

电力无线专网 规划设计与优化

伍晓平 肖振锋 伍仁勇 编著

DIANLI WUXIAN
ZHUANWANG
GUIHUA SHEJI YU
YOUHUA

湖南大学出版社

电力无线专网规划 设计与优化

伍晓平 肖振锋 伍仁勇 编著

编委（排名不分先后）：

陈仲伟 文明 刘磊 伍也凡
王珏玉 杨欣 刘浩田 李沛哲
王逸超 谢欣涛 陈剑 侯益灵
周舟 谭玉东 廖菁 陈诗佳
刘菁菁 陈锦 张琳 湛阳
毛文奇 邓凯 李达伟 谢林瑾
邓翔天 刘潇潇

湖南大学出版社
·长沙·

内 容 简 介

本书按照电力无线专网规划设计与优化和操作流程进行内容架构,共有8章,内容包括概述、业务接入规范、网络规划与设计、网络优化、网络测试分析、工程设计与管理、网络安全防护、技术展望。本书内容翔实,涵盖了电力无线专网的每个环节。书中理论与实操结合,侧重于培养学生的动手能力。

本书既适合想要涉足电力无线专网的企业、个人等使用,也适合从事电力无线专网工作的人员阅读,还可以作为职业院校电子商务及其他相关专业的教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

电力无线专网规划设计与优化 / 伍晓平, 肖振锋, 伍仁勇编著. —长沙: 湖南大学出版社, 2021.10

ISBN 978-7-5667-2266-9

I. ①电… II. ①伍… III. ①电力系统—无线网 IV. ①TM73 ②TN92

中国版本图书馆CIP数据核字(2021)第150909号

电力无线专网规划设计与优化

DIANLI WUXIAN ZHUANWANG GUIHUA SHEJI YU YOUHUA

编 著: 伍晓平 肖振锋 伍仁勇

责任编辑: 张建平 黄 旺

印 装: 广东虎彩云印刷有限公司

开 本: 787 mm × 1092 mm 1/16

印 张: 20 字 数: 424千字

版 次: 2021年10月第1版

印 次: 2021年10月第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-5667-2266-9

定 价: 68.00元

出 版 人: 李文邦

出版发行: 湖南大学出版社

社 址: 湖南·长沙·岳麓山

邮 编: 410082

电 话: 0731-88822559 (营销部) 88820006 (编辑部) 88821006 (出版部)

传 真: 0731-88822264 (总编室)

电子邮箱: pressjzp@163.com

网 址: <http://www.hnupress.com>

版权所有, 盗版必究
图书凡有印装差错, 请与营销部联系



伍晓平

1973年生，高级工程师，国网湖南省电力有限公司调控中心通信处处长。主要研究方向：电力通信网规划、通信接入网设计优化。主持编制省级“十二五”“十三五”电力通信网规划，主持电力通信传输网和无线专网等重点工程10余项，主持或参与科研项目10余项，获各类科技奖8项。



肖振锋

1985年生，博士，高级工程师，国网湖南省电力有限公司经济技术研究院通信与智能化规划室副主任。主要研究方向：电力通信网规划与电网智能化规划。主持或承担科研项目10余项，主持或参与省级及以上电网规划20余项，发表论文20余篇，出版专著2部，获各类科技奖10余项。

前言

当今世界，正在经历一场大范围、深层次的科技革命和产业革命。互联网、大数据、人工智能等现代信息技术不断取得突破，将推动全球信息化和数字化进入全面渗透、跨界融合、加速创新、引领发展的新阶段。信息通信新技术已成为传统产业升级和新兴产业发展的核心驱动力及价值再造的先导力量。电力通信网，是与电网融合发展的“第二张网”。随着电网发展和数字化全面支撑业务的不断演进，现代电网对通信网的可靠性、稳定性、灵活性要求的不断提升，通信网的规划、建设和发展面临着巨大挑战。

在国家加快构建高速、移动、安全的新一代信息基础设施的大背景下，电力无线专网因经济高效、灵活、应用广泛，将成为支撑终端通信接入网建设的最有效方式之一。电力无线专网不同于传统的电力无线公网和光纤专网，如何科学规划、有效优化与安全建设将是电力无线专网发展建设中面临的核心问题，也是电网企业与其他外部企业迫切需要解决的问题。

