

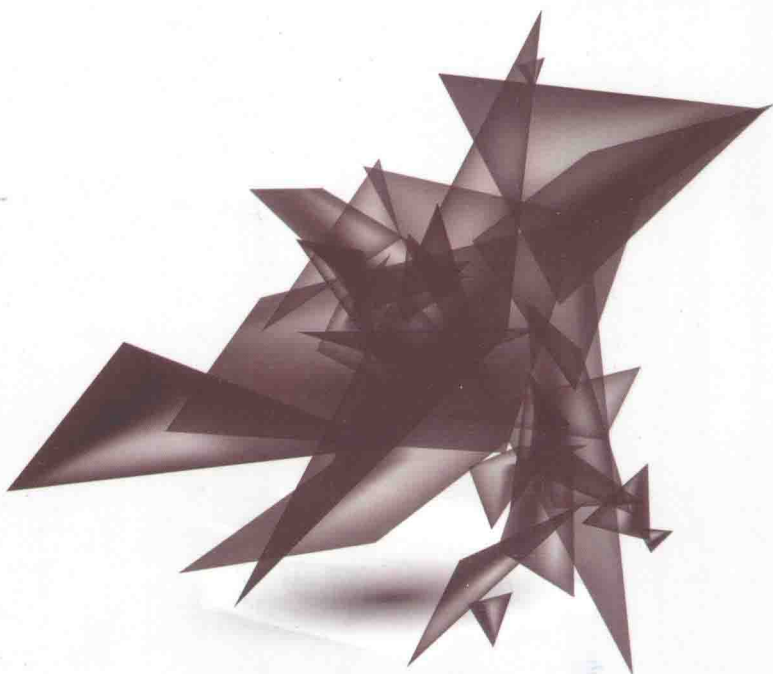


宽带中国出版工程

# 光分配网

# ODN

敖立 等编著



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY  
<http://www.phei.com.cn>



宽带中国出版工程

工业和信息产业科技与教育专著出版资金资助出版

# 光分配网 ODN

敖立 陈洁 卿立军 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

随着国家“宽带中国”战略的实施，光进铜退的趋势不可避免。光分配网（ODN）作为接入网重要的组成部分，受到广泛关注。相比其他学科，ODN具有很强的实践性、操作性等特点。本书共5章，从实用性、可操作性的角度系统地阐述了ODN的概念，各种产品形态、性能及应用场景，网络拓扑结构及建设模式分析，施工、布线、测试验收规范，管理和维护，并加入了最新的智能ODN内容。

本书理论与实践相结合，可供从事ODN规划设计、建设施工、管理维护的工程技术人员参考。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

### 图书在版编目（CIP）数据

光分配网 ODN / 敖立等编著. —北京：电子工业出版社，2014.10  
（宽带中国出版工程）

ISBN 978-7-121-24454-4

I. ①光… II. ①敖… III. ①光纤网—研究 IV. ①TN929.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 227913 号

策划编辑：宋 梅

责任编辑：宋 梅

印 刷：三河市双峰印刷装订有限公司

装 订：三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：720×1 000 1/16 印张：15.25 字数：316 千字

版 次：2014 年 10 月第 1 版

印 次：2014 年 10 月第 1 次印刷

印 数：3 000 册 定价：49.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至 [zlts@phei.com.cn](mailto:zlts@phei.com.cn)，盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

