

2010-03-12

行业研究 / 深度研究

电力设备

增持/ 维持评级

分析师

唐晓斌

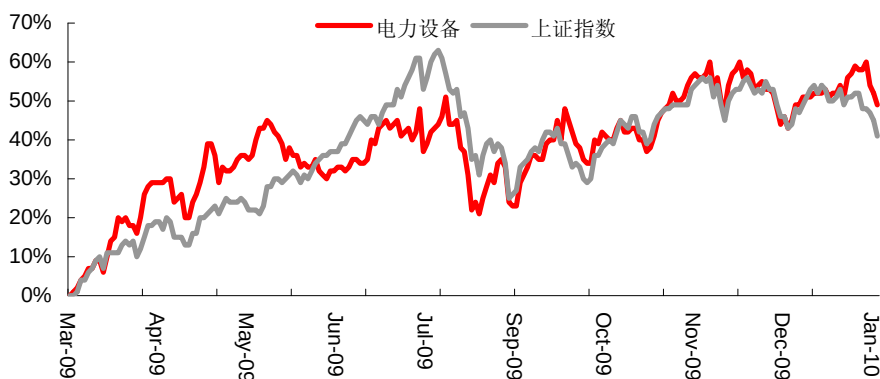
+755-82364440 tangxb@lhqz.com

无线自组网，这里的黎明静悄悄

—电力抄表“最后一公里”的最佳解决方案

- 随着智能电网概念在中国的逐步推广，智能电表的需求量也将出现爆发式增长。而由于电力行业“最后一公里”终端用户数量庞大，并且现场环境非常复杂，所以目前尚未找到一种合适的数据传输方式。
- 当前我国市场上可获取的电力抄表方案包括：有线 RS485、电力线载波、无线自组网，以及无线点对点（手持无线 PDA 或无线抄表车）等。
- RS485 初始成本昂贵，且现场布线复杂；而无线点对点传输抄表成功率低，无法满足时时数据传输，所以它们都不是未来的发展方向。目前，无线自组网、电力线载波被认为是比较可行的两种解决方案。
- 电力线载波虽然无需增加初始成本，但由于高衰减、低阻抗、谐波干扰、一次抄表成功率低、几乎不可预测的拓扑结构等问题，一直被人们所质疑。
- 无线自组网是一种低功耗、低成本、传输速高、高可靠性的双向无线通信技术。同时由于不会出现相互干扰，并且一次抄表成功率达到 99.5%，所以被认为是未来电力行业“最后一公里”数据传输的最佳解决方案。无线自组网技术在美国、欧洲等地已经得到了广泛的应用，而澳大利亚则将无线自组网制定成唯一的通信标准。
- 国家电网、南方电网也在积极尝试使用无线自组网完成电表数据采集的任务。江苏省电网计划 5 年每年投入 20 亿元进行新型电表技术创新，而无线自组网被认为是最大的受益者；南方电网也计划在 2010 年减少电力线载波的招标数量。这些无疑都利于无线自组网。除电表外，我们预计无线自组网的潜在市场空间约为 100 亿元。
- 重点关注的上市公司：浩宁达（002356）、科陆电子（002121）。

最近 52 周股价表现



谨请参阅尾页重要申明及华泰联合证券股票和行业评级标准

目 录

目前电网几种常用数据传输方式	3
有线 RS485 总线	3
无线点对点传输	3
光纤通讯	3
电力线载波 (PLC)	3
无线自组网	4
无线自组网：优势明显，应用广泛	4
无线自组网的优势	4
网路的独立性	4
动态变化的网路拓扑结构	4
网路的分布式特性	4
良好的鲁棒性	5
抗干扰及安全性	5
数据传输速率高	5
无线自组网应用的领域	5
电量监控	5
配网继电保护	5
传感器网络	5
铁路实时监控系統	6
紧急场合和偏远野外	6
军事领域	6
电机制造监控	7
无线自组网与电力线载波的比较	7
无线自组网在中国	7
无线自组网在国内的发展情况	7
电网公司的态度	8
重点公司关注	8
浩宁达 (002356)	8
科陆电子 (002121)	9
风险提示	9