鉴于此，本书以电力无线专网概述及原则为出发点，以业务需求和接入规范为需求点，按照“理论—规划—仿真—优化—建设”的研究思路，由浅入深地探析了电力无线专网的理论及应用。全书共分8章：第1章对电力无线专网技术和原则进行了阐述，为全书的研究讨论奠定了基础；第2章对业务接入规范和相关研究进行了



分析；第3章~第6章对电力无线专网规划、优化、测试、建设展开了研究；第7章为电力无线专网的重要内容，分析了网络安全防护需求，并提出了具体的防护措施；第8章为技术展望，分析了整个产业链发展及探讨技术演进方向。

本书由国网湖南省电力有限公司伍晓平、国网湖南省电力有限公司经济技术研究院肖振锋、湖南大学信息科学与工程学院伍仁勇编著，并得到了能源互联网供需运营省重点实验室文明、湖南省社会保险服务中心王珏玉、湖南省科学技术事务中心杨欣、中南林业科技大学陈诗佳、武汉理工大学邓翔天等同志的帮助，在此表示诚挚的感谢。

本书涵盖了电力无线专网规划、设计、优化、建设等各方面的内容，凝聚了编著者的悉心研究和集体智慧，希望为电网企业各级管理人员和相关从业人员提供参考或指导，为确保电力无线专网科学建设与有效落地、提高电力无线专网承载与传输能力、保障电网安全运行起到积极的作用。

受研究能力及编写时间所限，本书难免存在疏漏与不足之处，恳请读者批评指正！

编著者

2021年4月

目录

1	概 述	
1.1	电力无线专网概念	002
1.2	电力无线专网建设	006
1.3	电力无线专网关键技术	014
1.4	电力无线专网规划设计	028
2	业务接入规范	
2.1	网络业务需求	032
2.2	网络性能需求	048
2.3	网络管理要求	054
2.4	设备适应性要求	057
2.5	环境要求	060
3	网络规划与设计	
3.1	频率应用现状	062
3.2	频率政策分析	066
3.3	频谱特性分析	072
3.4	规划设计原则	085
3.5	总体规划	096
4	网络优化	
4.1	网络优化原则	135
4.2	网络优化流程	137



4.3	网络优化相关重要特性	140
4.4	网络优化实现的具体方法	151
4.5	终端侧优化	162
5	网络测试分析	
5.1	电力无线专网系统性能测试分析	165
5.2	电力无线专网技术与电力业务传输适配性分析	196
6	工程设计与 管理	
6.1	基站建设	211
6.2	无线专网建设	219
6.3	工程建设管理	237
6.4	运维管理要求	253
7	网络安全防护	
7.1	安全防护需求	265
7.2	防护措施	270
7.3	容灾方案	296
8	技术展望	
8.1	产业链现状	300
8.2	产业链问题	303
8.3	产业引导	305
8.4	技术演进	306
8.5	小结	307
	参考文献	309
	附录 A 各安全措施对应物理实体	311
	附录 B 电力无线专网安全防护方案	313

1

概 述

电力无线专网概念

电力无线专网建设

电力无线专网关键技术

电力无线专网规划设计

1.1 电力无线专网概念

1.1.1 产生背景

随着电力生产及调度自动化能力的提升，在信息通信技术的推动之下，建立在集成的、高速双向通信网络的基础之上，综合采用多种先进技术的智能电网应运而生。

国家电网有限公司（以下简称“国家电网公司”）于2009年提出“坚强智能电网计划”，其内容有：以坚强网架为基础，以通信信息平台为支撑，以智能控制为手段，包含电力系统的发电、输电、变电、配电、用电和调度各个环节，覆盖所有电压等级，实现“电力流、信息流、业务流”的高度一体化融合，是坚强可靠、经济高效、清洁环保、透明开放、友好互动的现代电网。坚强智能电网的主要作用表现为，通过建设坚强智能电网，提高电网大范围优化配置资源能力，在主网侧实现电力远距离、大规模、精细化输送，在配电网侧提供安全、经济、便捷、环保的用电服务，满足用户个性化、多元化需求和其他高品质增值服务需求。

