

电力终端通信接入网 规划与运维技术

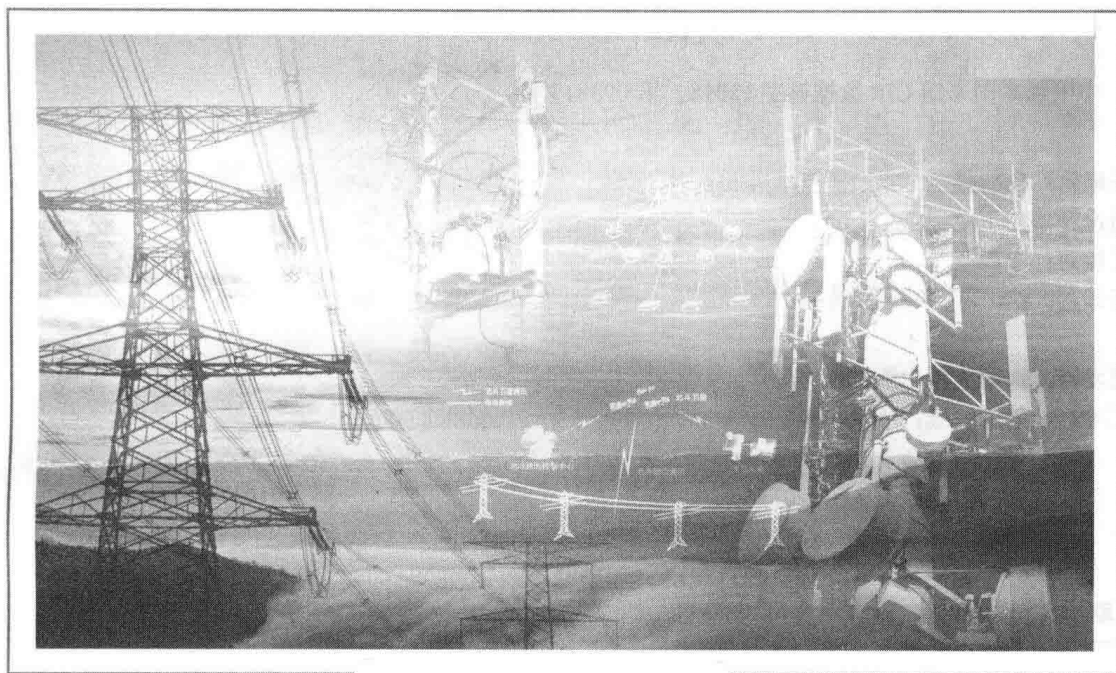
沈 力 主编



清华大学出版社

电力终端通信接入网 规划与运维技术

沈 力 主编



清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书以终端通信接入网的基本架构为主线,以电力业务应用为场景,以网络资源、接入技术为基础,以业务需求为导向,旨在对电力终端通信接入网进行全面梳理,为形成具有适用性强、灵活性高、易操作的终端通信接入网规划与运维技术提供理论支撑。

全书共8章,第1~4章为基础资源分布和技术条件、业务应用场景与应用需求分析、业务与接入网技术匹配性分析、规划和运维技术需求分析,均以业务应用为出发点,是电力终端通信接入网的分析基础;第5~7章为电力终端通信接入网规划、典型组网模式、电力终端通信接入网运维技术,均以业务与技术的应用为结合点,对电力终端通信接入网的规划和运维技术进行了讨论和研究,第8章梳理了电力终端通信接入网新技术,并结合电力应用场景进行展望。

本书对全国电力终端通信网以及通信接入网的建设有重要参考价值和现实指导意义,可供从事电力系统通信研究和规划建设的科技人员参考,也可供对终端通信接入技术在电力场景中应用感兴趣的读者阅读。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

电力终端通信接入网规划与运维技术 / 沈力主编. — 北京:清华大学出版社, 2018
ISBN 978-7-302-50131-2

I. ①电… II. ①沈… III. ①电力通信系统—研究 IV. ①TN915.853

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 093817 号

责任编辑:杨如林
封面设计:杨玉兰
责任校对:李建庄
责任印制:沈 露

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175 邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者: 北京富博印刷有限公司

装 订 者: 北京市密云县京文制本装订厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185mm×260mm 印 张: 21.75 字 数: 471 千字

版 次: 2018 年 8 月第 1 版 印 次: 2018 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 69.00 元

