

# 输电线路状态监测通信系统的研究

华为企业业务解决方案合作部 陶耕

**摘要：**输电线路状态监测系统是智能电网在输电环节的重要内容，通信在输电线路状态监测系统中占有不可或缺的重要地位。利用华为的行业积累和ICT产品和解决方案分析了输电线路状态监测通信系统的网络组成，给出了适用于输电线路状态监测的多种通信方案以及方案实现的具体方法；通过对通信方案的比较分析，提出了通信方案选择的建议原则；并分析了通信电源系统的组成和设计。根据目前输电线路状态监测通信的发展现状，许多结论和原则可以作为今后输电线路状态监测通信系统的参考和借鉴。

**关键词：**输电线路状态监测；通信；现场网络；远传网络；公网；专网；通信电源

## 引言

输电线路状态监测系统是智能电网建设在输电环节的重要内容，是实现输电线路状态运行检修管理，提升输电线专业生产运行管理精益化水平的重要手段。输电线路状态监测系统通过各种先进的传感器技术、广域通信技术和信息处理技术实现各类电网设备运行状态的实时感知、监视预警、分析诊断和趋势预测。

输电线路状态监测系统通过分布在输电线上的各种传感器来采集数据，并通过通信的手段这些监测信息传送到主站系统以实现集中监测的功能，华为公司提出需要设计一个专门的接入通信网络来解决各类传感器、状态监测数据代理(CMA, Condition Monitoring Agent)、状态监测信息接入网关机(CAG, Condition information Acquisition Gateway)之间的通信问题。

## 通信网络组成

华为公司提出完整的输电线路状态监测通信网络可分为现场网络段、远传网络段2部分，如图1所示。在通信网络中，把传感器看作为终端通信节点，把CMA看作为汇聚通信节点，把部署主站或变电站的通信节点看作为数据通信网接入点。现场网络段是指终端通信节点到汇聚通信节点之间，可采用有线或无线方式；远

传网络段是指汇聚通信节点到数据通信网接入点之间，可采用公网或专网方式。

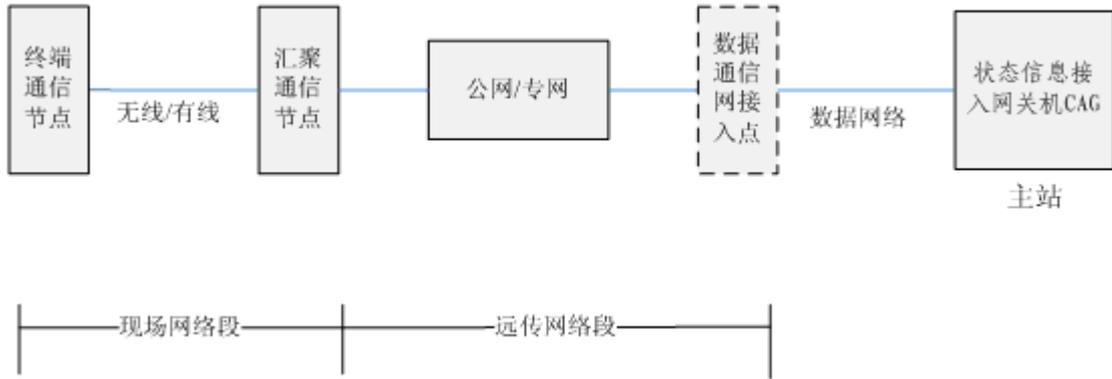


图 1 华为输电线路状态监测通信网络

远传网络采用公网，则无需数据通信网接入点，现场采集数据由汇聚通信节点直接远传至主站CAG。

远传网络采用专网，则需要数据通信网接入点，现场采集数据由汇聚通信节点远传至数据通信网接入点（变电站），再通过电力公司的数据通信网传至主站CAG。

## 通信网络方案

### 1. 现场网络段方案

华为现场网络方案采用有线方式或无线方式。有线方式采用串口/以太网口最为方便，且技术比较成熟容易实现；无线方式目前比较成熟的技术有wifi和zigbee两种，但wifi则更成熟、更标准，有更长的通信距离和更广的覆盖范围、更快的通信速率，因此首选wifi技术方案。

