

2015年版

YEAR BOOK OF CHINA OPTICAL FIBER COMMUNICATION

中国光纤通信年鉴



上海科学技术文献出版社
Shanghai Scientific and Technological Literature Press

中国光纤通信年鉴

YEAR BOOK OF CHINA OPTICAL FIBER COMMUNICATION

· 2015年版 ·

主 编 韩馥儿

副主编 张雁翔

王毅强

刘 勇

方 胜

黄小明

陈 伟



上海科学技术文献出版社
Shanghai Scientific and Technological Literature Press

图书在版编目 (CIP) 数据

中国光纤通信年鉴. 2015 / 韩馥儿主编. -- 上海 :
上海科学技术文献出版社, 2015.10

ISBN 978-7-5439-6845-5

I. ①中... II. ①韩... III. ①光纤通信 - 中国 -
2015-年鉴 IV. ①TN929.11-54

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第233182号

责任编辑: 石 婧 陈云珍

中国光纤通信年鉴
2015年版

《中国光纤通信年鉴》编委会 编

*

上海科学技术文献出版社出版发行

(上海市长乐路746号 邮政编码 200040)

全国新华书店经销

上海景条印刷有限公司印刷

*

开本889×1194 1/16 插页22 印张27.5 字数950,000

2015年11月第1版 2015年11月第1次印刷

ISBN 978-7-5439-6845-5

定价: 300.00元

<http://www.sstlp.com>

序

2015年对于光通信从业者是意义重大的的一年。第 68届联合国大会于 2013年 12月 20日通过决议, 决定将 2015 年确立为“光和光基技术国际年”(international year of light and light-based technologies), 简称国际光年(IYL2015)。用以纪念一千年来人类在光领域的重大发现, 2015 年是一系列光和光学应用技术发展重要里程碑的周年纪念。

一千年前即 1015年, 阿拉伯学者海什木(Ibn Al-Haytham)的五卷本光学著作《Book of Optics》发表, 开创了实验物理学研究方法, 彻底转变人们对光及视知觉的认识, 成为现代光学的开拓者, 引导了光学及视知觉的科学革命。该书被牛顿的《自然哲学的数学原理》评为物理学史上最具影响力的书籍之一。

200年前即 1815年, 法国土木工程兼物理学家菲涅耳(Augustin-Jean Fresnel)向法国科学院提交了关于光的衍射的第一份研究报告, 以光波干涉的思想补充了惠更斯原理, 随后菲涅耳把横波实验的结果总结为完整的偏振光理论, 对经典光学的波动理论作出了卓越的贡献, 建立了晶体光学的基础, 被人们称为“物理光学的缔造者”。

150年前即 1865年, 英国物理学家麦克斯韦(James Clerk Maxwell)在前人成就的基础上, 对电磁现象作了全面系统的研究, 将电磁场理论用简洁、对称、完美数学形式表示出来, 被后人称为麦克斯韦方程组, 表明存在与可见光波长和频率不同的其它电磁波, 提出了光电磁传播理论, 揭示了光现象和电磁现象之间的联系, 创立了经典电动力学, 麦克斯韦方程组为光通信奠定了理论基础。

110年前即 1905年, 犹太裔物理学家爱因斯坦(Albert Einstein)发表量子论, 提出光量子假说, 即光的能量并非均匀分布, 而是负载于离散的光量子上, 而光子的能量和其所组成的光的频率有关, 这个突破性的理论不但能够解释光电效应, 也推动了量子力学的诞生。同年完成论文《论动体的电动力学》, 提出狭义相对论, 认为空间和时间并不相互独立, 质量与能量相当, 给出了质能关系式。

100年前即 1915年, 爱因斯坦又将相对论从惯性系扩展到非惯性系, 即广义相对论, 给出了科学而系统的时空观和物质观, 同时将光列为宇宙学的内在要素, 使物理学在逻辑上成为完美的科学体系, 开创物理学的新纪元。

