方交通大学光波技术研究所, 北京, 100044)

摘要: 光纤中的偏振模色散是限制高速光纤通信系统传输容量的极限因素, 我们利用模耦合理论, 采用在光纤拉丝过程中同时旋转预制棒的工艺(spinning)来增强模耦合, 实现了光纤偏振模色散的减小, 能保证单模光纤的偏振模色散值小于 $0.5 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$ 。

关键词: 光纤 色散 偏振 双折射

分类号: TN929

Fabrication of Single-Mode Fiber with Low Polarization Mode Dispersion

Gong Yandong Jiang Zhongao Guan Yali Jiang Fangyun Jian Shuisheng

(Institute of Lightwave Technology, Northern Jiao-tong University, Beijing 100044)

Abstracts Polarization mode dispersion in fiber seriously limits high-capacity optical fiber communication. By the Mode Coupling Theory, We attempted to strengthen mode coupling in single mode fiber through spinning when drawing, so Polarization Mode Dispersion in single-mode fiber can be reduced drastically and it can maintain below $0.5 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$.

Keywords Fiber; Dispersion; Polarization; Birefringence

1 引言

近年来, 随着光纤通讯和色散补偿方案的迅速发展, 一些高速传输系统的传输速度已达到了几十Gb/s以上, 而此时高速系统中另一种色散——偏振模色散(Polarization Mode Dispersion, PMD)的影响已不可忽略。这是由于在单模光纤中, 实际上传输着两个相互正交的线性偏振模式, 由于光纤的不圆度、边应力、光纤扭曲等造成单模光纤中这两个模式之间有轻微的传输群速度差, 从而形成(线性)偏振模色散。光纤较长时, 由于偏振随机模耦合对温度、环境条件、光源波长的轻微波动都很敏感, 所以它会随时间而发生变化, 因此单模光纤偏振模色散是一统计量, 而且其均值与距离的平方根成正比, PMD的统计分布满足麦克斯韦分布规律; 而在光纤的传输距离较短时, 其PMD是一定值且与距离成线性关系。一般来说较好的光纤的PMD均值应小于 $1 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$, 即便如此, 其不发生严重脉冲畸变的最远传输距离也不超过100km。

因此如果不消除光纤中的PMD, 将使高速系统的传输容量受到很大限制, 即使是10Gb/s系统其传输距离也因PMD存在而不能太远, PMD可能成为限制高速光纤通信系统容量和距离的最终因素^{[1][2]}, 目前有关PMD的问题已成为国际上光通信研究的热点, 而且国际电信ITU-T目

* 国家863计划和国家自然科学基金资助项目

前也正在致力于制定光纤中PMD的有关标准。我们继在国内首次用波长扫描法(Wavelength Scanning Mthod)测量出了光纤PMD后,又进行了如何减小光纤PMD的探索、研究,针对国产光纤PMD值偏大的特点^{[3][4][5]},我们改造了国产拉丝塔,发现在光纤拉丝过程中同时旋转预制棒的工艺(spinning)能保证单模光纤的偏振模色散值小于 $0.5\text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$ 。

2 光纤偏振模色散测量基准法

我们采用的波长扫描法是国际上刚刚出现的一种新方法,它基于C. D. Pool的偏振主态模型^[6]。实验光路如图1所示。从宽带白光光源出来的光通过掺铒光纤放大器(EDFA)后,进入起偏器后成为线偏振光,再通过一段待测光纤,最后光纤的输出光通过检偏器,其光强再用光谱分析仪做波长扫描谱测量。在光谱分析仪上应输出多峰值的振荡谱线,若在扫描波长范围内曲线极大值的数目为 n 个, $N = n - 1$ 相当于该波长范围内的周期数(可以是非整数),则可利用极值分析法计算出待测光纤内的偏振模群时延差为^[7]:

$$\Delta\tau = \frac{N}{\Delta f} = \frac{N\lambda_1\lambda_2}{c\Delta\lambda} \quad (1)$$

