

单位代码： 10293 密 级： _____

南京邮电大学

专 业 学 位 硕 士 论 文



论文题目： 基于物联网环境的智能电表网络研究分析

学 号 1315080175

姓 名 李陶然

导 师 潘甦

专业学位类别 工程硕士

类 型 在 职

专业（领域） 电子与通信工程

论文提交日期 2017.10.20

Thesis Submitted to Nanjing University of Posts and
Telecommunications for the Degree of
Master of Engineering



By

Taoran li

Supervisor: Prof.Su Pan

Sep 2017

南京邮电大学学位论文原创性声明

本人声明所呈交的学位论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得南京邮电大学或其它教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

本人学位论文及涉及相关资料若有不实，愿意承担一切相关的法律责任。

研究生学号：_____ 研究生签名：_____ 日期：_____

南京邮电大学学位论文使用授权声明

本人授权南京邮电大学可以保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子文档；允许论文被查阅和借阅；可以将学位论文的全部内容编入有关数据库进行检索；可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编本学位论文。本文电子文档的内容和纸质论文的内容相一致。论文的公布（包括刊登）授权南京邮电大学研究生院办理。

涉密学位论文在解密后适用本授权书。

研究生签名：_____ 导师签名：_____ 日期：_____

摘要

本文是在物联网环境的基础上，以智能电表网络作为研究对象进行研究分析。全文分为五个章节，探讨本课题的研究意义，目前物联网、智能电表以及应用于智能电表网络的环境与技术，基于实际情况对网络进行研究分析，等。

通过对应用于智能电表网络的研究分析，获得更适合电网、家庭等多方面的智能电表网络。优化能源生产、分配和使用。为社会、电力企业、电力系统用户等带来巨大的经济效益与社会效益。

关键词： 物联网，智能电表，网络，电网

Abstract

Based on the Internet of things environment, the intelligent electric meter network as the research object is studied and analyzed in this paper. The full text is divided into five chapters to explore the significance of this topic, the current Internet of things, smart meters and the application of smart meter network environment and technology. Based on the actual situation of the network, the intelligent electric meter network is researched and analyzed.

By using the corresponding research and analysis of smart meter network, the intelligent electric meter network is more suitable for power grid, family and other aspects of the smart meter network. The intelligent electric meter network can optimize the industry production, distribution and use of energy, which can bring huge economic benefits and social benefits for the society, the electric power enterprises and the electric power system users.

Key words: IOT, intelligent ammeter , network , electric network

目录

第一章 绪论	1
1.1 研究背景和意义	1
1.2 国外相关研究	1
1.3 中国相关研究及应用	3
1.4 研究内容及章节安排	4
第二章 相关技术研究	5
2.1 物联网研究概述	5
2.1.1 物联网概念	5
2.1.2 物联网研究背景	6
2.1.3 物联网架构	7
2.1.4 物联网技术与应用	8
2.2 智能电表研究	12
2.2.1 智能电表概念	12
2.2.2 智能电表通信技术研究	13
2.2.3 智能电表通信协议研究	15
2.2.4 基于物联网的智能电表研究	16
2.3 电网生产结构及其信息通信简介	18
2.3.1 电网生产结构	18
2.3.2 电网信息通信结构及其业务特点	19
2.4 基于物联网环境的智能电表网络研究	20
2.4.1 智能电网网络发展趋势	20
2.4.2 基于物联网环境的智能电表网络方案对比	21
第三章 智能电网用电环节中智能电表通信网络方案	23
3.1 用电环节简介及技术要求	23
3.2 方案一：三网融合 EPON 系统组网方案	24
3.3 方案二：智能用电、充电站通信方案	25
3.4 方案三：用电信息采集 EPON 系统组网方案	26
3.5 方案四：智能营业厅接入方案	27
第四章 智能电网配网环节通信网络设计和建设研究	29
4.1 配网环节简介	29
4.2 昆明地区配电网现状分析	29
4.2.1 昆明地区自然地理概况	29
4.2.2 昆明地区通信网分析	32
4.2.3 配电网现状分析	32
4.2.4 系统现状分析	33
4.3 昆明地区配电网需求分析	34
4.3.1 配电自动化需求	34
4.3.2 配电自动化对通道要求	46
4.3.3 业务接入安全分析	48
4.4 昆明地区配电网技术选择原则	48
4.4.1 有线通信方式	48
4.4.2 无线通信方式	51
4.4.3 配网通信技术比较分析	53

4.5 昆明地区配电网规划方案设计和建设 56

 4.5.1 总体设计原则 56

 4.5.2 配网通信网络架构规划设计 56

 4.5.3 配网通信建设内容 58

 4.5.4 配网通信技术建设水平表 61

 4.5.5 展望 62

第五章 总结与展望 64

 5.1 总结 64

 5.2 展望 64

参考文献 65

第一章 绪论

1.1 研究背景和意义

为适应现代社会对电能的应用需求，需建立健全的智能电网。智能电表作为智能电网的重要组成部分，具有研究意义。而智能电表应用网络环境，直接影响智能电表使用效率。通过将物联网与智能电表相结合，为智能电表创造更适宜的网络环境，从而为电力行业与家庭用户创造更为直观可控的电能使用环境，因此智能电表网络通信极具有研究价值。

举例而言，某地未来一段时间将有强降雨，因雨量较大，容易造成电线线路故障。此时，电力公司可以通过智能电表将强降雨的消息通知到用户，用户在收到消息之后能够提前做好准备，减少线路故障引起的混乱。由此可见，智能电表能够很好的连通电力公司与用户之间的消息互通。

具体分析，智能电表网络研究的作用有如下几个方面：

智能电表双向通信，基于物联网的智能电表双向通信，可以给电力公司带来极大的便利，节约人工成本与时间成本，可以更快捷方便地检测用户是否有非法用电的行为。

智能电表双向通信，基于物联网的智能电表双向通信，能够为用户提供便利，可以让用户实时监测家中电能使用情况、监测电价波动，提供预警，可以向用户发布一些有关于节电的消息。

智能电表网络研究，可以帮助更好地构建智能家庭网络，将家庭电器与网络相结合，通过网络来调度家庭电器，为生活家居提供更为便利的环境。

智能电表网络研究，可以更加深入的帮助构建智能电网，在现有基础上，减少人力资源的消耗与时间成本的支出，构建更为方便安全低成本智能电网。

1.2 国外相关研究

智能电表能够采集用户侧用电量等电能数据，进行数据存储，还能对采集到的数据进行简单计量，于用户侧与电力企业之间进行信息的双向通信，以及实现用户端通过智能电表对家庭用电进行远程操控的功能等。目前，国内有部分地区一些小区已安装智能电表，但国内对智能电表的研究尚且未达到国外已有水平。以下，对国外智能电表应用进行简单分析研究。

（1）目前各国智能电表应用管理

智能电表的应用优点在于通信功能，较之传统电能表只能够计量数据，智能电表不但能

够将当前用户用电情况、当前电价等多种信息传递至用户处，而且能够传达电力部门功率波动信息。应用智能电表，甚至能够快速找出电力中断位置，这也是智能电表应用的一种方式。因而，目前世界各国都在研究如何更好应用管理智能电表。

（a）美国

美国加州大学洛杉矶分校的研究者就曾根据“大数据”理论设计了一款“电力地图”，该地图可以将用户信息、实时用电情况与气象条件、地理环境等融合起来，从而制作了一款加州地图。城市电网能够以此获取各个不同社会群体用电讯息，同时也能够以此为凭据，对过载街道及停电或电路损坏频次高的街道进行优先改造。

在美国电业公司 TXU Energy 设计的智能电表系统中，供电公司的后台每隔 15 分钟就能自动读取一次用电数据。供电公司通过抓取这些数据并进行分析，能准确得出用户的用电量状况。此外，美国的供电公司也开放了公众用电查询平台，通过登录相关网站，用户甚至能精确地掌握到家中每种电器每个时段的耗电量。

（b）欧洲各国

在欧洲，智能电表的发展也不甘落后，为了方便管理家庭耗电信息，让家庭智能化，为了为用户提供更好的电力市场，欧洲于 2008 年 6 月 1 日，发起多国参与需求侧相应的 Address 项目，目标使家庭用户与小型商业用户更好的参与电力市场。以智能电表为起始，以项目为平台，加强用户与智能电表终端的联系，并以此将 Address 项目推广至整个欧洲地区。

欧洲各国均在加强智能电表的推广工作。其中法国正在努力将用户使用智能电表纳入法律中；意大利是欧洲最先推行智能电表的国家，于 2014 年，智能电表覆盖率已超过全国用户 85%，居于世界之首，意大利利用智能电表建立了智能化计量网络；德国要求所有新建住房与大规模修缮的房屋建筑必须安装智能电表；等等各国均在努力推广智能电表的应用。

（c）亚洲各国

亚洲各国研究推广智能电表的背景意义与欧美国家有所不同，各有特点。

中国建设智能电网的驱动力主要来源于更好地满足电力需求，降低线损，加大力度推广清洁能源，加强环保，提升电网接受清洁化能源的力度。为了实现更好更快更节能的智能电网，必须全面加强推广智能电表的应用。因此，中国推进智能用电小区试点工作等多项工作，用以推广智能电表。

日本作为亚洲较为关注智能电表，智能家居的国家。日本的产业省（METI）于 2009 年 11 月组建了下一代能源和社区系统委员会，负责组织各方面专家研究探讨日本的智能电网技术路线。而后，由日本政府负责 2/3 的投资，METI 提供策划方案及部分补贴，东京电力与关西电力启动智能电网表示范项目。深入研究智能电网相关标准工作。

日本曾经历强地震后电站停运电力资源紧缺，随后对智能电表发展非常关注。将智能电表与家庭电器连接后，在电力资源紧缺的情况下，电力公司侧将发送节能信号，电能表接收到节能信号之后，将由能源管理控制器，制定节能计划，达到节能目标。

（2）各国智能电表市场前景研究

（a）法国

法国政府正在努力推广智能电表的使用，但遇到部分电力用户的抗议，该群体因怀疑智

能电表会影响人体健康而拒绝安装智能电表。但法国政府依旧支持推广安装智能电表工作。近几年，许多市政逐渐减少对智能电表的恐惧，智能电表的推广获得成效。

(b) 欧美

在未来几年内，智能电表主力市场依旧是欧美地区。欧美国家与日本对智能电表普及率有所设想。期望 2020 年，智能电表的普及率能够达到 80%。智能电表市场也将飞速扩大。预计全球市场智能电表需求数量将以年增长率 48% 左右增加。

西班牙电力市场由三大电力公司垄断，关于智能电表，同日本等多个国家一样，西班牙政府十分看好智能电表市场，并于 2007 年推出相关法律，预计 2018 年，将全国所有电能表全部更换成智能电表，以此帮助三大电力公司远程抄表、集中控制电能、实时采集掌控用户用电信息。

(c) 中国

参考分析《2016-2021 年中国智能电表行业发展前景与投资预测分析报告》，可发现目前我国，不仅有国家电网与南方电网进行大量采购智能电表，在我国各行各业，例如：学校，医院，电力通信等行业中，均有大批智能电表的使用。

近几年，节约电能、加强环保、节能排减、电力测量、加强电能管控等理念逐渐深入人心，极大地推进智能电表在国内的推广应用。

在大量的宣传中，智能电表能够加强环保节能的概念将广为人知，将来，我国智能电表将更加广泛的应用到各个行业中，市场扩大。

相关报告预测，到 2020 年底，低压智能仪表的全球销量增长率有望从现在的 35.4% 增长到 45.7%。

1.3 中国相关研究及应用

当前，中国对智能电表的应用尚未普及，对智能电表的应用功能也未能开发透辟。根据设想，智能电表可以实现大量人类幻想的科技生活梦，对智能电表而言，其应用的网络环境直接影响到智能电表的使用效果。

国内目前已经有部分地区部分小区开始使用智能电表。在这些小区中，智能电表的应用网络环境大多如下：

1、智能电表利用表计的 485 数据端口，采用 RS485 通信线连接到数据采集器，数据采集器可以无线通信到集中器（相当于局域网络间数据传输），集中器一般装有移动、联通的电话卡，类似手机一样，将剩余电量发送回数据库，从而实现微机通过远程查询的目的。

2、智能电表利用表计的载波模块直接无线通信，将电量数据传送到集中器，集中器将剩余电量发送回数据库，从而实现微机通过远程查询的目的。

1.4 研究内容及章节安排

智能电网、智能表计与智能家庭是智能能源生态系统中的主要组成部分。智能家庭其实就是大家平时生活中最常接触的设备，将其联网互通，实现智能操控。智能家庭能为用户的生活提高便利性，增加趣味性。目前，市面上已有一部分产品，具有一定程度上的智能化。在家庭使用中，将这些智能产品连接无线网，其中一些产品可以通过内置 Web 服务器，与同时连接进同一个无线网的其他产品进行互联互通互动。智能电表在这些互动中，起到采集存储信息，并将使用情况，部分或者全部实时分享给智能电网。随后智能电网侧获取资料，通过对数据进行分析，可以更准确的对于用户用电时间段，用电需求有更深刻的了解，从而对电能进行更好的管理。

本课题是在物联网环境的基础上以智能电表网络作为研究对象进行研究分析，把家庭与本地互联网中的联网设备连接到智能电网，可以实现业主与电力公司之间的双向通信。将物联网与智能电表相结合，可以为智能电表创造更好的网络环境，为智能家庭创造更好的使用基础。同时，可以利用利用智能电表采集家庭电气使用数据，通过物联网分享给智能电网，或者对数据进行分析，使用户可以直观的看到自己的电能使用情况，使用时间等，更好的实现节约能源。将物联网与智能电表相结合，实现电网与家庭网络的双向互通，为未来实现智能家庭，改进应用打下基础。为电力系统用户带来巨大的经济效益与社会效益。

本文分为五大章节，第一章为绪论，对于为何要研究本课题，国内外现状进行了简单的介绍。第二章为相关技术研究，对本课题中相关的三个概念，物联网、智能电表、智能电表应用网络进行简单研究。第三章与第四章结合实际，对智能电表网络应用进行研究分析。第五章为本论文的总结与展望。

第二章 相关技术研究

2.1 物联网研究概述

2.1.1 物联网概念

物联网的概念简单来说就是，物与物之间互联的网络。

其概念最早于 1995 年出现。比尔盖茨在所著《未来之路》一书中，提出物联网的概念。但受限于当年的技术限制，未能引起广泛重视。

1999 年美国麻省理工学院（MIT）的教授 Kevin Ash-ton 第一次提出物联网的定义。

物联网的基本定义即为“万物皆可通过网络互联”。而最初物联网的根本，是依赖于物流网络的。伴随着当代技术与应用的逐渐进步，物联网的含义已经有了很大的改变。

2003 年，美国《技术评论》提出传感网络技术将是未来改变人们生活的十大技术之首。

2004 年日本总务省提出 u-Japan 计划，希望通过这项计划实现人人之间、人物之间、物物之间的连接。希望通过此项计划把日本创建成一个时时刻刻无论何人何物都可以串联起来的泛在网络社会。

2005 年，物联网的内涵与范围已经发生了改变。物联网包含领域有了很更广泛的扩展，不仅指依靠于 RFID 技术基础上的物联网。

2006 年韩国确立了 u-Korea 计划。该计划目标是通过智能型网络，建立起在普通人生活中互联互通的社会环境。创建在公众场合随时随地可以互联互通，为全部人提供便利服务的网络。

2008 年后，为了加速科技进步步伐，探寻经济发展的突破口，各国政府增加对科技技术的研究探索，把目标投注在物联网方面。2008 年 11 月，北大召开了一次研讨会，会中，有人提出观点，移动技术与物联网技术的进步，将促进信息技术的前进，推动现代社会服务质量。将用户体验放在更重要的地位。

2009 年欧盟执委会发表了欧洲物联网行动计划。在计划中根据当前情况模拟设想物联网充分开发利用后的前景。

2009 年 1 月 28 日，奥巴马当选美国总统后，举办了一次“圆桌会议”，参与人员均为工业领袖。期间，彭明盛先生提出“智慧地球”这一理念，提议新政府投资建设智能化基础设施，为未来实现网络智能化，给用户与营销公司提供便利服务打好基础。会后，美国将物联网与新能源均列为振兴经济的两大重点。

2009 年 2 月 24 日，在 IBM 论坛上，IBM 大中华区首席执行官钱大群，公布了名为“智慧的地球”的最新策略。该策略一经公布，立刻受到来自美国各个不同方面的高度重视，更有甚

者,通过分析对比觉得 IBM 公司的这个设想有很大的可能性可以升级为美国的国家战略,而且会在全世界引发大规模的震动。

2009 年 8 月,温家宝总理去到无锡市物联网产业研究院进行考察。温家宝总理提出关于物联网发展的建议,要在当今竞争如此激烈的环境下,快速创建中国的传感信息中心。温总理的这些讲话,确定了物联网应用研究开发领域的新热潮。自此以来,物联网被公开列入我国五大新兴战略性产业之一。在中国,物联网受到各界的重视。

到目前为止,物联网早已被定义为“中国制造”,它包含的领域随着时代更新,早已超过了 2005 年国际电联报告指定的范畴,更超过了之前于 1999 年阿什顿教授指定的范畴。物联网身上已经被视作带有“中国式”的标记。

截止 2010 年,国内许多相关部门,在崭新的信息技术方向开启探索,希望通过这些探索研究规范获得新型技术的相关制度举措,进而推进我国经济形势的进步。

物联网作为新兴技术,可以应用于多个领域,为普通民众提供更便利的生活服务,创造更大的经济效益,具有优秀的市场价值,《2014-2018 年中国物联网行业应用领域市场需求与投资预测分析报告》数据表明,2010 年物联网在安防、交通、电力和物流领域的市场规模分别为 600 亿元、300 亿元、280 亿元和 150 亿元。2011 年中国物联网产业市场规模达到 2600 多亿元。

2.1.2 物联网研究背景

因现代科技技术进步,同时因为现代经济与环境的需要,诞生了物联网。

随着政府对物联网的日加重视,和深入研究,物联网已经引发国内各界的高度重视,如今,关于物联网的研究与技术的报道已经十分普及。

2016 年 6 月,通过百度查询物联网关键词,获得结果如下。

由图 2.2 可看出,在百度网站上搜索“物联网”关键词得到全国范围自 2011 年至 2016 年的指数趋势。2011 年最高搜索量周平均值 4193,最低搜索量周平均值 977。到 2016 年,最高搜索量周平均值 10835。自 2011 年至 2016 年搜搜量变化虽不是直线上升。但近两年,搜索量明显增加。由此可以看出,国内各界对于物联网的愈加重视,与物联网概念被更多的人好奇了解。

由图 2.3 可以看出,物联网概念、物联网工程、物联网应用、物联网智能家居实例、创业等词汇搜索趋势增加。由图谱中关于物联网的搜索词可以看出,物联网与人们生活越发贴近。对于人类社会与人们日常生活能够产生巨大的影响。

虽目前对于物联网的搜搜量增加不少,但在国内,物联网的研究和开发尚有进步空间。

本文在分析物联网相关的技术研究和应用的基础上,将物联网与智能电表的网络研究相结合,探讨基于物联网环境的智能电表网络研究的实际作用。



图 2.1 在百度网站上搜索“物联网”关键词得到全国范围近 7 天指数概况

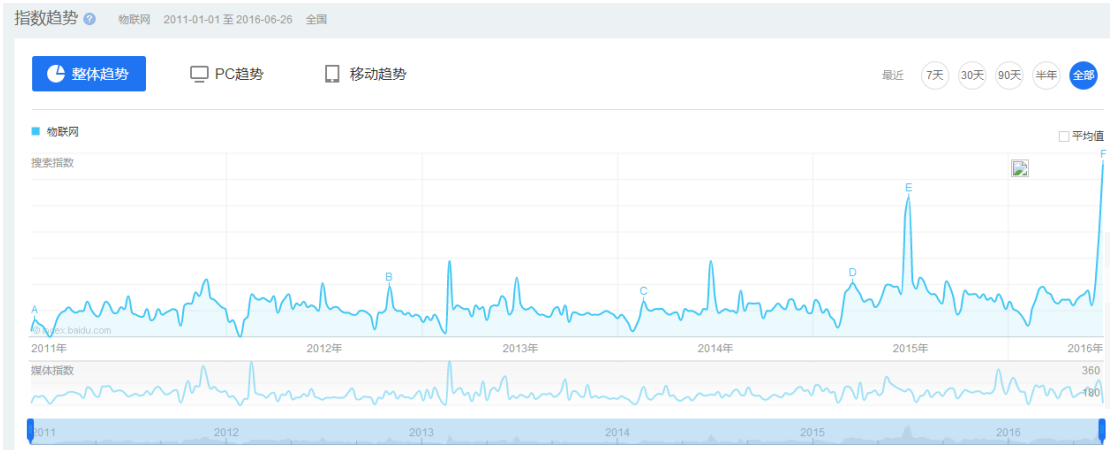


图 2.2 在百度网站上搜索“物联网”关键词得到全国范围自 2011 年至 2016 年的指数趋势



图 2.3 在百度网站上搜索“物联网”关键词得到全国范围自 2016 年 5 月 2 日至 2016 年 5 月 8 日的需求图谱

2.1.3 物联网架构

要研究物联网的架构，需要先了解物联网当前的应用范围及实例。目前物联网已在穿戴设备一类的终端消费等电子消费级产品，车联网、智能电网、手机软件付款、远程监测、工业控制等多方面领域得到了应用。

目前，物联网在世界范围内并未有统一的架构，需经历长时间的研究与商讨阶段。

要研究物联网架构，可以从宏观层面进行简单分析。

物联网的结构从宏观考虑，可简易分成三个层次，感知层、网络层与应用层。

(1) 感知层：从字面解释，即为具有感知、识别功能的层次。监控器拍摄画面，人体皮肤感受到温度，读卡器读取信息等，均为感知、识别功能。

(2) 网络层：网络层是物联网三个层次中第二层，感知层感知识别了信息之后，需要通过网络层传输信息。网络层即互联网，可以分成两类，有线网络与无线网络。有线网络优势在于传输信号稳定，而缺点在于造价高，维护费用高；无线网络优势在于基站建设后能够辐射范围广，而缺点在于无线网络可能因障碍物等多种原因造成信号受损。

(3) 应用层：物联网经由感知层识别信息后，通过网络层传输到应用层面。物联网能够应用于多个不同领域。例如：警局监控，被拐儿童找回系统，智能家居，环保监控，公共安全等多方面。

