

通信基站供电系统变革趋势研究

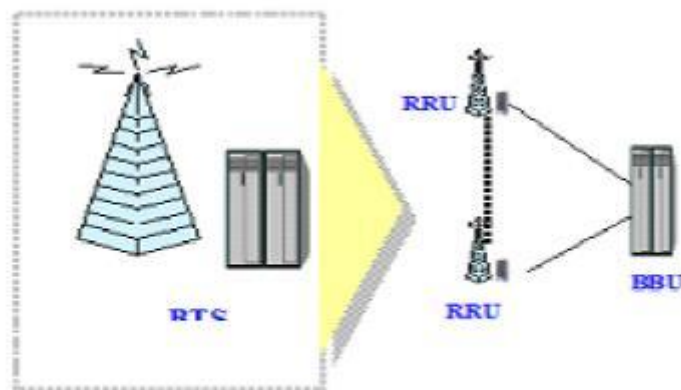
摘要：随着移动基站主设备的变革，根据节能的需要，基站供电系统也要进行演变，向多样性方向发展，在基站供电系统采用新技术和可循环新能源是必然趋势。

1. 现状分析

针对移动基站主设备演变、现网供电系统及环境用电情况进行详实分析。

1.1 基站主设备在变革

随着移动通信网的更新换代，基站主设备网络建设方式也在发生重大变革，3G 网络正在普及应用，4G 建设步伐也在不断加快，各通信设备厂商将 3G 网络分布式基站建设经验应用到 2G 网络的更新上。分布式基站采用射频模块拉远技术，将射频拉远单元（RRU）安装在天线端，通过光纤连接到宏基站或独立的基带单元。RRU 是一种室内、外一体化设备，具有容量大、易安装、环境适应性强的特点。BBU 是一种易安装的基带单元设备，具有体积小、不需要特别的机房，可以安装在过道、楼梯间、地下室等狭小的空间。分布型移动通信基站将原网络 BTS 物理层面分成两部分，即 BBU 和 RRU。BBU 是信源设备安装在信源站内，信源站自身的收发设备 RRU 安装在室外塔上，RRU 通过光缆传输也可异地安装。初始的分布式基站解决方案是一种无机房或机房位置不理想的情况下，经济快速的无线网络建设方案。随着分布型移动基站技术应用，分布型移动通信基站正在从扩容建设向 2G 更新扩展，使基站 2G、3G、4G 主设备逐步向分布型移动基站演变。见下图：



无线基站侧拓扑的变化图

中国移动某省公司新建移动基站采用分布基站，还改造了部分 BTS 基站，有近 50%的基站主设备进行了分布式改造，实现了 2G、3G 同步分布。见下图：



室外 RRU 基站图



机房 RRU 基站图

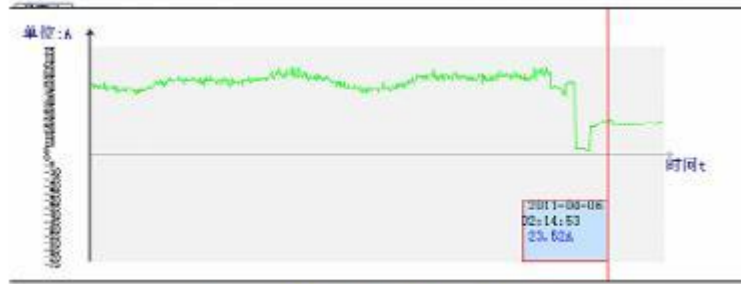


机房信源基站 BBU 图

1.2 现网移动基站供电系统及环境用电情况分析

(1) 分布型移动基站耗电情况分析

以阿尔卡特 BTS 为例，平均单载频用电功率为 119 W~135W；分布型移动基站 BBU 用电功率为 300W，每台 BBU 可带多台 RRU，RRU 用电功率为 240W，每台 RRU 相当于 BTS 6 个载频，平均每个载频耗电为 50W。采用新的分布技术建设基站，使移动通信基站主设备用电量大幅下降。以金厂基站为例，该站原为 BTS 宏蜂窝站，5/4/11/8 配置，最高负荷 60.62A/53.5V，最低高负荷 45.82A/53.5V；而改为分布基站后，原配置不变情况下，采用 1 台 BBU，6 台 RRU，用电负荷下降到 23.52A，降低了 50%。基站改造前后通信用电实时曲线见下图：