电力通信网作为智能电网的重要组成部分、技术支撑手段和基础平台设施，是保障系统安全生产、企业管理信息化、客户服务业务开展的重要支撑系统，在保障电网安全运行、市场经营和公司现代化管理等方面发挥着重要的作用。要建设一个强壮的智能电网，就需要通信网络覆盖到整个电网的各个环节。

终端通信接入网（以下简称“接入网”）是电力系统骨干通信网络的延伸，是电力通信网的重要组成部分。经过多年建设，接入网已粗具规模，以光纤网络结合无线公网对电网相关业务进行支撑，对提高供电可靠性、提升服务水平和企业形象起到了重要的支撑作用。“十二五”期间，接入网首次纳入通信网规划，初步明确了技术路线和管理政策，加快了投资和建设速度，支撑了配电自动化及用电业务发展。

目前，国家电网公司范围内终端通信接入网主要采用光纤和无线公网等技术体制，支撑配电自动化、用电信息采集等业务系统，在网络建设及运行过程中存在部分区域光缆敷设难度大、建设周期长及无线公网时延大、可靠性低、无有效管理手段等问题。同时，随



随着城市能源互联网的发展,微网、电动汽车、分布式电源等各要素需要进行灵活接入和互联互通,客户服务、现场抢修等各业务的移动作业需求也将剧增,信息数据传输量也越来越大。电力终端规模的不断扩大、业务应用种类的增多和业务需求的增长,对电力系统的稳定性、可靠性有了更加强烈的需求,在安全性、经济效益等方面已有的公网通信和有线光纤通信逐步暴露出一些问题,难以满足现代电力系统发展的需要。如电力业务终端点多面广,而光纤网络投资高,建设难度大、周期长,维护困难,以光纤网络为主的有线网络很难做到全面快速覆盖;租赁无线公网信道则存在安全性差、通信质量不可控、租赁费高等问题;同时存在第二代移动通信网(2G)向第四代移动通信网(4G)转网需求,将面临增加投入以大量更换通信终端等问题。日益增长的业务接入需求对终端通信接入网的建设提出了新的要求,急需引入新的技术体制用于终端通信接入网建设。

为了解决此类问题,自1991年国家批准电力行业单独使用230 MHz频段以来,在此频率上的电力专网也已经有了长足的发展,然而旧有的基于2G、3G制式的电力无线专网系统已经不能满足新智能电网的通信需求。作为光纤网络的补充,无线专网是国家电网试点电力终端通信接入网的重要组成部分,建设电力无线专网是一种必然方向,是国家电网公司“十三五”期间接入网建设的重要内容。

早期基于230 MHz数传电台承载负控业务的电力无线专网规模在萎缩,McWiLL、WiMAX、物联网通信等技术存在产业链不完善等问题。电力行业不同于运营商和其他行业,在通信环境、业务形态、通信可靠性和安全性等方面有其特殊性,TD-LTE电力无线专网近几年在国家电网得到不断应用。根据国家电网公司组织的终端接入网相关技术研究,LTE技术是电力无线专网的首选技术。TD-LTE是中国拥有自主知识产权的第四代无线移动通信的国际标准之一,长期以来得到国家产业政策的大力支持,是国家正在推动第四代无线通信公网的主要标准,也是国家无线宽带专网的唯一第四代标准。LTE系统根据双工方式不同主要可以分为FDD-LTE和TD-LTE两种,其中TD-LTE系统上下行使用相同的频段在不同的时隙上传输,相比FDD-LTE有较高的频谱利用率,在无线频谱资源稀缺、带宽受限的情况下可以满足电网中用户的高速率需求。TD-LTE作为由中国主导、被3GPP认可的4G标准之一,其中包含了大量的专利技术,在国内得到了广泛应用,现有的技术和设施相对来说比较成熟,将TD-LTE作为电力无线专网的首选无线技术就显得理所当然。目前在国内电力无线专网可申请频段主要集中在230 MHz/1 800 MHz,且主要采用的是基于230 MHz和基于1 800 MHz的LTE无线专网技术。

“十二五”期间,国家电网冀北、江苏、浙江公司等基于TD-LTE无线通信技术开展了电力无线专网试点建设,主要解决配电自动化、用电信息采集、分布式电源等业务终端接入问题,负责提供电力业务主站与业务终端(如配电终端、集中器、数据采集器、负控终端等)之间的通信链路。工业和信息化部(以下简称“工信部”)先后发布了工信部无