其中 λ_1 、 λ_2 为光谱分析仪扫描波长范围的上下限波长, $\Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_2$, c 为光速。而偏振模群时延差与光纤长度平方根的比值即为光纤PMD值,单位是 $\text{ps}/\sqrt{\text{km}}$ 。受仪器精度的制约,该系统的测量范围为 $0.2\text{ ps} < \Delta\tau < 34.5\text{ ps}$,因此对PMD值较小的光纤需加大长度。

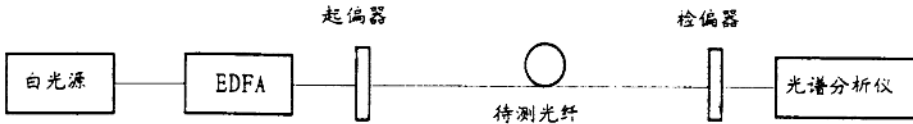


图1 波长扫描法的实验光路

3 旋转预制棒工艺理论

从耦合模理论可知在普通光纤中两偏振模间的时延为^[8]:

$$\Delta\tau_0 = \frac{z}{c} \frac{d(\Delta\beta)}{dk} \quad (2)$$

其中 $\Delta\beta$ 为两偏振模间的传输常数差, k 为真空波数, z 为光纤长度, c 为光速。而当光纤在拉丝过程中同时被旋转(spinning)后光纤中的两偏振态之间的时延为^[8]:

$$\Delta\tau = \frac{\Delta\beta}{2\xi} \Delta\tau_0 \quad (3)$$

其中 $\Delta\tau_0$ 为未旋转预制棒光纤的偏振模时延,即旋转后拉出的光纤的偏振模色散和未旋转的预制棒拉出的光纤的偏振模色散的比值与预制棒旋转率 ξ (弧度/米)成反比,以此为依据,我们改造了国产拉丝塔,使之在拉丝过程中能同时旋转预制棒,如图2所示。在其中,高精度的同心旋转和消除高温对电机的影响是关键。通过摸索我们将电机放在了旁边,通过皮带带动预制棒旋转,从而避免了石墨炉通过预制棒对电机的热传导辐射,降低了对电机的要求。

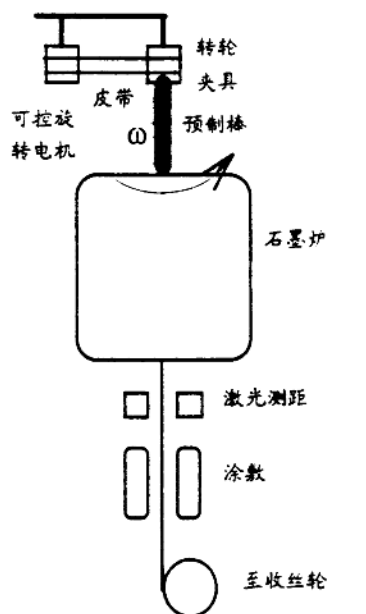


图2 旋转预制棒拉丝工艺流程图

4 实验结果

我们用一根约可拉十几公里光纤的普通单模光纤预制棒进行了实验，采用不同的旋转速率，在不同的拉丝条件下，从同一根棒上分别拉出了2公里以上长的光纤，然后进行色散、损耗和PMD的测量。其中色散和损耗是分别用York公司的S-38色散仪和OTDR测量，PMD是用前面所述的波长扫描法测量，测试结果如表1所示：

拉丝速率 (m/min)	旋转速率 (转/min)	测试结果		
		损耗 (dB/km)	零色散波长 (μm)	PMD (ps/nm. $\sqrt{\text{km}}$)
20	0	0.48	1.307	0.83
20	500	1.62	1.303	0.31
50	500	1.48	1.302	0.36
20	200	0.93	1.309	0.38
20	50	0.60	1.306	0.47

表1 各种拉丝条件下的光纤测试数据

从上表结果可以看出，光纤的PMD值与预制棒的旋转速率有关，旋转速率越高，则PMD值

越小,但不是象式(3)那样与旋转速率成反比,说明还有其它影响光纤PMD大小的因素。光纤损耗与拉丝速率、旋转速率均有关,但主要与旋转速率相关,旋转速率越高,则损耗值越大,这可能与旋转部分不同心导致光芯径变化过大、过快所致。对所有的情况,我们也发现光纤的零色散波长均未发生大的变化。总之,最佳拉丝条件是低速拉丝,而预制棒的旋转速率在不致过大增加损耗的情况下应尽量加大。若想进一步减小PMD和损耗生产出实用的高质量光纤,关键是提高预制棒旋转的同心精度,同时为进一步降低损耗也可尝试采用低温拉丝。