基站改造后的通信电流曲线图

基站用电量对比表									
基站	改造前	改造后	节约	节约率	改造前	改造后	节约	节约率	备注
2100	124.15	66.40	57.75	46.52%	120.50	60.42	60.08	49.86%	
2101	124.15	66.40	57.75	46.52%	120.50	60.42	60.08	49.86%	
2102	124.15	66.40	57.75	46.52%	120.50	60.42	60.08	49.86%	
2103	124.15	66.40	57.75	46.52%	120.50	60.42	60.08	49.86%	
2104	124.15	66.40	57.75	46.52%	120.50	60.42	60.08	49.86%	
2105	124.15	66.40	57.75	46.52%	120.50	60.42	60.08	49.86%	
2106	124.15	66.40	57.75	46.52%	120.50	60.42	60.08	49.86%	
2107	124.15	66.40	57.75	46.52%	120.50	60.42	60.08	49.86%	
2108	124.15	66.40	57.75	46.52%	120.50	60.42	60.08	49.86%	
2109	124.15	66.40	57.75	46.52%	120.50	60.42	60.08	49.86%	
2110	124.15	66.40	57.75	46.52%	120.50	60.42	60.08	49.86%	
2111	124.15	66.40	57.75	46.52%	120.50	60.42	60.08	49.86%	
2112	124.15	66.40	57.75	46.52%	120.50	60.42	60.08	49.86%	
2113	124.15	66.40	57.75	46.52%	120.50	60.42	60.08	49.86%	
2114	124.15	66.40	57.75	46.52%	120.50	60.42	60.08	49.86%	
2115	124.15	66.40	57.75	46.52%	120.50	60.42	60.08	49.86%	
2116	124.15	66.40	57.75	46.52%	120.50	60.42	60.08	49.86%	
2117	124.15	66.40	57.75	46.52%	120.50	60.42	60.08	49.86%	
2118	124.15	66.40	57.75	46.52%	120.50	60.42	60.08	49.86%	
2119	124.15	66.40	57.75	46.52%	120.50	60.42	60.08	49.86%	
2120	124.15	66.40	57.75	46.52%	120.50	60.42	60.08	49.86%	

改造前后基站用电量对比表

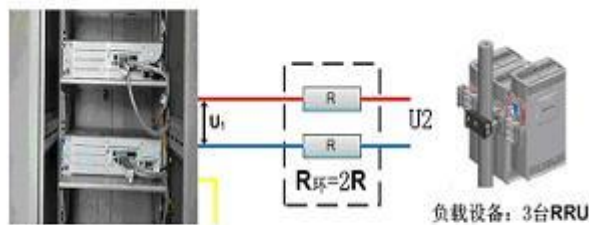
采用分布型移动基站技术改造，使基站用电大幅下降。在不考虑空调制冷、制热条件下，现网农村 BTS/分布型基站单载频平均月耗电为 124.15KWH，完全分布型农村基站单载频平均月耗电为 66.40KWH，少用电 57.75 KWH，单载频月节能率 46.52 %；现网市、县区 BTS/分布型基站单载频平均月耗电为 120.50KWH，完全分布型市、县区基站单载频平均月耗电为 60.42KWH，少用电 60.08KWH，单载频月节能率 49.86%。

(2) 现网移动基站供电系统及环境分析

现网移动基站供电系统对分布式基站而言，存在电源系统供电线损过大，节能效果不理想，电源专业维护不到位等问题。

A. 电源系统供电线损过大

以 RRU 本地塔上安装为例，塔身标高 50M，安装 1 台 RRU，线损功率为 42W，年损失电量为 368KWH，供电线路损失严重。



本地 BBU+RRU 分布系统图

现网采用的高压直流远供方式，由于用主基站电源系统作为常用供电电源，假设供电线路损失就更加严重了，以供电线径 10mm²，供电线长 2×6km 铜线为例，线路损耗为 191.73W，年损失电量达到 1680KWH。见下表：