产品编号: 079259-01

前言

终端通信接入网是电力通信网的重要组成部分,是电力骨干通信网的延伸,是配、用电终端与主站信息交互的核心平台。随着智能电网建设的开展,面对配电网的发展与营配调贯通等新形势和新需求以及新兴业务的展开,如何构建“架构合理、性能可靠、安全可控、成本适中”的接入网,应用技术手段实现从规划到运维的全环节专业化管理,始终是公司各业务部门、研发以及产业支撑单位需要攻克的重大命题。建设多手段、多功能、全业务、全覆盖的终端通信接入网,能有效提升配用电网的安全生产和对外的优质服务,对落实公司全球能源互联网发展的战略意义重大。

本书针对终端通信接入网承载业务的特征,结合现有终端通信接入网的基础资源、技术要求、业务需求、存在问题、规划与运维需求与目标,辅以作者多年来在终端通信接入网技术及管理领域的研究成果和参与国家相关重大项目的经验,系统地分析了电力终端通信接入网规划与运维工作的基础理论。本书第1章介绍了电力终端通信接入网的业务资源、网络资源、存在的问题和现有的技术条件;第2章介绍了业务应用场景模型和应用需求,并进行多业务公共接入分析;第3章介绍了终端通信接入网的技术体系,并进行了技术匹配性分析;第4章分析了终端通信接入网规划及运维需求,并进行运维评价体系研究;第5章主要对终端通信接入网的业务接入需求、传输速率、系统容量、延时、安全稳定性要求进行分析,提出业务控制技术、等级映射技术、网络优化技术等一系列适用于终端通信接入网的规划手段;第6章根据业务需求梳理了终端通信接入网承载的所有业务典型的接入场景以及技术特征,并进行了经济性分析;第7章介绍了运行监视与故障分析技术、性能分析与探测技术,并提出故障检测与定位的方法,给出了电力的典型应用环境,同时从部署策略、管理策略等方面进行了探索;第8章对有线专网、PON、宽带电力线载波、北斗、宽带卫星通信、可信计算、量子通信、光锁、区块链等新兴技术进行了研究,并对新技术在电力场景的应用路线进行预测。

本书由国家电网公司、国网辽宁省电力有限公司、国网信息通信产业集团有限公司、国网冀北电力有限公司、国网内蒙古东部电力有限公司、华北电力大学、中国信息通信研

究院、东北大学、辽宁邮电规划设计院有限公司等单位相关专家策划并编写。衷心感谢清华大学出版社对本书出版工作的大力支持！

由于作者水平有限，编写时间较为仓促，书中内容难免会出现疏漏与不当之处，敬请读者批评指正。

作 者
2018年5月

目 录

第1章 基础资源分布和技术条件	1
1.1 业务资源分布情况	2
1.1.1 终端通信接入网的概念	2
1.1.2 配电自动化	2
1.1.3 用电信息采集	3
1.1.4 分布式电源	5
1.1.5 电动汽车充电站（桩）	6
1.2 网络资源分布情况	7
1.2.1 光缆资源	7
1.2.2 载波资源	8
1.3 无线网络资源	9
1.3.1 无线公网	9
1.3.2 无线专网	10
1.4 存在的问题	11
1.4.1 技术体系存在的问题	11
1.4.2 信息安全防护存在的问题	11
1.4.3 规划中存在的问题	12
1.4.4 建设中存在的问题	12
1.4.5 运维中存在的问题	13
1.5 技术条件分析	13
1.5.1 有线通信技术	13

1.5.2 电力线载波通信技术	17
1.5.3 无线通信技术	18
1.6 总结	22

第2章 业务应用场景与应用需求分析 23

2.1 业务应用场景模型分析	24
2.1.1 配电环节业务	24
2.1.2 用电环节业务	26
2.1.3 用能服务业务	27
2.1.4 移动互联业务	28
2.2 业务需求分析	30
2.2.1 配电环节业务	30
2.2.2 用电环节业务	35
2.2.3 用能服务业务	39
2.2.4 移动互联业务	42
2.3 多业务公共接入分析	46
2.4 总结	46

第3章 业务与接入网技术匹配性分析 47

3.1 终端通信接入网技术体系	48
3.2 终端通信接入网技术应用方式分析	50
3.2.1 匹配分析概述	50
3.2.2 匹配原则	51
3.2.3 配电自动化	52
3.2.4 用电信息采集	57
3.2.5 分布式电源	63
3.2.6 电动汽车充电站（桩）	68
3.2.7 扩展业务匹配	73
3.3 总结	74