服务热线：（010）88258888。



# 宽带中国出版工程

## 指导委员会

### 主任委员

尚冰：工业和信息化部副部长

### 副主任委员

曹淑敏：工业和信息化部电信研究院院长

### 委员

邬贺铨：中国工程院院士，工业和信息化部通信科学技术委员会主任

韦乐平：工业和信息化部通信科学技术委员会常务副主任

綦成元：国家发展和改革委员会高技术产业司司长

张峰：工业和信息化部通信发展司司长

敖然：电子工业出版社社长

## 编审委员会

### 主任

刘多：工业和信息化部电信研究院副院长

### 副主任

蒋林涛：工业和信息化部电信研究院科技委员会主任

余晓晖：工业和信息化部电信研究院总工程师

### 委员（以下按姓氏汉语拼音排列）

敖立 曹蓟光 冯明 高巍 何宝宏 李婷 刘九如 罗振东  
唐雄燕 王爱华 王传臣 魏亮 许志远 续合元 张海懿 赵丽松

### 编委召集人

王雪飞 武莹

### 策划编辑

宋梅

# 总序 1

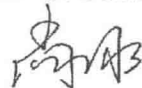
宽带网络是新时期我国经济社会发展的战略性公共基础设施，是推进国家治理能力现代化和公共服务均等化的重要手段，是推动工业强国建设、促进农村经济发展和新型城镇化建设的重要途径。发展宽带网络对于促进信息消费、推动经济发展方式转变、全面建成小康社会具有重要支撑作用。加快宽带网络建设、增强技术创新能力、丰富信息服务应用、繁荣网络文化发展、保障网络安全，利在当前惠及长远。

当前，我国已建成覆盖全国、连接世界、技术先进、全球最大的宽带网络，网民数量、移动智能手机用户规模全球领先，相关产业能力持续提升，已经成为名副其实的网路大国。但同时，我国宽带领域的自主创新能力相对落后，区域和城乡普及差异比较明显，平均带宽与国际先进水平差距较大，网络安全形势日益严峻，总体上看国内宽带网络发展仍存在诸多瓶颈。在全球各国加强宽带战略部署、ICT 产业变革发展日新月异的形势下，要实现工业化、信息化、城镇化、农业现代化四化同步发展、建成网络强国仍然任重道远。

党中央、国务院高度重视宽带网络发展和管理，2013 年国务院先后出台了《“宽带中国”战略及实施方案》和《关于促进信息消费扩大内需的若干意见》。2013 年年底，中央网络安全和信息化领导小组成立，习近平总书记亲自担任组长，提出努力把我国建设成为网络强国，战略部署要与“两个一百年”奋斗目标同步推进，向着网络基础设施基本普及、自主创新能力显著增强、信息经济全面发展、网络安全保障有力的目标不断前进。这是党中央在新时期对我宽带网络发展提出的新目标和新要求，需要我们以改革创新精神，通过政策推动、技术驱动、产业带动、应用拉动促发展保安全；需要我们着眼长远、统筹谋划，积跬步、行千里，不断推动网络大国向网络强国迈进。

工业和信息化部电信研究院是我国在 ICT 领域权威的研究机构，多年来在重大决策支撑、行业发展规划、技术标准引领、产业创新推动和监管支撑服务中发挥了重要作用。“宽带中国出版工程”系列丛书，是该院及业界多位专家学者知识和智慧的结晶，是多专业科研成果的集中展现，更是多年理论与实践经验的综合集成，该系列丛书的出版有助于读者系统学习宽带网络最新技术，准确把握宽带应用和相关产业的最新趋势，从而提升对宽带网络的研究、规划、管理、运营水平。希望我国政产学研用各界齐心协力，共同为宽带中国发展、网络强国建设事业贡献力量！

工业和信息化部



## 总序 2

市场牵引是通信发展的动力，通信业务从语音为主到数据和视频为主，对带宽的需求与日俱增。思科公司 2014 年 6 月发布的报告指出，2013 年全球互联网忙时流量是平均值的 2.66 倍，与 2012 年相比，平均流量和忙时流量分别增长了 25% 和 32%，思科公司还预测从 2013 年到 2018 年，全球互联网流量忙时是平均值的 3.22 倍，平均流量和忙时流量分别年增 23% 和 28%。在互联网流量中视频已成主流，全球互联网视频流量占总量之比从 2013 年的 57% 将增长到 2018 年的 75%。全球移动数据流量增长更快，2013 年一年就增加 81%，到 2018 年还将保持平均年增 61% 的速度，届时移动数据流量将占全部 IP 流量的 12%。美国 Telegeography 公司给出的国际互联网干线流量 2009—2013 年平均年增 45%，2013 年相比 2012 年增加了 38%。我国国际互联网干线带宽从 2009 年到 2013 年平均年增 39.6%，2013 年相对 2012 年增 79%，增长的后劲更明显。