目前电网几种常用数据传输方式

自动集抄及配电自动化系统主要由智能电表、终端、后台管理，以及通信信道装置组成。而对于通信信道而言，又分为上行信道（主站与配网终端之间）和下行信道（配网终端与数量庞大的表计之间）。

随着 GPRS、CDMA 等无线通信技术与有线网络交互技术的不断成熟，主站与配网终端（上行信道）信息传输的瓶颈已经消除。

但“last mile”即最后一公里的下行信道却成为电力抄表最大的瓶颈。面对如此庞大的终端设备，目前尚无真正可行的解决方案。由于“最后一公里”用户数量大、现场环境复杂（有些甚至相当恶劣），并且通信媒介质量低，成本压力等都是困扰电力抄表系统主要的问题。

目前市场上可获取的方案包括：有线 RS485 总线、电力线载波（PLC）、无线自组网，以及无线点对点（手持无线 PDA 或无线抄表车）等。

有线 RS485 总线

有线 RS485 总线作为一种专用有线通信信道，通信可靠。但要作为一种通用方案，则要求将所有电表用导线连接起来，类似于新建一个全国范围的有线网，从工程施工的角度来看，很难实现。

无线点对点传输

无线手持 PDA 走抄和无线抄表车，因为没有从根本上解决实时和效率的问题，很难成为主要的解决方案。由于无法实现数据的实时传输与监控，而且存在信号死角、抄表成功率低等问题，也很难成为主要的解决方案。

光纤通讯

光纤通信系统因为其对电磁干扰不敏感，传输容量大，适合作为通信主干线，而对于通信速率要求不高的支线通信，则由于光纤昂贵，在配电网抄表系统、各种监视控制系统等领域并不适用。

电力线载波（PLC）

电力线载波通信因其施工方便快捷，成本低廉且不需要太多维护，比较适合我国城乡电网改造的实际情况。

但电力线载波也存在很多的问题：高衰减（有高达 130dB 的记录）、低阻抗、谐波干扰、几乎不可预测的拓扑结构等等，使得电力线载波技术在国内的应用步履维艰。

同时，相邻台区间的载波信号串扰也是影响低压电力线载波的障碍，要采用不同的抄表时段来解决相邻台区间抄表时相互干扰的问题，增加了管理的难度。

即使采用有序扩频、跳频、多载波调制等措施，PLC 仍然无法提供实时可靠的抄收。目前电力载波线传输的可靠性及在停电区域的正常工作能力仍有较大争议。

无线自组网

无线自组网技术是一种近距离、低功耗、低成本、传输速高、高可靠性的双向无线通信技术。它是移动 Ad-Hoc 网络的一种特殊形态，其早期研究源于移动 Ad-Hoc 网络的研究与开发。Ad-Hoc 是一种新型的无线网络结构，它不同于传统的任何有线与无线网络。无线自组网可以看成是一种 WLAN 和 Ad-Hoc 网络的融合，并且同时兼顾了两者的优势，具有独特的优点。

无线网状结构作为可以解决“最后一公里”网络接入瓶颈问题的最佳方案。基于多智能体的无线自组网用于电能数据自动收集、监控及远动，具有许多传统技术不具备的优势：极高的抄读可靠性（经无线信道的一次抄读成功率大于 99.5%，真正满足对于数据的实时性要求，是测量线损和实时监控的技术基础）；足够的带宽（可将大数据量的三相多功能电表囊括在同一网络内，实现对其的重点监控，速率达到 19.2kbps；而电力线载波仅为 600bps，两者相差 32 倍）。