第4章 规划和运维技术需求分析77

4.1 终端通信接入网规划技术需求分析	78
4.1.1 EPON规划	78
4.1.2 无线专网规划	79
4.1.3 工业以太网规划	81
4.2 终端通信接入网运维技术需求分析	82
4.2.1 运维模式	82
4.2.2 运维技术需求分析	82
4.3 终端通信接入网运维评价体系的研究	86
4.3.1 综合评价的概念和基本过程	86
4.3.2 评价指标体系建立原则	87
4.3.3 评价指标的建立过程	88
4.3.4 评价指标	89
4.3.5 终端通信接入网运维评价方法介绍	95
4.3.6 终端通信接入网运维评价方案确定及算例分析	100
4.4 总结	104

第5章 电力终端通信接入网规划105

5.1 终端通信接入网业务分析	106
5.1.1 生产类业务	106
5.1.2 管理类业务	107
5.2 终端通信接入网业务对接入技术的需求分析	108
5.2.1 各种接入技术分析	108
5.2.2 终端通信接入网新技术	109
5.2.3 终端通信接入网业务与接入技术匹配度分析	114
5.3 终端通信接入网业务对传输速率的需求分析	116
5.3.1 10kV通信接入网业务传输速率需求	116
5.3.2 0.4kV通信接入网业务传输速率需求	117
5.4 终端通信接入网系统容量需求分析	117
5.4.1 终端通信接入网业务流量模型	117

5.4.2	典型业务流量分析	118
5.4.3	典型业务流量计算	120
5.4.4	各类业务系统容量需求分析	122
5.5	终端通信接入网通信延时需求分析	125
5.5.1	不同业务类型通信延时要求	125
5.5.2	终端通信接入网接入技术延时分析	126
5.6	终端通信接入网业务安全稳定需求分析	127
5.6.1	安全防护需求	127
5.6.2	业务安全分区	127
5.7	终端通信接入网业务控制技术	128
5.7.1	基于业务等级的接入控制技术	128
5.7.2	基于业务等级的分组调度技术	130
5.7.3	基于业务等级的队列调度机制	131
5.7.4	基于业务等级的队列管理机制	136
5.8	终端通信接入网业务等级映射及QoS机制	142
5.8.1	EPON的业务等级映射及QoS机制	142
5.8.2	LTE的业务等级映射及QoS机制	147
5.9	终端通信网综合网络优化策略	153
5.9.1	基于虚拟化技术的终端通信网络分层模型	154
5.9.2	网络资源映射算法	156
5.9.3	面向流的虚拟网络调度方案	163
5.9.4	终端通信接入网路由优化策略研究	171
5.10	总结	179

第6章 典型组网模式 181

6.1	终端通信接入网典型场景	182
6.1.1	配电自动化应用场景	182
6.1.2	用电信息采集应用场景	182
6.1.3	电动汽车充电站应用场景	183
6.1.4	电动汽车充电桩应用场景	183
6.1.5	分布式电源接入应用场景	184
6.1.6	配用电多业务接入应用场景	184

6.2 终端通信接入网技术特征分析	185
6.2.1 EPON技术特征	185
6.2.2 工业以太网技术特征	186
6.2.3 无线专网技术特征	187
6.2.4 技术特征总结	188
6.3 适用场景分析	189
6.4 总结	190

第7章 电力终端通信接入网运维技术 191

7.1 行业外运行监视与故障分析技术手段和应用效果	192
7.1.1 基于设备自身网管的运行监视技术	192
7.1.2 应用效果对比分析	194
7.2 行业内运行监视与故障分析技术手段和应用效果	196
7.2.1 基于载波设备的网管技术	197
7.2.2 基于综合网管的运行监视技术	198
7.2.3 基于业务流量的流量分析技术	206
7.3 通信网性能分析与探测技术	210
7.3.1 网络性能保障概述	210
7.3.2 性能评价体系	212
7.3.3 网络性能指标	214
7.3.4 网络性能探测技术	215
7.4 基于探针的故障定位技术方案	217
7.4.1 故障检测的探测选择技术	217
7.4.2 故障定位的探测选择技术	219
7.5 网络性能保障机制研究	221
7.6 典型应用环境	231
7.6.1 典型应用场景	231
7.6.2 典型场景探针部署模式	236
7.7 面向资源优化的分布式智能测量探针监控部署策略	238
7.7.1 被动式流量监测探针部署	238
7.7.2 主动式网络连通性监测探针部署	240