[2015] 59 号和 [2015] 65 号文, 批准电力等行业用户的 TD-LTE 无线专网使用频率。北京、南京已经全面建成 TD-LTE 智慧城市专网, 充分验证了 LTE 专网的安全和可靠。至 2015 年全国已经运行的电力 TD-LTE 专网包括溧水、洪泽、冀北、广州、珠海等城市, 投运数十个基站和数千台终端, 在支撑配电自动化、用电采集、负荷控制、视频监控等业务方面已经展现出卓越的功能、性能等技术优势。当前基于 TD-LTE 技术的无线专网已大规模商用, 技术成熟, 产业链完善。电力无线专网作为接入网建设的重要补充, 其建设投运能将配用电信息传送给无线信号覆盖的每一个用户, 实时接收覆盖区域的用电信息, 成为未来电器企业在配用电侧开展实时、双向、互动的新型智能电网业务, 变被动服务为主动服务的重要技术支撑, 为国家电网公司各类业务终端接入提供通信保障。

终端通信接入网建设宜遵循“因地制宜、混合组网、集成整合、统一监控、安全可靠”的技术路线, LTE 电力无线专网可作为终端通信接入网建设的重要技术方式, 实现与光纤、无线公网等方式的互补, 统一规划和建设“多手段、多功能、全业务、全覆盖”的接入网, 全面满足配电自动化、用电信息采集、分布式电源、电动汽车充电站(桩)等控制及非控制业务的通信需求。

1.1.2 网络特征

电力无线专网与运营商公众移动通信网在服务对象、工程建设模式、运维模式、技术体制等方面有所不同, 其具有工控通信网、广域通信网两重特征, 电力公司在建设电力无线专网时, 可根据电力无线专网的特征进行针对性规划设计。

①运营商网络的手机终端移动性较强, 电力无线专网服务的业务终端相对位置固定, 是无线通信而不是移动通信, 对移动性、小区切换、网间切换等要求不高, 在设计中可适当调整无线覆盖、核心网(evolved packet core, EPC)能力等相应内容。

②运营商网络的数据流以下行为主, 一般配置上下行资源为 1:3。电力业务终端的数据流上下行均很重要, 相对而言上行数据量更大, 故应考虑采用上行资源较多的配置比例, 比如前期国家电网公司试点中常采用 3:1 的上下行比例。

③运营商网络各小区的手机终端数量不可控, 存在信道拥塞可能性。电力业务终端数量和数量可控, 应根据实际工程中的频点资源、无线技术制式, 考虑扩展在内的业务情况设计扇区, 取得资源利用和成本的平衡。

④运营商网络终端具有移动性, 需要进行面覆盖。电力无线通信主要服务电力线沿线节点, 应重点考虑沿电力线覆盖。在规划设计中, 可针对性地根据电力线沿线节点的地理分布进行网络覆盖设计。

⑤电力无线专网规划设计时要充分考虑上行通道组织, 即要满足业务需求, 也要配合所在地四级网建设规划, 同时还必须根据所服务的业务系统对安全和通道的要求进行

配置。

⑥电力无线专网处于发展初期，在频点、业务承载、产品选型等方面还有发展的可能性，在现阶段的项目设计中，应注意对未来发展的适应性。频点应按照通信设备寿命周期内的业务发展规划情况来申请使用时间和数量，无线网络设备的运维、备品备件、配件应在工程开始时按照通信设备寿命周期统筹规划。

⑦电力无线专网建设需要杆塔、机房、电源、线缆通道等基础设施资源，由于无线专网对公司是新生事物，所以在这些基础设施的建设、运维、投资、资产归属等问题上，暂时还没有明确界定。因此，现阶段各地在无线专网规划设计中，一方面可充分整合资源以满足无线专网的需求，另一方面要注意区分无线专网投资和基础设施投资，并就基础设施的后期运维、与其他部门的共享使用等问题与相关部门提前协商。特别要注意避免将基础设施投资混淆入无线专网通信投资中，影响项目经济性，增加通信专业运维工作量和难度等问题。