无线自组网与同样是无线技术的 Zigbee 相较，也有明显的优势。无线自组网拥有自己独享的带宽，无委会专门将 470~510MHz 用作自动抄表专用频段。而 Zigbee 则使用 2.4GHz 频段，由于与 WiFi、蓝牙、无线局域网频段重合，所以存在相互干扰的问题。同时，由于 Zigbee 的发射功率仅为 10 毫瓦（如果功率过大会造成对其它设备的干扰），所以楼宇之间，及跨楼层通信非常困难；而无线自组网的有效传输半径从理论上讲可任意扩展。

无线自组网：优势明显，应用广泛

无线自组网的优势

网络的独立性

无线自组网可以在任何时刻、任何地点不需要硬件基础网络设施的支持，能快速构建起一个移动通信网络，具有很强的独立性。

在 Ad-Hoc 网络中，每个主机的通信范围有限，因此路由一般都由多跳组成，数据通过多个主机的转发才能到达目的地。故 Ad-Hoc 网络也被称为多跳无线网络。

动态变化的网络拓扑结构

在 Ad-Hoc 网络中，移动主机可在网中随意移动。主机的移动会导致主机之间的链路增加或消失，主机之间的关系不断发生变化。在自组网中，主机可能同时还是路由器，因此移动会使网络拓扑结构不断发生变化。

当小区规模扩充时（如用户数量增加，每户的水、电、气表计数量变化等），相应地增加表计、集中器的数量即可完成自动抄表系统的扩展，不涉及网络布线、重新施工等问题，扩展成本低。

网络的分布式特性

在 Ad-Hoc 网络中没有中心控制节点，主机通过分布式协议互联，一旦网络的某个或某些节点发生故障，其余节点仍能正常工作。

该网络可指定一个网关，通过网关可与其它无线网络或有线网络互联，能实现灵活而大规模的组网。

良好的鲁棒性

所有的硬件及软件的设计考量，都是针对工业现场环境，系统内所有电能表，经短距无线信道的一次抄读成功率优于 99.5%（电力线载波仅为 70%）。

抗干扰及安全性

由于采用高度频率自适应机制，减少了相邻台区的无线信号串扰和空中其他无线干扰源对数据通信的影响。

短距无线自组网络系统空中的无线数据，采用特有的数据加密技术，动态跳频和频率自适应机制，具有高度的保密性。无线自组网在军事领域应用前景广阔。

数据传输速率高

单个数据包所传输的有效数据量大大高于现有低压载波技术，而且能抄收三相多功能表等大数据量电能计量装置。

任一单次通信过程，以及端到端全程数据通信，采用二级 32 位 CRC 校验，使得总的残余差错率趋向于零。

无线自组网应用的领域

电量监控

用自带电能计量功能的无线传感自组网监控每一条馈线乃至每一个用电点的用电情况，形成一个一体化分布式无线传感自组网，在各种传感节点与控制设备之间建立快速通信链路，更好地监控分布区域中电能使用情况，为调度部门提供更好的服务。

资料表明，美国加州如果采用这种无线传感自组网方式监控电力用电情况，电力调控中心每年将可以节省 7~8 亿美元。近年来，一种有功电能和无功电能计量精度分别达到 0.5 级和 1 级以上（满足国家标准）的新型电能计量芯片问世，显示带有电能计量和收、发等功能组成的无线传感自组网节点方式组建监控电力用电网络，较以往的抄表上报方式更为实用。

配网继电保护

我国 110kV 以下电网通常不配置母线保护，目前也有用户要求装设，众多的馈线数量增加了传统集中式母线保护装置的造价。

近年来研究的分布式母线差动保护只要求在每一联结元件上装一个母线保护单元，并只跳本线路开关，它们需要通过通信得到其他连接元件的电流信息。其优点是某一单元故障不会影响全局，但对通信的快速可靠性要求较高。另一方面，采用电子式互感器后，保护将不受电流互感器饱和的影响，但对低压母线仍有出线多、干扰大等特殊特性。电流方向比较原理有传输量少（可以只交换已判断的方向信息）和对数据同步要求不高的优点，采用无线传输更为可靠。