7.8 基于主动探测技术的故障定位	242
7.8.1 主动探测技术逻辑部署	242
7.8.2 故障定位的原理	246
7.9 运维支撑工具安全及权限管理策略	251
7.9.1 运维支撑工具安全及权限管理总体设计	251
7.9.2 物理环境安全防护策略	251
7.9.3 网络安全防护策略	252
7.9.4 探针设备安全防护策略	256
7.9.5 主机安全防护策略	257
7.9.6 应用与数据安全防护和权限管理策略	258
7.10 运维支撑工具接入访问控制技术方案的	265
7.10.1 终端通信接入网访问控制机制	265
7.10.2 运维支撑工具访问控制设计方案	270
7.11 总结	274

第8章 电力终端通信接入网新技术展望

277

8.1 新型通信技术研究	278
8.1.1 可见光通信技术	278
8.1.2 NB-IOT	283
8.1.3 LoRa	286
8.1.4 SigFox	290
8.1.5 G	292
8.2 有线专网技术研究	294
8.2.1 10G PON	294
8.2.2 WDM PON	295
8.3 电力线载波通信技术研究	297
8.4 卫星通信技术研究	298
8.4.1 北斗技术	298
8.4.2 宽带卫星通信	302
8.5 通信安全技术	305
8.5.1 可信计算	305

8.5.2 量子通信技术·····	312
8.5.3 光锁技术·····	314
8.5.4 区块链技术·····	316
8.6 新技术应用与路线预测 ·····	322
8.6.1 总体趋势·····	322
8.6.2 新技术的电力应用·····	323
8.7 总结 ·····	330
参考文献 ·····	332

第1章

基础资源分布和技术条件



1.1 业务资源分布情况

1.1.1 终端通信接入网的概念

终端通信接入网按照配用电环节的发展需要建设，它分为有线和无线两种组网模式，主要满足配电自动化、用电信息采集、分布式电源接入、电动汽车充电站（桩）等通信业务的接入和上联需求，形成与骨干传输网垂直贯通、面向用户、安全可控的一体化接入网络。

接入网由业务站点接口和用户网络接口之间一系列传送实体（如线路设施和传输设施等）组成，提供配电与用电业务站点同电力骨干通信网络的连接，实现配用电业务站点与系统间的信息交互，具有业务承载和信息传送功能。

接入网分为10kV接入网和0.4kV接入网两部分。10kV接入网主要覆盖10kV配电网开关站、配电室、环网单元、柱上开关、配电变压器、分布式能源站点、电动汽车充换电站、10kV配电线路等。0.4kV接入网主要覆盖10kV配电变压器至用户电表、电动汽车充电桩、分布式能源站点等，并延伸至用户室内，用于实现双向互动用电服务、智能家电控制及增值业务服务，主要承载用户用电信息采集本地通道、电力光纤到户等业务。

1.1.2 配电自动化

配电自动化系统以一次网架和设备为基础，综合利用计算机、信息及通信等技术，并通过与相关应用系统的信息集成，实现对配电网的监测、控制和快速故障隔离。配电自动化系统是实现配电网运行监视和控制的自动化系统，具备配电SCADA（Supervisory Control And Data Acquisition）、馈线自动化、故障处理、分析应用及与相关应用系统互连等功能。

目前，配电自动化业务所采用的通信方式有EPON、工业以太网交换机、无线专网、中压电力线载波和无线公网。各种通信组网方式架构如图1-1所示。

按照配电自动化站点是否需要实现三遥（遥信、遥测、遥控）功能来划分，三遥站点采用EPON或工业以太网交换机的通信方式；对于不需要遥控功能的站点，采用以光纤专网通信为主，中压电力线载波及无线专网通信为辅的通信方式，在光缆敷设较为困难的区