物联网的架构图如下图所示：

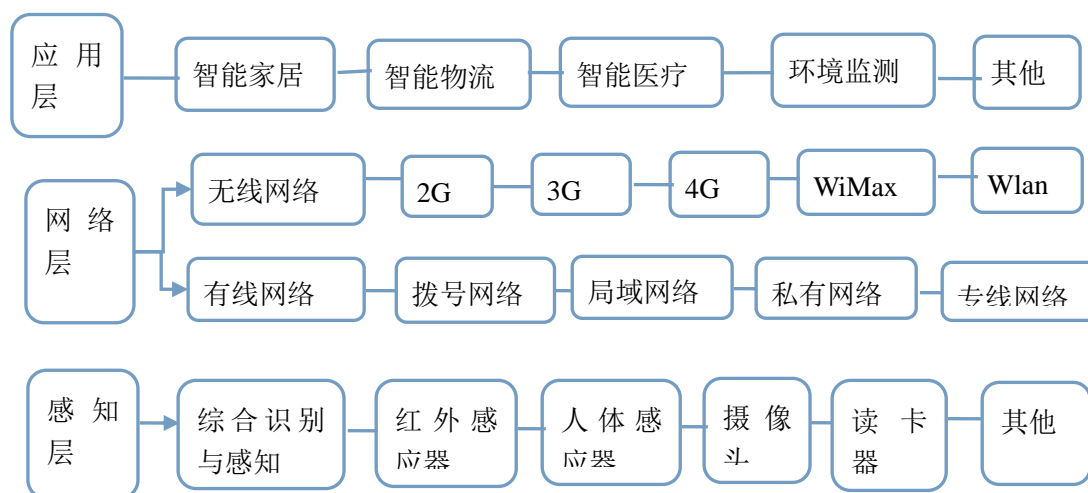


图 2.4 物联网架构图

专家认为，物联网可以加强社会的信息互动化、提高信息化水平，提高社会经济效益，节约不少成本；同时，物联网的应用可以为社会经济复苏提供更强大的技术基础。

2.1.4 物联网技术与应用

物联网，被人们认为是计算机、互联网之后，中国未来移动互联的发展趋势。物联网的应用，经过近几年的普及之后，用在动植物和机器物品的传感器的接口装置的数量将远远超过手机的数量。物联网大范围的推广应用将更进一步促进经济发展进步，为社会开创又一个潜力无限的推动经济效益的产业。按照目前社会各领域对物联网的需求，在最近几年，即将有大量的传感器与应用于物联网的电子表计需要生产，而生产这些需要大量的人力，能够为社会提供大量的就业岗位，同时生产这些表计，能够加快生产信息技术元件的速度，

要真正建立一个高效有用的物联网，必须拥有两个必要的构成元素。一是规模性，二是流动性。当组织架构拥有规模可观时，物品的智能性才能得到更好的使用与实验。通常，物

品都是流动的，物联网需要拥有能更好的流动性以适应物品的快速流动，甚至需要满足在高速流动的物品上实现它的性能的需求。

下面分几类来探讨物联网在应用领域中发挥的作用：

（1）电力电网

预计自 2005 年到 2020 年，中国能耗总值将急剧上升，预测将会是目前的两倍，到那时，中国将变成世界上能耗最高的国家之一。自 2001 年起，中国能耗量以平均每年百分之十二增加，也就意味着，中国的能耗增长率超过 GDP 增长率。例如，2007 年 GDP 增长了 11.3%，而能源需求增长为 14.4%。由于中国的能耗总量快速增加，但由于目前电网效率低下，发电与输配电甚至供用电过程中，电能损耗严重，造成了电力能源供应不足，电力能源需求得不到满足，社会能源紧缺的现象。而将物联网应用于电力电网中，可以增加电力电网的智能化，无论是安装在室内的计量器，或者输电线路监控，对用户用电时间高峰低谷情况数据收集分析。这些感知和度量可以增加我们收集信息数据的便利性，通过优秀的工具进行数据收集分析，再讲分析得到的数据送给决策者，以便做出更好的决策。对于仪表管理技术的管理研究，能够使个人应用获得便利性，让企业拥有更为便捷的选择能源的方式，这使得电力企业在选择能源时有了更大的选择范围，他们可以选择更为环保的风能等能源，以此来减少环境污染。而对于电力企业而言，物联网使得电网更为智能化，使电力系统更加可靠，能够保障电力系统电能质量。减少停电时间，进而优化电力系统性能，实现更高的生产率和可靠性，从而更准确地预估到需要替换的资产设备及支出。

物联网应用于电力电网，可以有效地减少停电现象。

通过在智能电网中安装更为精准优化的引擎设备，电力提供商能够打破“传统”网络的限制，建立能够更加主动的管理电力故障的智能电网。电力供应商可以通过这些引擎设备，实现对于电力故障的更优化管理，对于电网中复杂的拓扑结构和资源限制进行管理，同时，通过优化的引擎设备和物联网，可以更迅速准确的识别发电设备，如此，电力供应商就可以更高效的安排停电检测与电力器械恢复的先后顺序。这样，就可以节省至少三成的停电时间与停电频率，停电引起的经济损失也可以相应减少，而减少停电时间和频次可以增加电网的可靠性，与客户的满意程度。

物联网应用于智能电表，可以优化用户端与电力行业的双向互联。

智能电表是智能电网基础设施同时也是智能电网重要组成部分。应用在智能电网中，智能电表能够加强用户与电力供应商的联系。通过物联网连接的智能电表，可以让电力部门更为方便的采集到丰富的数据，同时可以让用户侧，通过智能电表了解任意时刻的用电价格，非常方便的查取自己的用电度数，电力费用。这样就能为电力供应商与用户提供极大的便利性。智能电表不仅可以查取监控用电量，同时，可以利用电网上的传感器，检测电力波动与停电。智能电表相对于以往电子电表，更优秀的地方在于，不仅可以采集信息，更可以存储信息，方便电力供应商与用户端双向沟通，支持电力供应商进行远程操作，也可以远程支持支付等操作。总之，通过物联网连接的智能电表，可以为电网，大幅度减少系统的峰值负荷，改进电力系统的操作模式，也可以让客户体验更为优秀。

（2）医疗系统

在中国医疗保健系统中，由于资金的缺少与管理不到位，中国的医保体系覆盖率较低。查看 2008 年数据，截至 2008 年末，我国尚有 12.9% 的居民没有参加任何医疗保险，因而无

法接受专业的医疗治疗。而且，由于一直以来政府拨出的资金有限，农村等偏僻地方小医院得到的拨款较为短缺，规模大的城市级别医院相对更多。小医院将其核心竞争力转移至创收活动，反而极大程度影响了对病人的医疗护理质量。中国一直在努力建设一个健全完善的现代化医疗保健系统。利用物联网接入医疗系统，可以实现更加智能的信息化共享，将医疗系统改进的更为方便实时智能化。例如，可以实时共享药品库存，医疗人员可以通过计算机上安装的软件，轻松看到药品库存，为病人开药拿药节约了大量的时间成本，尽可能的避免出现，医生开的药品没有库存，病人必须花费更多的时间去别的地方寻找药品。同时，有了物联网的实时共享性，医生可以通过物联网更准确的了解病人之前的情况信息，结合之前病人身上的所有病症和医治情况来治疗病人，而不仅仅听病人描述这一段时间的情况，导致医生无法完整把握病人的全部情况，同时，可以减少病人反复描述患病情况，或者病人遗漏自己曾经病史的情况。从而提高了医疗治疗水平和服务质量。智慧的医疗可以为医生病人之间节约大量的时间与精力，同时，可以将医院之间紧密连接，形成一种新的体系。

物联网可以整合医疗平台，为病人建立更加齐全的电子健康档案。

整合的医保系统平台，可以通过物联网，连接各大医院的资料库，通过各个医院的资料库收集整合储存病患的信息，并将相关的信息添加进病人的电子资料档案。这样，可以为病人家里更加齐全的医疗电子档案。方便了病人在不同医院就诊时，医生能够更快更准确的了解病人的情况。这样，病人和档案能够更有效的在不同医院之间流动，通过各医院之间的管理系统，进行转诊等。这个平台对于未来病人的就诊和医生的诊断与医院之间的信息分享非常重要。

电子健康档案系统，在以往往往不具有连贯性和互通性，有时，在某个医院做过健康检查，该医院系统内存有此人此次的电子健康档案，然而，可能这个人下一次在另一个医院做健康检查。如此便造成，电子健康档案的不连贯性。建立电子健康档案系统，可以在各个医院之间收集信息进行整合共享。这样得到的电子健康档案将更加完整。同时，可以获得各个医院的不同就诊情况，存入电子健康档案，这将进一步完善电子健康档案。病人可以通过这个系统随时随地了解自己的身体情况和病情，医生也可以通过参考病人的电子健康档案来进行更精准的诊断和救治。

（3）被拐人员找回系统

目前，中国每年有大量的人口被拐卖，其中包括许许多多的婴孩，与很多的女生。许多被拐人口被贩卖至偏远山村，有些女生被迫当了童养媳，终身被困。有的被卖给一些没有孩子的家庭。也有一些，被人贩子害死。中国大量的人口被拐卖。然而，找回那些被拐人口，却是十分之艰难。目前国内尚未有完善的被拐人员找回系统。设想，若以物联网为基础，创建被拐人口信息登记与被拐人口找回网站，建立健全的被拐人口信息登记。通过全国联网，按照地域划分。将已成年的被拐人口的身份信息登记输入，可以直接搜索到与本人相关的信息，例如乘坐的飞机航班等，与最近所购买的地方，出现的城市，缩小寻找范围与时间，更精准的进行被拐人口的找寻。

同时，将被拐人口找回系统接入警察局，对丢失人员找回有很大的帮助。将系统应用于警察局，通过物联网应用该系统，将全国各地警察局互联。当被拐人员亲属在当地警察局报案之后，在当地警局登记被拐人员的相关信息，将其信息输入系统，将相片登入。不仅可以让当地警察收到相关信息，更方便全国各地警察关注这些方面。有助于被拐人员被找回。更

深入应用该系统，利用相关程序，可以根据被拐儿童的照片，与亲人的相片，模拟长大之后孩子的长相，为找回被拐儿童增加可能性。

（4）城市设施

目前，中国许多城市在网络基础架构方面比不上其他发达国家。城市管理效率与公共服务的落后很大程度上阻挡了中国城市发展。相关政府机构和职能部门无法从整体上对城市进行一个和谐的规划，而在对城市的细节规划方面又无法进行协调整合。导致不同的政府职能部门对于城市收集信息数据整合方面，各自分散且经常出现重复性工作，造成时间与资源的浪费，由此导致的后果就是公共服务效率低下，成本高昂。随着自然天气变化与全球政局变化，人们对于社会关注程度更高，对安全问题也更加关注。应用物联网对政府市民与许多不同的商业组织等进行整合，组建一个新的城市生态系统，由此来满足市民不断增加的新的需求。在物理网基础上构建的城市生态系统，借由智能化互联性能高的新工具新技术，政府可以获取实时消息并进行数据分析，以此来进行快速决策，并采取相应的合适的举措。市民同样可以应用这个系统，进行远程办公，远程控制家庭电器，远程购物，进行远程教学等多种行为，更加方便了大家的生活，增加了生活便利性灵活性和主动行。企业也可以利用这个系统进行更有效的产品开发制造运输配送。实现实时城市管理，整合公共服务。

以物联网为基础的城市管理系统，可以建立一个城市监控中心，将整个城市的监控集中在这个监控中心，但由于一个城市监控设备过多，可以划分区域。按照片区进行分人监控管理。这样系统就能快速收集城市不同区域中不同类型的信息。在遇到事情的情况下，城市监控中心，可以按照监控收集得到的资料进行事情轻重缓急划分，再按照划分上报相关部门，采取相关行动。

同时，新的公共服务系统将原本只单独存在于某一个职能部门中的信息相互整合，互相沟通，将他们整理到一个新的平台，并创建新的统一的管理制度来进行管理，和采集数据。以此为市民提供更为便利，更信息化的一站式服务。

（5）交通管理

中国人口繁多，交通道路虽众多，但交通情况依旧容易堵塞，按照往常的解决方式，增加道路宽度，新增道路等，以此来扩大交通容量。然而，通过新增道路的方式来扩大交通容量的办法，无论从经济或时间效率各个方面考虑，都实属不易，经济花费巨大，并且建设完善需花费大量的时间。同时，花费了大量时间金钱等进行道路扩容，却并不能起作用，而通过智能技术应用到道路交通方面，更能改进这一现象。例如利用在路边增加传感器和利用在车里增设定位系统，可以改变人们的惯性思维，让我们利用新技术更快速便捷的完成我们的出行。通过智能技术应用于交通系统中，可以便利的在手机上查找定位乘客位置。交通系统整体过于庞大，将其划分为几个小的部分，分部门进行管理。即可完成在多种不同的交通工具、多个城市甚至不同国家之间进行整合服务。智能的交通系统，可以监控交通流量，方便大家自行查看，可以帮助大家更为便利的乘坐交通工具，还可以保护环境，降低道路建设花费，增加道路使用寿命。

实时交通信息，道路收费

为了在未来能够实现建成自动化的高速公路，完成将交通工具联网，从而引导车辆优化行程。需要首先建立智能的交通管理系统。智能的交通管理系统由物联网连接，但还需要多

方面多地段安装传感器，以获取数据，对路况进行实时监控。人们通过传感器收集数据，通过物联网传输分析，再通过手机客户端进行查看，以此来更改自己的行驶路线，避免拥堵。

建立完善的交通管理系统，可以实时互联了解交通道路信息，也可以实现道路收费。

（6）物流供应链

物流成本占中国 GDP 总额很大比例，在很长一段时间里，中国物流成本百分比远远超过发达国家。物流成本高昂，证明在国内物流体系尚不健全，运输成本高，运营效率低，举例可知，2006 年，世界各国物流成本最高的国家就为中国。中国物流成本占据整个 GDP 的百分之十八，日本占百分之十一，美国仅百分之八。在这 18% 中，运输成本总计超过 55%，而存储成本达 30%。中国物流供应链效率低下，主要有三大原因，第一，基础设施不齐全，不够完善；第二，法规对于物联方面的规定不够完善，第三，运营方面问题。这些问题不仅仅会导致国内物流企业竞争力不够，影响大家对于物流的使用想法，甚至会影响内部货物流，以及降低国内物流产业的需要。利用物联网与物流构成智能的供应链，可以利用先进的传感器收集数据，利用软件对收集得到的数据进行分析整合，再分类传输上报给不同部门，以此提高物流供应链的工作效率。同时，能够更为迅速便利的将物流信息上网更新，使用户更为安心。智慧的物流供应链，能够提高物流工作效率，增加投递可靠性，增加货运安全性，根据智慧规划安全运输路线较短路线等以降低运输费用，同时可以为客户时间节约查询时间与运送时间，提高服务质量。

（7）通信行业

在“2009 年中国国际信息通信展览会”上，中国移动展出了手机支付，这就是典型的物联网概念应用。手机支付实际上主要是手机 SIM 卡的更换，由普通 SIM 卡更换为 RFID-SIM 卡，而不需要对手机进行更换。用户在使用手机支付的时候，只需要用手机进行轻松的扫一扫，便可以快捷便利的进行购物付款，并且在手机客户端获得一份具有时间地点金额的购物清单。目前，人们已经可以在超市购物时用手机客户端进行付款。也可以在家里在手机淘宝客户端进行挑选物品购买并付款。还可以在手机客户端上进行家庭水电费用，手机话费的缴费行为。这些都是典型的应用。

2.2 智能电表研究

2.2.1 智能电表概念

智能电表是智能电网高级量测体系中基础且重要的设备，与传统电能表相比，智能电表更具有优势，具备更多功能，拥有电能计量、信息存储、网络通信、双向通信、实时监控、自动控制等功能的电能表。

智能电表是智能电网的重要组成部分，它安装于用户家庭中，承担了智能电网用户终端的重任。安装智能电表，较于安装传统电能表能够为用户提供更精准的数据采集、信息存储

与信息传输的功能，是实现信息化、便利型智能电网的基础。同时，智能电表为用户提供了实时监控电能数据、双向通信的体验，也为电力行业提供更为便利的采集电能信息的方式，节约了时间成本与人工成本。而且，相对传统电能表而言，智能电表在反窃电方面更具有智能化。

2.2.2 智能电表通信技术研究

智能电表是智能电网的重要组成部分，它拥有电能数据采集存储功能，与双向通信传输数据的能力，是实现信息化、便利型智能电网的基础。因智能电网需求，智能电表需要有更高的技术性。这对于智能电表网络通信技术方面的实时性、通信信息的准确性与安全性各方面的要求。中国是一个发展中的国家，国土面积宽广，地势多样，不同地区气候环境有很大区别，各地的城镇规模不一，城市中建筑物繁多，各地的用电方式用电习惯无法实现统一等多种原因，都会对建成智能电表的通信信道的通信质量产生影响。通信质量收到影响，其原因多样，或由于信道拥挤，导致不能满足实时交互需求；或信道容量小，难以长时间维系大容量、高速率的信息交换；或者导致误码率过于高，通信效率低，无法满足需求等等情况。因此，智能电表的通信信道的构建，需要因地制宜。按照当地的实际情况来进行构建，进行调整，实现构建更好的智能电表通信信道。

随着智能电网建设工作的推进，智能电表也在慢慢进入网络化阶段。智能电表通信技术，从初始的传统表计本地通信，转变为远程通信自动采集系统技术。自动抄表系统适用通信网络多样，GPRS、光纤通信、无线通信等。自动抄表系统应用的网络大多数属于公网通信，由专业的团队进行运检维护。因此，这些通信方式的通信技术与设备等相对其他方式，设备更成熟完善，运行可靠性安全性也更强。

目前本地网络通信采取的三类主要技术为，基于有线连接的总线通信、微功率无线网络与低压电力线载波通信。

(1) 基于有线连接的总线通信：**RS-485 总线**。**RS-485** 是由电信行业协会与电子工业联盟定义的，对于平衡数字多点系统中的驱动器和接收器的电气特性的标准。符合该标准条件下的数字通信网络，能够实现远距离高效准确传输信号，同时，能够满足在噪音干扰的情况下高效准确传输信号。**RS-485** 因目前国内技术较为完善，可操作性强等多种优势，在国内应用普遍。

优点：**RS-485** 总线数据传输方式，技术成熟，工作可靠性强，多用于集中装表的现场。

可以大大降低成本。集中装表的小区施工方便，更换和维护成本低，不受表计厂家的限制。

缺点：对于分散安装的电能表施工较为困难，若在电能表安装使用之后，线路遭到损坏，维护工作量大，可能导致维修困难。

（2）微功率无线网络：微功率无线指，使用 433MHz/470MHz/780MHz/2.4GHz，发射功率小于等于 50mW 的无线射频通信。

微功率无线的优点为：便携性强，功耗低，便于安装，适合嵌入式安装。通过微功率无线组网的方式，应用到智能电网中，通过支持无线网功能的电能表，采集设备与用电器，可以实时便利的为客户提供实时的负荷曲线，分段电价，每个电器不同实时，每天，每周，每月的电耗，以及当前剩余电量。甚至可以通过远程遥控来设定时间段，电价，实时控制方案，更可以提供语音，数据，视频等信息。

缺点是：微功率无线网络传输，属于点对点的通信传输，可高效准确传输信号的距离较短，且同意受到障碍物影响信号。目前因中国国土面积大，各个城市的地貌不一，微功率无线技术，不适用于农村等地。微功率技术，不适宜用于安装至建筑物多，容易有动物啃咬，和容易受到人为因素影响的地方。

微功率无线网络通信技术可分为通信方式、组网方式、传输信息等不同环节进行研究。通过将近十年的研究，通信协议等技术方面获得了很大的进步。国际上已有相关技术规范。

（3）ZigBee 技术是常见的双向无线通讯技术，该项技术近距离、低复杂度、低功耗、低速率、低成本。

这项技术经常用于短距离、功耗低的不同电子设备之间进行数据传输。简单来说，这项技术是一种可靠性很高的无线数据传输网络。ZigBee 网络可以划分为几层，如下图所示：

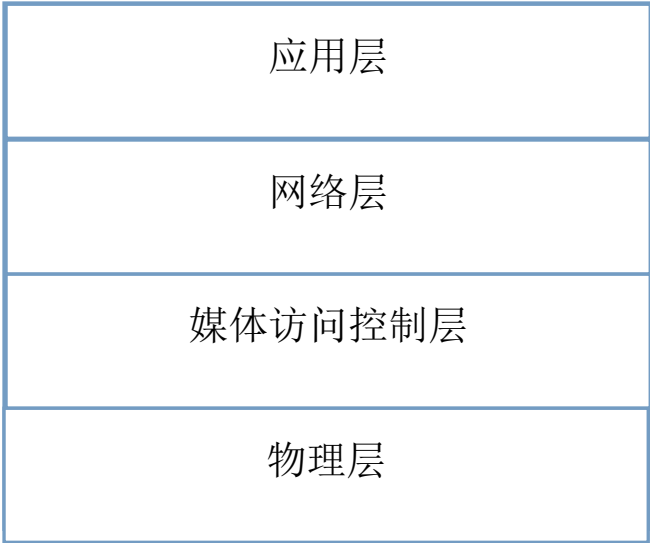


图 2.5 ZigBee 网络结构图

2.2.3 智能电表通信协议研究

智能电表在智能电网中起到沟通互联网络通信的作用，连接了用户端与电网，作用重大，而智能电表沟通互联网络通信是针对协议层面而言的。因而，通信协议的统一性，开放性，科学性，稳定性等多种性能是保证智能电表通信网络实现稳定互联，互操作的技术保障。当前，电能表通信协议并不规范统一。主流电能表通信协议，目前为针对 DL/T645-1997 电能表编写的《多功能电能表通信协议》，该书简要内容为：

根据《国家发展改革委办公厅关于印发 2006 年行业标准项目计划的通知》（发改办工业〔2006〕1093 号）的安排的安排的标准，对 DL/T645-1997《多功能电能表通信规约》的修订。

而电能表集中应用中并不完全使用统一的通信协议，这使应用过程中多了许多规约转换的问题，难以实现简便快捷的互操作，而造成电能表通信协议不统一，给电能表的实际使用带来了诸多问题：

- （1）电能量计量计费系统（自动抄表系统）集成困难；
- （2）电能表使用维护困难；
- （3）通信信道更新换代困难；
- （4）电能量计量计费系统开发、运行、维护及升级费用加大。

严重制约了未来智能电网实现高度智能化应用电量信息的传输。

目前电能表计计费系统有一个必须迅速解决的问题，这个问题就是，电能表的协议不具备统一性，协议无法统一影响到电能表之间的互通互联。目前，许多不同厂家生产制造的电能表各有各的通信协议，而这种通信协议并不具备统一性。假设对于电能表的通信协议不进行真正意义上的统一，无法对不同厂家生产的不同型号不同批次的电能表有兼容性，那么即使目前暂时将电能表的通信协议进行归类到某一种目前已有的通信协议中。这个已有的通信协议无法对所有的电能表具有兼容性，无法实现互联互通。之后，还是会因为通信协议产生很大的问题和矛盾。随着未来电能表的功能被深入开发，此时，暂时归类的通信协议将无法满足电能表，实现电能表应有的功能。这将给电能表厂家、用户和社会经济带来损失。

IEC62056（电能计量-用于抄表、费率和负荷控制的数据交换）标准体系的出现能够解决以上问题。该标准的出现，能够解决不同系统之间的通信不兼容的现象，解决系统之间不能够互通、数据交换的问题。采用对象标识、对象建模、对象访问和服务、通信介质介入方式等方法，从通信的角度建立了仪表的接口模型。该标准体系从整体上可分为两大部分，即 COSEM 和 DLMS。其中，COSEM 为与通信协议、介质无关的电能计量配套技术规范；DLMS 则为依据 OSI 参考模型和 ICE61334 制定的通信协议模型，即设备语言报文规范。此标准不仅适用于电能计量，同样适用于对电、水、气、热统一定义的规范标准。支持多种通信介质接入方式，其良好的系统互联性和互操作性是目前为止较为完善的计量仪器仪表通信标准。