传输距离 (Km)	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
线径合质：2×2.5mm²铜线													
环阻 (Ω)	7.2	14.4	28.8	43.2	57.6	72	86.4	100.8	115.2	129.6	144	158.4	172.8
远端输入电压 (V)	381.11	360	305.83	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
线路损耗 (W)	49.57	111.11	307.92	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
远端最大输出功率 (W)	1049.57	1111.11	1307.92	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
线径合质：2×4mm²铜线													
环阻 (Ω)	4.5	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90	99	108
远端输入电压 (V)	388.41	376.01	348.32	314.02	263.26	/	/	/	/	/	/	/	/
线路损耗 (W)	29.83	63.64	148.36	273.81	519.49	/	/	/	/	/	/	/	/
远端最大输出功率 (W)	1029.83	1063.64	1148.36	1273.81	1519.49	/	/	/	/	/	/	/	/
线径合质：2×6mm²铜线													
环阻 (Ω)	3	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
远端输入电压 (V)	392.36	384.39	367.33	348.32	326.49	300	263.26	/	/	/	/	/	/
线路损耗 (W)	19.49	40.61	88.93	148.36	225.15	333.33	519.49	/	/	/	/	/	/
远端最大输出功率 (W)	1019.49	1040.61	1088.93	1148.36	1225.15	1333.33	1519.49	/	/	/	/	/	/
600W 电源模块数量 (个)	2	2	2	2	3	3	3	/	/	/	/	/	/
1500W 电源模块数量 (个)	1	1	1	1	1	1	1	/	/	/	/	/	/
线径合质：2×10mm²铜线													
环阻 (Ω)	1.8	3.6	7.2	10.8	14.4	18	21.6	25.2	28.8	32.4	36	39.6	43.2
远端输入电压 (V)	395.45	390.79	381.81	370.86	360	348.32	335.65	321.66	305.83	287.18	263.26	220	/
线路损耗 (W)	11.51	23.57	49.57	78.52	111.11	148.36	191.73	243.57	307.92	382.86	519.49	818.18	/
远端最大输出功率 (W)	1011.54	1023.57	1049.57	1078.52	1111.11	1148.36	1191.73	1243.57	1307.92	1382.86	1519.49	1818.18	/
600W 电源模块数量 (个)	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	/
1500W 电源模块数量 (个)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	/

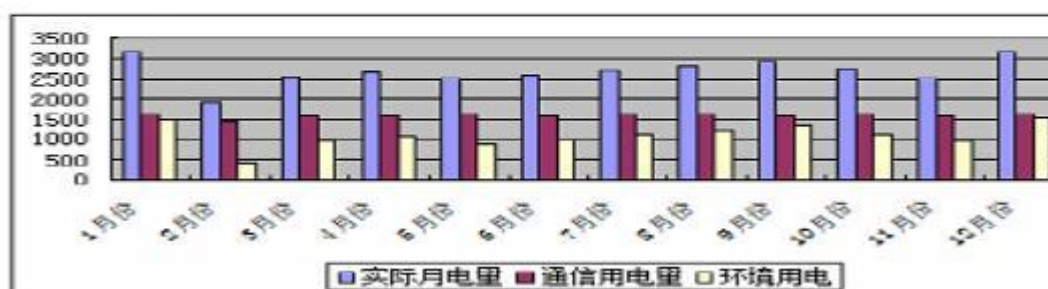
B. 节能效果不理想

以机房信源基站、机房 RRU 基站、室外信源基站、室外 RRU 基站四类分布基站为例，进行节能效果分析。

某机房信源+RRU 基站，采用 1 台 BBU，6 台 RRU，1 台 BBU 用电功率为 0.3KW，1 台 RRU+线损用电功率为 0.3KW，传输等用电功率为 0.085KW。理论计算实际用电量 32276KWH，通信用电量为 19118KWH，占总电量的 59.23%；环境用电 13158KWH，占总电量的 40.77%。见下表：