50年前即 1965年, 美国射电天文学家彭齐亚斯(Penzias, Arno)和威尔逊(R.W.Wilson)发现宇宙微波背景, 指出波长 7.35厘米的微波噪音相当于 3.5k(后更正为 2.7k)黑体辐射。同年具有英美双重国籍的华裔物理学家高锟(Charles K.Kao)在以实验为基础的一篇论文中提出以石英基玻璃纤维作长程信息传输的光通信思想, 并论证了光纤通信的可行性。

45年前即 1970年, 美国康宁公司研制出损耗为 20dB/km的光纤, 这一突破引起通信界震动, 不少国家开始重视研究光纤通信。1976年美国贝尔实验室在亚特兰大到华盛顿间建立了世界第一条实用化的光纤通信线路, 使用多模光纤 0.85 μm 波长, 以 LED为光源, 速率为 45Mbps。

20年前即 1995年贝尔实验室美籍华裔通信专家厉鼎毅发展了 WDM技术, 美国 MCI公司在 1997年开通了全球第一条商用 WDM线路。

光通信自提出到现在经历了半个世纪的发展, 现在又到了一个新的发展阶段。2015年的 OFC大会展现了随着数据中心的崛起带来光通信新一轮的市场机遇, 数据中心的主流速率将从 40Gbps升级到 100Gbps。需求促进了新技术的发展, 采用 OFDM和 PDM等技术, 现在单波长将实现 400Gbps传送, 单纤可以传送 50Tbps, 新的调制技术和更好的 FEC等技术结合, 光纤频谱

效率还会继续提高 2 至 4 倍，新的光纤出现使光纤的频谱资源会从 5THz 提高到 10THz，未来随着 DSP 技术进步，还会有少模多芯的空分技术的应用空间，另外，硅光子技术将有望在大容量光系统实用。总之光通信发展方兴未艾，前景广阔。

我国光通信产业经过数十年发展，产业链布局比较完整，产业规模不断扩大，竞争力持续提升。目前我国已成为全球第一大光纤光缆制造大国，长飞已成为全球第一大光纤预制棒和全球第二大光纤光缆制造企业。烽火通信实现了“超强抗弯曲光纤关键技术、制造工艺及成套装备”的创新和产业化突破。华为、中兴、烽火通信等设备生产企业已成为全球光通信设备制造的中坚力量，我国光器件及芯片产销占全球 20~25% 的市场份额。中科院半导体所与河南仕佳光子科技有限公司合作，建立了国内第一条 PLC 光分路器晶圆、芯片生产线，为发展“光纤到户”和“宽带战略”作出了重要贡献。中国光通信市场需求旺盛，五年来中国已布光缆长度平均年增 20%，长途光缆长度平均年增 2%，中国的光纤与光缆市场容量多年以来一直是全球的一半。中国电信 2015 年将新增骨干网带宽 30%，达到 100Tbps。中国移动在部署全球最大规模的相干通信 100Gbps 系统，计划 2015 年新增骨干网带宽 43.3Tbps。中国联通也在大规模扩展骨干网带宽。按照中国宽带发展联盟报告，我国网民平均下载速度从 2013 年底的 3.53Mbps 提升到 2015 年 6 月底的 6.11Mbps，增加 73%。但目前网络容量的增加仍赶不上网络流量发展的步伐，而且在世界上仍处于较低水平，按 Akamai 统计，2014 年底中国的互联网平均下载速度为世界平均水平的 74%，在全球排名第 84 位，中国平均峰值下载速度仅是全球平均水平的 67%，全球排名第 97 位。

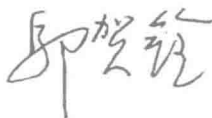
2013 年 8 月中国国务院公布《“宽带中国”战略及实施方案》，首次将宽带网络明确为新时期我国经济社会发展的战略性公共基础设施，指出“发展宽带网络对拉动有效投资和促进信息消费、推进发展方式转变和小康社会建设具有重要支撑作用”。