5 结论

光纤中的偏振模色散是限制高速光纤通信系统传输容量的极限因素,我们改造国产拉丝塔尝试采用在光纤拉丝过程中同时旋转预制棒的工艺来增强模耦合,从达到实现光纤偏振模色散的减小,经过实验我们能保证拉出的单模光纤的偏振模色散值小于 $0.5\text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$ 。

参 考 文 献

- 1 Brian L.Heffner. PMD Measurement Techniques--A Consistent Comparison. OFC'96, 1996: 292
- 2 A.Galtarossa, C.G.Someda. Polarization Mode Dispersion In Long Single-Mode-Fiber Links: A review. Fiber and Integrated Optics, 1994; 13: 215~229
- 3 龚岩栋等. 单模光纤双折射色散的研究. 铁道学报, 1996, No6
- 4 龚岩栋等. 测量光纤偏振模色散的实现. 光学学报, 1997, No6
- 5 Gong Yandong *et al.* A novel measurement method of polarization mode dispersion. Photonics China'96, Beijing, 1996
- 6 C.D.Pool, R.E.Wagner. Phenomenological Approach To Polarization Dispersion In Long -Single-Mode Fibers. Electronics Letters, 1986: 22(19): 1029~1030
- 7 Y.Namihira, J.Maeda. Comparison Of Various Polarization Mode Dispersion Measurement Methods In Optical Fibers. Electronics Letters. 1992: 28(25): 2265~2266
- 8 龚岩栋等. 圆偏振光纤的研究, 光纤与电缆及其应用技术, 1996, No4: 28~33

(指导老师: 中科院院士, 简水生教授)

加快产业整合，发展民族工业

关明坤(北方交通大学经济与工商管理学院, 北京 100044)

摘要 在外资大规模涌入的现实下, 中国民族产业的生存与发展面临着巨大的压力。如何积极主动地依靠自身的力量整合处于分散经营状态下的产业是摆在国人面前一个急需解决的难题。基于以上认识, 文章对目前民族产业整合方面存在的问题阐明了看法, 并提出了解决方案。

关键词 产业整合 民族工业

分类号 U116.2

本世纪八十年代后半期以来, 国际大公司之间的兼并、合并、合资、合作风潮愈演愈烈, 就连高度整合的航空制造业也发生了波音公司兼并麦道公司的事件, 而我国的企业还是各自为政, 在小规模上寻求生存。世界排名前 500 的大公司中, 从产业意义上讲, 中国一家公司也没有, 但从总量上来讲, 我国的很多行业都排在世界前列, 可是, 在这些行业里生产的企业进入前 500 家的却没有, 就连南韩与法国也比不上。这说明: 我国企业生产总量上规模很大, 经营上却过于分散, 这怎么能抵挡跨国公司的大举进攻呢? 据有关部门资料统计, 世界前 500 家大公司中, 已有 100 家在华投资, 而且投资规模不断扩大, 纷纷把中国很有名气的企业纳入他们的经营体系内。这给中国的民族产业带来巨大的压力。致使他们纷纷扯起保护的旗帜。

改革近 20 年的历史证明: 中国再关起门来拒洋人于国外是不可能的。面对外资的巨大压力, 我们只能按经济的自身规律办事, 以经济手段解决发展与保护民族产业的问题。目前理论界和实业界业内人士已基本形成共识, 那就是面对跨国集团在华投资的巨大压力, 必须加快民族产业整合的步伐, 以产业集团的优势抵御外资不断进入的压力。

整合民族产业, 我们以什么样的方式去进行呢? 我国目前国内产业的状态是总量规模很大, 但经营分散, 无论在某一产业, 都没有足以和跨国集团能相提并论的大企业, 把我国的企业与世界排名前 500 的企业比较一下就一目了然了。在这种