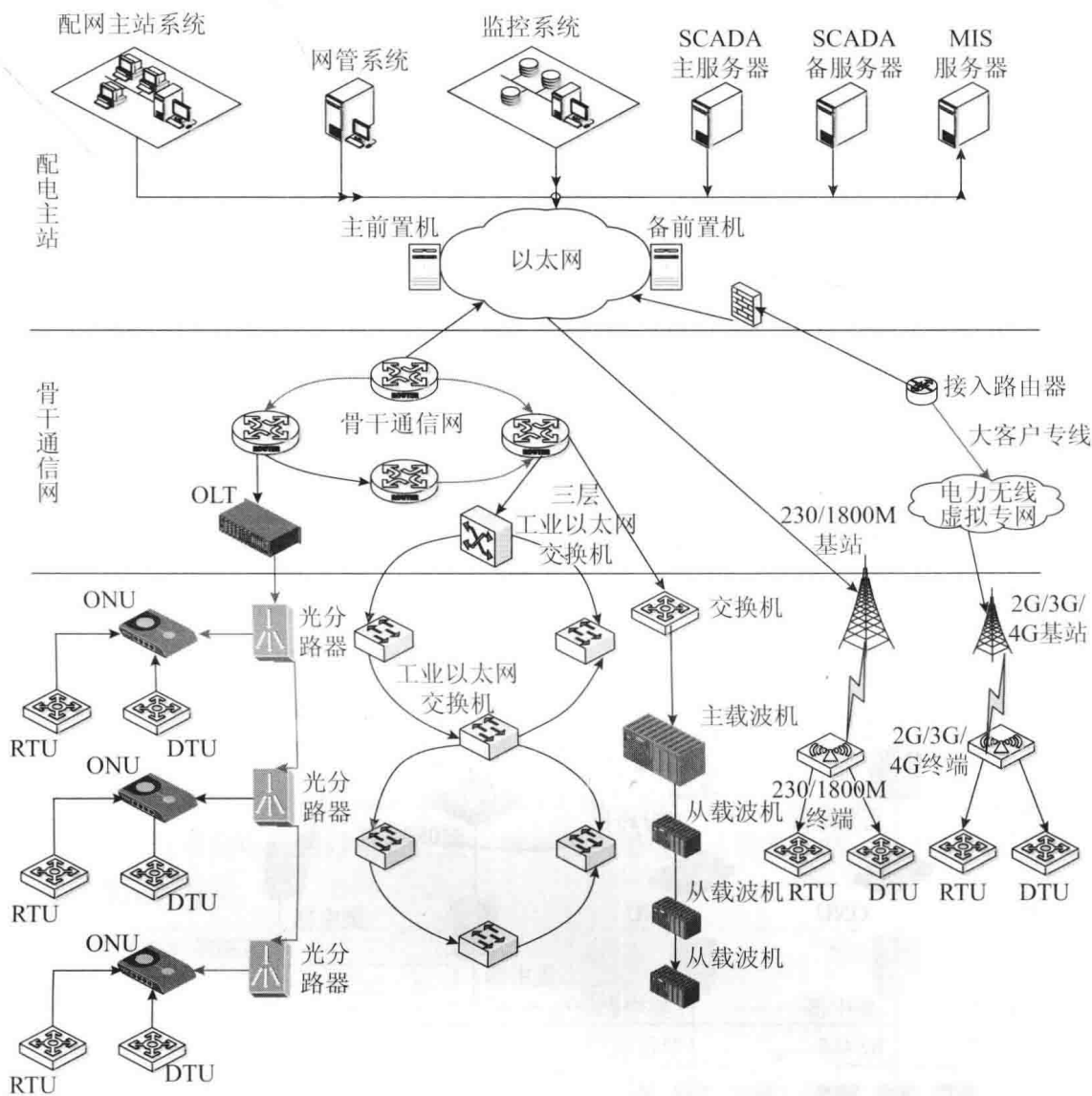


图1-1 配电自动化业务通信组网示意图

域，可采用无线公网的通信方式。采用无线公网通信时，需通过无线虚拟专网，经过大客户专线进入部署于地市调控中心的配电自动化主站。

1.1.3 用电信息采集

用电信息采集系统是对电力用户的用电信息进行采集、处理和实时监控的系统，实现用电信息的自动采集、计量异常监测、电能质量监测、用电分析和管理、相关信息发布、分布式能源监控、智能用电设备的信息交互等功能，由采集主站、通信通道和采集终端组成。