2015 年是中国宽带“提速降费”年。2015 年 5 月国务院办公厅发布《关于加快高速宽带网络建设推进网络提速降费的指导意见》，要求到 2015 年底，全国设区市城区和部分有条件的非设区市城区 80% 以上家庭具备 100Mbps 光纤接入能力，50% 以上设区市城区实现全光纤网络覆盖；直辖市、省会城市等主要城市宽带用户平均接入速率达到 20Mbps，其他设区市城区和非设区市城区宽带用户平均接入速率达到 10Mbps，鼓励有条件的地区推广 50Mbps、100Mbps 等高带宽接入服务；95% 以上的行政村通固定或移动宽带。到 2017 年底，全国所有设区市城区和大部分非设区市城区家庭具备 100Mbps 光纤接入能力，直辖市、省会城市等主要城市宽带用户平均接入速率超过 30Mbps，基本达到 2015 年发达国家平均水平，其他设区市城区和非设区市城区宽带用户平均接入速率达到 20Mbps；80% 以上的行政村实现光纤到村。

随着“宽带中国”战略的实施和“提速降费”行动的深入，为我国光通信市场跨越发展提供了难得的机遇，将促进光通信技术的创新发展，功崇惟志，业广惟勤，在光通信技术不断突破发展的的前进道路上，愿我们光通信界的同仁们，共同努力并加强合作，为我国“十三五”光通信事业发展谱写新篇章！

《中国光纤通信年鉴》编委会名誉主任
中国工程院院士、中国工程院秘书长

2015 年 9 月 20 日



前 言

《中国光纤通信年鉴》是记载我国光纤通信发展取得重大成就，具有史册性意义的重要科技文献著作，出版宗旨是客观总结、如实记载、数据翔实、系统全面，对促进我国光纤通信事业具有前瞻性、科学性、权威性的实际指导意义。

《中国光纤通信年鉴》2015 版重点记载我国光纤通信技术和产业在 2011 ~ 2015 年取得的重大成就，包括科学技术成果、技术进步、产业发展等，共设置 5 个栏目篇：

1. 国家重点实验室篇：国家重点实验室是国家组织高水平基础研究和应用基础研究，聚集和培养优秀科学家，开展高层次学术交流的重要基地，实验室实行“开放、流动、联合、竞争”的运行机制。本栏目重点介绍了：信息光子学与光通信国家重点实验室、光纤通信技术和网络国家重点实验室、集成光电子学国家重点实验室、区域光纤通信网与新型光通信系统国家重点实验室、光纤光缆制备技术国家重点实验室、塑料光纤制备与应用国家地方联合工程实验室等 6 个重点实验室（排名不分先后）。

2. 重大科技成果篇：本栏目介绍了“十二五”期间光通信行业在国家科学技术奖、中国通信学会科学技术奖、中国通信标准化协会科学技术奖、中国电子学会电子信息科学技术奖、中国质量奖、中国工业大奖等奖项中获得的奖项。

3. 论文著作篇：有院士、专家视点篇、企业家风采篇、专家述评篇等三个专题论文著作。

4. 《光纤通信信息集锦》2011 ~ 2014 版本优秀作品选登篇：共选登 25 篇优秀作品。

5. 国家级重点新产品篇。

“十二五”（2011 ~ 2015 年）我国光纤通信发展取得的重大成就，展示了我国光纤通信发展的光辉业绩，将永远载入我国光纤通信发展史册。谨向为《中国光纤通信年鉴》2015 版撰稿的院士、专家、学者致以衷心的感谢和崇高的敬意！

《中国光纤通信年鉴》编委会

2015 年 8 月

目 录

一、院士、专家视点篇

1. 世界光纤通信新进展·····	赵梓森	3
2. 我国 FTTH 用光器件技术和产业化发展·····	安俊明 王启明等	7
3. 我国通信塑料光纤技术及其产业化的重要进展·····	王亚辉 李乐民	17
4. 物联网和现代传感器技术·····	褚君浩	22
5. 信息物理融合系统 (CPS) 研究与发展·····	何积丰 蔡海滨	25
6. ISO/IEC 物联网体系架构标准化进展·····	郑立荣 沈杰 刘海涛	35

二、企业家风采篇

1. 以创新引领我国光纤光缆行业快速发展·····	李诗愈	45
2. 提升创新能力, 研发高端产品, 谱写“十三五”新篇章·····	庄 丹	49
3. 浅谈智能化制造的应用·····	钱建林	53
4. 我国光纤光缆技术及产业发展·····	刘 勇	56
5. 塑料光纤发展前景十分广阔·····	陈 伟	64