IEC62056 主要组成部分如下图：

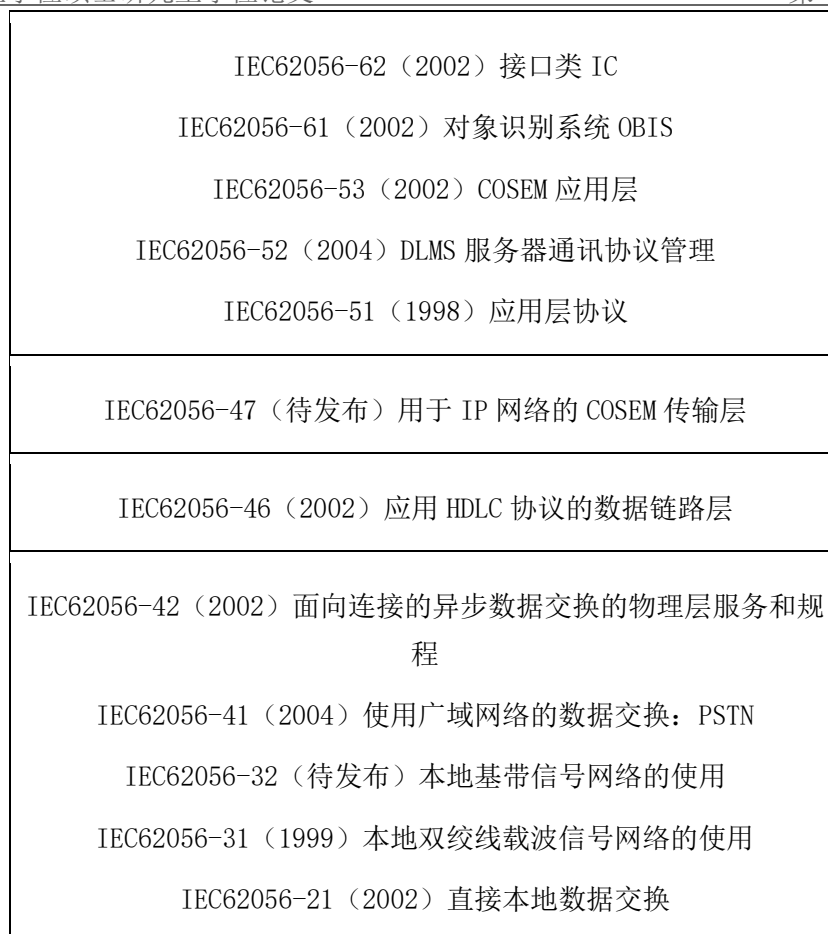


图 2.6 IEC62056 主要组成部分结构图

不考虑尚未发布的用于 IP 网络的 COSEM 传输层的 IEC62056-47。可将上图 IEC62056 主要组成部分视作三个部分。从下至上，分别为底层通信协议，应用层，应用进程。

可将底层通信协议分为三个部分，IEC62056-21 (2002) 直接本地数据交换，IEC62056-42 (2002) 面向连接的异步数据交换的物理层服务和规程，IEC62056-46 (2002) 应用 HDLC 协议的数据链路层。

应用层为，IEC62056-53 (2002) COSEM 应用层。

应用进程可分为两个部分，IEC62056-61 (2002) 对象识别系统 OBIS, IEC62056-62 (2002) 接口类 IC。

2.2.4 基于物联网的智能电表研究

(1) 基于物联网的智能电表功能研究

基于物联网的智能电表的功能有许多，以下主要介绍它的三大功能：

(a) 远程抄表

基于无线网通信的智能电表，可以实现对电能量的远程抄送，不需要人工到达现场进行抄表，节省了大量的人力资源。较于人工抄表，智能电表远程抄表系统拥有强大的优势，通过智能电表远程抄表系统对用户家庭数据抄表，1、可以减少人工资源使用，将人员安排在更合适的位置；2、能够增加抄表准确率，人工抄表于时效性和准确性方面远不及智能抄表；3、远程抄表系统能够实现双向通信，不仅电力企业能够实时获取用户用电情况，用户自身也能够获取实时用电信息，电价情况等多样信息，电力企业也能够通过双向通信功能向用户及时

发布信息；4、远程抄表可以远程判断故障，及时通知电力企业处理故障等。节约了管理工作，减少了采集数据的误差，有效提供了用电质量和效益。

远程系统，可以分为四部分，系统主站，通信网络，集中器，采集终端。在远程系统中，采集终端（智能电表）和集中器目前已经比较成熟，主要不同为，通信网络的不同。

（b）双向计量

电表基本功能为，电能计量功能，即采集用户端的电器电流电压等数据信息。传统的电能表只能对于这些数据进行简单地采集。而智能电表，不仅可以对这些数据进行采集，还能在这个基础上，对于数据进行储存，为之后对用户的用电情况，提供一个分析基础。同时，智能电表对于数据的计量为双向计量，即，电网可以通过智能电表对用户用电情况采集数据，同时，用户可以通过智能电表看到这些数据。如此，可以让用户参与到自己的用电管理中，对于自己的用电情况有所分析了解，为之后用户真正实现自己调控用电打下基础。这样更利于电能的使用效率，实现节约用电的目的，加强维持我国电力行业的可持续性。

（c）双向通信

双向通信功能对于智能电表而言，极其重要。智能电表因其具有双向通信功能而在智能电网占有重要地位。智能电表通信性能主要取决于智能电表的实时性、稳定性和智能化。而且，智能电表的通信，不仅仅是单向的，双向通信才是智能电表的优势。用户可以通过智能电表获得电力部门的相关信息，例如实时电价，分段电价、停电情况复电情况等。同时，电力部门可以利用智能电表采集用户端的数据信息，无论是电力部门采集用户端信息抑或用户获取电力部门相关信息，都是通过智能电表双向通信的功能完成的。这种功能，很大程度上增加了电力部门与用户侧的信息互联，以此来建立一个更加信息化更健全的通信网络互联，为用户提供更优质的服务，为电力部门节约时间，减少人力资源浪费，降低经济花费。

（2）基于物联网的智能电表采集系统研究

传统电子电能表主要是由铝盘、电流电压线圈、永磁铁等原件构成。其工作原理为通过电流线圈与铝盘感应的得到的涡流相互作用进行采集数据的，而智能电表，是在传统电子电能表的基础上，近几年研究开发出来的高科技产品。它的原件构成、工作原理、收获效果与传统的感应式电子电能表有极大的不同。智能电表的组成，是由电子元件构成的。智能电表的工作原理为，首先对于用户端的电能信息，对当前的电流与实时电压进行采集，通过专用的电能表集成电路，对获取的电流电压电能等信息进行 A/D 转换，将其变成脉冲信号输出，然后通过单片机处理转换之后得到的脉冲信号，将其转换成电能信息输出。原理图如下所示：



图 2.7 智能电表工作原理图

通常，我们把智能电表计量一度电时，A/D 转换器所发出的脉冲个数，称之为脉冲常数，脉冲常数对智能电表来说，是一个很重要的常数。因 A/D 转换器单位时间内发出的脉冲个数的多少，直接决定智能电表监控测量数据的准确性。目前，大部分智能电表采取一户一个 A/D 转换器，但也有部分采取多户一个 A/D 转换器，这种情况，在电能表计量时，只能采取分时排队计量，对于智能电表的测量准确性造成下降。

基于物联网的智能电表采集系统，可分开进行研究。其一为硬件设计，其二为系统软件设计。

系统硬件设计主要以其稳定性和损耗性为评判标准，同时还需要考虑现场的实际供电维护等情况。主要需要满足如下条件：设计需要满足低功耗，多方案供电，具有易维护性，抗干扰与稳定性。目前，对于智能电表的研究已有许多，市面上已有的智能电表表计，硬件方面已经做得很好，基本都能满足以上条件。

简单来说，系统硬件设计数据采集终端设备硬件设计可以分为几个部分来研究设计：

- (a) 微控制器最小系统设计
- (b) 网络模块设计
- (c) 数据储存模块设计
- (d) RS485 总线设计
- (e) 电源管理电路设计

系统软件设计，采用服务式层次化程序设计思路，针对不同的模块，编写相应的驱动代码和通信协议代码，利用 ARM 内核的 NVIC 对系统的不同服务进程进行任务调度，从而实现了简单的多任务处理过程，并且通过优化代码结构，来提高系统对于资源的利用率，和加快提升对任务的响应速度。

系统软件设计可分为以下几个部分来研究：

- (a) 初始化服务
- (b) 后台调试服务
- (c) 文件系统服务
- (c) 网络传输服务
- (e) 数据采集服务

基于物联网的智能电表采集系统，除了系统硬件设计、系统软件设计以外，还需探讨研究 TCP/IP 网络协议，存储设备驱动等问题。

2.3 电网生产结构及其信息通信简介

2.3.1 电网生产结构

电力网络是主要由发电、输电、变电、配电、用电几个部分构成，其本质上是实现电力能量的传递过程，如图所示为电网生产结构示意图：

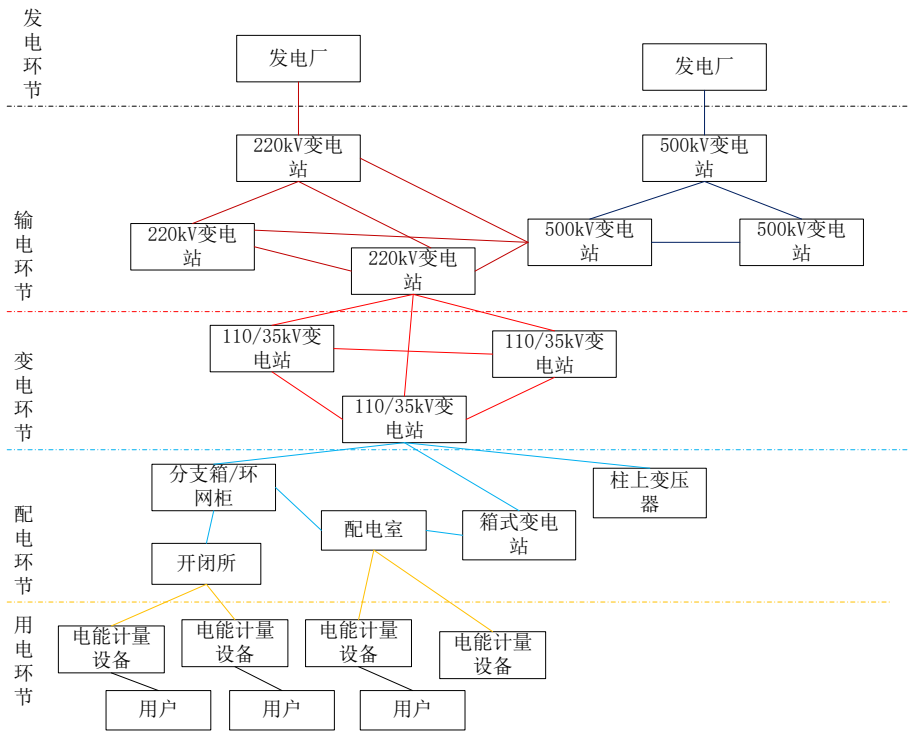


图 2.8 电网生产结构示意图

发电环节包含了核能、水利、火力、新能源等多种能源形式，由发电厂发出的电能通过特高压、超高压实现传输，具有输电损耗低、输送量大、安全性高、节约运力等特点。

输电线路将电能从发电厂传输到变电站侧，变电站通过变压为居民用户提供合适的电压等级，结合架空线路、开关设备、柱上变压器等配网设备组成中低压配电网，同时将居民用户的传输线路及电能计量设备纳入其中，从而构成了电力系统最低环节的配用电网[6]，在电力系统的发电、输电、配用电环节中，配用电环节一直处于与用户直接相关的重要位置，因此，对该环节的研究具有重要意义。

2.3.2 电网信息通信结构及其业务特点

电力网络在实现能量传递的过程中，需要信息通信技术的支撑，相应的调度数据网已经覆盖了发、输、变、配、用各个环节[8]，如图2.2所示为基于电力能量流传递的电力信息通信结构：

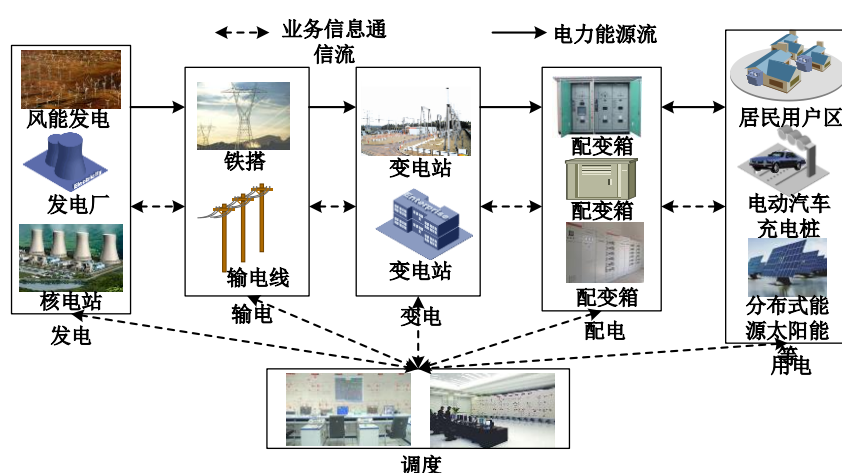


图 2.9 电力信息通信结构

（1）发电环节

发电环节，利用调度控制中心对数据进行实时监控。同时，利用分布式电源接入技术及特高压大容量电源并网相关技术高效发电，利用程序与配网规划，实现电力生产结构优化、智能化。

（2）输电环节

输电环节，通常以电力线为传输媒体，通过在线监测、监控测试、设备检测等多样融合，实现对重要输电设备状态评估、故障判断、状态检测与灾难报警，并由调度中心监控获取数据，以此实现智能管控，提升输电环节的自动化水平。未来输电线路与设备监控，都将要求更大的信息量传输与更精准高清度的监控，为满足大容量信息传输与高清监控，带宽需满足更多的要求。

（3）变电环节

智能变电站通信支撑平台按照完成功能分站内通信、站间通信、通信规约三部分。按照电监会 5 号令要求分为生产专用网络与信息管理系统，生产专用网络主要指 IEC61850 体系的 MMS、GOOSE、SV 网。信息管理系统主要指承载设备状态监测、环境监测、语音、数据、视频等通用业务网络。智能变电站站内通信带宽为几十兆左右，IEC61850-5-13 将变电站时间同步报文精度根据不同需求分为 T1~T5 5 个等级，用于测量的过程层采样值对时间同步精度

的要求最高,为 $\pm 1\mu\text{s}$;站控层同步精度要求相对较低,为 $\pm 1\text{ms}$,由于智能变电站具备智能化站控层系统,能够把本地监测生数据处理为熟数据上送调度端,数据处理时延通常为 $100\text{ms}\sim 200\text{ms}$ 。

(4) 配电环节

配电环节是与用户用电环节紧密联系的重要节点,同时也是不足环节。配网的运行维护、与管理环节,都由监控系统实时监测,为更新管理提供更多数据基础。通过使采集到的监测信息实效化和信息化,合理控制配变负载率、调整三相供电负荷大小等,达到节能降损目的[11,12]。目前昆明供电局的配网正在建设当中。

(5) 用电环节

主要面向用户端用电信息采集,随着传统电表的退出,与智能电表在国内开始推广应用,智能电表所以来的通信网络建设,需要预留更多的业务信息带宽。以满足智能电表采集用电信息,向电力企业传递实时数据,向用户发送实时电费、用电情况等信息。每个电站将覆盖大量智能电表,经计算,每个 110Kv 变电站约能覆盖将近20万只智能电表。

2.4 基于物联网环境的智能电表网络研究

2.4.1 智能电网网络发展趋势

现阶段国内通信网的发展现状:

当前国内的通信技术主要是以卫星、微波与光纤为基础支撑,电力载波、无线通信、光缆等通信方式作为相关支路。设备主要有调度总机以及程控交换机等多种设备,从而构建起多功能、多用户的现代综合通信网。由于光纤通信技术的完善和普及,原先 64Kbit/s 的业务逐渐发展到 100Mbit/s ,极大的促进了电力通信网络的发展。

智能电网电力通信的发展趋势:

(1) 分组业务传送网技术 PTN

电力系统原来通信业务较为单调,智能电网的新需求,“信息化、自动化、互动化”,让电力通信的业务领域更为广泛。在传统的语音业务之外,更有视频业务、多媒体业务等多种业务。这些业务对通信网的带宽资源的占用与对通信网的各种性能的要求都有所不同,同时创建了各自的专用网络,例如视频会议网络、调度数据网、配网调度等。为了满足这些业务对通信网的不同要求,需要通过新建网络或者扩建网络。这样,不仅增加了维护管理工作,网络的融合也势在必行。

目前电力网络使用的SDH/MSTP尚且能够满足通信容量的需求,但伴随着智能电网的发展,网络通信的宽带问题依旧存在。为了解决这个问题,应在增加网络带宽时提升带宽的利用率,这需要在目前通信技术的基础上进行提升改进。

电力通信业务的IP化以及多业务融合和网络资源面临的匮乏,需要一种新的技术。基于分组业务的传送网技术(PTN)顺应电力业务发展的需求,引入了智能电网领域。

(2) 智能光网络

目前,就智能电网电力通信的未来发展形势而言,智能光网络无疑是未来的主要技术进步趋向。智能光网络将是未来智能电网的重点技术。但就目前而言,这项技术尚有很多欠缺。尤其在许多的细节,例如协议标准、接口规范等都处在完善过程中。因此,如果想要将智能电网技术与电力通信系统相结合,就必须在了解了全部网络资源的根基之上,用目前拥有的设备技术来达到网络晋级的目的,用来保证电力企业的经济功效。

总体而言,在电力系统通信系统中,加入智能光网络技术。能够达成网络的自动化与信息化,增加光纤通信系统的稳定性,同时,可以增加光纤资源的利用率。从而推动多业务同时接入的能力,最后达成电网运作效率的提高,借以实现企业成本降低。

2.4.2 基于物联网环境的智能电表网络方案对比

通信方案比较:

目前国内用得是 RS485 或者 PLC 载波通信方式。485 通信方式不适合大范围建设,因需另外布线,工程量大;载波通信在国内的实施也有不少缺点,首先容易因电力线的复杂特性影响较大,容易导致通信通道稳定性不足,传输准确性不确定。无法满足实时通讯的要求。

当前,欧洲与中东正在布置 PRIME 或 G3 的标准,其是一种 OFDM 的载波通信方式。速率在 20K-100K 能够满足实时通信的需求,这也是许多公司推荐的一种方案;而针对目前的 FSK 调制技术,也有一些改进方案,以安森美半导体的 S-FSK 调制技术为例,针对电力线的特点,采用 S-FSK 和 ASK 自动切换的方式来应对最常见的窄带干扰。一般情况下,PLC Modem 工作在所谓 S-FSK 调制方式:两个载频分开的较远 ($> 10\text{ kHz}$)。如果有窄带干扰影响了某个载频,Modem 还可以利用另一个载频通信。此时 Modem 工作在 ASK 调制方式。下面我们具体来看各家的产品:

- (1) 飞思卡尔,针对 OFDM、S-FSK 两种载波方式的 MC13260 通信芯片;
- (2) 意法半导体,针对 OFDM 方式的芯片有 ST7590, B-FSK 方式的有 ST7538Q、ST7540, S-FSK 方式的有 ST7570,以及针对 B-FSK, B-PSK, Q-PSK, 8-PSK 多种调制方式的 ST7580;
- (3) 爱特梅尔,有针对 OFDM 以及完全兼容 PRIME 通信模块的 ATPL2xx 系列;
- (4) 美信,主要在推 G3 通信方案,产品型号是 MAX2992,属于业内首款芯片;针对 OFDM 方式,美信也是业内第一个推出相应芯片的厂商,型号是 MAX2990;
- (5) 德州仪器,基于 C2000 这个 MCU 平台,可以灵活的为客户定制针对 SFSK, FSK、G3、PRIME、P1901.2 OFDM 等标准的方案。与其他厂商采用 ASIC 专用芯片方式不同,德州仪器采用的是 DSP 方案。针对不同技术标准,用户只要升级不同的软件协议栈就可以推出相对应的方案,而无需进行硬件的更改。

无线方案中,各家基本以 ZigBee 为主,如飞思卡尔的 MC13202、MC1322x,意法半导体的 SPZB250、260 等,德州仪器的 CC2520/CC2530,以及 CC2500/CC2550 等,当然很多 MCU 本身就 SoC 无线模块在里面了,如 STM32W 等,这里就不再累赘了。

安全功能比较:

个人认为安全主要包括两方面,一方面是如何保证电表数据的安全性的情况下,保证即便在电表掉电的情况下或其他情况下,电表采集到的数据不会损伤,能够防止随意修改数据。另一方面,如何在保证数据传输的安全的情况下,保证数据在传输时个人用户的一些隐私信息的安全等等。

目前的智能电表中都有 ESAM 安全模块,基本可以满足上述要求。而各家半导体厂商又都有哪些方案和产品来确保安全呢,具体来看下:

- (1) 在防篡改方面,飞思卡尔有多种传感器可供选择,如加速度传感器 NMA745xL,接近传感器 MC33941,压力传感器 MP3V5004 等;
- (2) 意法半导体在 RTC(实时时钟)有专用的管理芯片 M41ST87W;当然一些 MCU 本身都带 RTC 模块,如飞思卡尔的 MCF51EM256 等等,也就不需要单独的管理芯片了;
- (3) 德州仪器的 ZigBee 无线通信芯片是带有 AES128 加密模块的,而且其给用户提供了多种加密算法,客户可以灵活的选用和配置。

因政府给予的支持较大,智能电表的增长率相对其他行业更为稳定,这也是智能电表元件生产市场成为各厂家竞争的主要原因。

各厂家产品各有优势，从技术与产品考虑：飞思卡尔产品类型全面，且在传感器方面具有优势；意法半导体具有多样多系列的单片机选择方案；德州仪器，性价比及功耗都更具优势，且德州仪器的很多 SoC 方案为产品设计更小、成本更低提供了可能。而且这些厂商都积极参与到各项标准的制定中去，为智能电表的更加完善提供助力。

其他一些半导体厂商也专注着一些特定的领域，相信它们在不久的将来在智能电表领域，也会有自己的一席之地。

第三章 智能电网用电环节中智能电表通信网络方案

3.1 用电环节简介及技术要求

(1) 用电环节简介

用电信息采集系统要实现对六类的电力用户的全面覆盖，包括：大型专变用户、中小型专变用户、三相一般工商业用户、单相一般工商业用户、居民用户、公用配变考核计量点。



图 3.1 电表

用电信息采集系统的建设，能够实现实时监控用户端用电情况、电费计量、用电高峰等信息，能够精准的为电力企业提供用户端实时信息，为电力行业“分时电价、阶梯电价、全面预付费”服务的实施提供技术与资料基础。