情况下，企业以常规自我积累的方式扩大到足以整合一个产业的规模，是行不通的。国外大的企业集团的发展主要依靠合资、合并、兼并、控股的方式实现的。特别是当其在某一产业内的经营达到一定规模的时候。

我国产业的整合显然也得通过合资、合并、兼并、控股的方式进行。但这样独立经营，大家可以对自己控制的企业、人员、资产指手画脚。整合后，就将失去这些权力。在这样的情况下，有些学者认为，目前国有企业产权边界界定不清，正是产业整合的一大优势。因为产权不清，制约了跨国公司对我企业的整合，使他们无从下手，而我则可以通过开一两个会，把国有企业组合到一起，实际上这是一个错误的认识。原因有以下几点：

1. 产业整合的动力机制不足。所谓产权不清晰条件下的优势就是可通过政府主管部门的行政命令把产权归国家所有这一模糊条件下的企业强行组合到一起，其实这不是真正意义上的产业整合。

首先，这种整合不是在同一利益机制促动下进行的。利益机制是产业整合的动力，离开这一驱动机制就没有必要进行整合了。产权不清晰状态下的政府整合行为表面上看把企业组到了一起，但由于存在各自不同的利益和目的，这就会给整合后企业的经营带来困难。整合的目的是为了发挥集团在资源调动、分配、技术开发方面的整体优势，但这些必须是在同一利益驱动下才能实现和发挥作用。否则，这一优势就无从谈起。现在的论点是，避免国有企业被跨国公司整合掉，我们必须主动整合民族产业。但不要忘记企业永远是在逐利的道路上奔跑的，追逐利润是企业产生及发展的最根本的动力。“为了保护民族工业，需要对目前分散经营，各自为政的企业进行整合”这个目标看起来激动人心足以令业内人士热血沸腾，但仔细分析一下就会发现，这违背了企业追逐利的动力初衷，除非业内人士的觉悟已达到了把企业的目标与国家民族的目标协调到一起的水平。

产业整合决不是通过政府行为把分散经营的企业捆到一起，而必须真正在同一利益约束下，运用经济的杠杆使企业主动走到一起，寻求共同的发展。跨国公司在整合中国的产业上靠的是雄厚的资金、技术资本实力，通过合资、投资、控股的方式实现的。我们能简单的以政府行为与之对抗吗？即便一个会议使南方制药、一汽、二汽成为企业集团，但我们还是不禁要发出疑问，如果从属于南方制药、一汽、二汽的企业原来经营业绩很好他们还能加入集团吗？如果经营业绩不好，他们加入

集团后，集团对其经营方向调整改造的资金从哪里注入呢？集团组建后，经营规模突然膨胀，离开整合所必须的雄厚资金积累作为后盾集团还能有多大的实力对这些企业加以消化吸收呢？不靠资本上的控制，集团对加入的企业的经营、资金调动、人事安排方面又能有多大的约束力呢？

如果要讲保护民族工业，彩电行业可算是迫在眉睫了。在九六年，长虹就打出了“以产业报国，民族昌盛为己任”的旗帜。目前，中国彩电企业没有一家能与日立、松下、东芝、索尼、三菱这样的外国公司抗衡，即使国内最大的彩电生产企业——长虹的年营业额也仅为日立 1/191。因此，中国彩电工业整合的任务可谓紧迫，但情况怎么样呢？自从长虹拉开了降价的序幕后，中国彩电价格战愈打愈烈，有些厂家被追逐出市场，有些被跨国集团整合掉，大部分还在苦苦应战。那么政府行为为什么没有发挥作用呢？中国彩电业有年产 3000 万台的生产能力，如果整合成几家大的企业，即使保住中国这块市场（年 1600 万台）企业也将达到相当的规模，可以和跨国公司抗衡以一下。但由于缺少利益约束下的企业扩张机制，彩电行业还是呈现着混乱的经营状态。