用电信息采集的远程通信方式有EPON、无线专网和无线公网等。各种通信方式的组网架构如图1-2所示。

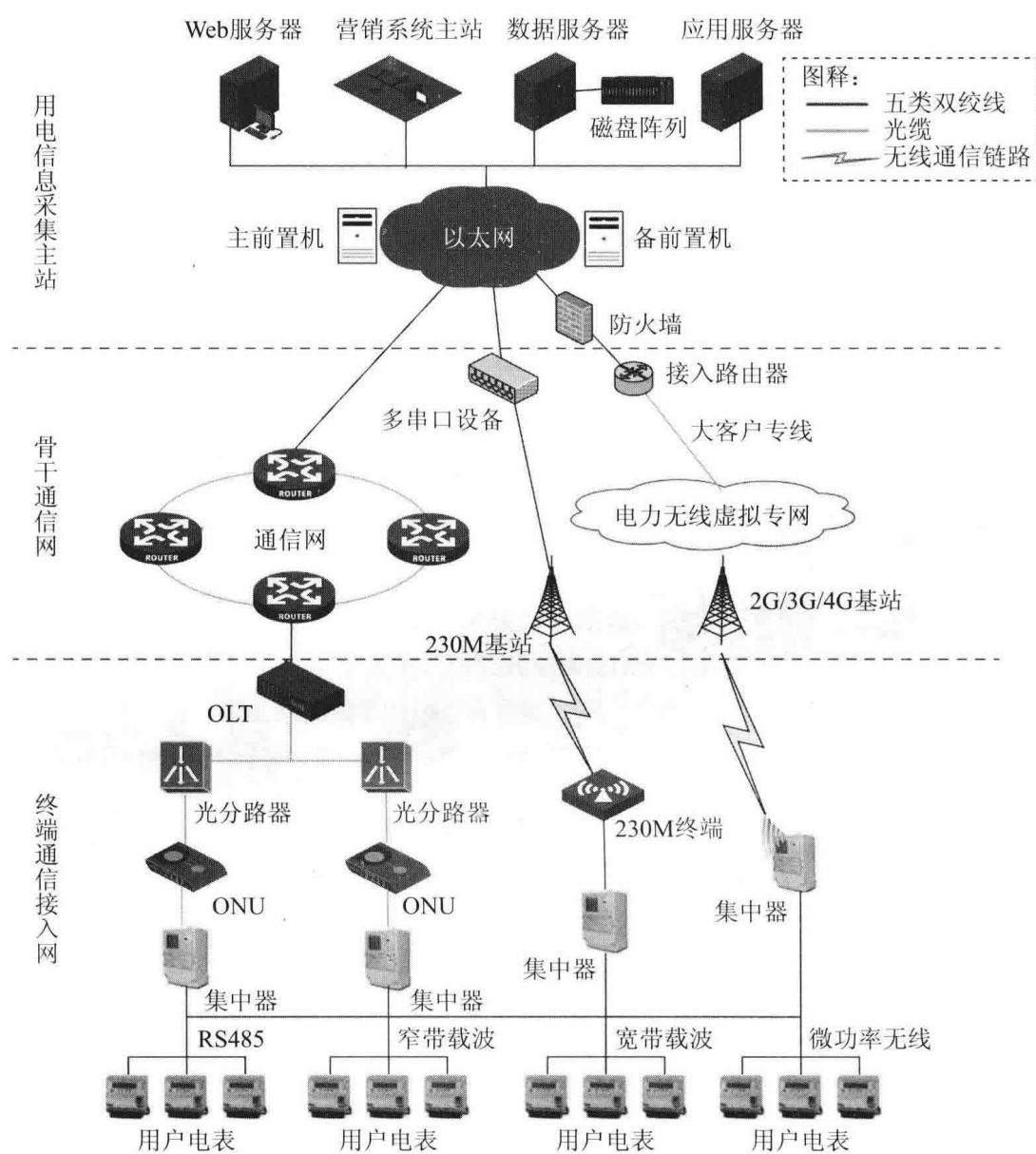


图1-2 用电信息采集业务通信组网示意图

EPON方式可采用光纤到表、光纤到集中器两种接入方式。光纤到表模式下，光纤II型集中器放置楼宇电表箱内，通过485总线串接智能电表进行电表数据采集；光纤到集中器模式下，用电信息采集ONU与I型集中器通过以太网连接。

无线专网方式下，无线终端模块安装在采集终端处（集中器、专变终端等），基站采用无线方式与无线终端模块通信，并通过光纤接入电力通信传输网，实现智能电表与采集主站的数据传输。