用电信息网是配电自动化通信网的延伸。

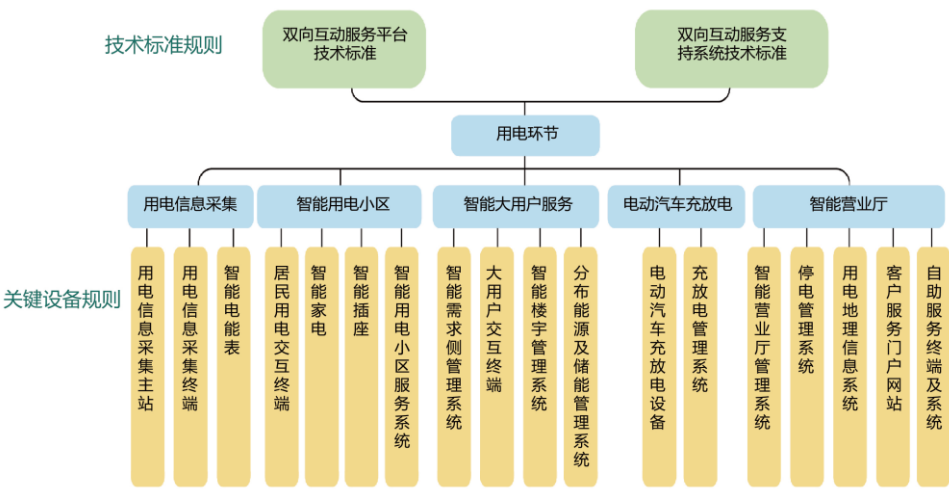


图 3.2 用电环节技术标准规则及关键设备规则

远方抄表与记费自动化是指通过各种通信手段远程读取用户电表数据，并将其传至控制中心，自动生成电费报表与曲线等。

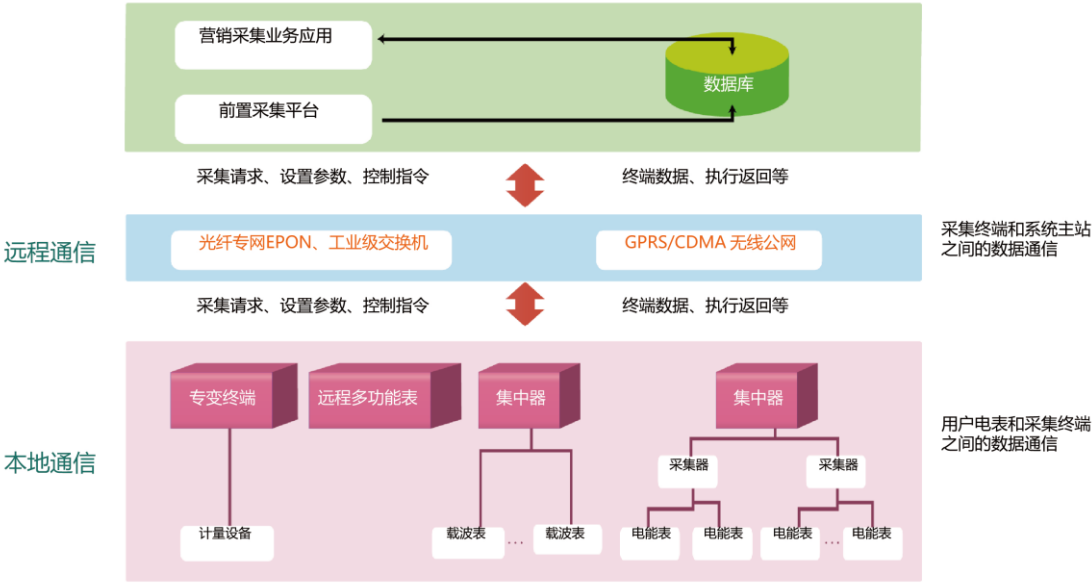


图 3.3 用电环节远程通信及本地通信

(2) 用电环节技术要求

- 1、安全性：适应恶劣环境、设备稳定运行
- 2、可靠性：抗电磁干扰，全封闭无风扇设计、户外防护等级高
- 3、层次性：具备 RJ-45、RS-232、RS-485 能实现无缝接入

3.2 方案一：三网融合 EPON 系统组网方案

(1) 应用背景

当今社会，通信技术发展强大，智能化小区越发受人关注，为了在小区内营造一个高宽带、多业务的数字化传输网络，应运而生了一个新的理念——将计算机网络、有线电视网络和电话通讯网络进行三网合一。目前小区接入正朝着统一化、集中化的方向发展。

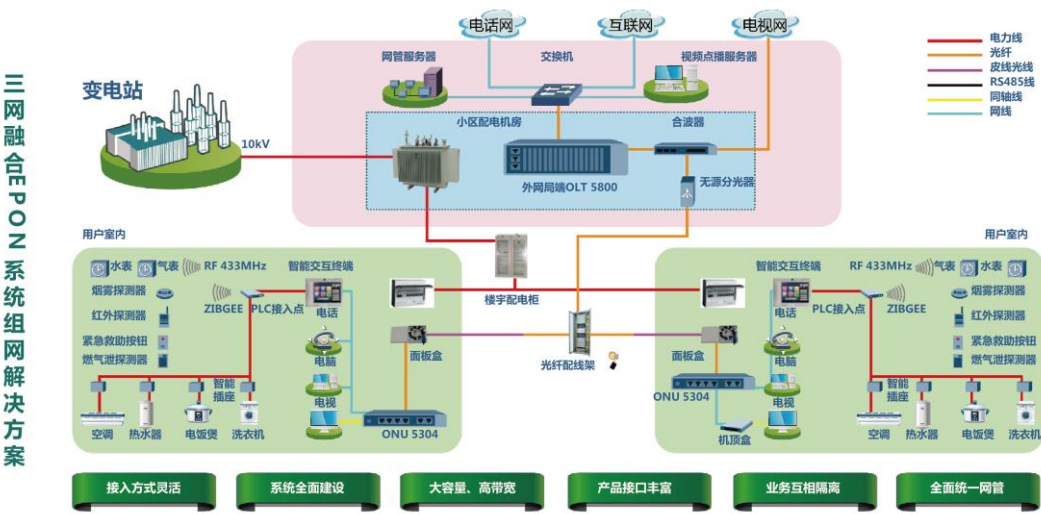


图 3.4 三网融合 EPON 系统组网方案

（2）方案描述

整体网络采用单纤传输方式，以单点对多点方式向用户延伸，尤其是 OLT 和分光器之间采用单纤，节省用户干线光纤资源。小区接入业务主要有电话、有线电视、个人网络业务，随着数字电视发展的加速，之后将有数字电视接入。在分光点采用无源的分光器，能够降低设备的故障点。

ONU 通过无源分光器连接在主干光纤上，各自独立工作，任何一台 ONU 设备失效后不影响其他 ONU 的正常运行，任何接入点分钟光缆出现问题的情况下，不影响整个 EPON 系统的正常运作，实现小区用户的并行接入，网络具有抗多点故障功能。

（3）方案优势

（a）EPON 构建的是放射型结构网络，扩展性很好，能够实现单点对多点延伸

（b）ONU 提供以太、CATX、FXS 等多种接口，能够满足用户多种接口接入的需求。

（c）每个 PON 口上下行对称宽带可达 1.25Gbit/s，能够满足用户带宽需求高的要求

（d）设备支持 VLAN 功能，支持业务的隔离和汇聚

（e）EPON 系统具备很好的 QoS 和 DBA 能力，能够有效保证关键业务的服务质量，同时可以提供差异化的业务服务分类

（f）网络集中管理，EPON 系统中 OLT 和 ONU 均可通过统一网管平台进行管理，采用 802.3ah OAM 标准网管协议。

3.3 方案二：智能用电、充电站通信方案

（1）电动汽车充电站简介

电动汽车充电站是指为电动汽车充电的站点，与当前为燃油汽车提供加油服务的加油站同一性质。充电站主要设备包括充电机、充电桩、有源滤波装置、电能监控系统。充电桩集中控制器通过 CAN 总线与充电桩相连，并通过有线网络或无线网络传输的方式与主站后台服务器相连。在整个充电系统中，负责完成充电桩与主站之间命令的传输、充电数据的采集和查询、充电交易数据的存储等功能。

（2）应用背景

当今社会，石油资源有限且不可再生，传统汽车需以石油为燃料，资源的不可再生性导致石油价格颇高，且石油当做燃料容易生成汽车尾气，造成环境污染。而电动汽车则与传统汽车不同，电动汽车能够以电能当做燃料，实现低排放与低噪音，减少石油资源损耗，降低环境

污染问题。电动汽车在其经济方面与环保方面明显优于燃油汽车，待电动汽车电池研究有进一步发展，电动汽车充电站顺利建成后，将在中国逐渐得到推广。以电动汽车为代表的新一代节能与环保汽车是汽车工业发展的必然趋势。

充电系统为电动汽车运行提供能源补给，是电动汽车的重要技术支撑系统，也是电动汽车商业化、产业化过程中的重要环节。

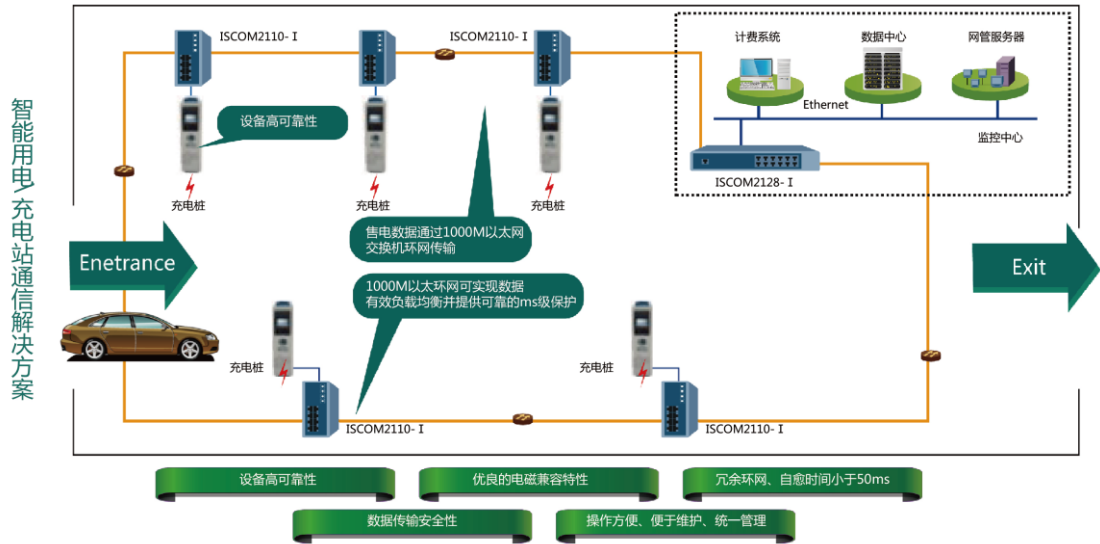


图 3.5 智能用电/充电站通信方案

(3) 方案描述

由于电动汽车充电站一般建设在户外道路旁边、高温、灰尘、潮湿都成为充电桩终端的隐患，而针对以上隐患，方案采用高性能工业以太网交换机构建电动汽车充放电网络，从而提高整个系统数据传输的安全性及可靠性。

各充电单元选用 ISCOM2110-I 工业以太网交换机与充电站中央监控中心 ISCOM2128-I 通过千兆光纤构建光纤自愈环网与充电桩通信，保障当网络出现故障时能在 50ms 内自愈。从而实现对整个充电站的数据汇总、统计、故障显示与监控。

(4) 方案优势

- (a) 满足在恶劣环境下工作
- (b) 数据传输安全可靠
- (c) 高性能环网保护机制，实现对各个节点的业务保护
- (d) 网管功能强大

3.4 方案三：用电信息采集 EPON 系统组网方案

(1) 应用背景

依据电力网的发展要求,为进一步提高客户服务质量,加快营销计量、抄表、收费标准化建设。用电信息采集系统的建设,能够实现实时监控用户端用电情况、电费计量、用电高峰等信息,,能够精准的为电力企业提供用户端实时信息,为电力行业“分时电价、阶梯电价、全面预付费”服务的实施提供技术与资料基础。

用电信息采集系统是智能电网建设中用电环节的重要组成部分，数字化、自动化、互动化的用电环节以及各项营销业务需要来自用电信息系统的有力支持。

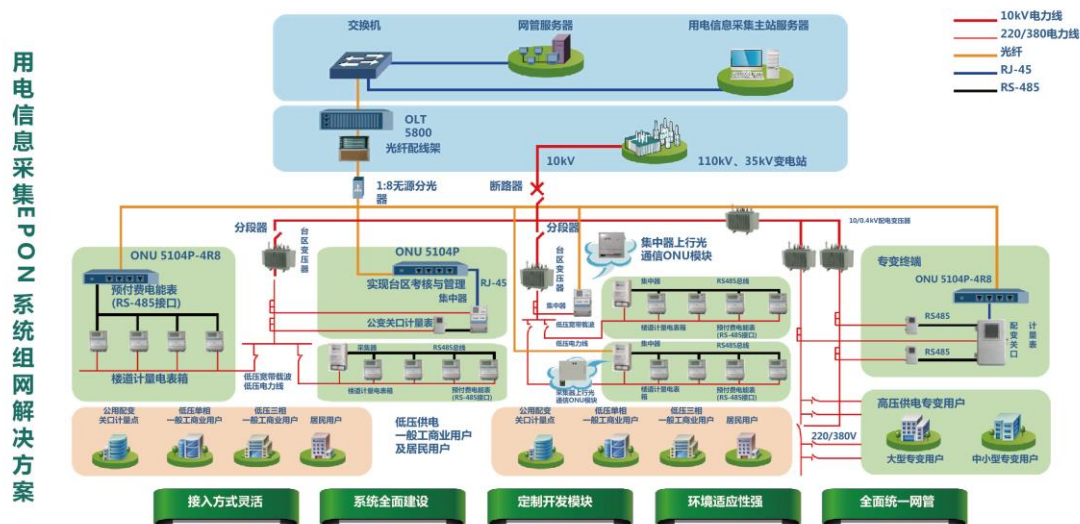


图 3.6 用电信息采集 EPON 系统组网方案

(2) 方案描述

用户用电信息采集方案针对用电信息采集系统不同接入方式，ONU 设备可以直接连接终端智能电表，也可以连接采集器或集中器，既可以使用 RJ-45 也可以使用 RS232 或 485 连接方式，满足用电信息采集的多种本地通信需求，同时定制开发出用于集中器、采集器上使用的 ONU 光使用模块，低功耗（小于 2W），节省设备空间；电信息采集方案多以星型为主，各节点互不影响，EPON 灵活组网完全适用于用电信息采集方案的接入需求。

(3) 方案优势

- (a) ONU 采用工业级标准设计, 适合电力恶劣的使用环境
- (b) 网络集中管理, 不需要额外的网管通道传输网管信息
- (c) 更具集抄终端特点, 采用星型拓扑组网, ONU 并行接入, 可以抗多点失效
- (d) 可根据接入线路的多少采用集中式和模块式 OLT。上行提供千兆以太网接口, 保证上传接口的高速率。

3.5 方案四：智能营业厅接入方案

(1) 应用背景

传统营业厅现存的设备平台多、登陆繁杂、数据分散、报表统计困难、缺少告警通知机制的问题，维护成本大。

针对以上不足，提出功能完整、互动性强、低碳环保的电力智能营业厅建设整体解决方案，该方案需采用光电一体化产品及汇聚型协转设备组建网络，能很好的适应现网网络环境。

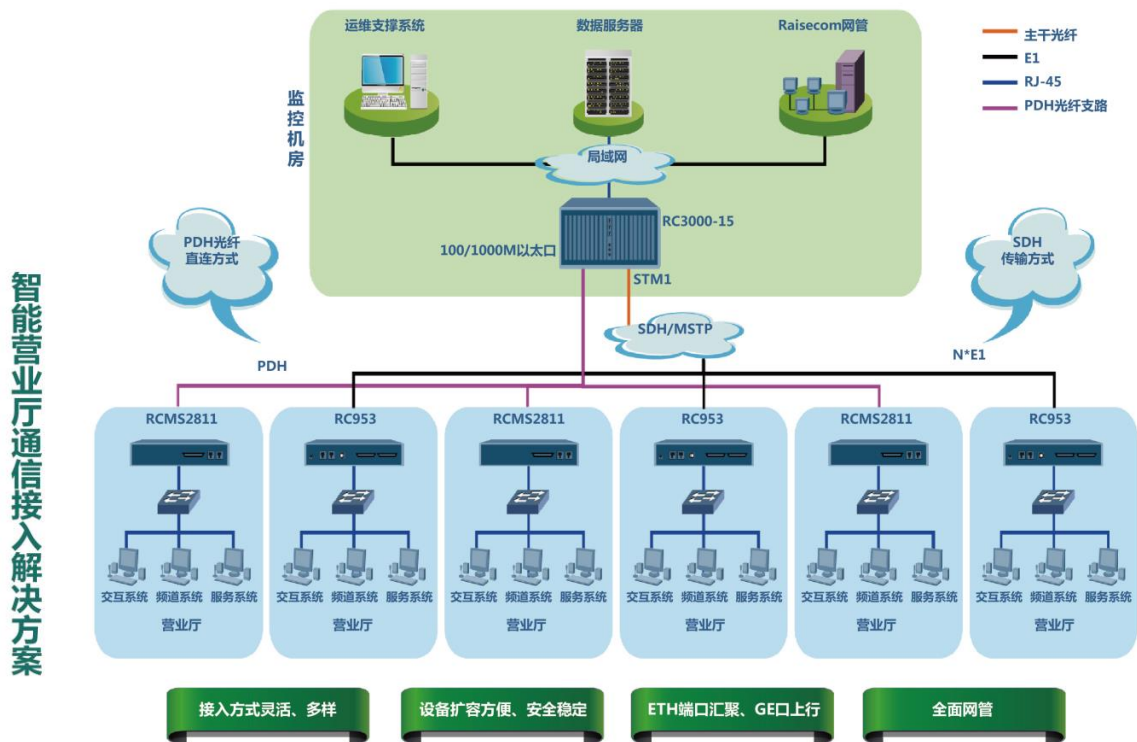


图 3.7 智能营业厅通信接入方案

(2) 方案描述

此方案主要采用光电一体化系列产品来组建网络，远端采用 1U 高小型设备进行各种以太网的统一接入，局端放置汇聚型一体化设备进行业务的汇聚落地。方案中局远端提供了两种接入方案，一种是 POH 光纤直连方式，一种通过原有网络承载的方式，灵活的接入方式能够很好的适应现网网络环境的需求。

另，插框式光电一体化采用千兆 GE 端口上联，接入容量大，扩容方便，性能稳定，可实现全面网管，提高维护人员工作效率。

(3) 方案优势

- (a) 采用汇聚型设备，很好的优化了网络结构，节省了机房空间，降低了投资成本
- (b) 多种灵活的接入方式，更好的适应现网的网络条件，便于实施
- (c) 局端设备均采用千兆 GE 端口上联，带宽资源丰富，端口光电可选
- (d) 插框式光电一体化设备，接入容量大，扩容方便，性能稳定
- (e) 设备统一、可实现全面网管，提高维护人员工作效率。

第四章 智能电网配网环节通信网络设计和建设研究

4.1 配网环节简介

配电网，即电力系统中二次降压变电所低压侧直接或降压后向用户供电的网络。配电网由架空线或电缆配电线路、配电所或柱上降压变压器直接接入用户所构成。配电网按照电压等级划分：

- 高压配电网 35kV、66kV、110kV
- 中压配电网 20kV、10kV、6kV
- 低压配电网 0.4kV（380V、220V）

目前我国几大电网公司对配网电压等级有不同的定义，国家电网定义为 35kV 及以下，东北电网定义为 66kV 及以下，南方电网定义为 110kV 及以下为配电网。

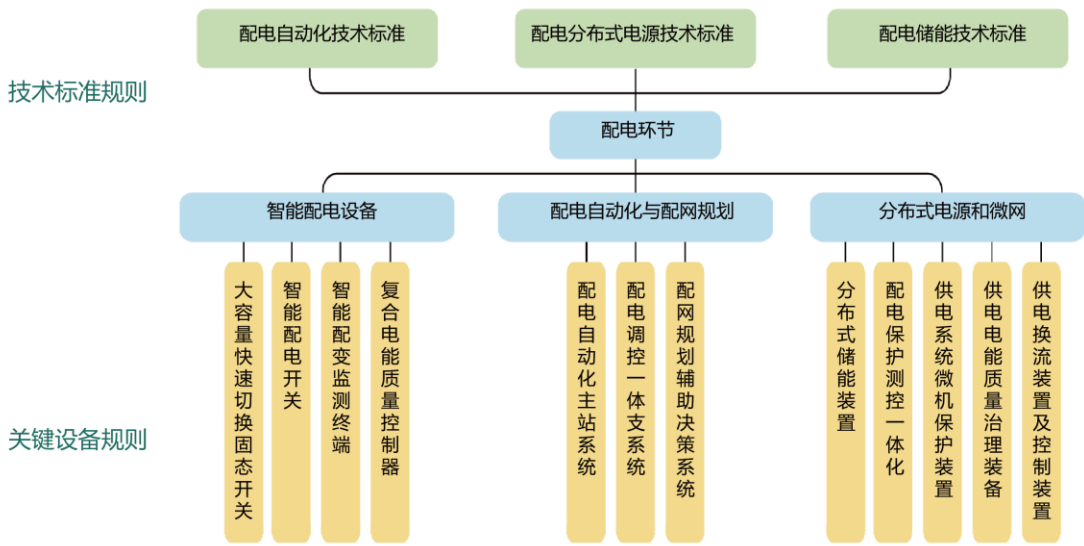


图 4.1 配电环节结束标准规则及关键设备规则

4.2 昆明地区配电网现状分析

4.2.1 昆明地区自然地理概况

（1）行政区情况

昆明位于云南中部地区，具有天然的地理优势，平均海拔 1891 米。昆明作为云南省的中心地区，拥有全省最好的资源，同时，也是云南省的政治、经济、交通等中心。因昆明享有“春城”之称，加之交通便利、经济发达，成为我国重要的旅游城市。昆明地区作为枢纽地，优势突出，是我国面向东南亚、南亚开发的重要枢纽。