通信业务与技术的发展总是市场牵引与技术驱动相辅相成，市场催生了技术，技术支撑了市场。集成电路继续遵循摩尔定律，单位面积的晶体管数年增 40%，强大的计算和处理能力改进了频谱效率与信噪比，提升了通信流量，比较好地适应了互联网流量的增长。光器件的技术进步加上电域的信号处理，使光纤通信干线商用容量水平基本按照十年千倍提升。2009 年起我国移动通信从 2G 经 3G 跨越到 4G，借助先进的多址复用技术和频谱的扩展等，峰值速率增加数百倍。

近年通信技术与业务发展一个值得注意的趋势是从消费者的应用向企事业应用扩展，2013 年全球企事业单位互联网流量较 2012 年增 21%，到 2018 年还将达到 2013 年的 2.6 倍，将占全球互联网流量的 14%，而且全球企事业单位互联网流量中 14% 将是移动流量。随着物联网发展及信息化与工业化深度融合，企事业单位的互联网应用还将有更大的发展。

互联网的渗透促进了经济的复兴，2013 年发布的《OECD 互联网经济展望 2012》分析了互联网对所有行业经济的影响，得出如果宽带普及率增长 1%，GDP 将增长 0.025%，并且通过模拟得出互联网的贡献占 2010 年美国 GDP 的 4.65%~7.21%，占企业增加值的 3%~13%。波士顿咨询公司 2012 年发表的《连接世界》报告分析 2010—2016 年互联网经济对 GDP 的贡献，中国仅次于英国和韩国为第三位，占 GDP 的比例从 2010 年的 5.5% 增加到 2016 年的 6.9%。IDC 公司提出信息技术已从计算机和互联网这两个平台发展到移动宽带、云服务、社交应用和大数据为标志的第三平台，即宽带化平台，并预测到 2020 年信息产业收入的 40% 和增长的 98% 将由第三平台的技术所驱动。世界银行的研究报告表明，对制造业的海外销售额和服务业的销售额来说，使用宽带的企业与其他企业相比分别高出 6% 和 7.5%~10%，中低收入

国家的宽带普及率每增加 10 个百分点，GDP 将会增长 1.38 个百分点。美国认为宽带的发展对上下游产业就业的拉动作用是传统产业的 1.7 倍。GSM 协会和德勤咨询机构 2012 年发表的研究报告指出，3G 移动数据应用增加 100%，人均 GDP 增速提升 1.4 个百分点。

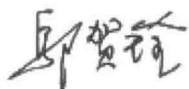
为了抢占信息技术新的制高点并获得宽带化的红利，一些国家纷纷出台国家宽带战略，最近两三年来美国出台了《国家宽带计划》和《大数据研究和发展倡议》等，全球有 146 个国家都制定了加速发展宽带的国家战略或规划，不少国家建立了宽带普遍服务基金。

我国网民数量世界第一，但按网民平均的国际互联网干线带宽、固网平均接入速率和移动互联网下载速率仍低于世界平均水平，这几年有了显著改进，但与互联网高速发展和社会大众的期望相比总是恨铁不成钢。国务院在 2013 年 8 月发布了《“宽带中国”战略及实施方案》，提出到 2015 年要初步建成宽带、融合、安全、泛在的下一代国家信息基础设施，到 2020 年我国下一代信息基础设施基本接近发达国家水平，技术创新和产业竞争力达到国际先进水平。该方案对宽带网络覆盖、网络能力、应用水平、产业链发展和网络信息安全保障五方面提出了具体发展目标、重大任务和保障举措等。可以预期“宽带中国”战略的实施，必将为我国经济和社会的发展奠定坚实的网络基础，并惠及大众。