采用串口/以太网电口方式，终端通信节点配置串口/以太网电口，汇聚通信节点配置串口/以太网电口。采用wifi技术，终端通信节点配置AP(Access Point)模块设置client客户端模式，汇聚通信节点配置AP模块；华为现场网络段方案设计如图2所示。

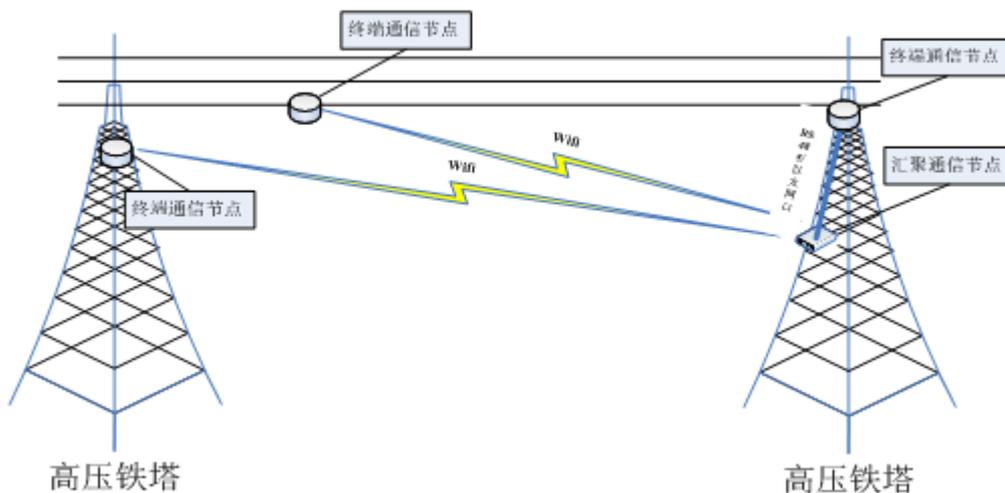


图2 华为现场网络段方案设计图

## 2. 远传网络段方案

### ● 远传公网方案

基于公共通信网的远传网络段状态监测通信方案，通过租用公共通信网的数据通信业务通道（GPRS、CDMA、3G数据业务、数据通信卫星等）实现数据远传。

远传公网GPRS、CDMA、3G方案中，汇聚通信节点配置GPRS模块、CDMA模块、3G模块，数据通信网接入点配置对应的GPRS APN（GPRS Access Point Name）、CDMA APN（CDMA Access Point Name）、3G APN（3G Access Point Name）；远传公网卫星通信方案中，汇聚通信节点配置卫星通信终端模块，汇聚通信节点配置对应的卫星通信终端模块。华为远传公网方案设计如图3所示。