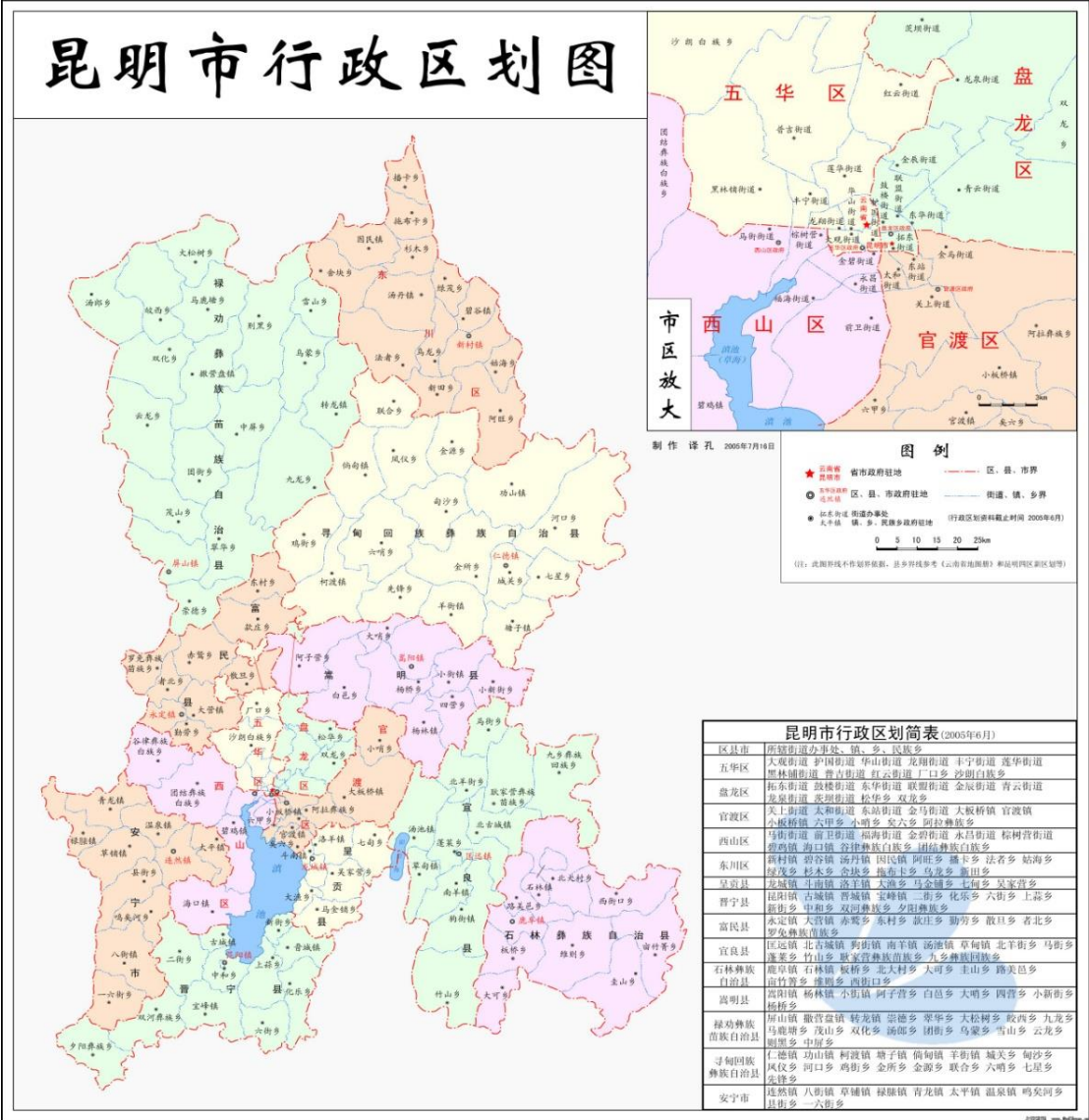


图 4.2 昆明市行政区划图

(2) 经济发展概况

近几年,昆明经济发展飞速,市委市政府颁布的一系列新政,促进了昆明经济的迅猛发展。即使是在经济危机的 2008 年及经济危机影响最为严重的 2009 年,昆明市经济仍能维持高增长速度。2007 年昆明市国内生产总值约为 1425 亿元,2008 年约为 1634 亿元,2009 年约为 1837.49 亿元,从数据可明显看出,2007 年至 2009 年三年时间,昆明经济的飞速发展。

2012 年全市实现地区生产总值 3011.14 亿元。其中,第一产业占比约 5.29%,第二产业占比约为 45.78%,第三产业占比约为 48.93%。同比增长率为,第一产业 6.4%,第二产业 16.1%,第三产业 13.0%。人均生产总值达到 46256 元。

2012 年,全市地方公共财政预算收入完成 378.40 亿元,同比增长 19.1%,其中,税收收入 338.87 亿元,增长 19.7%。在税收收入中,增值税 46.31 亿元,营业税 127.72 亿元。地方公共财政预算支出 525.54 亿元,增长 19.0%。

纵观昆明市“十一五”期间经济发展,第二及第三产业的快速增长成为了拉动总体经济持续快速增长的主要因素,2006~2010 年均增长率分别达到了 14.69%和 15.77%。全市三次产业比从 2006 年的 6.71:45.69:47.6 调整为 2010 年的 5.67:45.32:49.1,第三产业所占比逐年上升,第一产业占比降低,第二产业变化较小。主要源于昆明是我国重要旅游城市,并具有地理优势、文化民俗优势等特点。

昆明市近五年全市经济发展情况如下表所示。

表 4.1 昆明市近五年社会经济发展情况表

行政区划	指标名称	2008	2009	2010	2011	2012	年均增长率(%)
昆明市	国内生产总值 (亿元)	1634	1837.46	2120.37	2509.58	3011.14	15.6
	第一产业	104.94	114.92	120.3	133.83	159.16	10.41
	第二产业	735.45	824.58	960.86	1161.18	1378.48	15.89
	第三产业	793.61	897.96	1039.21	1214.57	1473.50	15.99
	人口 (万人)	623.9	628	636	648.64	650.97	1.07
	人均 GDP (万元)	2.62	2.94	3.33	3.88	4.63	14.4
	行政面积 (平方千米)	21011	21011	21011	21011	21011	—

(3) 城市规划概况

根据《昆明市城市总体规划(2006~2020年)》要求,昆明市将重点着力构建云南省桥头堡建设新高地,努力开创区域性国际城市新局面,勇做桥头堡建设先行者,为云南省桥头堡建设做出示范,将昆明建设成强省,成为民族文化建设的领头羊

昆明为云南省的中心,无论地理位置,抑或政治交流、经济发展等多个方面,均为云南省的核心。昆明具有“东连黔桂通沿海,北经川渝进中原,南下越老达泰柬,西接缅甸连印巴”的独特区位优势。尤其是处在湄公河、东盟自由贸易区经济圈等多个经济圈的交汇点,

在国家的对外开放中发挥着重要作用。

近几年,昆明建设越发完善,交通方式发展迅速,交通便利。昆明成为我国交易出口的前沿,能够快速便捷的将国内信息思想传递至东南亚等地区,同时也能将市场开拓至邻近国家。昆明地区以其地理优势明显,且具有民族特色化,气候宜人,为各地枢纽,成为云南省的政治、文化、经济多方面的中心。其发展战略如下:

(a) 按照新型加工工业基地、国家历史文化名城和中国面向东南亚、南亚的门户枢纽建设要求,昆明市将进一步扩大城市发展空间,丰富城市功能,提高城市综合竞争力;加快推进工业化进程,合理扩展开发区与工业区片的发展空间,提高工业用地集约利用水平;以人为本,美化城市居住环境,加强居住区的生活配套服务设施建设。

(b) 富民强市并重。强市强在经济实力上,富民富在人民收入中。规划期内昆明市将大力发展高新技术产业,尽快调整产业结构,培养人才,培育和扶持优势产业,积极发展充分利用劳动力资源的产业,实现经济实力跨越式发展;以人的需求、人的流动、人的全面发展为出发点,在增强经济实力和产业竞争力的同时,增加全市居民的收入。

(c) 城乡区域统筹。统筹各区域经济发展,实施城乡规划、产业布局、基础设施、就业保障和社会事业一体化。坚持以“三化”(工业化、城市化、市场化)化“三农”(农业、农村、农民),“三化”带“三农”,“三化”服务“三农”,扎实推进社会主义新农村建设,基本实现城乡一体化发展。

(d) 经济内外拓展。规划期内,昆明市将紧抓“10+1”战略实施契机,统筹国内发展和对外开放,进一步拓宽经济发展空间;扩大招商引资领域,构筑全方位利用外资的格局,提高利用外资水平;加强协调开放与创新,积极参与国内国际竞争与合作,积极探索市场经济下区域经济合作的长效机制。

(e) 土地集约利用。坚持走资源节约型道路,充分运用各种手段,合理配置土地资源,实现土地利用由外延粗放型到内涵集约型的真正转变,推行高度内涵式与合理外延式相结合的发展方式,形成科学发展与科学用地的和谐局面。

4.2.2 昆明地区通信网分析

(1) 昆明供电局通信网分析

昆明供电局地区通信网络主要包括:光缆、地区光纤传输网(A网)、载波通信、综合业务数据网、调度交换网、行政交换网、视频会议系统、通信运维管控系统等,调度数据网正在建设中。

昆明供电局光缆已经覆盖地调、官渡分局、五华分局、盘龙分局、西山分局、呈贡分局、高压局、送变电分局等单位。昆明地区光纤覆盖4个500kV变电站、20个220kV变电站、70个110kV变电站和3个中心机房(省调、地调、科技园),共计95个通信站。

500kV变电站之间通过OPGW光缆(24芯)、ADSS光缆相连。220kV变电站间连接的光缆以ADSS和普通光缆构成。110kV变电站之间连接的光缆以普通光缆、ADSS光缆和OPGW光缆构成。

截止2012年,500kV光纤覆盖率为100%,220kV变电站光纤覆盖率为100%,110kV变电站光纤覆盖率为95.6%。昆明地区仅110kV月牙变、110kV长坡变、110kV双帽变未覆盖光缆。

(2) 东川分局通信网分析

东川分局已有双光缆接入220kV新村变,配置一套华为设备,接入220kV新村变。东川地区110kV变电站均配置了华为设备。

东川分局现有35kV变电站6座,分别为拖布卡变、汤丹变、红土地变、乌龙变、姑海变、阿旺变。35kV拖布卡变至110kV海子头变架设2根光缆,配置了一套华为设备接入昆明地区光传输B网,35kV红土地变电站、35kV阿旺变电站、35kV乌龙变电站、35kV姑海变电站配置了PDH设备,租用电信光缆。9个供电所均未自建架设光缆,除舍块供电所(营业厅)、因民供电所(营业厅)外均租用了电信通道。

(3) 呈贡分局通信网分析

已有光缆接入35kV三岔口变,从而接入110kV呈贡变,配置1套泰科6325设备接入三岔口变、接入呈贡变。

呈贡分局现有3座35kV变电站,均配置了泰科6325光设备,3个35kV变均有自建8芯普通光缆,并同时租用电信光缆作为备用通道,从而将信息传输至昆明地调。

2013至2015年期间,35kV三岔口变若退出运行,则呈贡分局至三岔口变架设的普通光缆应予以保留。

有6个供电所和1个营业厅(在呈贡分局内),其中七甸和马金铺2个为站所合一的供电所具备光缆接入,呈贡新城供电所架设1根普通光缆接入呈贡变,其余均未实现光缆接入。呈贡分局配置的调度交换机为3COM济南积成,2008年投运。

4.2.3 配电网现状分析

在昆明供电局配电自动化试点建设中,对五华区的629个监控点进行自动化改造,并同步进行配电终端至配电主站通信通道的建设;其中,325个监控点配电终端至配电主站的通信通道采用光纤通道,304个监控点配电终端至配电主站的通信通道采用公网无线通道。

在昆明供电局配电自动化二期项目建设中,对五华区、盘龙区、官渡区和西山区的804

南京邮电大学专业学位硕士研究生学位论文 第四章 智能电网配网环节通信网络建设和建设研究

个监控点进行自动化改造，并同步进行配电终端至配电主站通信通道的建设；其中，564 个监控点配电终端至配电主站的通信通道采用光纤通道，240 个监控点配电终端至配电主站的通信通道采用公网无线通道。

到目前为止，昆明供电局配网通信系统规模统计如下表所示。

表 4.2 配网通信系统现状统计表

项目	单位	数量	说明
骨干层节点	个	26	含昆供主站、四个分局以及 21 变电站节点。
专网通道监控点	个	889	870 个节点采用工业以太网交换机技术，19 个节点采用 EPON 技术。
公网通道监控点	个	544	无线通信采集模块集成在配电终端内。

骨干层通信网络光缆路由组织如下图所示。

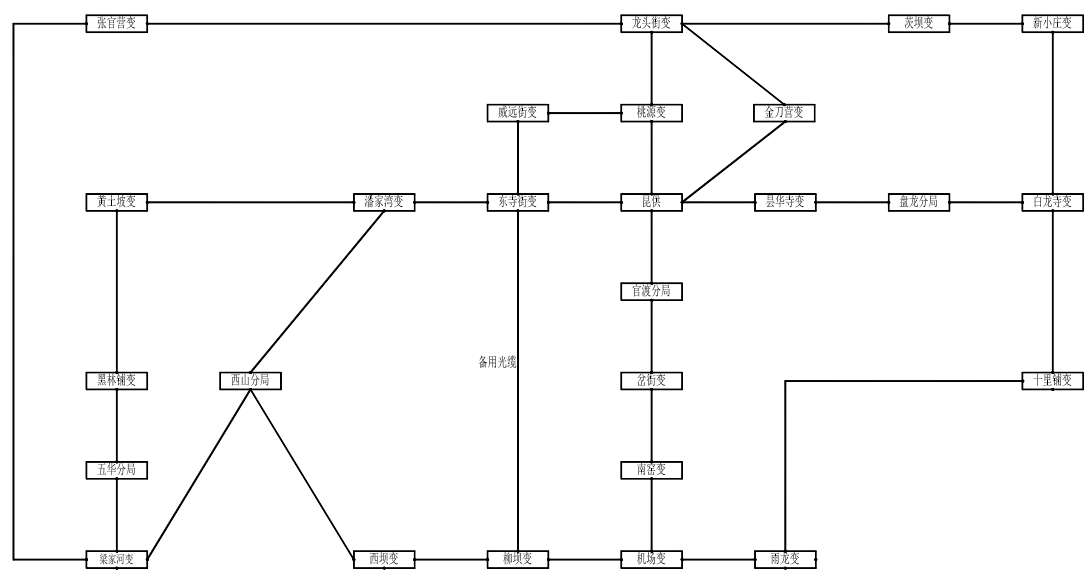


图 4.3 骨干层网络的路由组织示意图

4.2.4 系统现状分析

通信是配电自动化项目建设的关键部分之一，通信技术选择正确与否决定着整个项目的成败。由于配电网点多面广、环境差，对通信技术应用条件限制非常多。在昆明供电局配电自动化前期项目通信系统方案中，采用的技术方案，是将光纤通信与无线通信融合的方案，光纤通信技术以以太网交换机技术为主、EPON(以太网无源光网络)技术为辅，无线通信技术采用 GPRS 技术。

针对昆明供电局配电自动化所应用的光纤工业以太网交换机技术、EPON 技术和公网无线通信技术等，进行运行效果分析。

(1) 光纤工业以太网交换机技术

光纤工业以太网交换机技术按骨干层和接入层两层结构进行建设，骨干层覆盖整个昆明主城区，包含昆供主站等 26 个节点，接入层节点覆盖昆明主城区的 889 个光纤专网配电节点。骨干层设备之间采用 OSPF 路由协议，可以实现不同厂家设备的互联互通。

目前, 光纤工业以太网交换机技术数据网运行稳定, 没有发生大的网络故障, 所有三层和二层工业以太网交换机在网管系统上全部正常查看并读取数据。少数情况下会出现因配电点电源故障或配网光缆被外力破坏造成二层环网部分节点中断, 但在故障排除后, 网管及业务可立即恢复。

光纤工业以太网交换机技术的核心技术为以太网交换技术, 为常规技术, 方便现有通信技术人员对设备的管理和维护, 基本无需花费额外的技术支持就可以完成日常管理与维护工作。

(2) EPON 技术

EPON 网络配置 3 台 OLT 设备 (布置在梁家河、黑林铺和潘家湾节点) 和 19 套 “分光器+ONU” 设备。

目前, EPON 技术数据网运行稳定, 没有发生大的网络故障, 所有设备在网管系统上全部正常查看并读取数据。少数情况下会出现因配电点电源故障或配网光缆被外力破坏造成二层环网部分节点中断, 但在故障排除后, 网管及业务可以立即恢复。

(3) GPRS 技术

通过现有移动运行商的无线通信网络, 构建无线 DDN 专网业务。通过配电自动化系统的远程监控单元, 应用 GPRS 网络, 将运营商与自动化主站系统的专线相连接, 接入主站。GPRS 主要用于未能建立电力专网通信的配电节点。

昆明供电局配电自动化系统投入使用到现在, 主站系统运行稳定, 监控节点上线率基本保持在 90% 以上, 因通信光缆和设备影响终端上线率的主要原因如下几个方面。

(a) 地铁施工造成光缆破坏

昆明配电自动化建设项目从 2011 年开始建设, 此段时间及以后五年为昆明地铁施工的高峰期, 覆盖昆明主城区的大部分主干道, 配电自动化系统专用通信网络的部分光缆处于城区主干道的缆沟中, 由于地铁施工大面积展开, 经常造成光缆外力破坏情况。

(b) 鼠害

昆明地区的缆沟内老鼠较多, 对系统运行造成一定的影响, 多次出现网线和尾纤被咬断的情况, 经排查, 主要原因为终端设备柜封堵材料被外力破坏, 造成小动物进入柜体, 破坏设备和线缆。

4.3 昆明地区配电网需求分析

4.3.1 配电自动化需求

对配电自动化通信建设需求进行分年度描述。

具体配电自动化需求详见下表。

表 4.3 配电自动化需求表

序号	项目名称	所属供电区	供电区类别	新建线路回数	开关柜(面)	柱上开关(台)	开关站(间)	三遥终端(台)		两遥终端(台)		带通信功能的线路故障指示器(台)		三遥开关(个)	二遥开关(个)	线路长度	线路类型	年限
								电缆	架空	电缆	架空	电缆	架空					
1	110kV 西冲变新出 10kV 高坡线工程	官渡区	D	1	0	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2013
2	110kV 西冲变新出 10kV 阿拉线工程	官渡区	D	1	0	2	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2013
3	110kV 螺蛳湾变电站与 110kV 大板桥变电站 10kV 空港 1 回联络新建工程	官渡区	C	1	0	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2013
4	110kV 螺蛳湾变电站与 110kV 大板桥变电站 10kV 空港 2 回联络新建工程	官渡区	C	1	0	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2013
5	110kV 矣六变新出一回线调整 110kV 金源站织布营线负荷	官渡区	C	1	5	2	0	0	0	0	1	0	5	0	1	---	---	2014
6	110kV 矣六变新出 1 号线调整 110kV 星耀站新昆洛路线负荷	官渡区	C	1	5	2	0	0	0	0	1	0	5	0	1	---	---	2014
7	110kV 矣六变新出 2 号线调整 110kV 星耀站新昆洛路线负荷	官渡区	C	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2014
8	110kV 十里铺站新出杨家凹 1 号线调整 110kV 雨龙站白泥湾线负载	官渡区	B	1	25	2	0	3	0	0	1	0	1	15	1	---	---	2014
9	110kV 金源变新出 1 回和 110kV 雨龙变西庄线网架完善	官渡区	B	1	0	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2014
10	110kV 西冲变新出 1 回调整 110kV 小石坝变干海子线负荷	官渡区	D	1	10	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2014
11	110kV 十里铺变新出 10 回调整 110kV 小石坝变锁水桥线负荷	官渡区	B	1	5	2	0	1	0	0	1	0	5	5	1	---	---	2014
12	110kV 六甲变新出 12 回调整 110kV 南窑变巫家坝线负荷	官渡区	B	1	0	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2014

序号	项目名称	所属供电区	供电区类别	新建线路回数	开关柜(面)	柱上开关(台)	开关站(间)	三遥终端(台)		两遥终端(台)		带通信功能的线路故障指示器(台)		三遥开关(个)	二遥开关(个)	线路长度	线路类型	年限
								电缆	架空	电缆	架空	电缆	架空					
13	110kV 六甲变新出 13 回调整 110kV 南窑变双桥线负荷	官渡区	B	1	0	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2014
14	110kV 西冲变新出一回线调整 110kV 大板桥站西冲线负荷	官渡区	D	1	0	4	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2014
15	110kV 周家山变新出 6 回转接大板桥变园艺场线负荷	官渡区	D	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2014
16	110kV 周家山变新出 8 回转接大板桥变工业园线负荷	官渡区	C	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2014
17	六甲变新出 1 回线转接福保线负荷	官渡区	B	1	5	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	---	---	2014
18	110kV 螺蛳湾变新出 1 回与青龙洞线网架完善	官渡区	C	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2014
19	110kV 六甲变 10kV 六甲变 22#线新建工程	官渡区	C	1	10	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2014
20	110kV 六甲变 10kV 六甲变 3#线新建工程	官渡区	C	1	10	3	0	0	0	0	1	0	5	0	1	---	---	2014
21	110kV 六甲变 10kV 六甲变 4#线新建工程	官渡区	C	1	10	3	0	0	0	0	1	0	5	0	1	---	---	2014
22	110kV 六甲变 10kV 六甲变 23#线新建工程	官渡区	C	1	10	2	0	0	0	0	1	0	5	0	1	---	---	2014
23	110kV 六甲变 10kV 六甲变 5#线新建工程	官渡区	C	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2014
24	110kV 六甲变 10kV 六甲变 17#线新建工程	官渡区	C	1	10	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2014
25	110kV 十里铺站 10kV 杨方凹 2 号线新建工程	官渡区	B	1	10	0	0	2	0	0	0	0	0	10	0	---	---	2014
26	110kV 十里铺站 10kV 十里铺 5#线新建工程	官渡区	B	1	10	8	0	2	0	0	1	0	5	10	1	---	---	2014

序号	项目名称	所属供电区	供电区类别	新建线路回数	开关柜(面)	柱上开关(台)	开关站(间)	三遥终端(台)		两遥终端(台)		带通信功能的线路故障指示器(台)		三遥开关(个)	二遥开关(个)	线路长度	线路类型	年限
								电缆	架空	电缆	架空	电缆	架空					
27	110kV 十里铺站 10kV 十里铺 11#线新建工程	官渡区	B	1	10	9	0	2	0	0	1	0	5	10	1	---	---	2014
28	110kV 矣六变 10kV 矣六变 6#线新建工程	官渡区	C	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2014
29	110kV 矣六变 10kV 矣六变 7#线新建工程	官渡区	C	1	10	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	---	---	2014
30	110kV 矣六变 10kV 矣六变 9#线新建工程	官渡区	C	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2014
31	10kV 玫瑰湾环网 I 回与二污水厂线联络	官渡区	B	0	5	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	---	---	2014
32	110kV 凉亭变 10kV 凉亭 4 回线新建工程	官渡区	B	1	30	0	0	3	0	0	0	0	0	15	0	---	---	2015
33	110kV 凉亭变 10kV 凉亭 5 回线新建工程	官渡区	B	1	30	0	0	3	0	0	0	0	0	15	0	---	---	2015
34	凉亭变新出一回解决刘家线负荷	官渡区	C	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2015
35	110kV 小羊浦站 10kV 小羊甫 1 回线新建工程	官渡区	B	1	5	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	---	---	2015
36	110kV 小羊浦站 10kV 小羊甫 2 回线新建工程	官渡区	C	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2015
37	110kV 小羊浦站 10kV 小羊甫 10 回线新建工程	官渡区	B	1	10	0	0	2	0	0	0	0	0	10	0	---	---	2015
38	110kV 关雨站 10kV 关雨 7 回线新建工程	官渡区	B	1	20	0	0	3	0	0	0	0	0	15	0	---	---	2015
39	110kV 关雨站 10kV 关雨 8 回线新建工程	官渡区	B	1	20	0	0	3	0	0	0	0	0	15	0	---	---	2015
40	110kV 关雨站 10kV 关雨 9 回线新建工程	官渡区	B	1	20	0	0	3	0	0	0	0	0	15	0	---	---	2015
41	关雨变新出一回解决关上公园线不可转供问题	官渡区	C	1	10	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	---	---	2015
42	关雨变新出一回转接关上南线负荷	官渡区	B	1	10	0	0	2	0	0	0	0	0	10	0	---	---	2015