三、专家述评篇

1. 我国超高速、超大容量、超远距离光传输系统研究进展·····	贺志学 杨 奇等	71
2. 披荆斩棘 40 余年, 为互联网+发展提供传输基石·····	刘志坚 罗文勇等	80
3. 立足发展循环经济, 带动产业链可持续发展·····	蔺镜钢 柳 青 曾云飞	87
4. 我国高端光纤技术的研究进展·····	陈 伟 袁 健等	91
5. 宽带移动通信是光通信技术应用与发展的主要驱动力·····	高军诗	106
6. 我国高速、大容量光传输技术的最新进展·····	李俊杰	112
7. 中国联通光纤改造及智能网关发展·····	钟秀芳 张 沛	121
8. 光电协作的网络架构与关键技术·····	胡卫生 肖石林等	126
9. 我国光纤预制棒技术和产业取得重大进展·····	何珍宝	133
10. 用于下一代陆地干线传输网络的新型超低衰减、大有效面积单模光纤 ·····	张 磊 龙胜亚等	140
11. 我国光缆用材料新发展·····	黄小明 王寿泰	150
12. 我国智能 ODN 技术研究进展·····	雷 非	156
13. 硅基光子集成技术的发展现状与趋势·····	余 辉 杨建义	163

14. 塑料光纤系统应用研究进展·····张大明 孙小强 陈长鸣 171
15. “十二五”期间气吹微缆技术的国内国际新进展·····薛梦驰 顾利国 179
16. 我国量子通信研究新进展·····王寿泰 189
17. 国内外塑料光纤质量的实验比较研究新进展·····庞方亮 方胜 195
18. 宽带光纤波片制备工艺研究·····王毅强 申云华 200

四、2011 ~ 2014 版优秀作品选登

(一) 2011 版

1. 宽带化潮起 光通信扬帆·····郭贺铨 207
2. 分组光传送网的发展·····李乐民 212
3. 我国无源光网络器件研究与发展·····王启明 安俊明 胡雄伟 217
4. 光子晶体光纤的研究进展·····陈伟 李诗愈等 225
5. 全球 WSS 型 ROADM 智能光网络的现状与发展趋势·····袁海骥 刘晓雷 刘华 232
6. 我国光通信有源器件产业的重大发展·····徐红春 徐勇 240

(二) 2012 版

1. 大数据时代的光网络机遇·····郭贺铨 251
2. 片上光网络及其关键低能耗光电子集成器件·····王启明 成步文 255
3. 微结构 Bragg 塑料光纤连续拉丝设备研发·····王学忠 邢浩辉等 264
4. 光缆用 PBT 材料松套管后收缩和光纤余长的影响因素·····黄小明 张生慧 271
5. 光集成技术发展现状与思考·····杨建义 277

(三) 2013 版

1. 支撑光网络发展的光电子器件研究现状与趋势·····王启明 祝宁华等 286
2. 光纤通信技术的演进和发展·····毛谦 295
3. 支撑下一代网络发展的新型光纤技术·····何珍宝 成煜 307
4. 物联网与数字家庭·····郑立荣 317
5. 塑料光纤电力自动抄表技术探讨·····胡卫明 319

(四) 2014 版

1. 光纤通信和物联网新进展概况·····赵梓森 328
2. 具有广阔应用前景的塑料光纤·····王亚辉 李乐民 333
3. 移动互联网与云服务驱动的宽带网络发展趋势·····唐雄燕 339
4. 长距离大容量海底光缆传输推动光纤技术的发展·····高军诗 白新宇 346
5. 大数据时代智能光网络技术发展浅谈·····刘瞰东 353
6. 低损耗单模光纤及其传输试验研究·····陈伟 袁健等 360

7. 高速大容量光纤通信网络用新型光纤技术.....	李诗愈 罗文勇等	368
8. 浅析大数据时代光纤光缆的发展趋势.....	何珍宝	377
9. 塑料光纤技术与产品新进展.....	李 凯 储九荣等	395