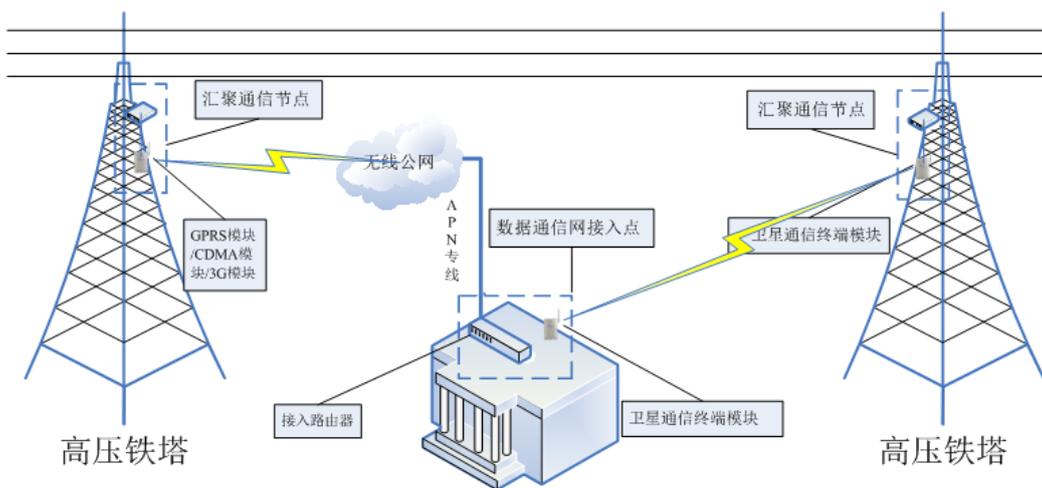


图3 华为远传公网方案设计图

### ● 远传专网方案

华为专网方案解决的是输电线分布监测点到输电线附近变电站的通信问题，一旦数据传到变电站，现有的网络可以很方便的解决剩下的通信问题。目前成熟可利用的技术有光通信、无线接力通信以及组合网络通信。

在必须远距离传递数据时尽量采用专网光通信方案，如果需要通过无线接力中继无线部分的应该距离尽量短；在有条件的情况下尽量采用专网无线接力通信将数据传递到线路附近变电站的方案，避免远距离传递通信可靠性和抵御灾害能力的问题；若汇聚通信节点和数据通信网接入点之间距离较长，且没有全程铺设OPGW光缆，光分接点距离监测区域可能还有一定的距离，可采用专网组合网络通信方式。

#### 1) 光通信

华为光通信方案是利用输电线路沿线的OPGW光缆（OPGW架空地线复合光缆，大部分220kV等级以上的输电线上都有OPGW），通过分布在OPGW沿线的接头盒，实现沿输电线直达光通信系统，解决长距离数据传递问题。

根据监测热点的分布情况，光通信可以采用有源或者无源光网络技术，有源光网络系统多应用在需要点到点传递数据的场合，而在点到多点传递数据的应用场合可以考虑无源光网络系统。

光通信方式目前比较成熟的技术可采用EPON（Ethernet Passive Optical Network）或工业以太网交换机。光通信方式采用无源光网络EPON，汇聚通信节点配置ONU（Optical Network Unit），数据通信网接入点配置OLT（Optical Line Terminal）；光通信方式采用工业以太网交换机，汇聚通信节点配置工业以太网交换机，数据通信网接入点配置工业以太网交换机。华为远传专网方案光通信方式设计如图4所示。

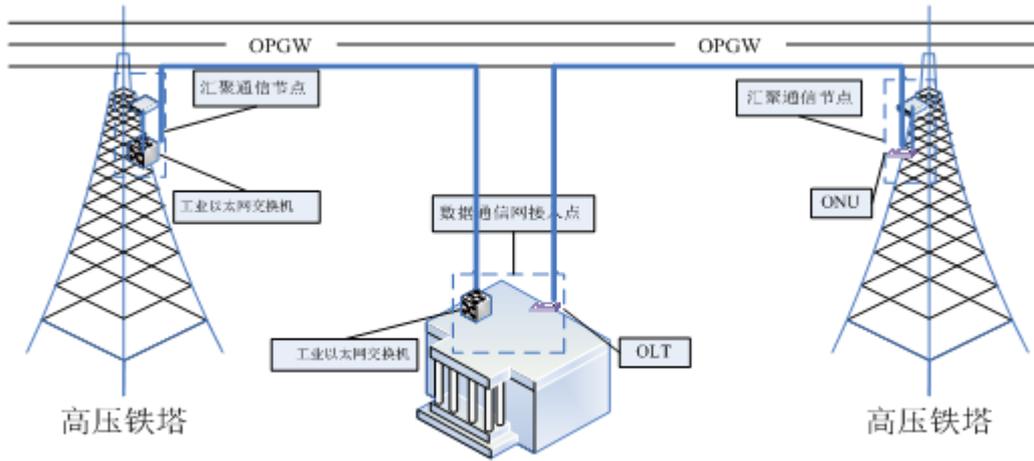


图 4 华为远传专网方案光通信方式设计图

### 2) 无线接力通信

华为无线接力通信方案是通过无线方式，以接力的形式将现场网络的数据逐级转发实现远传。无线接力网同样采用IP网络体制，可以和现场网络实现无缝连接。

无线接力通信方式目前比较成熟的技术可采用MESH（无线网格网络）或LTE。无线接力通信方式采用MESH，汇聚通信节点配置无线网状网MESH模块，数据通信网接入点配置无线网状网MESH模块；无线接力通信方式采用LTE，汇聚通信节点配置CPE(Customer Premise Equipment)客户端，数据通信网接入点配置LTE基站。