工业和信息化部电信研究院作为“宽带中国”战略的起草支撑单位之一，为“宽带中国”战略的制定做了深入的调查研究，现在与电子工业出版社联袂推出“宽带中国出版工程”系列丛书。该丛书串起终端、接入、传送、网络和云端各环节，涉及研究、制造、运营与服务各方面，涵盖宽带化技术、业务、应用、安全与管理各领域，解读“宽带中国”战略制定的背景，分析宽带化的解决方案，展望宽带化发展的前景。本套丛书内容全面，系统性强，既反映了宽带网最新的技术及国际标准化进展，又有国内实践经验的总结，兼具前瞻性与实用性。在此，衷心感谢工业和信息化部电信研究院和电子工业出版社及众多的作者所付出的辛勤劳动，希望本套丛书能够有助于业内外人士加深对宽带化的意义和内涵及难度的理解，相信本套丛书能够对行业发展和政府决策起到积极作用，为“宽带中国”战略的实施贡献正能量。

工业和信息化部通信科学技术委员会主任

中国互联网协会理事长



## 序

人类社会经历了农业时代、工业时代，进入了信息时代，也可以说是互联网时代。这个时代对信息的需求已经发展成为信息消费，人们对网络的依赖程度越来越高。随着人们工作、学习、生活、社交等方面对信息需求的不断增长，对网络带宽的需求也越来越宽。宽带的发展已经成为各国经济发展的重要推手，制定国家宽带战略已成为各国拉动经济发展的重要措施。进一步而言，国家战略是一个国家战略体系中最高层次的战略，是国家最高意志的体现，是用以指导国家各个领域的总方略。其任务是依据国际、国内情况，综合运用政治、军事、经济、科技、文化等国家力量，筹划指导国家的建设与发展，维护国家安全，达成国家目标。主要服务于国家经济发展、科技创新和社会进步，根本目的是增强国家的综合竞争力。

我国政府已于 2013 年 8 月 1 日发布了《“宽带中国”战略及实施方案》，推动我国宽带建设有了更实质性的进展。宽带建设涉及有线宽带和无线宽带（例如，移动的 3G、LTE、高速 WiFi 等）。其中无线的宽带网络除了从无线终端到基站天线这一段采用无线技术外，从基站到核心网的传输，主要仍然采用光纤传输技术。有线宽带主要是光纤网络，包括接入网、城域网和核心网。其中接入网的带宽对用户体验的影响最直接。因此，宽带接入是实施“宽带中国”战略的基础，是实现宽带战略的必要条件。FTTx 是解决宽带接入这一最后一千米难题的最佳技术。xPON 技术又是 FTTx 的首选，PON 技术的最主要特点就是无源光分配网 ODN。由于 ODN 的应用场景十分复杂，因此对 ODN 的理解和工程建设以及管理维护都会遇到各种各样的问题。

本书从概念着手，介绍了 ODN 的定义和范围，又结合实际，介绍了 ODN 的产品形态，为解决工程实践问题，介绍了从 ODN 的规划设计、工程建设施工和验收，直到后期的管理和维护。尤其是紧跟技术的最新发展，为解决施工、维护和管理困难，赋予无源 ODN 具有某些有源特性，利用电子标签技术使得 ODN 具有智能特征，本书还详尽介绍了智能 ODN 的概念、架构、技术和应用。本书理论与实际结合，深入浅出，通俗易懂，既利于理解概念，获取知识，又便于指导实践，随时参考，是从事光通信技术尤其是光接入技术的工程技术人员不可或缺的一本好书。