序号	项目名称	所属供电区	供电区类别	新建线路回数	开关柜(面)	柱上开关(台)	开关站(间)	三遥终端(台)		两遥终端(台)		带通信功能的线路故障指示器(台)		三遥开关(个)	二遥开关(个)	线路长度	线路类型	年限
								电缆	架空	电缆	架空	电缆	架空					
43	关雨变新出一回 π 接 10kV 关兴 2 回	官渡区	C	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2015
44	110kV 六甲变 10kV 六甲变 11#线新建工程	官渡区	C	1	10	3	0	0	0	0	1	0	5	0	1	---	---	2015
45	110kV 六甲变 10kV 六甲变 21#线新建工程	官渡区	C	1	10	4	0	1	0	0	1	0	5	5	1	---	---	2015
46	110kV 秧草凹站 10kV 秧草凹 1#线新建工程	官渡区	B	1	10	5	0	2	0	0	1	0	5	10	1	---	---	2015
47	110kV 秧草凹站 10kV 秧草凹 2#线新建工程	官渡区	B	1	10	5	0	2	0	0	1	0	5	10	1	---	---	2015
48	110kV 秧草凹站 10kV 秧草凹 4#线新建工程	官渡区	B	1	10	3	0	2	0	0	1	0	5	10	1	---	---	2015
49	110kV 秧草凹站 10kV 秧草凹 6#线新建工程	官渡区	B	1	10	0	0	2	0	0	0	0	0	10	0	---	---	2015
50	110kV 秧草凹站 10kV 秧草凹变 5#线新建工程	官渡区	B	1	10	0	0	2	0	0	0	0	0	10	0	---	---	2015
51	110kV 秧草凹站 10kV 秧草凹变 8#线新建工程	官渡区	B	1	10	0	0	2	0	0	0	0	0	10	0	---	---	2015
52	110kV 秧草凹站 10kV 秧草凹变 9#线新建工程	官渡区	B	1	10	0	0	2	0	0	0	0	0	10	0	---	---	2015
53	110kV 十里铺站 10kV 十里铺 2#线新建工程	官渡区	B	1	10	3	0	2	0	0	1	0	5	10	1	---	---	2015
54	110kV 六甲变 10kV 六甲变 8#线新建工程	官渡区	C	1	10	7	0	1	0	0	1	0	5	5	1	---	---	2015
55	110kV 杉松园站 10kV 杉松园变 1#线新建工程	官渡区	B	1	10	0	0	2	0	0	0	0	0	10	0	---	---	2015
56	110kV 杉松园站 10kV 杉松园变 2#线新建工程	官渡区	C	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2015
57	110kV 杉松园站 10kV 杉松园变 3#线新建工程	官渡区	C	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2015
58	矣六变新出一回解决中营线过载	官渡区	C	1	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2015

序号	项目名称	所属供电区	供电区类别	新建线路回数	开关柜(面)	柱上开关(台)	开关站(间)	三遥终端(台)		两遥终端(台)		带通信功能的线路故障指示器(台)		三遥开关(个)	二遥开关(个)	线路长度	线路类型	年限
								电缆	架空	电缆	架空	电缆	架空					
59	110kV 关雨变新出线与昆明站 2 回联络	官渡区	B	1	15	0	0	3	0	0	0	0	0	15	0	---	---	2015
60	南窑变 10kV 双桥线与雨龙变 10kV 朱家村线网架完善工程	官渡区	B	0	20	0	0	3	0	0	0	0	0	15	0	---	---	2015
61	110kV 十里铺站新出 10kV2 号线和白龙寺站金沙 I 回网架完善工程	盘龙区	B	1	15	1	0	3	0	0	0	0	5	15	0	---	---	2013
62	110kV 张官营变廖家庙线和 110kV 龙头街变财大线网架完善	盘龙区	B	1	5	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	---	---	2013
63	110kV 席子营站 10kV4 号线新建工程	盘龙区	B	1	15	2	0	3	0	0	1	0	5	15	1	---	---	2014
64	110kV 席子营站 10kV5 号线新建工程	盘龙区	B	1	5	2	0	1	0	0	1	0	5	5	1	---	---	2014
65	110kV 席子营站 10kV7 号线新建工程	盘龙区	B	1	0	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2014
66	110kV 席子营站 10kV13 号线新建工程	盘龙区	B	1	0	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2014
67	110kV 席子营站 10kV14 号线新建工程	盘龙区	B	1	0	2	0	0	0	0	1	0	5	0	1	---	---	2014
68	110kV 席子营站 10kV1 号线新建工程	盘龙区	B	1	0	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2014
69	110kV 席子营站 10kV2 号线新建工程	盘龙区	B	1	0	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2014
70	110kV 兰龙潭变 10kV9#线新建工程	盘龙区	C	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2014
71	110kV 兰龙潭变 10kV10 号线新建工程	盘龙区	C	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2014
72	110kV 兰龙潭变 10kV13 号线新建工程	盘龙区	C	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2014
73	110kV 兰龙潭变 10kV11 号线新建工程	盘龙区	C	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2014

序号	项目名称	所属供电区	供电区类别	新建线路回数	开关柜(面)	柱上开关(台)	开关站(间)	三遥终端(台)		两遥终端(台)		带通信功能的线路故障指示器(台)		三遥开关(个)	二遥开关(个)	线路长度	线路类型	年限
								电缆	架空	电缆	架空	电缆	架空					
74	110kV 席子营 10kV 小龙村 I 回线新建工程	盘龙区	B	1	5	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	---	---	2014
75	10kV 完家山线与祥佑地产线网架完善工程	盘龙区	C	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2014
76	110kV 兰龙潭变 10kV2 号线新建工程	盘龙区	C	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2015
77	110kV 兰龙潭变 10kV3 号线新建工程	盘龙区	C	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2015
78	110kV 兰龙潭变 10kV4 号线新建工程	盘龙区	C	1	0	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2015
79	110kV 兰龙潭变 10kV6 号线新建工程	盘龙区	C	1	0	4	0	0	0	0	1	0	5	0	1	---	---	2015
80	110kV 席子营站 10kV9#线新建工程	盘龙区	B	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2015
81	110kV 席子营变 10kV 16 号线新建工程	盘龙区	B	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2015
82	110kV 兰龙潭变 10kV12 号线新建工程	盘龙区	C	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2015
83	110kV 小坝站 10kVIV 回线新建工程	盘龙区	C	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2015
84	110kV 小坝站新发线新建工程	盘龙区	C	1	5	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2015
85	110kV 金瓦站 10kV 金瓦 4 号线新建工程	盘龙区	B	1	20	0	0	3	0	0	0	0	0	15	0	---	---	2015
86	110kV 金瓦站 10kV 金瓦 8 号线新建工程	盘龙区	C	1	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2015
87	110kV 兰龙潭变 10kV14 号线新建工程	盘龙区	B	1	5	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	---	---	2015
88	110kV 兰龙潭变 10kV 司家营新线新建工程	盘龙区	B	1	5	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	---	---	2015
89	110kV 龙泉变 10kV 新出线 15 号线新建工程	盘龙区	C	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2015

序号	项目名称	所属供电区	供电区类别	新建线路回数	开关柜(面)	柱上开关(台)	开关站(间)	三遥终端(台)		两遥终端(台)		带通信功能的线路故障指示器(台)		三遥开关(个)	二遥开关(个)	线路长度	线路类型	年限
								电缆	架空	电缆	架空	电缆	架空					
90	110kV 小坝站新出 10kV5 号线新建工程	盘龙区	C	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2015
91	1110kV 沙河变 10kV 沙河 1#线新建工程	五华区	B	1	0	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2013
92	110kV 沙河变站 10kV 沙河 2#线新建工程	五华区	B	1	0	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2013
93	新建 10kV 龙泉路 1 号配电站	五华区	B	0	5	1	0	1	0	0	0	0	5	5	0	---	---	2013
94	110kV 威远街站 10kV 武成路 II 回线新建工程	五华区	B	1	10	0	0	2	0	0	0	0	0	10	0	---	---	2014
95	110kV 黑林铺变 10kV 黑林铺南线和 110kV 黄土坡变 10kV 滇缅大道 II 回网架完善	五华区	B	0	5	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	---	---	2014
96	1110kV 沙河变 10kV 沙河 4#线新建工程	五华区	C	1	0	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2015
97	1110kV 沙河变 10kV 7#线新建工程	五华区	B	1	0	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2015
98	1110kV 沙河变沙河 14#线新建工程	五华区	C	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2015
99	1110kV 沙河变沙河 15#线新建工程	五华区	D	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2015
100	110kV 沙河变 10kV 沙河 16#线新建工程	五华区	B	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2015
101	110kV 沙河变 10kV 沙河 17#线新建工程	五华区	D	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2015
102	110kV 兰龙潭变 10kV 红云片区 II 回新建工程	五华区	B	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2015
103	110kV 兰龙潭变 10kV 红云片区 III 回线新建工程	五华区	B	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2015
104	110kV 兰龙潭变 10kV 红云片区 I 回新建工程	五华区	B	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2015

序号	项目名称	所属供电区	供电区类别	新建线路回数	开关柜(面)	柱上开关(台)	开关站(间)	三遥终端(台)		两遥终端(台)		带通信功能的线路故障指示器(台)		三遥开关(个)	二遥开关(个)	线路长度	线路类型	年限
								电缆	架空	电缆	架空	电缆	架空					
105	1110kV 沙河变 10kV 沙河 12#线新建工程	五华区	C	1	0	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2015
106	10kV 花红洞线与团山线网架完善工程	五华区	C	1	0	2	0	0	0	0	1	0	5	0	1	---	---	2015
107	110kV 核桃箐变 10kV 核桃箐 10#线新建工程	五华区	C	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2015
108	云龙坝变新出线工业园区 6 回与云龙坝变工业园区 7 回网架完善	西山区	C	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2013
109	110kV 兴科站 10kV 兴科变 2#线新建工程	西山区	C	1	15	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	---	---	2014
110	110kV 兴科站 10kV 兴科变 3#线新建工程	西山区	C	1	15	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	---	---	2014
111	110kV 兴科站 10kV 兴科变 4#线新建工程	西山区	C	1	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2014
112	110kV 兴科站 10kV 兴科变 5#线新建工程	西山区	C	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2014
113	110kV 春苑站 10kV 春苑变 1#线新建工程	西山区	B	1	10	0	0	2	0	0	0	0	0	10	0	---	---	2014
114	110kV 春苑站 10kV 春苑变 2#线新建工程	西山区	B	1	15	0	0	3	0	0	0	0	0	15	0	---	---	2014
115	110kV 河尾站 10kV 河尾变 7#线新建工程	西山区	C	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2014
116	110kV 河尾站 10kV 河尾变 11#线新建工程	西山区	C	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2014
117	110kV 河尾站 10kV 河尾变 12#线新建工程	西山区	C	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2014
118	110kV 西华变新出 10kV 陆家营 II 回调整 110kV 柳坝变陆家营线负荷	西山区	B	1	5	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	---	---	2015
119	春苑变新出 10kV 春苑变 5#线调整西坝变西苑路线负荷	西山区	C	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2015

序号	项目名称	所属供电区	供电区类别	新建线路回数	开关柜(面)	柱上开关(台)	开关站(间)	三遥终端(台)		两遥终端(台)		带通信功能的线路故障指示器(台)		三遥开关(个)	二遥开关(个)	线路长度	线路类型	年限
								电缆	架空	电缆	架空	电缆	架空					
120	110kV 呈贡变电站县城 I 回网架完善	呈贡区	B	1	10	0	0	2	0	0	0	0	0	10	0	---	---	2013
121	110kV 呈贡变电站县城 II 回网架完善工程	呈贡区	B	1	5	1	0	1	0	0	0	0	5	5	0	---	---	2013
122	35kV 三岔口变电站三雨线网架完善工程	呈贡区	B	1	10	0	0	2	0	0	0	0	0	10	0	---	---	2013
123	35kV 三岔口变电站军用线网架完善工程	呈贡区	B	1	5	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	---	---	2013
124	110kV 马金铺变 10kV 化林线新建工程	呈贡区	C	1	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2013
125	10kV 马中线网络优化工程	呈贡区	B	1	15	1	0	3	0	0	0	0	5	15	0	---	---	2014
126	10kV 龙潭山线网络优化工程	呈贡区	C	1	0	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2014
127	10kV 新册线网络优化工程	呈贡区	C	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2014
128	110kV 洛羊变洛羊开 II 回网架完善	呈贡区	C	1	0	4	0	0	0	0	1	0	5	0	1	---	---	2015
129	110kV 呈贡变电站县城 III 回网架完善	呈贡区	B	1	0	2	0	0	0	0	1	0	5	0	1	---	---	2015
130	110kV 乌龙新建 10kV 线路转接三洛 2 回负荷	呈贡区	C	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2015
131	110kV 乌龙新建 10kV 线路转接三白 1 回负荷	呈贡区	C	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2015
132	110kV 物流变 10kV 物流 6 号线新建工程	呈贡区	B	1	5	1	0	1	0	0	0	0	5	5	0	---	---	2015
133	110kV 物流变 10kV 物流 7 号线新建工程	呈贡区	C	1	5	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2015
134	110kV 马金铺变 10kV 马金铺 2 号线新建工程	呈贡区	C	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2015
135	110kV 马金铺变 10kV 北 1 回新建工程	呈贡区	C	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2015

序号	项目名称	所属供电区	供电区类别	新建线路回数	开关柜(面)	柱上开关(台)	开关站(间)	三遥终端(台)		两遥终端(台)		带通信功能的线路故障指示器(台)		三遥开关(个)	二遥开关(个)	线路长度	线路类型	年限
								电缆	架空	电缆	架空	电缆	架空					
136	110kV 马金铺变 10kV 北 2 回新建工程	呈贡区	C	1	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2015
137	110kV 万溪冲站 10kV 万溪冲 1 号线新建工程	呈贡区	C	1	10	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2015
138	110kV 万溪冲站 10kV151 环线 3 回新建工程	呈贡区	C	1	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2015
139	110kV 万溪冲站 10kV151 环线 4 回新建工程	呈贡区	C	1	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	---	2015
140	110kV 郑家营站 10kV 郑家营 1 号线新建工程	呈贡区	C	1	5	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2015
141	110kV 乌龙站 10kV 乌龙 1 号线线路新建工程	呈贡区	C	1	0	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2015
142	110kV 乌龙站 10kV 乌龙 2 号线线路新建工程	呈贡区	C	1	0	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2015
143	110kV 乌龙站 10kV 乌龙 3 号线线路新建工程	呈贡区	C	1	0	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2015
144	110kV 乌龙站 10kV 乌龙 4 号线线路新建工程	呈贡区	C	1	5	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2015
145	10kV 大哨工业园区 I 回与大哨工业园区 II 回网架完善工程	呈贡区	B	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2015
146	10kV 马头山线与大哨工业园区 II 回网架完善工程	呈贡区	C	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2015
147	110kV 东川变西开 II 回线和东川变碧谷线网架完善	东川区	D	0	0	2	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2013
148	110kV 四方地变工业园 III 回线和 110kV 四方地变工业园 IV 回网架完善	东川区	D	0	0	3	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2013
149	10kV 兴玉路线与东白线网架完善工程	东川区	D	1	0	2	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2014

序号	项目名称	所属供电区	供电区类别	新建线路回数	开关柜(面)	柱上开关(台)	开关站(间)	三遥终端(台)		两遥终端(台)		带通信功能的线路故障指示器(台)		三遥开关(个)	二遥开关(个)	线路长度	线路类型	年限
								电缆	架空	电缆	架空	电缆	架空					
150	10kV 梨坪线与西块线网架完善工程	东川区	D	1	0	3	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2014
151	10kV 工业园 V 回新建工程	东川区	D	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2015
152	10kV 电视台线和东尼线网架完善工程	东川区	D	0	0	3	0	0	0	0	0	0	5	0	0	---	---	2015
	合计			140	1025	137	0	96	0	0	23	0	331	480	23			

4.3.2 配电自动化对通道要求

(1) 基本要求

配电自动化对通信系统的要求,主要取决于要实现自动化的整体规模、自动化系统的功能要求、预期达到的自动化水平、配电自动化进展等,由于实施配电自动化的信息点数量大、分布面广,配电网通信的建设和完善需要总体规划、分阶段分区域进行。

配电自动化对通信的基本要求主要体现在以下几个方面:

(a) 通信的可靠性(主要体现在抗恶劣环境和抗电磁干扰)

配电自动化的通信设备大部分在户外运行,设备常年受到户外环境影响容易老化,因此为了配电自动化系统的稳定考虑,设备必须抗干扰性强,抗高温性能强、抗潮湿性强。只有满足以上条件的设备,才能保证配电自动化通信稳定可靠。

(b) 通信的实时性(必须满足对配电网运行进行实时监控的需要)

配电自动化的重要功能就是能够实时监控网络运行并进而在线分析,实时性对通信传速率提出了较高的要求。特别是在配电网发生故障时,主站系统和终端之间需要及时交换数据,需快速及时传送故障数据。同时,还需考虑扩展需要,不仅能传送数据,还能传送现场实时图像等。

从系统发展情况看,通信系统将存在着远程抄表、MIS 业务、调度自动化数据等多种业务。

(c) 通信的双向性(“三遥”节点要求终端与主站之间数据双向互通)

主站需要完成双向功能,不仅需要向终端下发控制命令,同时也需要接收终端上传的数据,配电自动化系统中,各个层次之间均需要双向通信。如故障区段隔离和恢复正常区域供电的功能,远方终端必须能向主站上报故障信息以供主站确定故障区段,主站必须再向终端下达控制命令,才能实现故障区段隔离和恢复非故障线路的正常供电。因而,配电自动化系统各层次之间的通信是双向的,通信系统必须具有双向通信的能力。

(d) 通信的灵活性(能够满足所有配电自动化节点的接入)

配网自动化系统中通信占据重要比重,配网自动化体系范围广,规模大,这对通信传输要求较高,需通信设备具有强大的灵活性。选择通信设备,需要从多个方面考虑,根据现场真实情况,挑选方便安装、运维的通信设备,更适合配网自动化的实际情况。

(e) 网络规模广、覆盖面大:能够覆盖所有配电自动化节点。

(f) 成本因素:配电自动化系统的建设,必须依靠通信系统,以完成数据的采集和控制命令的下发,但作为配套设施,其投资应占用配电自动化系统建设费用的小部分,且能够长期为配电自动化系统服务。

(2) 通道带宽要求

对于单个终端通信带宽以及配电网通信骨干节点通信带宽,其带宽需求详细计算如下表所示:

表 4.4 配电自动化终端对通信带宽要求表

类型	带宽	备注
----	----	----

一遥配电点	600bit/s	遥信
二遥配电点	1200bit/s	遥信+遥测
三遥配电点	1200bit/s	遥信+遥测+遥控

表 4.5 配电自动化终端对传输网络通信带宽要求表

类型	带宽	备注
通信接入网	120Kbit/s	1200bit/s/三遥配电节点×100个三遥配电节点
通信骨干网	6Mbit/s	1200bit/s/三遥配电节点×100个三遥配电节点 ×50个骨干节点

对于其他配网业务（计量自动化、视频等业务）的单个节点通信带宽以及配电网通信骨干节点通信带宽进行估算，其带宽需求详细计算如下表所示。

表 4.6 其他配网业务对通信带宽要求表

类型	带宽	备注
计量自动化	1200bit/s	
视频	100000bit/s	
合计	101200bit/s	101200bit/s=101.2kbit/s

表 4.7 其他配网业务对传输网络通信带宽要求表

类型	带宽	备注
通信接入网	10.12Mbit/s	101.2kbit/s/业务节点×100个业务节点
通信骨干网	506Mbit/s	101.2kbit/s/业务节点×100个业务节点×50个 骨干节点

通过以上数据，可以得出，接入层网络最低带宽按不小于 20M 考虑，骨干层网络最低带宽按不小于 1000M 考虑。

（3）通道可靠性要求

配电网的广域地理分布性，使通信传输的可靠性成为建设可靠的配电自动化的难点之一，从配电自动化的可靠运行方面考虑，配网通信点可靠性基本要求如下。

表 4.8 昆明供电局配电自动化业务的通信可靠性要求表

信号类型	可靠性	时延要求	备注
遥信信息	遥信信号通信可用性 $\geq 99.9\%$	<5s	采用光纤专网通信技术，时延小于1s；采用无线公网通信技术时，放宽要求至<5s。
遥测信息	遥测信号通信可用性 $\geq 98\%$	<5s	采用光纤专网通信技术，时延小于1s；采用无线公网通信技术时，放宽要求至<5s。
遥控信息	遥控信号通信正确率为 $\geq 99.9\%$	<0.2s	采用光纤专网通信技术，时延小于0.2s。

4.3.3 业务接入安全分析

(1) 根据《电力二次系统安全防护规定》(电监会 5 号令)及《电力二次系统安全防护总体方案》电监会[2006]34 号文的要求,配电自动化通信网络安全的规定:“安全区边界应当采取必要的安全防护措施,禁止任何穿越生产控制大区和管理信息大区之间边界的通用网络服务。生产控制大区中的业务系统应当具有高安全性和高可靠性,禁止采用安全风险高的通用网络服务功能”。

(2) 在配电自动化系统建设时,坚持“安全分区、网络专用、横向隔离、纵向认证”的原则。配电自动化系统属于电力监控系统的范畴,放置在网络的生产控制大区,在生产控制大区与管理信息大区之间必须设置经国家指定部门检测认证的电力专用横向单向安全隔离装置。

对于具备控制功能的“三遥”节点,其通信方式采用光纤专网通信方式。

(3) “一遥”、“二遥”监控点,在专网通信实现方便时,优先采用专网;在专网通信实现困难时,则采用无线公网通信方式,在将来各方面条件具备时,可以升级为光纤通信方式。