华为远传专网方案无线接力通信方式设计，如图5所示。

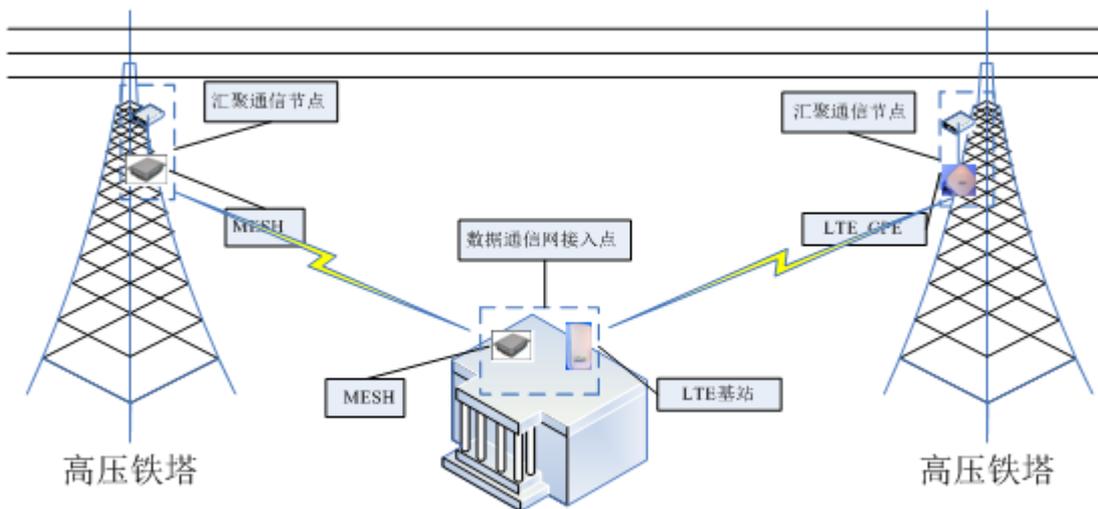


图 5 华为远传专网无线接力通信方式设计图

### 3) 组合网络通信

由于输电线路状态监测系统布点的随机性，远传网络的覆盖区域没有一定的规律，应对这种情况需要灵活的通信方案，单一的光通信或者无线接力通信难于满足要求。在实际组网时往往需要考虑光和无线的组合方案。在设计组合网络时建议选择光通信解决远距离传输问题，几十甚至百公里的数据通过光通信直达监测热点，光分接点距离监测区域可能还有一定的距离（一般不超过5km），可以利用无线接力解决最后一段的问题。

依照以上分析的光通信和无线通信的方案，华为组合网络通信方案可采用4种组合方式：MESH和EPON、MESH和工业以太网、LTE和EPON、LTE和工业以太网。如图6所示。

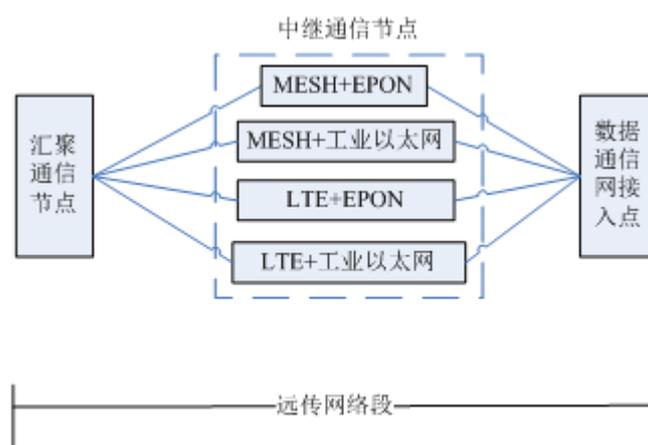


图 6 华为组合网络通信方式示意图

MESH和EPON，汇聚通信节点配置无线网状网MESH，中继通信节点配置MESH和ONU，数据通信网接入点配置OLT；MESH和工业以太网交换机，汇聚通信节点配置无线网状网MESH，中继通信节点配置MESH和工业以太网交换机，数据通信网接入点配置工业以太网交换机；LTE和EPON，汇聚通信节点配置无线网状网LTE CPE客户端，中继通信节点配置LTE基站和ONU，数据通信网接入点配置OLT；LTE和工业以太网交换机，汇聚通信节点配置无线网状网LTE CPE客户端，中继通信节点配置LTE基站和工业以太网交换机，数据通信网接入点配置工业以太网交换机。华为远传专网方案组合网络通信方式设计，如图7所示。