愿这本书能为“宽带中国”战略的实施做出应有的贡献！



2014 年除夕于武汉



# 前 言

激烈的市场竞争和技术的快速发展,用户对网络带宽和稳定性的要求越来越高,使得铜线宽带受到严重挑战,光进铜退的趋势不可避免,FTTx的大潮已经来临。在FTTx发展中,接入层需要新建一张巨大的光分配网(ODN)。ODN网络建设成本高昂,最高可占其总体投资的50%~70%,是FTTx投资的重点。相比铜线简单的P2P结构,ODN多采用P2MP拓扑,网络中的接续节点多,网络规划和工程建设环境复杂多变。其次,光纤比铜线敏感,更容易受损,施工难度大。再者,由于ODN网络需要延伸至用户侧,其入户需要因地制宜,同时也需要遵循一定的规范。ODN网络建成后,作为无源网络,如何对ODN进行高效的运营和维护,又是一个至关重要的问题。因此,光配线网(ODN)作为FTTx的重要组成部分,存在设计寿命长、施工环境复杂多变、建设周期长、维护管理困难等特点,受到业界的广泛关注。

本书涵盖了ODN网络规划设计、产品选型、工程实施、管理和维护的各个阶段所涉及的知识内容。全书共5章,第1章ODN概述,介绍ODN在FTTx网络中的位置。第2章ODN产品形态,介绍应用于ODN网络的各产品形态、主要的技术指标及应用场景。第3章ODN规划设计,系统地介绍ODN网络的拓扑结构、建设模式及造价分析。第4章ODN建设施工。建设施工是ODN网络建设中的重点和难点,本部分从场景分析入手,介绍设备施工规范、布线规范、线缆布防规范、测试验收规范等ODN建设施工中需要遵循的规范。第5章ODN管理和维护。ODN网络作为无源网络,其管理和维护具有人力投入大、效率低、易出错的特点,本章分析了当前ODN网络管理和维护中存在的问题,介绍了目前业界最新的智能ODN技术。

本书主要面向入门级的读者,对那些有一定的ODN背景知识,想进一步了解ODN规划设计、ODN建设施工等知识或从事相关工作的读者同样具有参考价值。

由于作者水平有限,书中缺点、错误在所难免,恳请批评指正。

电子邮件: aoli@mail.ritt.com.cn

编著者

2014年9月于北京

# 目 录

第 1 章 ODN 概述	1
1.1 ODN 定义	2
1.2 ODN 范围	2
1.3 ODN 的重要性	3
第 2 章 ODN 产品形态	5
2.1 光纤配线架	6
2.2 光缆交接箱	9
2.3 光缆分纤箱	10
2.4 光缆接头盒	12
2.5 终端盒 / 室内终端盒	15
2.6 分光器	16
2.6.1 分光器概述及分类	16
2.6.2 分光器的一般技术指标	16
2.6.3 分光器的产品及应用场景介绍	20
2.7 光纤连接器	23
2.7.1 光纤连接器概述	23
2.7.2 光纤连接器的主要性能指标及测试方法	26
2.8 光纤光缆	27
2.8.1 光纤定义	27
2.8.2 石英光纤的分类	27
2.8.3 光纤结构和导光机理	28
2.8.4 光纤的主要参数	29
2.8.5 光缆	33
第 3 章 ODN 规划设计	47
3.1 ODN 网络拓扑结构	50
3.1.1 网络结构	50
3.1.2 组网原则	52
3.2 ODN 建设模式分析	56
3.2.1 概述	56

3.2.2	已建住宅建筑 .....	58
3.2.3	新建小区 .....	64
3.2.4	别墅 .....	68
3.2.5	农村 .....	69
3.2.6	商务楼宇 .....	70
3.3	ODN 造价分析 .....	71
3.3.1	改造小区造价分析 .....	71
3.3.2	新建小区造价分析 .....	74
3.3.3	ODN 全链条工程总造价及总结 .....	74
<b>第 4 章</b>	<b>ODN 建设施工 .....</b>	<b>77</b>
4.1	场景分析 .....	78
4.1.1	馈线段 .....	78
4.1.2	配线段 .....	82
4.1.3	入户段 .....	88
4.2	设备施工规范 .....	91
4.2.1	ODF 安装施工 .....	91
4.2.2	光缆交接箱安装施工 .....	92
4.2.3	光缆分纤箱施工 .....	92
4.2.4	光分路器箱施工 .....	92
4.2.5	箱体内资源标签 .....	95
4.3	布线规范 .....	95
4.3.1	楼道布线规范 .....	95
4.3.2	户外布线规范 .....	105
4.3.3	室内布线规范 .....	115
4.4	线缆布放规范 .....	120
4.4.1	管道光缆的敷设 .....	120
4.4.2	埋式光缆的敷设 .....	122
4.4.3	架空光缆的敷设 .....	124
4.4.4	墙壁光缆的敷设 .....	128
4.4.5	楼道光缆的敷设 .....	130
4.4.6	光缆接续与成端 .....	131
4.5	测试验收规范 .....	133
4.5.1	测试规范 .....	133
4.5.2	验收规范 .....	136