无线公网方式下，在采集终端侧加装SIM卡，租用运营商的GPRS、CDMA等信道，实现智能电表通过采集终端与主站的通信。

1.1.4 分布式电源

分布式电源是指在用户所在场地或附近建设安装,运行方式以用户端自发自用为主,多余电量上网,且在配电网系统平衡调节为特征的发电设施或有电力输出的能量综合梯级利用多联供设施。分布式电源类型包括太阳能、天然气、生物质能、风能、地热能、海洋能、资源综合利用发电(含煤矿瓦斯发电)等(不含小水电)。

分布式发电站接入通信设备、线路等不考虑双重化配置,通道一般按单路配置,分布式发电站侧的通信设备型号应与电网侧保持一致性,配套电源、配线设备以及相关的运行环境等能够保障通信设备连续、安全稳定运行的要求配置。在分布式电源密集部署且光缆易于敷设的区域,或在配电自动化光纤网络已覆盖的区域,优先选择EPON传输技术方案;在分布式电源相对分散且具备光纤网络,但不宜采用EPON技术的区域,优先选择SDH传输技术方案;在分布式电源相对分散且光缆线路难以敷设的区域,优先选择中压电力线载波方案;在分布式电源密集且光缆敷设困难的区域,可选择无线专网方案;对10kV电压接入的分布式电源,若无控制业务需求,可选择无线公网方案,对380/220V低压接入分布式电源,优先选择无线公网方案。

目前分布式电源接入规模较小,从配电网接入的分布式电源通常按照配电站点接入,信息接入配电自动化主站;从用户侧(0.4kV)电网接入的分布式电源点,通常按照电力用户接入,应用双向电表进行电量计量,数据接入用电信息采集主站,分布式电源通信设计结构如图1-3所示。

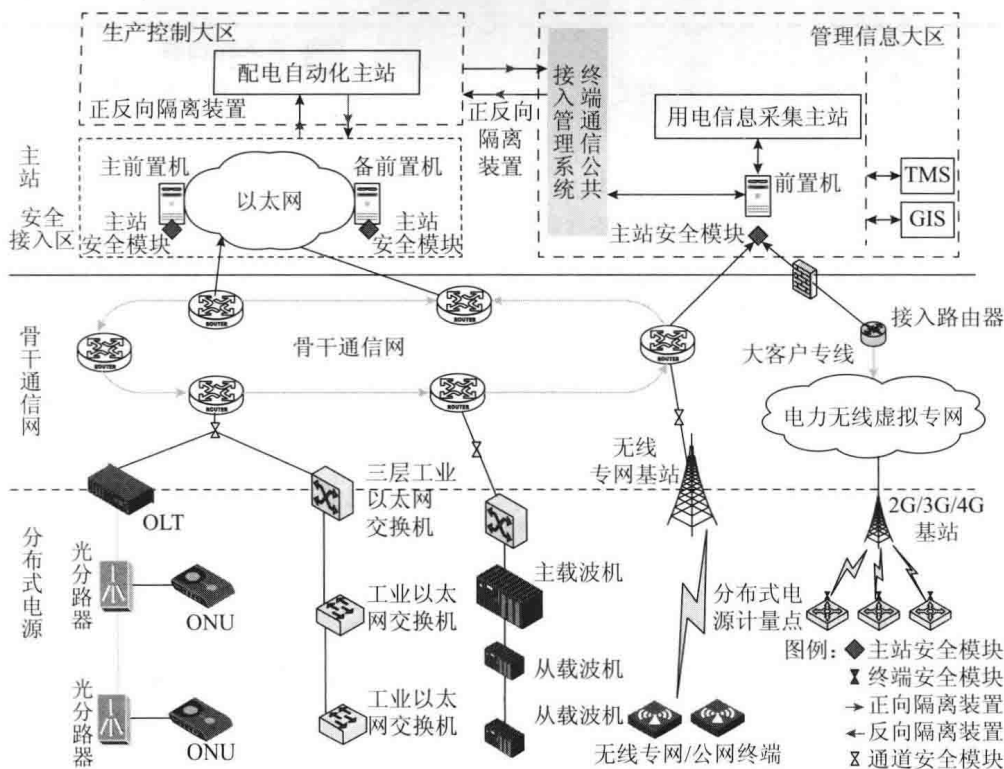


图1-3 分布式电源通信设计