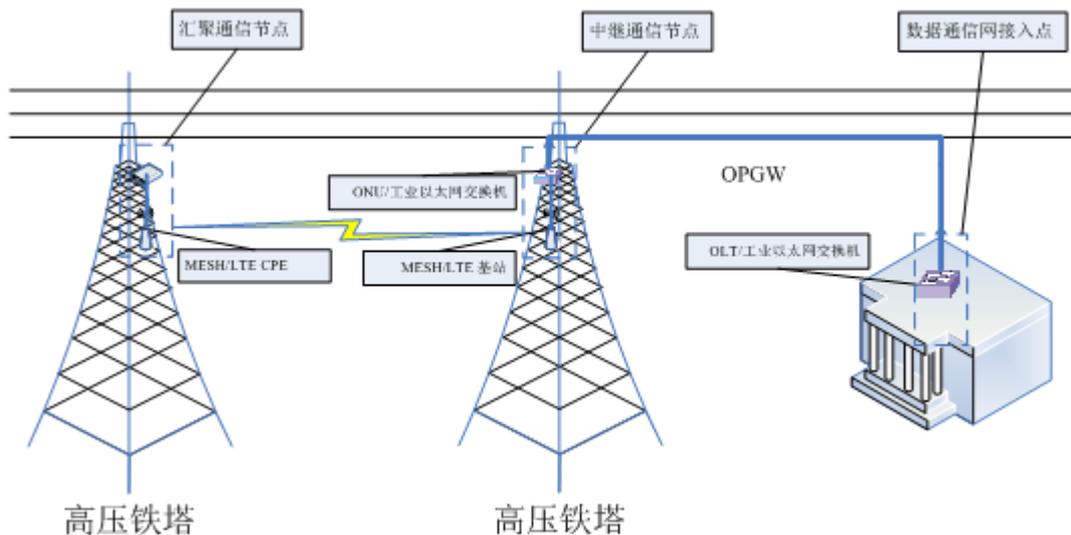


图7 华为远传专网组合网络通信方式设计图

## 通信方案的比较与选择

### 1. 现场网络段

若监测点集中，终端通信节点和汇聚通信节点在同一杆塔上，可考虑采用RS485/以太网口的有线方式；

若监测点分散，终端通信节点和汇聚通信节点在不同的杆塔上，或终端通信节点在线路上，可考虑采用wifi的无线方式。

### 2. 远传网络段

华为公网方案的优点是见效快、成本低，缺点是通信性能差、数据传输能力低、数据安全性无保证，对部分边远地区的线路公网存在覆盖问题；由于公网通信能力的限制，一部分监测功能无法实现（视频监视功能等）。公网抵御自然灾害的能力也比较差。

华为专网方案的优点是通信性能好、数据传递能力强、数据安全性有保障，尤其在需要传递动态视频/图像信号的场合；更重要的是由于专网方案是沿电力线部署的系统，不会产生边远地区线路的覆盖问题；此外，专网抵御自然灾害的能力比较强。专网方案的唯一不足是需要一定的建设投资和建设周期，需要对目前的OPGW（Optical Fiber Composite Overhead Ground Wire）光缆线路作一定的改造。

在输电线路状态监测实施过程中，比较实际的解决方案是公网和专网两种方式并存。对于重要线路、一般线路上的重要监测点及有宽带数据传递要求的应用场合主要采用专网方案；对于电压等级低的一般线路和不要求宽带数据传递的应用场合可以采用公网方案。公网和专网互备更是一种提高通信可靠性、提高灾害情况下保障可靠通信的最佳组网方式，数据通过多种通信方式传递，当环境因素导致一种通信方式中断时不会影响监测数据可靠传递。