第 5 章	ODN 管理和维护	139
5.1	概述	140
5.2	热点技术	142
5.2.1	通过 QR 码来标识光纤连接头	142
5.2.2	通过 RFID 实现光纤管理	142
5.3	智能 ODN 概念	144
5.3.1	智能 ODN 定义	144
5.3.2	系统特性	145
5.3.3	智能 ODN 在网络中的位置	145
5.4	智能 ODN 架构	146
5.4.1	功能架构模型	146
5.4.2	逻辑架构模型	148
5.5	智能光纤连接器	152
5.5.1	组成	152
5.5.2	分类	152
5.6	电子标签技术	153
5.6.1	分类	153
5.6.2	对比分析	153
5.6.3	应用特点	157
5.6.4	编码	158
5.6.5	实现方案举例	160
5.7	智能 ODN 设备	160
5.7.1	在网络中的位置	160
5.7.2	功能框图	161
5.7.3	智能 ODF	163
5.7.4	智能 OCC	175
5.7.5	智能 ODB	182
5.8	智能管理终端	189
5.8.1	概述	189
5.8.2	实现形态	190
5.8.3	系统功能	191
5.8.4	接口	192
5.9	智能 ODN 管理系统	198
5.9.1	概述	198
5.9.2	系统功能	199

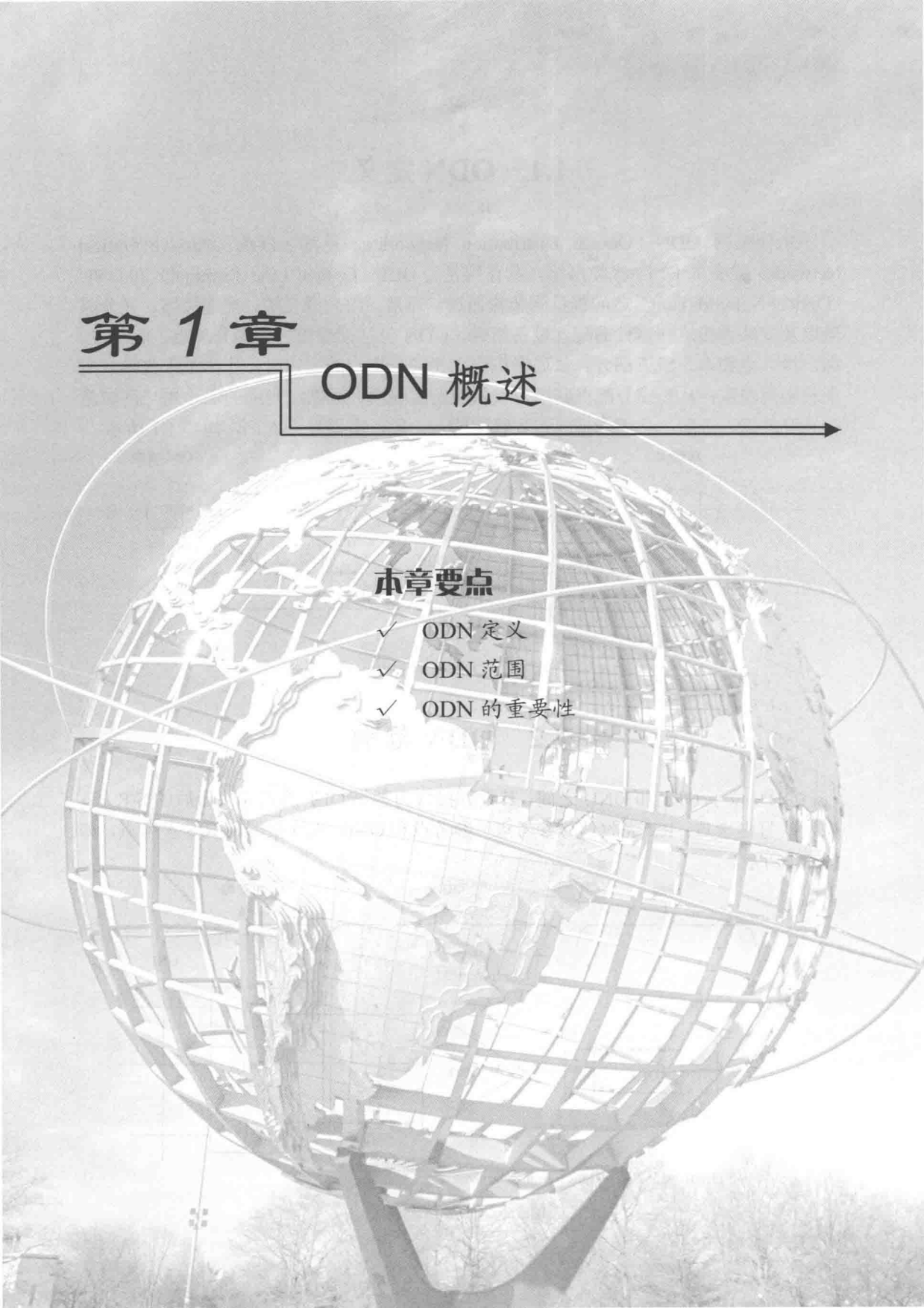
5.9.3 外部接口 .....	201
5.10 智能 ODN 的北向接口 .....	202
5.10.1 施工调度接口 .....	202
5.10.2 综合资源数据接口 .....	204
5.11 智能 ODN 应用 .....	207