2. 政府部门在国有资产产权控制方面对资产保值、增值责任不明

我国国有资产的国家所有表现出来的是国家部门、地方部门对国有资产的直接控制，这种控制表现出来的又是他们对企业经营者的任免权力上。但由于国家对各部门国有资产控制方面的保值、增值又没有强有力的约束力，因而他们对企业在经营上又不具有直接的责任，也不愿意主动放弃对国有资产控制上的权力，这也为政府整合产业的行为带来困难。假如中国石油化工总公司要整合上游的原油开采企业，不靠资金上的投入，中国石油化工天然气总公司能放弃他们拥有的权力吗？

3. 政府缺少整合产业所必须的资金保证

产业整合必须在资金的约束下进行，而我国的国有企业由于历史上的原因一直自我积累不足，企业拥有的只是维持简单再生产或有限状态下的扩大再生产的资金，加上产权模糊，很难区分出在国有企业里那些是国有资金，那些是企业自我积累的资金，限制了企业自我发展的积极性，没有哪一家企业拥有能足以整合一个产业的雄厚资金。即使通过现有的融资手段，这一点也难以办到。原因是行业内的经营过于分散，部门分工太细。就拿中国最大的公司——中国石油化工总公司而言，也不具有行业发展所必须的上游和下游产业，只是在炼油和化工这一狭小的领域内

靠政府行为拥有着相对具有垄断性的实力，其它行业就更不用说了。

针对以上分析，文章提出以下解决思路：

1. 加快国有企业现代企业制度改造的步伐。现代企业制度的特点是要划清企业产权边界界限，有人认为这做起来很困难，体制方面的问题不好解决。说这个问题不好解决，实际上还是利益分配问题不好解决。目前的国有企业体制可以解决好两个问题，一是保证国家对企业资产现值及其增值绝对量上的占有；二是可以保证在个人资产分配上不拉开太大的差距，防止贫富过分悬殊。因为按目前的分配体系，国有企业不包含对资本的利润分配问题，大家都是工薪阶层，劳动工资不会有太大的差距。这看起来似很公平，实际上这样的利益分配机制制约了企业的发展，没有形成对员工创造积极性起保护作用的激励机制。

2. 确立好国有资产直接利益控制部门对国有资产保值增值的责任问题。

我国国有企业的国家所有关系实际上是各部门对国有资产直接控制的关系。这表现出他们对国有资产拥有的处置权力、利益分配权力和企业经营人员的任免权力上。国家对国有资产的所有表现出来的的是一个笼统的概念。只是在国有企业所得税的征收上表现出参与利益分配的权力，而国有企业资产的直接占有、处置、经营则让渡给了国家各部门和地方。那么，我们是否可以在国有企业的权利关系上考虑解决产权清晰的问题呢？把国家所属各部门、地方部门对国有资产的保值、增值问题界定清楚。从而绕过国有企业产权关系直接界定比较困难的事实。

既然国家各部门和地方部门对国有企业资产拥有处置、经营上的实际权力，那么可以把这种权力变成有偿占有关系，规定各部门对所拥有的资产在规定的年限内增值的幅度、上缴国家的税金的增值的幅度指标，如果在规定的年限内，这些指标没有完成，或企业经营亏损，则考虑把企业的产权让渡给其他部门。部门利益与对国有资产控制的利益直接挂钩。例如，南京地区有四家在经营上相关联的企业，他们是金陵石化、扬子石化、仪征化纤和南京化工，他们分属于中国石油化工总公司、化工部和纺织部。四家在产业上具有关联，而经营上各自为政。以目前的市场竞争状况来看，哪一家也发展不到能和跨国公司相抗争的规模。如果把四家的年产值汇总是杜帮的1/13。如果明确了各部门对所属国有企业资产保值、增值的责任问题，削弱跨部门产业整合的障壁，则可利用都是国有企业这一前提，把企业整合到一起。但这种整合绝不是简单地把企业捆绑到一起，而必须是在利益取向、关系上

的整合，是通过竞争实现的优胜劣汰。这种竞争是在是否能完成对国有资产保值、增值指标关系上的竞争。一旦这个前提确定下来，各部门就会主动解决好企业经营者的任免问题。

3. 培养企业家阶层，完善企业经营者选拔及利益分配机制。

对国有企业改造的一切努力都是为了营造一种激励机制。也就是解决好谁对国有企业资产保值增值负责并具有积极性的问题。因为这个前提解决不好，激励机制就难以建立。激励机制的建立也是围绕一个利益分配问题，如果在利益分配问题上做些努力，即使产权关系模糊一些，是否也可以解决资产的增值问题呢？