远传网络段通信方案的选择需要考虑以下几点因素：一、监测布点情况；二、通信条件；三、是否需要传递的视频数据；四、通信可靠性保障。方案的设计必须把通信的可靠性放在第一位，以下提出几点选择通信方案的原则：

- 1) 在有条件的情况下尽量采用专网方案，只有在专网不可实现或者需要备用通信的情况下可以选择公网方案；
- 2) 在有条件的情况下尽量采用无线接力将数据传递到线路附近变电站的方案，避免远距离传递通信可靠性和抵御灾害能力的问题；
- 3) 在必须远距离传递数据时尽量采用光通信系统，如果需要通过无线接力中继无线部分的应该距离尽量短；
- 4) 如果一种方式不能保障数据传递是可靠性，可以采用主备路由方案。
- 5) 若汇聚通信节点和数据通信网接入点之间距离较长，且全程铺设OPGW光缆，可采用专网光通信方式。
- 6) 若汇聚通信节点和数据通信网接入点之间距离较短（一般不超过5km），可采用专网无线接力通信方式。
- 7) 若汇聚通信节点和数据通信网接入点之间距离较长，且没有全程铺设OPGW光缆，光分接点距离监测区域可能还有一定的距离，可采用专网组合网络通信方式。

## 通信电源

### 1. 通信电源组成

华为太阳能电源系统由太阳能电池方阵、系统控制器、蓄电池组、防雷保护装置、直流配电单元、及通信接口组成，见图8。

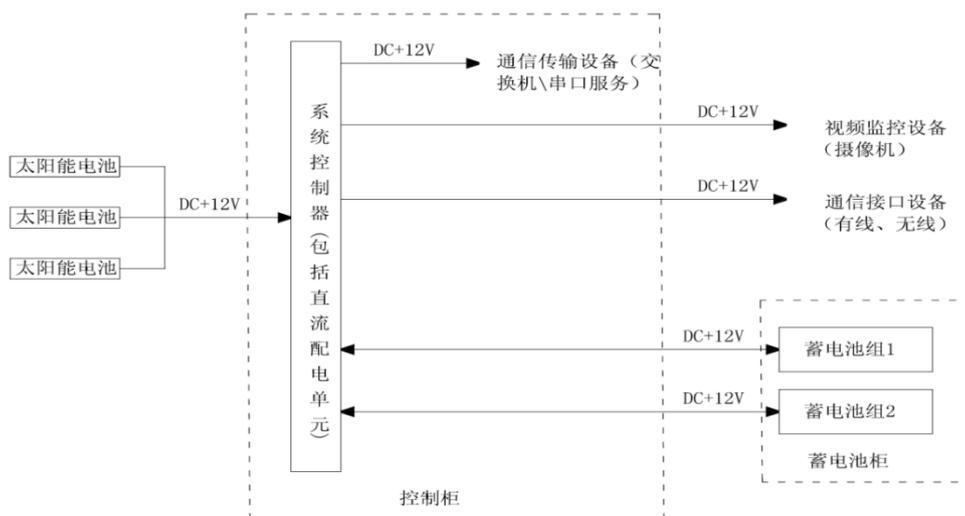


图8 华为太阳能电源系统组成示意图

当太阳能电源与风力发电机组成风光互补供电电源时，电源系统由太阳能电池方阵、风机、风光系统一体控制器、蓄电池组、防雷保护装置、直流配电单元、及通信接口组成，见图9。