基于无线传感自组网的配电网集成保护系统（以电子互感器为背景、集馈线和分布式母线方向保护于一体），将使其在原理、技术及造价等方面具有更好的综合性能。

传感器网络

无线自组网的研究包含移动自组网和无线传感器网络两个重要分支，其中无线传

传感器网络可以看作是由一组传感器以 Ad-Hoc 方式构成的无线网络。

传感器网络具有广泛的应用前景。在环境监测中，可以监测大气成分的变化，从而对城市空气污染进行监控；在生物科学研究中，可以跟踪候鸟等的迁徙，实现动物栖息地的监控。

在医疗方面，可以在病人身上安置传感器，让医生远程了解病人信息。在交通管理方面，可以监测道路拥堵状况，实现高效的道路交通运输管理。

此外，无线传感器网络也非常适合用在大坝、桥梁、建筑物、盘山公路等大型工程的状态检测。智能家居也是重要的应用领域。

铁路实时监控系统

在我国 6 万多公里的铁路上，承担着我国运输总量 50% 以上的重任。为了及时掌握现用车辆的动态使用情况和铁道的安全状态，目前均为人工作业。很显然，这种管理方式较落后，效率很低，实时性差，差错也多，大大制约着铁路运输能力的发挥，影响着铁路的安全运行。

基于性能优越的短距无线自组网技术和当代成熟的 GPRS/CDMA 移动通信技术、网络通信技术，充分利用先进的电子标签及其识别技术、传感器技术及压敏取电的无源技术等，公司已开始着手研发用于铁路部门的、具有车号自动识别、数据自动采集、运行状态实时监测等功能的自动化管理系统，充分发挥铁路的运输能力，保证铁路的安全运行，提升铁路部门的自动化管理水平。

紧急场合和偏远野外

在发生了水灾、火灾、地震或遭受其它灾难后，固定的通信设施都可能无法正常工作。此时 Ad-Hoc 网络能够在这些特殊环境下提供通信支持，对于抢险救灾工作具有重要意义。另外，在偏远的野外地区，由于无法依靠固定通信网络，无线自组网便成为最佳通信选择。

军事领域

军事应用是无线自组网技术的主要应用领域之一。因其特有的无需架设固定网络设施，可快速部署，抗毁性强等特点，成为战场数字通信的首选技术。无线自组网的前身是分组无线网（Packetradio 幻刃orks），早在 1972 年，美国的 DARPA 就启动了分组无线网项目 PRNET，研究在战场上利用分组无线网进行数据通信。美国近期数字电台 NTDR 和无线互联网控制器等通信装备已经使用了无线自组网技术。

电机制造监控

在制造业中，使用分布式无线传感自组网的一个主要动机是监视和优化质量控制。电气系统及其部件的外形、功能及需要的功能越来越复杂，这不可避免地增加了系统的故障率。在电机制造中，可以使用无线传感自组网监视装配的尺度或者控制绕组的涂层厚度。

此外，无线传感自组网还能用在厂站及办公自动化、运行监控及管理系统，在环境复杂或地处偏远的情况下传送运行信息或监控电气设备的异常运行状态，协助传输大量的非实时数据（如遥视图像、故障录波数据等），减轻海量信息对现有电力通信网的压力，在紧急情况下还能提供后备服务。

无线自组网与电力线载波的比较

以色列是第一个研究电力线载波技术的国家，意大利、西班牙、日本等国最早开始进行应用。但一段时间之后，问题也随之而来：抄表一次成功率低、高衰减（有高达 130dB 的记录）、低阻抗、谐波干扰，以及几乎不可预测的拓扑结构等等问题，在客观上阻碍了电力线载波技术的发展。随后美国、加拿大已将无线自组网技术作为主要发展方向，而澳大利亚更是规定国内下行信道只能使用无线自组网一种通信模式。