由于产权关系不清就不好确定经营者的收入界限。在工业化国家里，经营者的收入可以是一般员工的几十倍，甚至上百倍，但在国有企业中，企业经营者的收入与一般员工差距不是很大，这样就难以调动经营者的积极性，限制了企业的发展。

其实在多种所有制体制并存的今天，收入上的差距已经拉开，外资企业里高级员工的年薪在十万元以上，私有企业业主，体育、影视明星的收入更高，为什么在国有企业里不能正视这个问题呢？

因此，可以在这方面探索一番，培养一批懂得企业经营、善于企业经营的企业家，建立一种选拔与使用机制，给他们以经营收入上的高薪。在这方面的的工作可能要比其他方面更容易一些。

光纤陀螺的研究进展及其在列车导航中的应用初探*

谢增华 江中澳 延凤平 简水生

(北方交通大学光波所, 北京 100044)

摘 要 本文综合论述了各种光纤陀螺的工作原理及其发展状况, 并对其进行了具体分析比较。初步研究探讨了光纤陀螺在列车导航中的应用情况, 构想了列车惯性导航系统, 并对其前景进行了展望。

关键词 光纤陀螺 惯性系统 列车导航

Studying Progress of Fiber-optic Gyro and Its Application in Train-navigation

Xie Zenghua Jiang Zhongao Yan Fengping Jian Shuisheng

(Institute of Lightwave Technology, Northern Jiaotong University, Beijing 100044)

Abstract The operational principles and development situation of various kinds of fiber-optic gyros are outlined, whose properties are analyzed and compared as well. Furthermore, the practical application of fiber-optic gyro in train navigation are reserched and discussed for the first time. The future inertial train-navigation system is considered and its important role is reviewed

Key words fiber-optic gyro(FOG) inertial system train-navigation

1 引言

光纤陀螺(FOG, Fiber Optic Gyro)是利用光纤传感技术测量空间惯性转动率的一种新型传感器。它是纤维光学和激光技术发展的必然产物。自1976年V.Vali和R.W.shorthill首次提出光纤陀螺的概念之后, 光纤陀螺随即引起了美国、英国、法国、德国、意大利、日本等发达国家的一些大学和研究机构的强烈兴趣和普遍重视。二十年来, 光纤陀螺得到了很大的发展。角速度测量精度从最初的几十倍的地球自转速率($15^\circ/hr$)到现在的小于 $0.001^\circ/hr$, 提高了5~6个数量级^[1]。

与机电陀螺和激光陀螺相比较, 光纤陀螺的优点是体积小、精度高、启动时间短、动态范围宽、重量轻、功耗小、成本低、寿命长、无机械转动部分等, 因而广泛应用于各种惯性导航系统, 特别适用于捷联式惯性导航系统的需要。近年来, 光纤陀螺已经在机器人控制、

*国家自然科学基金重点项目(编号: 69637020)资助课题

石油钻井、雷达和民用飞机导航等方面得到了广泛的应用。目前，日本和美国的许多高级汽车上也采用光纤陀螺惯性系统来获得其实时运行参数，从而实现其惯性导航，所以光纤陀螺是汽车智能化进程中必不可少的方位传感器之一。由此可见，光纤陀螺有着广泛的应用领域和美好前景。

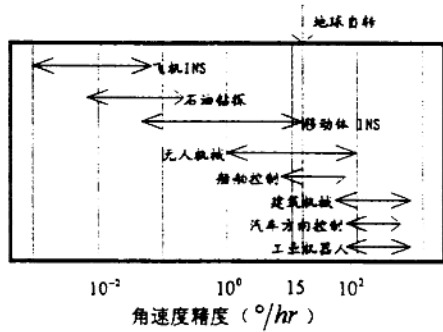


图 1 光纤陀螺的应用领域

铁路是我国国民经济的大动脉，是我国客运和货运的主体，是我国最大的国有企业之一，可是其运行指挥和司机都处于半盲目状态，严重影响其运能的正常发挥，原因是到目前为止铁路行车指挥系统尚不能获得列车的实时运行信息，这与当今全世界范围内的高速铁路建设高潮及列车运行智能化的趋势极不相称。