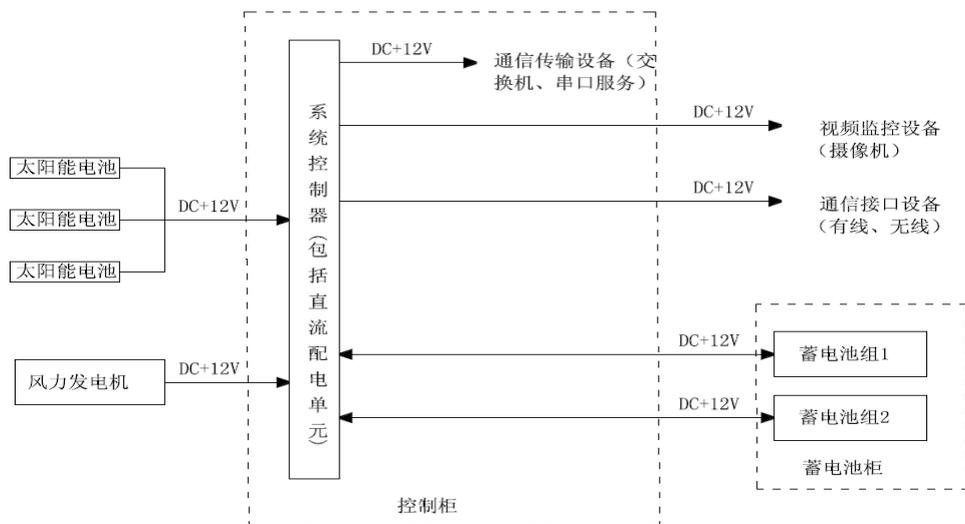


图9 华为风光互补供电电源组成示意图

## 2. 设计原则

华为公司提出通信电源是节点系统可靠性的薄弱环节，对于位于恶劣环境下的输电线路在线监测通信设备，供电电源对数据传递的可靠性影响很大，设计应符合以下原则：

- 1) 在有条件的场所，应依托可靠的供电系统，如变电站、就近市电等供电；
- 2) 在无1)所述条件的场所，应优先采用硅太阳能光伏发电电源系统；必要

时可选择风光互补供电电源系统；但应避免选用故障率高、可靠性差、结构复杂的电源系统；

- 3) 太阳能电源系统应具有智能自我管理功能；太阳能电源系统应具有完善的远程运行监测功能，应对电源运行状态、电池指标进行监测，及时发现异常情况；
- 4) 太阳能电源系统应具有节电模式，其安装位于高压铁塔上，应避免部署大容量的电源和电池系统；
- 5) 太阳能电源系统中的储能蓄电池应选择环境适应能力强，使用寿命长的电池；
- 6) 太阳能电源系统应具备宽动态、高效率的供电特性，在低负载的环境下能够高效率供电，在通信设备发信时能够短时大容量供电；
- 7) 在无其他电力补充的条件下，要求蓄电池可以维持15天供电；考虑到电池容量受温度和使用时间的影响，应预留一定的余量；
- 8) 必须具备野外恶劣环境下运行的高可靠性指标，MTBF达到2万小时；
- 9) 提供电源运行远程监测功能，监视电源运行状态，防止用电过度等极端情况发生；

## 结束语

输电线路状态监测通信网是一个新的领域，带来的一些新问题，在实用性、可靠性和经济性方面需要进一步探索；华为公司对于这种探索和问题的解决会有一个过程，目前可以选择现成一些通信技术和通信系统解决眼前的问题，在状态监测建设和实用化过程中必须对通信系统做进一步的完善，完善重点应该放在提高可靠性和降低成本方面。

## 参考文献：

- [1] 输变电设备状态监测系统概要设计-2010[Z]. 国家电网公司生产技术部 2010.
- [2] Q/GDW 561-2010. 输变电设备状态监测系统技术导则[S]. 2010.
- [3] Q/GDW 245-2008. 架空输电线路在线监测系统通用技术条件[S]. 2008.

- [4] 桂勋, 冯浩. 基于无线公网和ZigBee无线传感器网络技术的输电线路综合监测系统[J]. 电网技术, 2008, 32(10): 40-43.
- [5] 王炫, 李红, 丛淋. 基于无线通信和光通信的高压输电线路监测系统[J]. 电网技术, 2009, 33(18): 198-203.
- [6] DOSTERT K. Powerline communications[M]. Prentice Hall PTR, 2001.
- [7] ANSARI N, ZHANG C. Networking for critical conditions[J]. IEEE Wireless Communications, 2008, 7(4):73-81.
- [8] CHITI F, FANTACCI R. Wireless sensor network paradigm: Overview on communication protocols design and application to practical scenarios[J]. EURASIP Newsletter, 2006, 17(4):6-27