五、重大科技成果篇

1. 国家科学技术奖.....		405
2. 中国通信学会科学技术奖.....		408
3. 中国标准化协会科学技术奖.....		410
4. 中国电子学会科学技术奖.....		413
5. 重大科技成果项目介绍.....		415

六、国家级重点新产品篇.....		427
------------------	--	-----

七、理事长单位及理事单位介绍篇.....		430
----------------------	--	-----

Contents

A、Comments of Academicians & Specialists

1. Newly Progress of Optical Fiber Communication in the World.....Zisen Zhao 3
2. Development in Technology & Industry of Optical Device for Domestic FTTH
.....Junming An, Qiming Wang etc. 7
3. Great Progress in Technology & Industry of Domestic Communication Plastic Optical Fiber
.....Yahui Wang, Lemin Li 17
4. Internet of Things and Modern Sensor Technology.....Junhao Chu 22
5. Development & Research of Cyber-Physical Systems.....Jifeng He, Haibing Cai 25
6. Progress of Standardization in ISO/IEC Internet of Things System Framework
.....Lirong Zheng, Jie Shen, Haitao Liu 35

B、Enterpriser Charisma Article

1. Development in High Speed for Domestic Optical Fiber & Cable Industry by Leading of Creativity
.....Shiyu Li 45
2. Promote Creativity, Research High Grade Product, Compose the New Article of
“Thirteen Five Years Plan” Dan Zhuang 49
3. Simply Discuss the Application of Intelligent Manufacture.....Jianlin Qian 53
4. Development of Technology & Industry for Domestic Optical Fiber & Cable.....Yong Liu 56
5. Development Prospect of Plastic Optical Fiber is Broad.....Wei Chen 64

C、Review of Specialists

1. Research Progress of Domestic Super High Speed Large Capacity Super Long Distance Optical
Transmission System..... Zhixue He, Qi Yang etc. 71
2. Cleave a Path Through the Jungle above 40 Years, to Offer Transmission Foundation Stone
for Development of Internet +..... Zhijian Liu, Wenyong Luo etc. 80
3. Based on Development of Cycle Economic to Leading Continue Development for Industry Chain
.....Jinggang Lin, Qing Liu, Yunfei Zeng 87
4. Research Progress of Domestic High Grade Optical Fiber Technology.....Wei Chen, Jian Yuan etc. 91
5. Wide-Band Mobile Communication is the Main Driving Power for Applicatin & Development
of Optical Communication Technology.....Junshi Gao 106
6. The Last Progress in Technology of Domestic High Speed Large Capacity Optical Transmission
.....Junjie Li 112
7. The Development of Optical Fiber Transform & Intelligent Gateway for China Union Communication
.....Xiufang Zhong, Pei Zhang 121
8. Network Framework & Key Technology of Optic-Electric Cooperation

.....	Weisheng Hu, Shilin Xiao etc.	126
9. Getting Great Progress for Domestic Optical Preform Technology & Industry.....	Zhenbao He	133
10. Newly Super Low Attenuation Great Effective Area Single Mode Optical Fiber is Used by Next Generation Trunk Line Transmission Network on Land.....	Lei Zhang, Shengya Long etc.	140
11. Novel Progress of Material for Domestic Optical Cable.....	Xiaoming Huang, Shoutai Wang	150
12. Progress of Research for Domestic Intelligent ODN Technology.....	Fei Lei	156
13. The Present Status & Trends of Integrating Technology for Silicone Based Photon	Hui Yu, Jianyi Yang	163
14. Progress of Application Research for Plastic Optical fiber System	Daming Zhang, Xiaoqiang Sun, Changming Chen	171
15. Domestic & International Novel Progress of Air-Blowing Micro-Cable Technology in the “Twelfth Five years Plan”	Mengchi Xue, Liguoguo	179
16. Newly Progress for Domestic Quantum Communication Research.....	Shoutai Wang	189
17. Newly Research Progress for Experimental Comparison of Plastic Optical Fiber Quality on the World	Fangliang Pang, Sheng Fang	195
18. Research Progress on Preparation Technology of Broad-band Fiber-optic Wave Plates	Yiqiang Wang, Yunhua Shen	200