(4) 采用具备网管功能的设备,以实现对全网设备的实时监视,方便对通信设备维护、管理和故障处理。

(5) 二次安全防护要求,由配电自动化主站侧进行建设,网络安全防护设备放在配电自动化系统主站,不在通信系统规划中配置。

4.4 昆明地区配电网技术选择原则

通信是配电自动化项目建设的关键部分之一,通信技术选择正确与否决定着整个项目的成败。由于配电网络点多面广、运行环境差,对通信技术应用有较多方面的限制。

4.4.1 有线通信方式

(1) 光纤通信技术

光纤通信技术具有带宽大、可靠性高、可扩展性强等优点,是当前及未来十年内主流的通信技术,作为配电自动化通信网络,工业以太网和 PON 是两种主流的通信技术。

光纤通信的优点在于可靠性高、传输容量大、传输距离长等,由于光纤通信的抗电磁干扰性强与绝缘性能强的优点,光纤通信可应用于多种场合,不必担心通信受到大幅度影响。同时,目前市场光纤技术越发成熟,价格降低。因以上多种原因,目前电力系统通信主要采纳光纤通信方式。

(a) 光端机

光端机设备具有双环自愈功能,对通信网而言,适合应用于容易发生事故或重要的链路,以此提高通信的可靠新。

(b) 商用以太网交换机

商用光纤以太网方式是在充分调研的基础上,借鉴了以太网络的通信模式,结合配电网终端的现状与未来发展设想提出的通信方式。通过使用以太网络技

术,提高配电自动化系统的信息传输速率,加强信息传输的可靠性。主要表现在:

- 通信速度大幅度提高;
- 信息路由简单易行;
- 系统技术指标得到很大提高。

(c) 工业以太网交换机

①技术简介

工业以太网交换机与商业以太网交换机大有不同,工业以太网交换机常应用于环境更为恶劣的工业场所。因此工业以太网交换机需要比商业以太网交换机具有更强的抗干扰性、抗高温性、抗恶劣环境,低功耗,网管可在线监测网络运行状态,网络容量大等优点。

同时工业以太网交换机也有许多缺点,因与各厂家有部分私有协议无法在环网冗余等层面上实现互联,组网方式单一,不具备抗多点设备失效能力,网络拓展复杂等缺点。

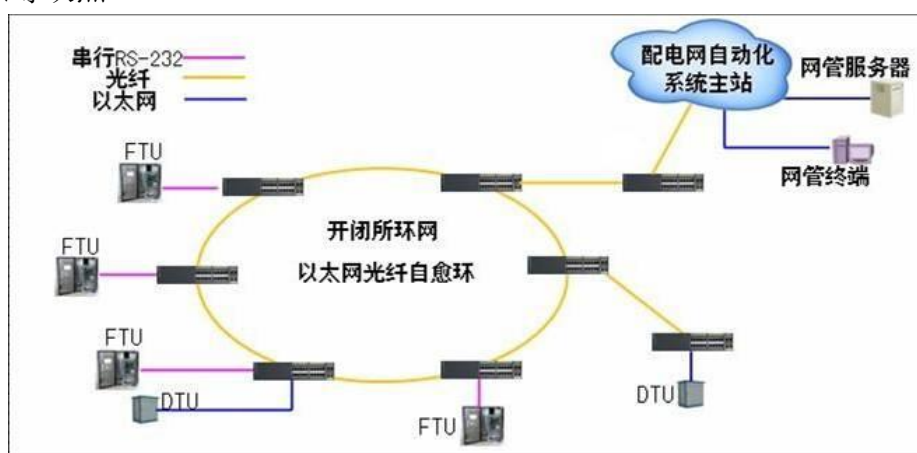


图 4.4 工业以太网交换机组网方式示意图

(d) EPON 光纤通信技术

①技术简介

EPON(Ethernet Passive Optical Network)是 PON 技术中的一种,由 IEEE802.3 EFM(Ethernet for the First Mile)提出。EPON 是以以太网无源为基点的光网络,是一种单点对多点结构的单纤数据双向传输光纤通信技术。

EPON 是一种纯介质网络,由于消除了局端与客户端之间的有源设备,它能避免外部设备的电磁干扰和雷电影响,减少线路和外部设备的故障率,提高系统可靠性,同时可节省维护成本,是通信维护部门长期期待的技术。EPON 的业务透明性较好,原则上可适用于任何制式和速率的信号。EPON 是当前技术最为成熟,性价比最高,应用最广泛。

一个典型的 EPON 系统由 OLT、ONU、POS 组成。

OLT (Optical Line Terminal) 放在中心机房;

ONU (Optical Network Unit) 放在网络接口单元附近或与其合为一体;

POS (Passive Optical Splitter) 是无源光纤分支器,是一个连接 OLT 和 ONU 的无源设备,它的功能是分发下行数据并集中上行数据。

EPON 系统结构示意图如下图所示。

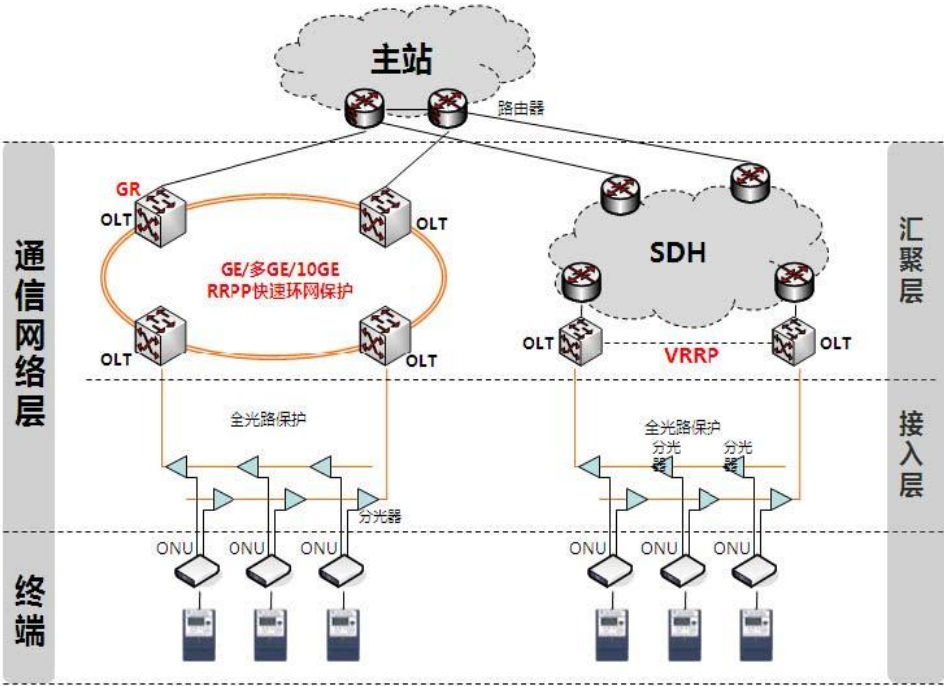


图 4.5 EPON 光纤通信技术组网示意图

EPON 即为无源光网络，为此 EPON 接入方式为适应无源光网络的一种光缆接入方式。即规划一条汇聚光缆接入到主干光缆中，其余所有节点需要分别采用分支方式接入到光缆汇聚中，便于未来 EPON 技术组网。

②技术优点：

EPON 设备采用工业级设计，在抗电磁干扰，防浪涌冲击，抗恶劣环境运行（耐高温、抗严寒），无风扇（自然散热），低功耗等方面与工业级以太网交换机相同；

EPON 组网拓扑天然符合配电网线路网络结构，可以灵活地组成星型、树型、链型、单环（本质上是双链型）、手拉手等结构，满足配网的复杂组网需要。

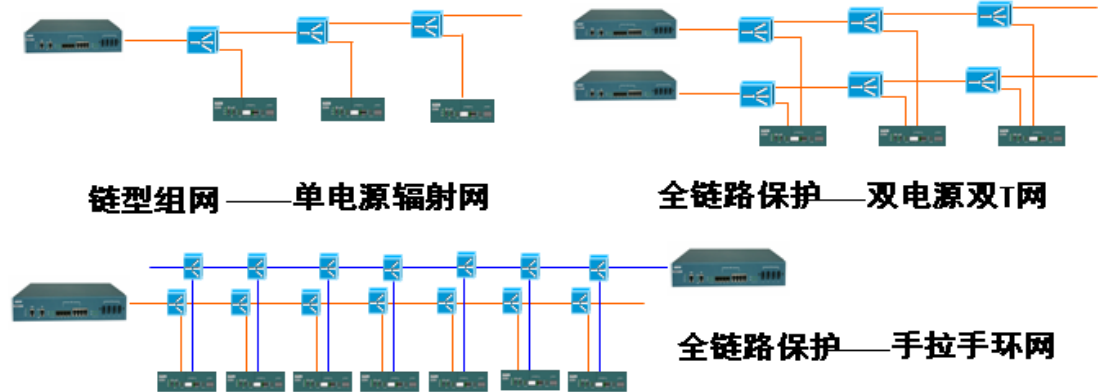


图 4.6 EPON 组网方式示意图

EPON 组网具备抗多点设备失效能力，多台设备失效，不影响其他节点使用，系统正常运行。

EPON 光器件不需要电源，对恶劣的环境的适应能力更强，工作稳定、不易损坏。

EPON 设备价格低于工业以太网交换机，与工业以太网交换机相比节省光缆

资源(单纤)、节约投资。

③技术缺点:

站点接入能力受限,链型(环型)组网下,理论计算每条链路最多可接入 13 个站点,实际应用中考考虑站点之间可能出现的长距离,不应超过 10 个站点,甚至更少。

传输距离受限,由于采用无源光器件,最远传输距离理论上为 20km,但是链型组网情况下,分光器和活接头的衰耗累积,传输距离会大大降低。

网络扩展能力受限,由于无源分光器的分光比固定,EPON 组网不适用于大规模扩容,扩展站点过多时,需调整分光比,更换分光器。

运行维护需新增专用仪器仪表。

(e) 工业以太网与 EPON 的比较

①工业以太网优势如下:

在网络结构上更具可靠性,故障发生时,能够快速恢复
采用载波监听多路访问/冲突检测方法,避免浪费带宽

②工业以太网缺点如下:

交换机厂家非主流通信厂家,且其应用场景相对较集中于工业场合。

③EPON 技术优势如下:

网络结构以树形结构为主,故障发生时可自动切换到备用链路,能够快速恢复

采用时分复用(TDM)的方式,实现带宽动态分配。

制造厂家为国际国内主流通信厂家,应用广泛,产业链发展成熟,价格相对会更低。

(2) 中低压载波

中低压载波技术传输速率低、存在信号衰减大、噪声源多且干扰强、受负载特性影响大等问题,对通信的可靠性形成一定的技术障碍,具体应用时需要软、硬件技术结合完成组网优化,运维较困难。

因此,中低压电力线载波仅适用于电能表位置分散、光纤布线困难、用电负载特性变化较小的台区,例如城乡公变台区供电区域、别墅区、城市公寓小区等。

(3) 电缆专线

电缆专线技术在光纤通信得到大规模应用之前,是一种主要的通信方式。它带宽底、扩展性差、敷设及运行成本都非常高,该技术逐渐被淘汰。

4.4.2 无线通信方式

(1) 3G 网络

目前 3G 技术牌照及相应频率已分配给国内三大运营商,移动联通电信三家部署了 3G 网络。3G 技术比之 2G 技术,改进许多。除语音系统增强外,更增加了数据业务的应用。随着网络覆盖率增加,3G 业务越发成熟,产业将越发完善。3G 技术拥有容量大、可靠性强等优点。

应积极研究 3G 公网在无线通信领域里应用的方案,并制定相应的技术规范。

(2) WiMAX 技术

技术上,WiMAX 技术为目前解决无线城域网的最佳技术,也是业界最热门的技术之一。

而根据电力系统业务需求分析可知,业务需求特点是以数据业务为主,接入点多,

系统要求覆盖面广，要求基站吞吐量大，对非视距传输距离要求达到 1km 以上等等，而 WiMAX 技术以其高吞吐量、优越的非视距传输性能解决了电力系统的业务需求。

因而，建议持续深入重点研究和探寻该技术的发展。电力系统中应用该技术存在的主要问题在于国家政策和频率分配。

(3) 230 电力无线宽带

(a) 概述

国家电网公司所属国网信息通信公司自主成功研发了 TD-LTE 230M 电力无线宽带通信系统，解决了制约配用电网络智能化的通信问题，能够有效满足智能配用电业务实时大规模数据采集、传输以及安全可靠通信等方面的需要，将为我国发展智能电网提供重要技术支撑。

电力通信是电网安全运行、传输数据的重要保障，也是未来用电智能化的基础条件。目前，我国配网通信方式大多以电力 230MHz 为主，但由于受频点数目少、传输数据容量有限、传输通道安全性不足等原因，无法满足智能电网配电需求。若配网通信方式无法优化，将成为用电系统智能化的重要阻碍。

国家电网此次成功研发的电力无线宽带通信系统单扇区通信速率达到 1.76Mbps/0.711Mbps(上行/下行)，无中继覆盖达到 3 公里/30 公里(密集城区/郊区)，单基站支持同时在线用户 13320 个，具备组网灵活、业务应用接口丰富、支持多种信息加密技术等特点。

该系统基于 230MHz 电力负荷管理专用无线通信频点，采用离散频频聚合及 TD-LTE 第四代移动通信的先进技术，建设电力宽带无线通信网络，能实现用电信息采集、配电自动化、智能用电、实时视频传输、应急通信等智能电网配用电侧业务的实时、高可靠通信需求。

(b) 网络结构

电力无线宽带产品最大的优势就是采用了上前移动通信中比较成熟的蜂窝式网络结构，从而大大提高了数据采集负荷控制业务的系统容量。所有用户实时在线，网络对从属台进行自动的管理，实时检测用户状态，无需人工干预数据采集的具体过程，用户随时上报自身状态。目前电力无线宽带的网络结果如图所示。

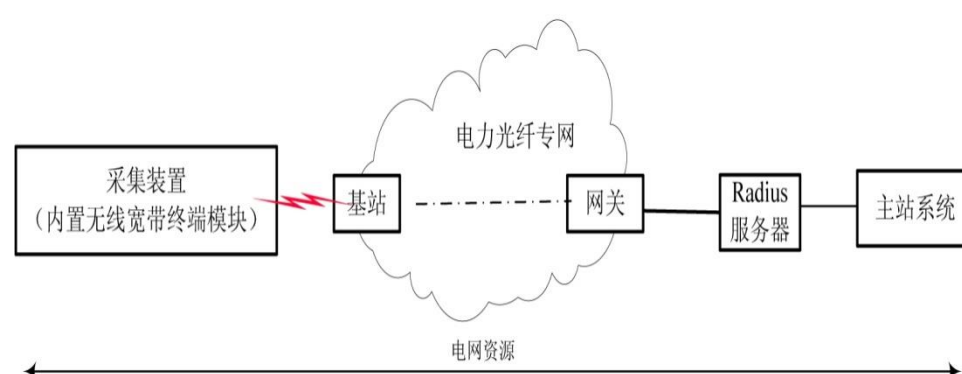


图 4.7 电力无线宽带组网示意图

网络启动后，UE 自己动与网络取得上下行的时频同步，然后便进入空闲状态，随时监听下行的控制命令，一旦接收到主站发出的控制信息，立刻做出反映。由于全部 UE 都处在实时在线状态，UE 可能随时和主站取得联系，上报自己的状态和可能出现的故障。根据 UE 用途的不同，网络侧可以优先调度对实时性要求比较高的用户，比如 当负荷控制用户和数据采集用户同时要求被调度的时候，

系统会优先响应负荷控制用户的要求。

(c) 电力无线宽带系统的主要业务

目前电力无线宽带系统支持以下三种业务：

数据采集业务：特点为数据量大，终端数量多；

负荷控制业务：特点为对时延的可靠性有较高要求；

实时图像业务：特点为带宽需求大，时延要求高；

(d) 电力无线宽带系统的性能优势

①超远距离覆盖

系统密集城区覆盖可达 3km，乡村覆盖可达 30km；

②技术上的优势：

230MHz 频段具有天然覆盖远的优势；

UE 支持 25kHz 的窄带传输，信号能量中；

支持低阶的 QPSK 调制，最低 0.07 码率的低码率传输，满足超远距离覆盖；

基站侧采用高增益扇区化天线，适合远距离覆盖；

对覆盖阴影区采用光纤拉远技术增强覆盖；

带来的好处：单位面积上的基站数量减少，大大降低了组网的成本。

4.4.3 配网通信技术比较分析

针对目前主流的通信技术，进行应用环境、带宽、传输距离和组网方式等方面的比较，详见下表：

表 4.9 各种有线通信方式比较参考表

通信方式		光端机	商用光纤以太网交换机	工业光纤以太网交换机	EPON	中低压载波	备注
1	应用环境	对环境温度、湿度条件有一定的限制,不适合在温度高、湿度大、粉尘多的地点应用。	对环境温度、湿度条件有一定的限制,不适合在温度高、湿度大、粉尘多的地点应用。	可适合在温度高、湿度大、粉尘多的地点应用。	对环境温度、湿度条件有一定的限制	可适合配网设备所在环境	工业以太网和电力载波对配电点的环境更加适应;
2	适用领域	适用于公网和专网通信的大多领域,成熟主流的光纤技术之一	适用于对数据处理要求高的骨干层通信网络等环境较好的场所。	适用于工业控制、隧道、电力配网等环境恶劣的场所。	适用于解决通信网络最后一公里的问题,	电力专网技术。	配网应该选择可以应用在多个领域的通信技术,这样的技术才有生命力,才能不断完善以适应需求。
3	节点保护	通道保护、复用段保护等等	出色的策略控制、保护技术	快速生成树、环路冗余、主干冗余	只能做到 OLT 的环路保护;单个 ONU 的失效不影响其他 OLU	一般不支持环路保护	MSTP 和工业以太网交换机组网模式具备单节点保护能力; EPON 具备抗多点的保护能力
4	设备安装	体积较大,需要独立组屏安装	体积较大,适合标准机柜安装;	体积小巧,可与终端设备同屏安装;	体积小巧,可与终端设备同屏安装;	与终端相同厂家的设备可以同屏安装	MSTP 产品设备安装要求最高,其他产品差异较小;
5	供电系统	功耗较高, FTU 供电电压较大	功耗较高,可以由变电站内通信电源统一供电	功耗较低,可以由 FTU 统一供电	OLU 功耗较低,能由 FTU 统一供电;但 OLT 功耗较高;	功耗较低,由 FTU 统一供电	光纤 MSTP 和 OLT 功耗较高,相同配置功耗是工业交换机的 3 倍左

通信方式		光端机	商用光纤以太网交换机	工业光纤以太网交换机	EPON	中低压载波	备注
							右；
6	接口配置	主要支持 STM-N/MSTP 接口	一般支持多种接口，包括 FE 口和串口等	一般只支持 FE 口和串口数据通信	一般只支持 FE、语音和串口数据通信	一般只支持串口数据通信	各种通信设备的接口基本满足配电自动化的需求。
7	技术成熟	成熟	成熟	成熟	成熟	较成熟，不断发展	在配电自动化中应用较多的为商用以太网和工业以太网技术
8	设备维护	经验维护丰富	经验维护丰富	经验维护丰富	经验少	有一定高压电力载波维护经验	以太网设备维护经验最丰富，EPON 最缺乏。
9	通信网管	支持	支持	支持	支持	部分厂家设备不支持简单网管	基本满足通信网管接入要求。
10	施工难易	设备安装简单，主要取决于光缆施工	设备安装简单，主要取决于光缆施工	设备安装简单，主要取决于光缆施工	光缆施工和网络整体规划	难点在于耦合器的安装、电缆屏蔽层的好坏	
综合比较		在配电网等级的通信组网中，商用、工业以太网交换机应用最成熟，在骨干层网络对数据处理要求高的节点可采用商用以太网交换机，在其他节点采用工业以太网交换机；EPON 在电力行业的应用在兴起和试用阶段，建议本规划内不适用此技术。					

表 4.10 各种无线通信方式比较参考表

通信方式		2G	3G	无线专网
1	网络覆盖	基本覆盖云南省除个别山区地方，覆盖面广泛。	云南省城区全覆盖，山区/郊区覆盖效果弱	试点
2	网络速度	十几 Kbps 左右	百 Kbps	几百 Kbps
3	频率资源	运营商已有频率资源	运营商已有频率资源	需要申请
4	网络延时	GPRS 是语音和数据共用信道，因此更容易发生网络拥塞，造成网络延时	高速率，可以很好的满足用于的数据传输要求，网络延时低	高速率，可以很好的满足用于的数据传输要求，网络延时低
5	网络资费	一个终端每月的实际流量为 15~20 MB。流量收取费用高。	一个终端每月的实际流量为 15~20 MB。流量收取费用较高。	自建网络，无需另收取费用，存在运维管理费用
6	网管	无	无	自建方式，可网管
7	运维	取决于运营商响应能力	取决于运营商响应能力	自建方式，依靠电网自身运维人员
综合比较		现有电信运行商的无线网络较完善，可以充分利用，可综合电信运营商对流量收取费用确定，鉴于 2G 网络覆盖较广，建议采用 GPRS 技术。		

4.5 昆明地区配电网规划方案设计和建设

4.5.1 总体设计原则

结合昆明地区配电网通信网络现状及运行管理需求，提出配电自动化通信网络规划的总体技术原则，包括网络架构、网络安全原则等。

(1) 配电自动化通信网络规划应在充分分析现有通信网络现状和建设水平的基础上，制定相应的网络解决方案，选择最适宜的通信技术，采用最合理的通信网络架构。

(2) 配电自动化通信网络规划应采用分层的原则进行总体规划和制订年度实施计划。配电自动化通信网宜采用骨干层、接入层分层建设模式，并配置统一的通信远程网络管理功能。通信骨干层采用光纤通信，接入层采用光纤专网通信和无线公网通信方式。

(3) 应结合地区配电网供电分区、配电自动化监控范围及站点监控模式，因地制宜选择通信方式。具备遥控功能的配电自动化区域宜优先采用专网通信方式，其他功能根据实际情况选取专网通信方式或公网通信方式。

(4) 无线公网通信以专线方式建立供电局与运营商之间的高可靠专线网络。

4.5.2 配网通信网络架构规划设计

配网通信网络的建设，应充分利用已投入运行的通信网资源，在条件允许的情况下尽量

根据配电网通信网络节点功能及配网业务流向，应按分层网络结构组织配电自动化通信网络。在光纤工业以太网交换机技术体制下，按骨干层和接入层两层网络结构模式建设，采用层次型结构可有效利用通讯资源，而且便于管理。

根据配电自动化涉及设备的数量和覆盖范围，数据采集宜采用分层处理方式，终端数据先接入通信接入层节点，再从接入层节点向骨干层节点发送，最后由骨干层节点将数据发送至配网主站。

配网通信网络可分为通信主站（含网管系统）、通信骨干节点和通信终端三类通信节点，各类节点定义，及与配电网业务节点对应关系如下：

- （1）通信主站：由地调控制，负责将汇聚层信息传送至配电主站。
- （2）通信骨干节点：多选用 110kV 或 220kV 站点作为节点。通信骨干节点作为通信中继，负责将汇聚层的数据信息帧转换成骨干层传输数据。同时完成，转变数据、监测数据、传输安全的功能。
- （3）通信终端：与配电终端设置在一起，直接接收配电终端的数据，负责传输各配电信息的通信终端站点，包括开关站、配电站和柱上开关等。