基于上述原因，我们所经过多年深入细致的研究探索，提出了以光纤陀螺定位系统为基础的以实现高速列车实时追踪和行车指挥智能化的闭环系统，经过试验，性能良好。

本文将介绍光纤陀螺的工作原理及其发展状况，对光纤陀螺在列车导航中的应用作初步研究，并对以光纤陀螺为基础的列车惯导系统的发展前景作了展望。

2 光纤陀螺的基本原理及其发展状况

与激光陀螺一样，光纤陀螺的基本原理也是光学 Sagnac 效应。如图 2 所示，在以角速度 Ω 旋转着的环形光学回路中，沿顺时针方向 CW 和逆时针方向 CCW 传播的两束光产生光

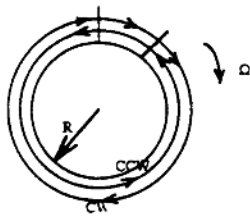


图 2 Sagnac 效应示意图

车等的中低精度领域的导航要求，是一种综合性能指标优良的开环光纤陀螺。

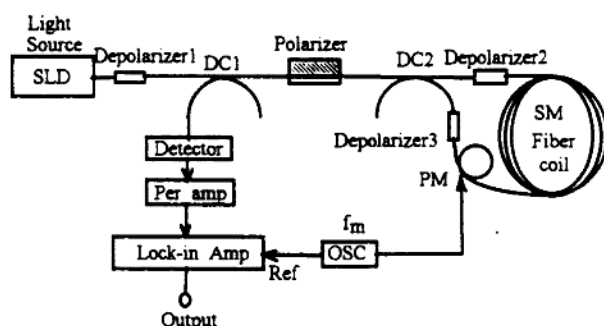


图4 消偏干涉型光纤陀螺的光路结构

以上述光纤陀螺与漏泄波导综合光缆构成的高速列车实时追踪和行车指挥智能化的闭环系统目前已试制试验成功。该系统中列车运行信息，如加速度、速度、方位角的变化（例如过铁路道岔）、侧滚角的变化、上坡、下坡等信息，由光纤陀螺惯性系统来获取。

通过在北京至太原的铁路上试验光纤陀螺对列车定位及运行参数的测试，结果是令人满意的。光纤陀螺能实时、准确地反映列车运行的姿态信息，而且列车经过铁路道岔时方位角速度的变化也能清楚地显示出。

以光纤陀螺为基础的定位系统能够给出列车运行平面轨迹及列车前进过程中的速度、加速度、方位角、方位角速度、侧滚角、俯仰角等信息。这些信息通过天线发射到漏泄波导再传输到列车指挥中心，这样，整个行车调度区段的车次数、车速、列车间距等信息就一目了然，完全透明。而且把所有列车的信息经中心计算机综合性的实时处理，然后再把得出的行车指令经过漏泄波导传至各次列车，供司机参考执行。于是司机就可以清楚地知道自己应遵守的行车速度以及前后列车的行驶速度和本次列车间距，从而可以大幅度增加行车的安全度，缩短行车间隔时间，提高车速和运输能力。这就是以光纤陀螺为基础的智能指挥系统，实际上也就是实现列车自动导航、无人驾驶的基础。

4 结论及展望

本文介绍了光纤陀螺的工作原理及其各种类型的光纤陀螺的特点和发展状况，对以光纤陀螺为基础的列车实时追踪定位系统也作了初步研究探讨。表明该定位系统能准确、全方位地反映列车运行姿态，具有很大的发展前景。

在上述研究的基础上，进一步改进已研制成的消偏干涉型光纤陀螺的性能，并在立体三维方向采用光纤陀螺、加速度计及计算机解算系统一起，构成惯性系统，从而感测空间移动体的姿态信息，实时编制动态的运行图，结合高速列车的实时运行要求，研制适合于其惯性导航的系统，以便实时、准确、快捷地实现有计算机参与的新型列车指挥系统，这是彻底改善铁路运营状况，增强铁路在市场经济条件下的竞争能力，提高铁路运营能力的最佳途径之