D、Selected Excellent Works on 2011 ~ 2014 Editions

(1)2011 Edition

1. Broadbandization Promote Optic Communication to Progress.....	Hequan Wu	207
2. Development of Packet Transport Optical Network.....	Lemin Li	212
3. Development & Research of Optical Fiber Passive Components in China	Qiming Wang, Junming An, Xiongwei Hu	217
4. Research Progress of Photonic Crystal Fiber.....	Wei Chen, Shiyu Li etc.	225
5. The Present Status & Trends of WSS Type ROADM Intelligent Optical Network on the World	Haiji Yuan, Xiaolei Liu, Hua Liu	232
6. Great Development in Domestic Optic Communication Active Device Industry	Hongchun Xu, Yong Xu	240

(2)2012 Edition

1. Optical Network Opportunity on Great Era of Data Communication.....	Hequan Wu	251
2. Optical Network on Chip and its Key OE Integrated Device with Low Energy	Qiming Wang, Buwen Cheng	255
3. Research & Development of Continuing Fiber Drawing Machine of Plastic Fiber with Bragg Micro-Structure	Xuezhong Wang, Rongjin Yu etc.	264
4. The Influential Factors for OF Excess – Length and Post – Shrinkage of Loose Tube with PBT in OF Cable	Xiaoming Huang, Shenghui Zhang	271

5. Consideration and Development Present Status for Optic Integreting Technology·····	Jianyi Yang 277
---	-----------------

(3)2013 Edition

1. Current Research & Trend for Optical Electronic Device to Supporting the Development of Optical Network·····	QimingWang, Ninghua Zhu etc 286
2. Development and Progress of Optical Fiber Communication Technique·····	Qian Mao 295
3. New Optical Fiber Technique Support the Development of Next Generation Network ·····	Zhenbao He, Yu Cheng 307
4. Internet of Things and Digital Home·····	Lirong Zheng 317
5. Discussion about Power Automatic Copy Technique for POF·····	Weiming Hu 319

(4)2014 Edition

1. Overview of New Progress for Optical Fiber Communication & Internet of Things·····	Zisen Zhao 328
2. Overview of Wide Application for Plastic Optical Fiber (POF)·····	Yahui Wang, Lemin Li 333
3. Development Trend of Wide Band Network by Driving of Mobil Internet & Cloud Calculation Service ·····	Xiongyan Tang 339
4. Long Distance High Density Submarine Optical Cable Transmission Promote the Development for Optical Fiber Technology·····	Junshi Gao, Xinyu Bai 346
5. Plain Discussion for Technical Development of Optical Network on Great Data Era·····	Weiming Hu 353
6. Transmission Test Research for the Low Loss Single-mode Optical Fiber ·····	Wei Chen, Jian Yuan etc. 360
7. Newly Optical Fiber Technology for High Speed Large Capacity Communication Network ·····	Shiyu Li, Wen Yong Luo etc. 368
8. Plain Analysis about Development Trend of Optical Fiber & Cable on Great Data Era···	Zhenbao He 377
9. Newly Progress for POF Technology & Product·····	Kai Li, Jiurong Chu etc.395

E、Great Important Achievement of Science & Technology

1. National Science & Technology Prize·····	405
2. Science & Technology Prize of China Communication Association·····	408
3. Science & Technology Prize of China Standardization Association·····	410
4. Science & Technology Prize of China Electronic Association·····	413
5. Introduction for Great Important Achievement Item of Science & Technology·····	415

F、Key New Products Article (National Grade)····· 427

G、Introduction for Council Unit & Leader Council Unit ····· 430

1

院士、专家视点篇



赵梓森

世界光纤通信新进展

赵梓森 中国工程院院士 武汉邮电科学研究院 高级技术顾问

摘要：本文介绍了2015年世界光纤通信的新进展，主要是在美国召开的OFC-2015会议中的最新内容，包括系统、网络和光电子器件等。本文也介绍了中国信息业的概况，包含光纤到户和光纤无线通信的发展情况。