随着带有变频功能的节能家电、节能灯在家庭中的广泛应用，电力线载波受到的干扰更加明显。当节能家电、节能灯工作时，会产生电磁干扰，而这些高次谐波被反馈到电网。由于高次谐波的频率与电力线载波的频率接近，这使得抄表成本变得更高。

表 1、无线自组网与电力线载波比较

无线自组网	电力线载波
初始成本略高	初始成本低
自动组网，自动路由，自动修复	现有电力线作为通讯线路，无需另外布线
抄表成功率高达 99.5%	抄表成功率低
470MHz~510MHz 专用免费抄表频道，干扰少	受其它设备影响较大
节点异常自动上报，方便现场维护	无报警功能
无线可应用在水/气抄表	只能用于电力行业
响应速度快，传输速率高达 19.2kbps	通讯速度慢，波特率只有 600bps

资料来源：华泰联合证券研究

无线自组网在中国

无线自组网在国内的发展情况

我国在 98 年开始移植国外电力线载波技术，但并不成功。究其原因主要是我国电网工况过于复杂，干扰太多所致。并且，随着带有变频功能的节能家电、节能灯在家庭的广泛应用，电力线载波受到的干扰更加明显。当节能家电、节能灯工作时，会产生电磁干扰，而这些高次谐波被反馈到电网。由于高次谐波的频率与电力线载波的频率接近，这使得抄表成本变得更高。虽然可以通过加装滤波器来改善工况质量，但这将增加近 1 倍的成本（电表、滤波器价格相差不多），这是电网公司所不能接受的。

无线自组网在国内具备大规模推广的条件。浩宁达招股说明书的数据显示，自 06 年下半年开始，公司基于短距无线自组网通信应用技术的电能数据采集系统已在

江苏、广东、广西、湖北、山东、新疆、内蒙、云南、江西、四川等全国 10 多个省安装运行，用户达到 25.7 万户。并且也已进入澳大利亚和香港市场。

电网公司的态度

目前我国已批准的下行通道有 4 种技术，分别为：电力线载波、RS485、无线自组网、光纤技术。正如前面所提到的，RS485 及光纤技术由于造价昂贵，所以目前的竞争仅限于无线自组网与电力线载波之间。

而从两网公司的态度看，它们都在积极尝试无线自组网技术。江苏省电网计划 5 年每年投资 20 亿元进行新型电表技术创新示范项目。其中 10 亿元用作电表采购（此部分为国家电网统一招标），另外 10 亿元用作下行信道试点（其中 1/3 为施工费，2/3 为通信模块的相关投资及研发）。由于江苏省电网此前有过应用电力线载波失败的经历，所以我们预测无线自组网的比例有望超过 80%。而南方电网也已经明确表示 2010 年将减少载波产品的招标，这也为无线自组网的推广提供了有利的条件。

目前我国的电表并没有通信模块，只是预留了通信接口。现在都是将相邻的十几只电表放在一起，通过一个集中器使用无线自组网技术或电力线载波技术对数据进行传输。如果采用无线自组网技术，那么每个集中器的成本约为 150 元左右。而如果考虑人工及维修费用，那么每个集中器金额约为 1000 元，设备占投资金额的比重较小。所以说，无线自组网的初始投入成本与电力线载波相差无几。

目前我国约有 3.5 亿户家庭，假设每 10 户集中安装一个无线自组网集线器，每个无线自组网集线器的售价为 200~300 元，那么无线自组网集线器的潜在市场空间约为 100 亿元。

重点公司关注

浩宁达（002356）

公司是国内最早介入无线自组网的企业，五年前就已经开始对无线自组网进行深入研究，比其它电表企业早研发三年。公司具有明显的先发优势，并且已经具备了提供完整的无线自组网解决方案的能力。