程差 ΔL ， ΔL 与角速度 Ω 及回路面积 A 成正比，与真空中的光速 C 成反比，即：

$$\Delta L = \frac{4A}{C} \cdot \Omega \quad (1)$$

相应的相位差为：

$$\Delta\Phi_s = \frac{2\pi}{\lambda_0} \cdot \frac{4A}{C} \cdot \Omega = \frac{2\pi LD}{\lambda_0 C} \cdot \Omega \quad (2)$$

其中 L 为光纤环总长度， D 为光纤线圈直径， λ_0 为光工作波长。所以通过检测相位差 $\Delta\Phi_s$ ，就可得知回路的旋转角速度，再通过角速度的时间积分即可确定旋转体的角位置或方位角。

所有各种光纤陀螺的出发点都是相同的，只是由于各研究者所采用的相位解调方式不同，对光纤陀螺的噪声补偿方法不同，从而构成了不同种类的光纤陀螺。

就原理与结构而言，光纤陀螺可以分为三大类，即干涉型光纤陀螺(I-FOG)、环形谐振腔光纤陀螺(R-FOG)、受激布里渊散射环型激光陀螺(B-FOG)。其中，干涉型光纤陀螺又包括消偏型、全保偏光纤型、集成光学器件型等三种类型。它们具有不同的结构，决定了其各自的特点及使用范围，工作原理都是采用直接检测干涉后的 Sagnac 相移来得到旋转角速度^[2,3]。从检测相位的方法来看，它又可分为开环与闭环两种类型。开环陀螺直接探测干涉后的 Sagnac 相移，而闭环陀螺则是利用反馈回路由相位调制器引入与 Sagnac 相移等值反向的非互异相移。

干涉型光纤陀螺是研究开发最早最为成熟和最具实用化意义的光纤陀螺，获得了迅速的发展，低、中性能的干涉型光纤陀螺已经实用化，而高性能（惯导级）干涉型光纤陀螺正处在实用化研究阶段。此类光纤陀螺今后的发展趋势是小型化，提高其稳定性可靠性，并降低生产成本。其中最有效的办法是，利用集成光学技术，把除光纤线圈以外的光学系统做成光学集成器件^[4]，这不仅可使光纤陀螺的体积大为缩小，而且有利于批量生产，降低成本。相干性极低，稳定度极高的光源是获得稳定的干涉型光纤陀螺的关键。

环形谐振腔光纤陀螺包括全光纤型、集成光学型两种类型。这是一种利用高锐度的光环谐振腔结构，基于 Sagnac 效应引起谐振频率变化的原理检测旋转角速度的光学传感器。由于其起步较晚，而更主要的是，它必须要求高相干性的光源，例如惯导级的环形谐振腔光纤陀螺要求光源的谱线宽度仅为 100KHz 左右，因此其进展较慢，目前尚处于实验室研究阶段。但是，由于它的光纤线圈所用光纤的长度要比干涉型的约小 1~2 个数量级，因此，这种光纤陀螺有可能发展成一种体积最小的光纤陀螺，故特别适宜空间技术的应用。

受激布里渊散射环型激光陀螺是利用高输出功率和入射光在光纤中引起感应布里渊散射光的激光器构成的陀螺仪。当光纤环中传输的光强度达到一定程度时就会产生布里渊散射，散射光的频率由于受 Sagnac 效应的影响而随光纤环的旋转角速度发生变化。检测 CW 及 CCW 光产生的散射光的频率，并进行拍频处理，就可以得到光纤环的旋转角速度。这种光纤陀螺是随着光纤式光源的发展而出现的一种新型光纤陀螺，目前尚处于性能论证阶段。

3 光纤陀螺在列车导航中的应用研究

现在已研制成的用于列车导航的消偏干涉型光纤陀螺的典型结构如图 4 所示，其检测精度优于 $2.0^\circ/\text{hr}$ ，既保证了一定的检测精度，又兼顾到陀螺的动态范围，可以适合汽车、火