关键词：光纤通信

2012年 光纤通信技术已经到顶。

速度：102.3Tb/s 传输 240 km——NTT OFC-2012。

长距离传输：9376km - 9×112 Gb/s——KDD OFC-2012。

无中继传输：557km -100Gb/s——Corning OFC-2012。

模拟传输：480km-1Tb/s——Bell OFC-2012。

光纤通信的建设应用：仍在进行（如：光纤到户 -- 等）

光纤网络技术：继续发展（如：物联网 -- 等）

光电器件技术：继续发展（如：传感器 -- 等）

一、光纤通信

● 谷歌“FASTER”：60Tb/s 跨太平洋光缆系统——预计投资：3 亿美元（跨洋传输见图1）

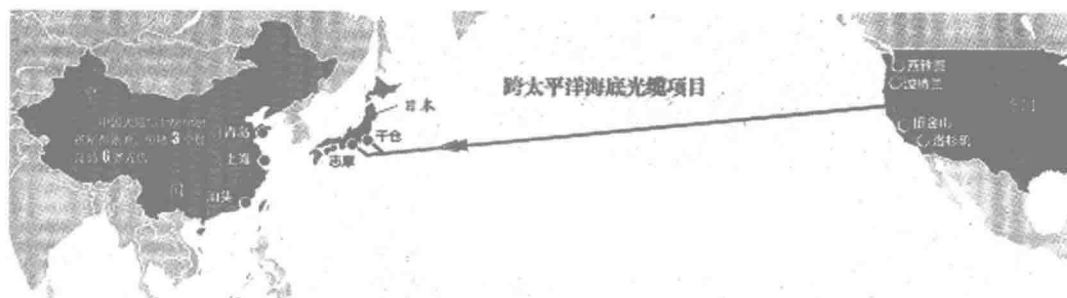


图1 跨太平洋光纤通信线路

建成后运行商：中国移动，中国联通，马来西亚电信，Global Transit，日本

KDD, 新加坡 SingTel (NEC 参与设备供应)。

- 飞艇互联网——谷歌打算在非洲南部和东南亚等地建设及运营由飞艇实施的移动通信网络(帮助 10 亿用户接入互联网)。

- 激光太空传输 38 万 km——地球到环月飞行器返回地球,传输了图片“蒙娜丽莎”速率: 300b/s, 分辨率: 152×200 (美国航天局)。

- 100Gb/s 传输 10 000km 实验——224km 中间放大环测。100Gb/s +Fec over head 后,实际传输码速是: 128Gb/s (Th2A.16 Bell)。

- 320Gb/s 传输实验——复用 OTDM-PM, 调制 QPSK, 接收相干, 模数变换 240GS/s (Th2A.16-Bell)。

- 1Tb/s 高谱效收发信机——谱效率: 7.7bit/Hz 复用: WDM-PDM-QAM; 传输距离: 400km (环测); 实验: 有 ROADM; 光放大: EDFA+Ramen, 放大间距: 100km (M2G.3 Bell)。

- 21Tb/s 无中继传输 321km——信息: 80×200 Gb/s; 光纤 G.654; 距离: 321km (W4E.2 Alcatel - Lucent)。

- 60 Tb/s 传输 5 380 km——激光器: ECL-4 个; 光波段: 152 C band + 120 L band; 传输速率: 60Tb/s; 传输通道: 272ch; 调制方法: PDM-64QAM(Th5C.8-TE Subcom)。

- 世界光纤接入发展情况: 全球用户——FTTX 1.6 亿; 欧洲: FTTH 1030 万; FTTH 普及率: 韩国 58%, 美国约 50%, 日本约 50%, 中国: FTTH 6 300 万户。

- 海底光缆——全世界已铺设 1 亿 km。长距离跨太平洋传输需要 10 000km, 大西洋需要 6 000km。海底光缆的远供设备, 需要耐受抗压深度 8 000 米。

- 400Gb/s 传输 6577km 海底现场试验——400Gb/s+100Gb/s, 波长: 58 波; 双载波调制: PDM-QPSK (W3E.2- 华为)。

- 软件定义的实时弹性光网络演示——速率可变: 范围 10.7Gb/s 到 107Gb/s, 调制方式: PDM-QPSK, 调整速度 < 100ms (M3A.2-Alcatel-Lucent)。