整个光纤通信系统网络结构示意图如下：

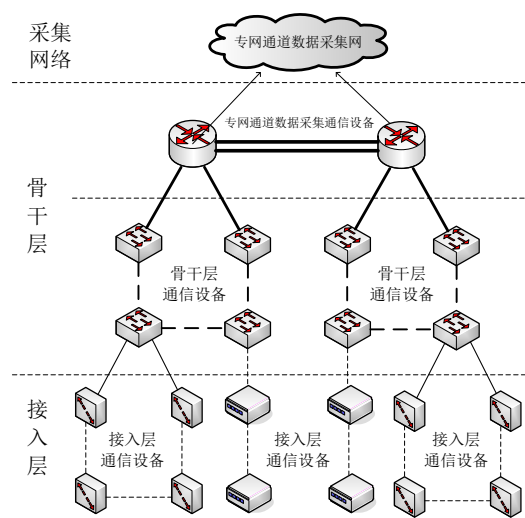


图 4.8 专网通道通信系统网络结构示意图

昆明配电自动化公网无线通道通信系统的所有设备由无线运营商进行建设，网络层次结构示意如下：

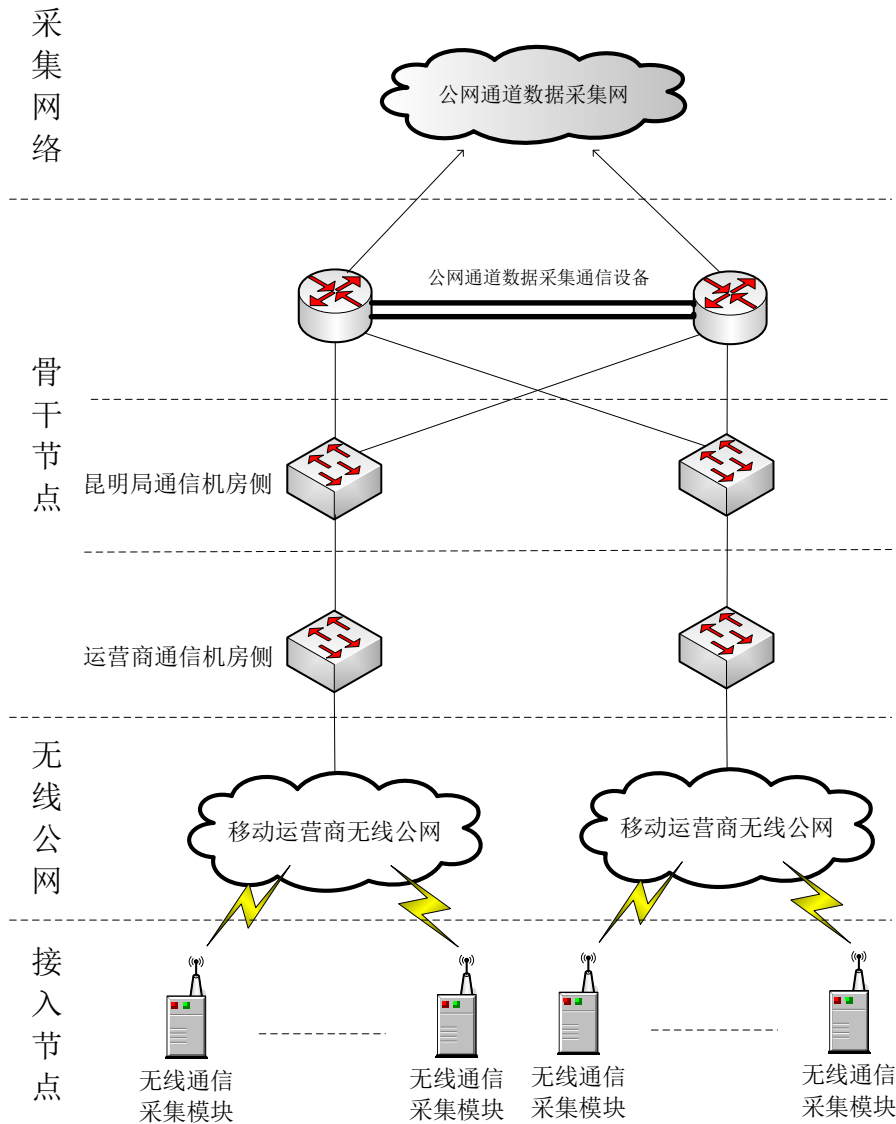


图 4.9 公网通道通信系统网络结构示意图

对采用公网无线通信作为信息传送通道时，建立由配电主站侧公网通道数据采集通信设备和各配电终端无线通信采集模块之间的电力专用 VPN 通道；接入配电主站系统时，采用接入防火墙进入公网数据采集网络，保证公网与电力专网的安全隔离措施。

根据昆明供电局配电一次和配电自动化通信系统现状，因地制宜选择通信方式，采用无线公网通信与光纤专网通信相结合的通信方式。

生产控制大区控制类业务采用光纤通信方式；生产控制大区非控制类业务和管理信息大区业务优先采用光纤通信方式，不具备条件的节点采用无线通信方式。

本期规划配网光纤通信技术采用工业以太网交换机技术，可承载的配网业务主要包括配电自动化、计量自动化、视频等业务，光纤通道按成环网考虑。

4.5.3 配网通信建设内容

本通信网络规划采用有线通信技术和无线通信技术相结合的方式，其中有线通信技术采用光纤以太网交换机技术，无线通信技术采用公网 GPRS 技术。

根据自动化专业的要求，“三遥”点采用电力专网通信方式；其他节点优先采用电力专网通信方式，对于不具备电力专用光缆建设的配电点采用租用公共无线通信方式。

通信网络结构分为二层，分别为骨干层和接入层，本规划将完成骨干层和接入层通信网络的拓扑和光缆路由的组织，并根据需要完成无线通信接入层网络的通道建设。

本方案配网通信组网结构如下图所示

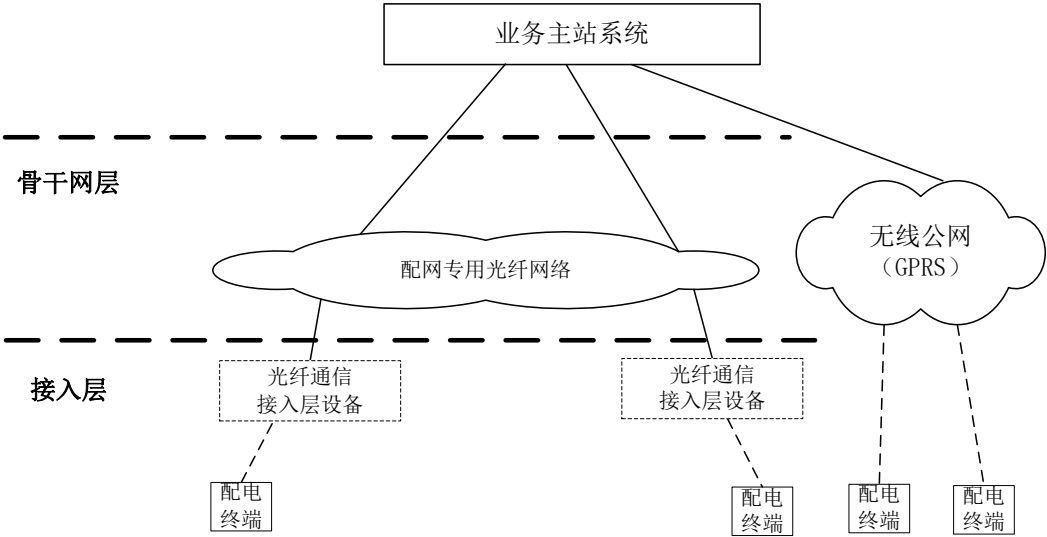


图 4.10 配网通信组网结构图

配网骨干网络层功能：负责传输接入网的各个通信终端的数据，并将其传送至业务主站系统；本规划将建设独立的配网专用数据网络；配网专用光纤网络内的网络设备应接受同一网管系统管理，并具备流量监测、用户认证、权限分级、操作审计、日志记录等功能。

骨干层网络采用光纤直连技术，骨干层网络采用 VPN、VLAN 等技术实现网络逻辑分区、实现各类业务逻辑隔离。

配网接入网络功能：负责配电终端信息的接入，采用光纤通信和无线公网通信技术。

规划年限内，昆明供电局配网通信将主要建设包括配网光缆、光纤通信设备及网管系统、专网无线通信设备等内容。

各项目建设规模如下：

(1) 配网光缆

本期规划建设配电自动化通信系统光缆 387.7 千米，其中 72 芯光缆 80 千米，24 芯光缆 307.7 千米。

(2) 光纤通信设备及网管系统

本期规划建设配电自动化通信系统骨干层节点 11 个，接入层节点 348 个，配置三层工业以太网交换机 11 台，二层工业以太网交换机 348 台，所有通信设备接入现有网管系统，不再配置新的网管系统。

(3) 公网无线通信

本次规划建设配电自动化通信系统不建设电力专网无线通信系统，无线通信节点采用公网无线通信技术，配置无线通信模块 1253 台。在目前专网通信实现困难时，则采用无线公网通信方式，在将来各方面条件具备时，可以升级为光纤通信方式。

表 4.11 昆明供电局配电自动化业务的通信可靠性要求表

信号类型	可靠性	时延要求	备注
遥信信息	遥信信号通信可用性 $\geq 99.9\%$	$<5s$	采用光纤专网通信技术，时延小于 1s；采用无线公网通信技术时，放宽要求至 $<5s$ 。
遥测信息	遥测信号通信可用性 $\geq 98\%$	$<5s$	采用光纤专网通信技术，时延小于 1s；采用无线公网通信技术时，放宽要求至 $<5s$ 。

遥控信息	遥控信号通信正确率为 $\geq 99.9\%$	$<0.2s$	采用光纤专网通信技术，时延小于 0.2s。
------	--------------------------	---------	-----------------------

昆明配电自动化公网无线通道通信系统的所有设备由无线运营商进行建设，网络层次结构示意图如下：

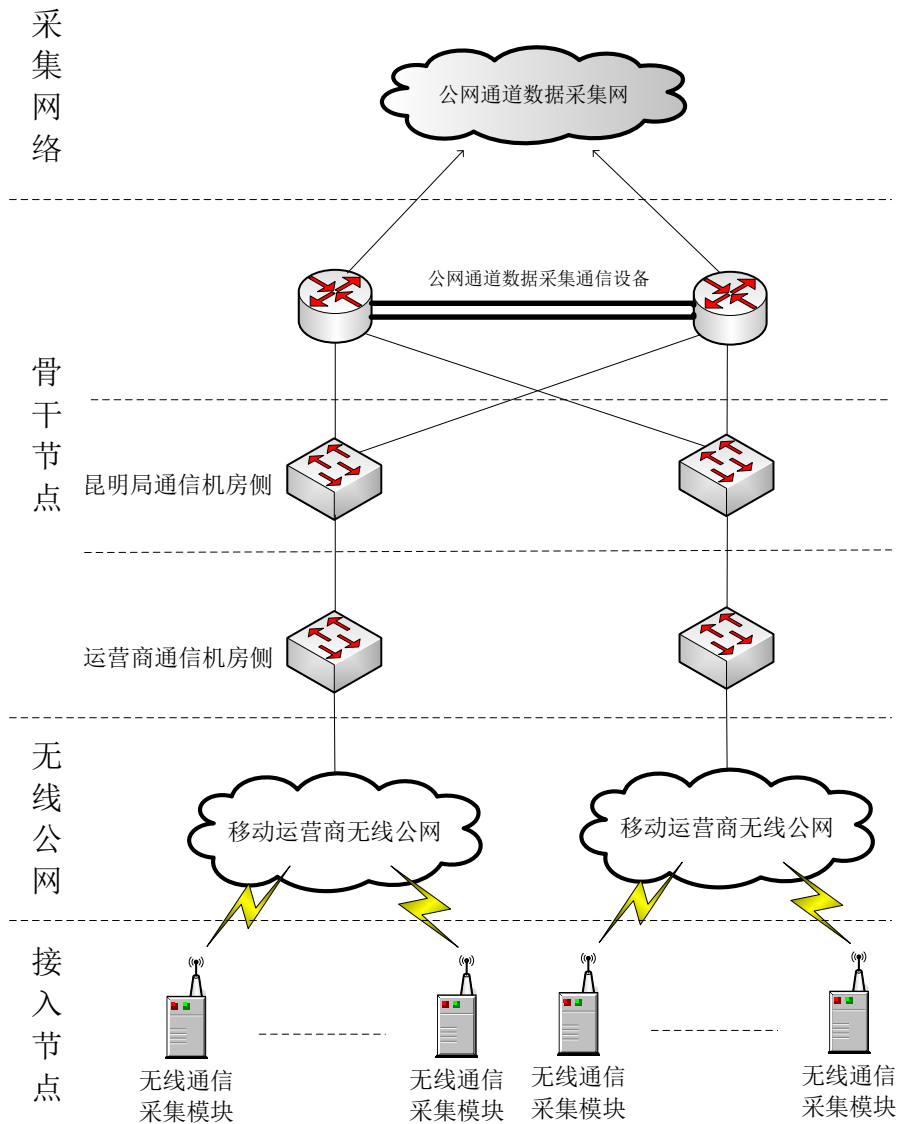


图 4.11 公网通道通信系统网络结构示意图

对采用公网无线通信作为信息传送通道时，建立由配电主站侧公网通道数据采集通信设备和各配电终端无线通信采集模块之间的电力专用 VPN 通道；接入配电主站系统时，采用接入防火墙进入公网数据采集网络，保证公网与电力专网的安全隔离措施。

（4）网管系统。

现有配电自动化通信网管系统可以满足本规划规模的要求，仅需进行网管节点扩容，不需另配其他设施，本次规划建设配电自动化通信系统不建设新的网管系统。

具体建设内容如下表：

表 4.12 各项目建设数量及投资汇总表

序号	配置项	规格	单位	数量	单价	总价
					万元	万元

1	骨干光缆	72 芯管道光缆	km	80	6	480
2	接入光缆	24 芯管道光缆(改造)	km	0	5.5	0
3		24 芯管道光缆(新建)	km	307.7	5.5	1692.35
4	架空光缆	ADSS	km	0	4.5	0
5	骨干设备	骨干交换机	套	5	23	115
6	汇接设备	三层交换机	套	11	9	99
7	接入设备	二层工业以太网交换机	套	348	1	348
8	OLT	支持 12 个 PON 口	套	0	0	0
9	ONU	支持 4 个电口	套	0	0	0
10	ODN	支持均匀或非均匀分光	套	0	0	0
11	主载波	支持主从载波 1:8 配置	套	0	0	0
12	从载波		套	0	0	0
13	无线核心网	支持不少于 100 个基站接入	套	0	0	0
14	无线网管		套	0	0	0
15	无线基站	包含 BBU、RRU、配套等	套	0	0	0
16	无线终端		套	1253	0.3	375.9
17	综合网管	实现厂家设备的网管功能	套	0	0	0
合计						3110.25

4.5.4 配网通信技术建设水平表

根据规划内容,分年度、分供电区域统计配电线路、配电站点、开关柜、柱上开关、三遥开关、二遥开关、一遥开关等自动化采用的通信方式的实施规模及覆盖率。各类区域配电自动化通信网络的规模及年度覆盖率汇总详见下表所示。

表 4.13 2013~2015 年配网通信技术建设水平表

通信方式	关键指标	2013 年		2014 年		2015 年	
		小计	区域	小计	区域	小计	区域
			分类		分类		分类
光纤	实施数量	0	五华区	80	五华区	0	五华区
		0	盘龙区	10	盘龙区	5	盘龙区
		0	官渡区	50	官渡区	47	官渡区
		0	西山区	134	西山区	1	西山区

		0	呈贡区	0	呈贡区	21	呈贡区
		0	东川区	0	东川区	0	东川区
	总计	0		274		74	
	覆盖率(%)	0.00%		22.95%		18.18%	
公网无线	实施数量	0	五华区	15	五华区	21	五华区
		0	盘龙区	76	盘龙区	16	盘龙区
		0	官渡区	526	官渡区	42	官渡区
		0	西山区	303	西山区	0	西山区
		0	呈贡区	0	呈贡区	107	呈贡区
		0	东川区	0	东川区	147	东川区
	总计	0		920		333	
	覆盖率(%)	0.00%		77.05%		81.82%	

4.5.5 展望

作为在配电自动化系统中应用最为广泛的光纤工业以太网交换机技术和无线公网通信技术，在配电自动化通信系统中有着无可替代的地位。作为灵活多变的配电网，其通信方式的组织种类应该是多样的，对通信系统总体技术情况及未来配网通信技术发展等进行展望，适当提出未来发展方向和研究重点等。

电力通信是电网安全运行、传输数据的重要保障，也是未来用电智能化的基础条件。目前，我国配网通信方式大多以电力 230MHz 为主，但由于受频点数目少、传输数据容量有限、传输通道安全性不足等原因，无法满足智能电网配电需求。若配网通信方式无法优化，将成为用电系统智能化的重要阻碍。

对于具有应用前景的无线专网通信技术，应作为新技术、新突破内容来开展相应的研究工作，对于无线专网通信技术，主要有 TD-LTE、WiMAX 和 McWiLL 等技术，对此三种无线通信技术进行简要描述。

(1) TD-LTE 230M 电力无线宽带通信系统

电力无线宽带通信系统单扇区通信速率达到 1.76Mbps/0.711Mbps(上行/下行)，无中继覆盖达到 3 公里/30 公里(密集城区/郊区)，单基站可同时覆盖约一万三左右用户，优点明显，组网灵活、接口多样，可满足多接口用户需求等，能够实现智能电网配电环节信息采集、配网自动化、实时视频监控等需求，通信传输容量大，可靠性强，将在未来配电领域得到充分利用。

该系统基于 230MHz 电力负荷管理专用无线通信频点，采用离散频频聚合及 TD-LTE 第四代移动通信的先进技术，构建电力宽带无线通信网络，能满足用电信息采集、配电自动化、智能用电、实时视频传输、应急通信等智能电网配用电侧业务的实时、高可靠通信需求。

(2) WiMAX 技术

技术上，WiMAX 技术为目前解决无线城域网的最佳技术，也是业界最热门的技术之一。

而根据电力系统业务需求分析可知，业务需求特点是以数据业务为主，接入点多，系统要求覆盖面广，要求基站吞吐量大，对非视距传输距离要求达到 1km 以上等等，而 WiMAX

技术以其高吞吐量、优越的非视距传输性能解决了电力系统的业务需求。

因此，建议继续深入重点研究和关注该技术的发展。电力系统中应用该技术存在的主要问题在于国家政策和频率分配。

（3）McWiLL 技术

技术方面，McWiLL 技术与 WiMAX 技术是同类型技术，系统属性相似。但其产业链发展较慢，产品成熟度有待进一步提高。

政策方面，SCDMA V5（McWiLL）符合国家自主创新战略，得到国家在频率、政策、产业化、标准化等方面的大力支持。目前，McWiLL 拥有国家无线电管理委员会专门划分的使用频率：为 406.5MHz—409.5MHz，1785MHz—1805MHz。

McWiLL 已经列入国家“新一代宽带无线移动通信网”重大专项。在工业与信息化部、国资委、科技部、发改委的支持下，SCDMA 无线宽带论坛和产业联盟已经成立，支持 SCDMA 无线宽带产业的发展。

第五章 总结与展望

5.1 总结

智能电网是促进社会发展进步的一步，是加快经济发展的必然步骤。近几年来，电网公司对智能电表智能电网的研究越发深入。智能电网能够兑现电网的实时性、互通性，智能电网的全面实行，不仅可以减少对能源的需求，减少环境污染的压力。更加可以给用户带来很大方便，同时可以增加电网的安稳性，便利了电网的智能化管理，节约了电力行业的人力资源，同时减少了电网不必要的支出。为了实现电网智能化，首先要实现的是智能电表在物联网基础上网络连通。本文在物联网基础上对于智能电网网络进行了深入研究。得出了以下结论：

- （1）本文分析了智能电网的基础--智能电表的特性及智能电表的通信协议等，并阐述了智能电表在智能电网中的重要性。
- （2）本文研究了智能电网用电环节的通信网络方案
- （3）本文分析了智能电网配电环节的通信网络，并以昆明地区为实例进行研究分析。

5.2 展望

本文重点研究分析了基于物联网环境的智能电表网络研究。今后，可以从以下几个方面进行更深入的研究工作：

如何优化基于物联网环境的智能电表网络，使其在智能电网中能够发挥更大的作用。

家居中智能电表的网络应用如何接入更多的电器设备，以此实现智能家居的目标。

本文只是对基于物联网环境的智能电表网络进行初步的研究分析，并不全面和深入。多研究分析相关内容，将其配合使用，可以使智能电网更加可靠便利，使用户用电更加方便、经济实惠、确实，这也是之后更深入探索的目标。

参考文献

- [1]杨少平. 智能电表特点及其应用[J]. 福建建设科技, 2008(3): 91-93.
- [2]孙其博, 刘杰, 黎彝. 物联网: 概念、架构与关键技术研究综述[J]. 北京邮电大学学报, 2010, 33(3): 1-9.
- [3]王思彤, 周晖, 袁瑞铭. 智能电表的概念及应用[J]. 电网技术, 2010, 34(4): 17-24.
- [4]董力通, 周原冰, 李蒙. 智能电网对智能电表的要求及产业发展建议[J]. 能源技术经济, 2010, 22(1): 15-17.
- [5]王晓静, 张晋. 物联网研究综述[J]. 辽宁大学学报, 2010, 37(1).
- [6]孔晓波. 物联网概念和演进路径[J]. 电信工程技术与标准化, 2009, 12: 12-14.
- [7]沈苏彬, 范曲立, 宗平. 物联网的体系结构与相关技术研究[J]. 南京邮电大学学报, 2009, 29(6)
- [8]刘强, 崔莉, 陈海明. 物联网关键技术与应用[J]. 计算机科学, 2010, 37(6): 1-10.
- [9]王秀峰, 崔刚, 莫毓昌, 等. 物联网概述[J]. 计算机科学期刊, 2012.
- [10]王保云. 物联网技术研究综述[J]. 电子测量与仪器学报, 2009, 12: 1-7.
- [11]胡向东. 物联网研究与发展综述[J]. 数字通信, 2010, 2: 17-21.
- [12]亢红波, 许宏科. 基于物联网的智能电表采集系统设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2015.
- [13]蓝集明, 符长友, 周苗苗. 基于物联网的智能电表系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2013, 7.

致谢

本论文是在潘甦老师的指导下完成。在研究生论文的研究编写期间，潘老师给予我很大的帮助。

感谢我的导师潘甦老师，导师的严谨治学态度、渊博的知识、无私的奉献精神使我深受启迪，在学习、科研中对我细心耐心地指引，使我终身受益，在此向老师表达我崇高的敬意和感谢。

感谢我的父母，感谢他们的养育之恩以及在这十几年学习生涯中给我无条件的支持，他们自始至终的关爱、理解和支持激励我敢于面对困难。我要更加努力的实现自己的人生梦想、追求更高远的目标，来回馈他们对我的爱。

在此，向所有帮助和关心过我的领导、老师、同学和朋友表示由衷的谢意！

衷心地感谢在百忙之中评阅论文和参加答辩的专家和教授！