⑧电力无线专网的业务相对固定，即指空间分布位置固定，也指各小区覆盖的业务量变化幅度相对较小（运营商移动通信网服务的民用移动终端数量随区域经济文化发展、楼宇入驻量变化，会使得小区内的用户和业务流快速变化，因此需要相应调整基站侧能力），相应在设计、优化中可侧重考虑网络覆盖性等问题。特别是与运营商网络不同，电力无线专网的网络优化可以含基站侧和终端侧两方面内容，甚至出于对覆盖性的强调，在电力无线专网的设计、网络优化工作中可以优先从终端侧考虑优化方案。

电力无线专网对电力、通信行业均是崭新的领域，电力无线专网有诸多行业特征，且还在不断地深入发展和持续丰富完善。

1.1.3 网络优势

①安全优势：电力无线专网可根据电力业务的特殊安全需求在核心网、基站、终端等多个层面进行安全加固，全面提升无线通信的安全性。而且，与公网相比，不存在接入互联网的安全问题，也不存在引入第三方导致的安全问题。

②服务质量优势：电力无线专网的网络资源属于电力公司自有资产，在网络资源分配、优化调整、维护管理等方面都可以自行按需进行，因此在响应及时性、服务质量等方面均优于无线公网。

③建设环境优势：各地现有的大量变电站可供电力无线专网建设使用，结合变电站设置基站可充分利用传输、电源、机房、楼面等基础资源，也不需要机房租赁等费用，非常节省投资。目前在很多地区，35 kV 及以上电压等级变电站都已铺设光纤，110 kV 及以上电压等级变电站都是光纤成环，新建设的基站完全可以利用已有传输通道。而且，电网公司变电站都有现成的通信机房，都是自有物业，具有建设无线基站的资源。



④为提高供电优质服务，营销人员通常采用移动作业终端远程现场办公，营销系统需要通过无线公网延伸到移动终端，信息安全方面存在一定风险。采用电力无线专网则不仅提高了系统安全性，同时也丰富了通信手段。

⑤用电信息采集、负荷控制等业务也具有费控功能的要求，采用无线公网通信方式安全性不能保障，采用电力无线专网显得十分必要。

1.2 电力无线专网建设

1.2.1 必要性

目前，智能电网已成为世界电网发展的共同趋势，智能电网研究、试点示范和规划建设全面开展。为加快推进配电网建设改造，推动转型升级，国家发展改革委、国家能源局于2015年7—8月先后印发了《关于加快配电网建设改造的指导意见》（发改能源〔2015〕1899号）和《配电网建设改造行动计划（2015—2020年）》（国能电力〔2015〕290号）。配电网建设早已被纳入《国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》。

采用LTE第四代无线宽带通信系统，建设基于TD-LTE电力无线宽带通信接入网，实现对目标区域无线覆盖，避免因需要光缆建设和租用通信资源而导致的大量资金投入，以满足营销自动化系统远程数据传输、用电信息采集、配网自动化、生产作业远程管理、野外电力设施视频监控、移动办公、全寿命资产管理、巡检、电力设施设备状态检测、无人值守远程视频监控、应急指挥通信等综合通信业务需求，满足电网通信专网专用的要求。

电力无线宽带通信接入网是保障系统安全生产、企业管理信息化、客户服务业务开展的重要支撑系统。随着经营环境的变化，国家电网公司运营对通信效率、可靠性、安全性的要求也越来越高。此外，电力无线专网建设是支撑能源互联网建设、推动各业务开展技术、管理创新，推动业务转型升级的必要举措。

（1）能源互联网建设需要一张与之发展需求相匹配的通信网络

能源互联网具有“灵活、开放、共享、互动”的特征，其中微网、电动汽车、分布式电源等各要素需要进行灵活接入和互联互通，客户服务、现场抢修等各业务的移动作业需

求也将剧增，信息数据传输量也越来越大，因此，建设一张与之发展需求相匹配的通信网络，是支撑城市能源互联网中各项业务应用开展所必需的基础性工作。TD-LTE 4G 无线专网作为新一代移动通信技术与企业运营管理模式转型升级的产物，具有技术先进、可靠性强、传输高效的优点。与光纤相比，4G 无线专网在组网灵活性、接入便捷性和扩展性、支撑移动业务、覆盖范围、建设难度和抵御外力侵害等方面具备明显优势；与无线公网相比，使用 4G 无线专网的自主性高、数据实时传输有保障；与载波通信相比，4G 无线专网的业务承载量大、可靠性高、数据实时传输质量高。因此，4G 无线专网可以匹配能源互联网建设需求，是城市能源互联网通信网建设的最优选择。