二、光纤无线通信

- 光纤无线网 1Gb/s FTTx 基础设施: 互联网+5G 移动; 应用范围: 通信、家庭、企业 (Th3B.4- 韩国)。

- 室内的光纤无线接入——由于大楼混凝土的屏蔽, 需要用微基站和光纤光缆连接到各层楼, 再用无线散开, 供接收。

- 129Gb/s 全双工无线-光纤网——无线频道: W band ($20\text{Gb/s} @ 85.5\text{GHz}$), 基站间达距离: 8 km; 光调制: PDM-QPSK (W4G.7- 中兴)。

三、器件和其他

- 112 Gb/s 直接调制 激光器——光源: BH-DBR LD-2 个, $56\text{Gb/s} \times 2 = 112\text{Gb/s}$, 波长: 1300.74nm; 速率: 112Gb/s; 复用方法: DWDM (Th5B.6-Finisar)。

- 100Gb/s 收发模块——集成工艺: PIC, 接收: 相干光接收; 信号: 100Gb/s QAM。
- 狭谱线波长可调激光器集成模块——工作于: 400Gb/s DP-16QAM; 激光器: DFB; 波长可调范围: 全 C 波段 (W1H.6-Furukawa)。
- VCSEL 传输 100Gb/s —— 信息速率: 100Gb/s; 波长: 1550nm; 传输距离: 4km; 信号形式: 模拟。采用模拟信号可降低对激光器速率的要求, 降低成本 (Tu2H.2-Germany)。
- 5×1Tb/s 传输 1920km InP MUX-DAC 模块——采用低损失光纤: 0.169db/km; 光放大: EDFA+Raman (M3G.3-NTT)。
- 用 DSP 做色散补偿——可避免用色散补偿光纤。
- 50×50 MEM 光开关——具有绝热性能 (M2B.4-California Uni)。
- 超低损失光纤——光纤产品指标 - 光纤损失: 0.153~0.158 dB/km; 波长: 1 550 nm (Th4A.2-Corning)。
- 发展 4K 和 8K 视频——像素 - 分辨率: HD 1 280×720; 1K-FHD: 1 920×1 080; 2K-QHD: 3 840×2 150; 4K-UHK: 4 096×2 160; 8K-Quad UHD: 7 680×4 320。
- 智能手表——各种用途: 时间、空气、播放、运动、旅途、地图、行程、航班等 (Apple)。

四、中国的信息业

- 2014 年中国的通信用户数——电话用户: 15 亿; 移动用户: 12 亿; 互联网宽带接入用户 1.92 亿户; 全国 xDSL 用户: 1.06 亿 (宽带用户 > xDSL)。
- 中国 100G 长距离传输现场试验——杭州、南京、合肥、黄石、武汉。
- 中国的 100G, 400G, 1Tb/s 光纤通信在世界的应用——已销售到德国等 39 个国家。
- 400Gb/s 新进展——中国首个 400Gb/s 实验室测试 (上海 Bell), 400Gb/s 超长距离再创世界纪录 (中国中兴), 400Gb/s 传输 3 000km 再创世界纪录 (中国华为)。
- 中国大力推广“光纤到户”——2015 年要求城市覆盖 79%。
- 中国光纤生产情况——中国光纤生产: 1.4 亿芯 km/ 年, 中国光纤预制棒基本能生产自给 (利润占光纤的 70%)。低损失光纤: LL 光纤损失 0.175dB/km。(Corning 产品 0.155dB/km)
- 弯曲不敏感多模光纤——传输距离: 10Gb/s—550m, 40~100Gb/s, 用途: 大楼内 (如数据中心, 大企业等)。
- 传输 100Tb/s 实验成功——武汉光通信国家重点实验室 2014 年。
- 中国银川产单晶硅世界第一——2015 年产量为 15 000 吨 / 年。
- 中国发展“智慧家庭”——用户用手机控制: 灯光、温度检测、湿度检测、电器、门窗检测、视频守护、漏水检测。
- 人脸识别 ATM 取款和购物 (阿里巴巴)。
- 医疗信息化——网络挂号, 充值付费 (支付宝), 了解医生, 查询报告 (中国