5.11.1 业务流程 .....	207
5.11.2 应用模式分析 .....	210
5.11.3 传统 ODN 网络改造 .....	212
5.11.4 光缆监测 .....	214
5.11.5 投资分析 .....	222
缩略语 .....	225
参考文献 .....	227

# 第 1 章

## ODN 概述

### 本章要点

- ✓ ODN 定义
- ✓ ODN 范围
- ✓ ODN 的重要性





## 1.1 ODN 定义

光分配网 ODN (Optical Distribution Network), 是基于PON (Passive Optical Network) 设备的 FTTx 光缆网络, 其作用是为 OLT (Optical Line Terminal) 和 ONU (Optical Network Unit) 之间提供光传输通道。通常, 由光纤光缆、光连接器、光分路器以及安装连接这些器件的配套设备组成。ODN 包括馈线段、光缆分配点、配线段、用户接入点和入户段五部分。从局端机房到光缆分配点的馈线段, 作为主干光缆, 实现长距离覆盖; 从光缆分配点到用户接入点的配线段, 对馈线光缆的沿途用户区域进行光纤的就近分配; 从用户接入点到终端的入户段, 实现光纤入户, 如图 1.1 所示。

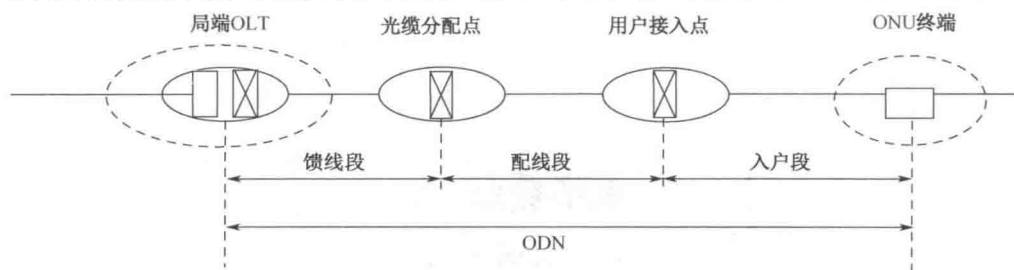


图 1.1 ODN 基本结构

## 1.2 ODN 范围

ODN 位于 OLT 和 ONU 之间, 其定界接口为紧靠 OLT 的光连接器后的 S/R (S: 光发信号参考点; R: 光收信号参考点) 参考点和 ONU 光连接器前 R/S 参考点, 如图 1.2 所示。