截止目前，公司使用无线自组网通信应用技术的相关产品累计销售及未执行合同、订单金额约为 2,000 万元。全国已有 27.5 万户使用公司无线自组网产品。

2009 年 8 月于杭州召开的最近一次标准委员会会议，公司控股子公司锐拔科技被推选作为核心的无线 PHY 层和与 MAC 层接口部分标准的起草单位，目前该项工作正顺利进行。

公司正在积极申请无线自组网相关专利。一旦我国大规模推广无线自组网技术，公司的无线自组网芯片不仅可以满足内部的需要，而且还可有相当规模对外销售。

公司无线自组网技术在油田井下测量领域也有着广泛的应用。由于井下的众多数据采集传感器，需要一个有效的通信手段进行数据采集、监控。而井下现场复杂、恶劣，RS485 等有线方式并不适用，电力线载波更是没有工作条件。在这种情况下，无线自组网的优势非常明显。公司在此领域有着深厚的积累，有望成为公司新的利润增长点，同时也具备了出口到海外的实力。

科陆电子（002121）

公司新增产能投产后，单相表、三相表的生产能力得到显著提高。同时，公司从08年开始对无线自组网进行研发。我们相信，凭借着公司强大的技术实力，未来在无线自组网领域也将得到很好的发展。

风险提示

1. 虽然无线自组网在北美、欧洲、澳大利亚等地方都得到了广泛的应用，但由于我国工况更加复杂，无线自组网是否能在我国大规模推广，以及国家电网的态度，存在不确定性。
2. 目前能够提供无线自组网产品的企业很少，如果国网大规模推广无线自组网技术，那么相关公司将获得巨大的超额收益。但随着市场的不断发展，未来的超额收益将逐渐变小。

华泰联合证券股票评级标准

增 持 未来 6 个月内股价超越大盘 10%以上
中 性 未来 6 个月内股价相对大盘波动在-10% 至 10%间
减 持 未来 6 个月内股价相对大盘下跌 10%以上

华泰联合证券行业评级标准

增 持 行业股票指数超越大盘
中 性 行业股票指数基本与大盘持平
减 持 行业股票指数明显弱于大盘

免责声明

本研究报告仅供华泰联合证券有限责任公司（以下简称“华泰联合证券”）客户内部交流使用。本报告是基于我们认为可靠且已公开的信息，我们力求但不保证这些信息的准确性和完整性，也不保证文中观点或陈述不会发生任何变更。我们会适时更新我们的研究，但可能会因某些规定而无法做到。

本报告所载信息均为个人观点，并不构成所涉及证券的个人投资建议，也未考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需求。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况。本文中提及的投资价格和价值以及这些投资带来的收入可能会波动。某些交易，包括牵涉期货、期权及其它衍生工具的交易，有很大的风险，可能并不适合所有投资者。

华泰联合证券是一家覆盖证券经纪、投资银行、投资管理和证券咨询等多项业务的全国性综合类证券公司。我公司可能会持有报告中提及公司所发行的证券头寸并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问或金融产品等相关服务。

我们的研究报告主要以电子版形式分发，间或也会辅以印刷品形式分发。我们向所有客户同时分发电子版研究报告。

©版权所有 2009 年 华泰联合证券有限责任公司研究所

未经书面授权，本研究报告的任何部分均不得以任何形式复制、转发或公开传播。如欲引用或转载本文内容，务必联络华泰联合证券研究所客户服务部，并需注明出处为华泰联合证券研究所，且不得对本文进行有悖原意的引用和删改。

深 圳

深圳罗湖深南东路 5047 号深圳发展银行大厦 10 层
邮政编码：518001
电 话：86 755 8249 3932
传 真：86 755 8249 2062
电子邮件：lzrd@lhqz.com

上 海

上海浦东银城中路 68 号时代金融中心 17 层
邮政编码：200120
电 话：86 21 5010 6028
传 真：86 21 6849 8501
电子邮件：lzrd@lhqz.com