(2) 电力无线专网建设是电力企业占据城市能源互联网入口，取得竞争优势的必要举措

在组成能源互联网的能源传输网、通信网和业务交互网中，电力企业已经牢牢掌握了城市互联网中的一张基础设施网络——能源传输网，而通过 4G 无线专网建设可以使电力企业在另一张基础设施网络——通信网中也占据入口优势，那么即使业务端逐步放开竞争，各类型的竞争者不断涌入，这一基础设施的优势也可以使电力企业占据未来能源互联网生态系统中的主导地位，取得不可战胜的竞争地位。

(3) 电力无线专网建设有利于以通信技术创新引领各业务的技术、管理创新，推动业务转型升级

社会经济的发展证明了移动通信网络已经成为企业业务转型、模式创新的有效推动力，基于移动通信网络的微信、滴滴取得巨大的商业成功，显示出移动通信网络在业务创新方面的巨大潜力。而无线专网的建设也将为国家电网各业务的技术创新和管理创新创造更好的条件，以消除现有业务价值链中的非增值环节，提升关键环节的执行效率，创造更大的经济、管理效益。并通过各业务的无线网应用，激发出新的业务领域，为国家电网各公司业务转型升级提供支撑。

(4) 电力无线专网建设，将进一步提升电力通信网络整体的信息采集、信息传输能力，优化通信资源配置，提升运行效率

电力无线专网的建设，也将进一步夯实通信基础，极大提升数据采集、数据传输和数据应用能力，实现各种通信资源的优化配置和高效运行，提高用电信息采集、配电自动化、移动巡检等多种业务信息传递的实时性、完整性和安全性，切实提升业务执行效率。

(5) 光纤通信为主、无线公网为辅的网络方案在实际实施过程中暴露出的很多问题和不足亟待解决

电力业务承载主要有三种方式：光纤网络接入、租用无线公网、自建无线专网。从技术、经济、工程等多个角度分析，光纤网络稳定可靠、带宽高，是电力通信接入网不可或缺的重要组成部分，但其具有建设难度大、投资高、维护困难的特点，难以实现全覆盖，



也不能支持移动应用；租用公网无线建设成本低、建设速度快、不用运维，是快速实现业务全覆盖的重要手段，但也存在信息安全性差、时延不可控、高带宽租费贵、网络维护没有主动权、故障恢复时间长等问题。因此，为了满足不断发展的电力通信业务需求，有必要建设电力无线专网，更好地承载各类电力业务。以光纤通信方式为主、无线公网方式作为补充的方案在实际实施过程中暴露的很多问题，主要体现在以下方面：

①光纤问题。城市核心地区业务、居民区覆盖的业务采用光纤接入网络建设成本较高，施工周期较长，部分地区难以实现光缆敷设，导致配电自动化终端由于光缆敷设不完整而无法实现通信。

众多依赖移动作业终端的智能电网业务，如移动巡检、移动抢修、移动作业等业务只依赖光纤根本不可能实现。

②无线公网问题。当前无线公网虽然在覆盖密度、信号强度方面已逐步完善提高，但是信号覆盖并非针对电力资产进行优化，在电力资产集中但是居民较少的地区，如地下室、特高压线路走廊地区等，信号覆盖和强度仍不能满足需求。在现有采用无线公网采集的业务系统中，经常存在数据无法准确按时上报的情况。

无线公网在容量规划上是按照一定的话务量前提（约10%~30%用户使用）设计的。在发生水火灾情，举办重大会议、重大赛事活动或者发生群众性聚集事件等时，公网存在被大量用户拥挤导致瘫痪的情况。而此时一般电力公司也正在执行保电任务或抢修业务，包括恢复运营商设备供电，如果电力设备信息传送和现场通信过度依靠公网，必然存在不可靠因素。