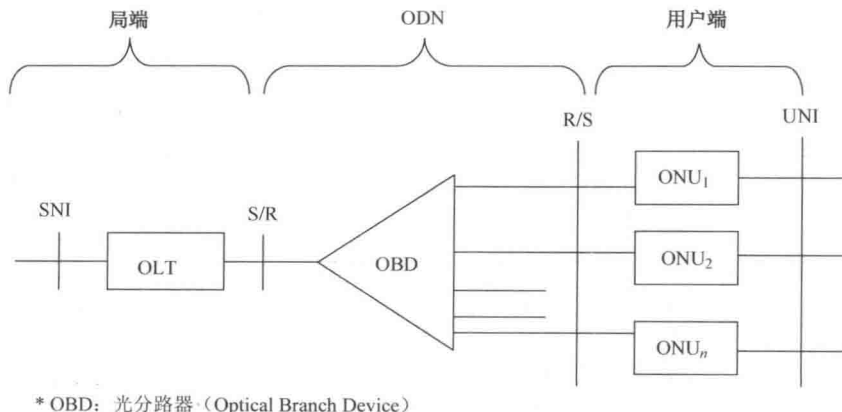


图 1.2 ODN 范围界定





## 1.3 ODN 的重要性

FTTx 网络运营的成功与否,很大程度上取决于业务的质量,而业务的质量又依赖于 ODN 的质量。ODN 作为 FTTx 的基础网络,具有如下特点:

① ODN 是第三张固网,需满足带宽增长及下一代 PON 技术平滑演进需要,是固定网络接入未来 50 年发展的基础。

② 施工环境复杂多变,一旦质量不能达标,其返工和改造的成本将十分昂贵。

③ 建设周期长,投入大。最高可占总体投资的 50%~70%,是 FTTx 投资的重点,如图 1.3 所示。

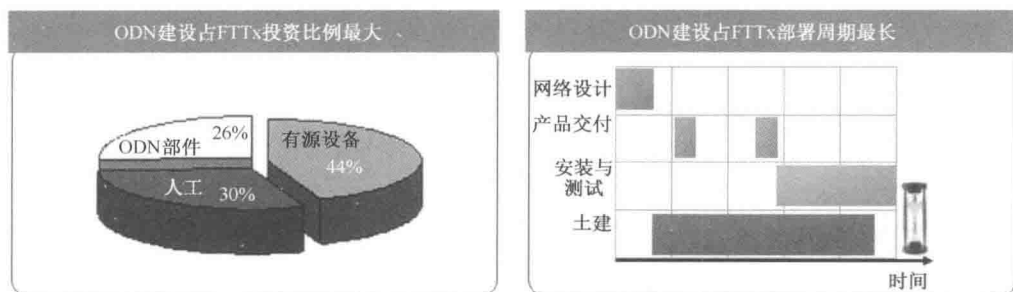


图 1.3 ODN 建设占 FTTx 建设的比例和周期

因此,ODN 的建设将直接影响 FTTx 网络的综合成本、系统性能、可靠性及升级潜力。如何更经济和更快速地建设 ODN 网络,是运营商们普遍关心的问题。一个具有高可靠性、易扩展性和易维护性以及技术升级能力强的 ODN 网络,才能满足未来长期的业务开展和运营需求,确保运营商 FTTx 网络建设的投资收益。

从新西兰、澳大利亚、新加坡等国家纷纷成立国家宽带项目组负责光纤基础网络建设来看,ODN 的建设已经上升到国家战略的层面。