各种网络安全事件说明互联网世界的窥视监听真实存在，而无线公网正是基于开放的互联网，无线公网的管理方也是系统外单位，无线终端是通用终端，其网络同时存在无线和有线多方面入侵风险点，难以做到全程可控。

电力终端采集的数据经过无线公网进入运营商基站之后，由于运营商的核心网集中建设，数据需要在互联网上迂回相当长的路由，还会经过多个兼容性网关，之后才能到达所在市公司信通机房，时延和时延抖动都比较大。

（6）建设电力无线专网，加快终端通信接入网的建设与升级改造步伐

终端通信接入网具有终端节点数量多、分布广、规划变动频繁等特点，作为电力通信网的重要组成部分，电力终端通信接入网需要改变传统发展方式，不断加快建设与升级改造步伐，着力解决影响和制约配电自动化、用电信息采集、移动办公等智能化应用以及管理信息化应用的通信问题。对智能电网建设而言，开展LTE电力无线专网建设将在多个方面实现巨大提升。

相较于各个业务网络独立建网，电力无线专网在安全性、可靠性、成本等各个方面均有更高提升。与光纤通信方式进行互补或互备，相较于以往光纤独立网络，可使通信可覆

盖区域大幅度增加，并且在覆盖重合区域可实现多条路由互备，使得通信的可靠性更高。同时，充分结合无线专网及光纤专网、电力载波各自的优势，也有利于优化终端通信接入网资源配置，充分发挥通信支撑作用。建设电力无线专网可进一步拓展智能电网的应用范围，无线通道的建立可以使包括移动巡检、移动办公、机器人巡检、移动抢修等移动应用得以安全实现，提升数据传输效率，加强对企业运营管理的支撑。而且，利用双向认证、通信通道加密、多业务隔离等技术可以有效地在通信安全方面进行全面整体的管控。此外，对通信网络进行统一的监测和运维管理，将大大提高运维人员的运维效率，减少运维工作量，减少重复运维，促进电力业务的不断增值，不断提高用电用户满意度。基于无线专网技术，可实现客户服务、业务运营的技术创新和商业模式创新，可进一步探索并实现无线专网技术对智慧城市的有效支撑。

(7) 建设电力无线专网，提升供电企业的公共服务形象

电力无线专网建设将会大大提升电网的通信能力，扩大设备信息、用电信息的实时传输范围，减少停电时间，提高电网安全性和供电可靠性，提升全社会用电质量，提升供电企业的服务能力。通过更加实时的用电信息采集，使供电企业更快、更深入了解用户需求，更快做出用户响应，提升公用事业服务形象。安全、经济、清洁、高效的电力能源供应作为最大规模的公共事业之一，也是智慧城市建设的重要组成部分。

(8) 建设电力无线专网，提高接入网建设水平，保证电网智能化需求

智能电网或能源互联网建设要求通信系统业务全覆盖、地域全覆盖，并提供高速、可靠、可信的传输链路。受制于人力、资源和技术水平，以及光纤专网建设中存在的光缆铺设难度与经济问题及无线公网建设中存在的安全与管理问题，电力通信系统建设水平明显落后于电网智能化需求，在一定程度上限制了智能电网业务发展。开展新一代电力通信接入网建设不仅必要，而且正当其时。

(9) 建设电力无线专网，优化接入模式，提高管理质量

当前接入网采用随业务系统建设的模式，由各业务部门独立建设，各业务部门自建配用电通信专网零散割裂、通信接口单一、网络资源独占，难以发挥网络整体性能；光纤专网建设存在光缆敷设难度与经济问题，大量租用公网资源带来安全可靠性和可管理性不足（据2014年国家电网运检部统计，公网模块年损坏率高达46%）；接入网安全防护存在未统筹考虑业务和接入网间的安全防护、业务自身安全防护有待加强、网络安全威胁发现稍显不足、技术政策难以适应业务发展需要等问题。

(10) 建设电力无线专网，共享接入网资源，优化网络性能

由于接入网随业务相互割裂，网络资源无法共享，网络容易出现负载不均衡的状况，各种通信方式间业务无法进行路由互备，网络可靠性不高。随业务建设的接入网，无法实现统一规划、统一建设，容易导致网络重复建设，拉高建设成本。