板信信源站	1月份	2月份	3月份	4月份	5月份	6月份	7月份	8月份	9月份	10月份	11月份	12月份	合计
实际用电量	3141	1913	2536	2658	2529	2571	2724	2845	2921	2951	2525	3162	32276
通信用电量	1625	1496	1573	1584	1526	1573	1625	1626	1573	1626	1573	1526	19118
环境用电	1515	427	963	1074	903	998	1098	1219	1348	1325	952	1536	13158

机房信源站用电分析表

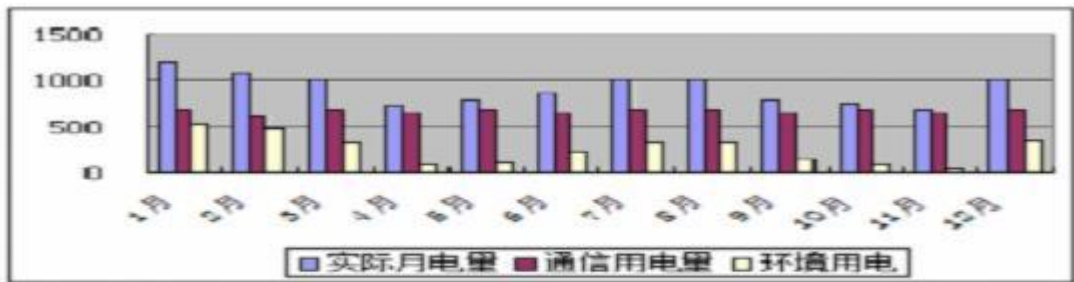


机房信源站用电分析图

某机房RRU基站，采用3台RRU，1台RRU+线损用电功率为0.3KW。理论计算实际用电量10901KWH，通信用电量为7887KWH，占总电量的72.35%；环境用电量3014KWH，占总电量的27.65%。见下表：

板房RRU站	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合计
实际月电量	1200	1087	1000	733	778	867	998	1003	785	752	678	1020	10901
通信用电量	670	605	670	648	670	648	670	670	648	670	648	670	7887
环境用电	530	482	330	85	108	219	328	333	137	82	30	350	3014

机房RRU站用电分析表

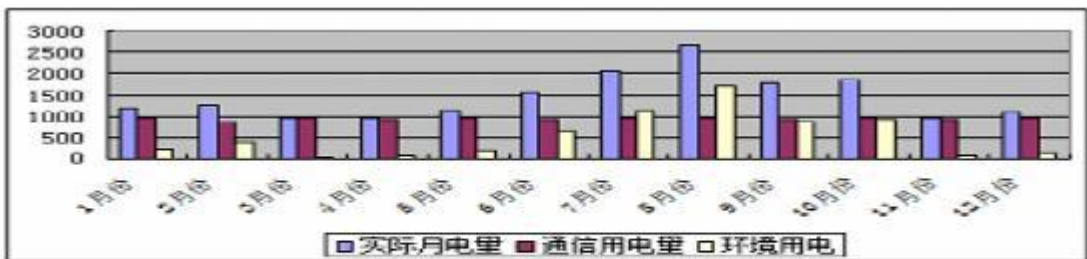


机房RRU站用电分析图

某室外信源+RRU基站，采用1台BBU，3台RRU，1台BBU用电功率为0.3KW，1台RRU+线损用电功率为0.3KW，传输等用电功率为0.085KW。理论计算实际用电量17529KWH，通信用电量为11256KWH，占总电量的64.21%；环境用电量6273KWH，占总电量的35.79%。见下表：

室外信源站	1月份	2月份	3月份	4月份	5月份	6月份	7月份	8月份	9月份	10月份	11月份	12月份	合计
实际月电量	1186	1268	970	963	1125	1568	2064	2659	1789	1871	969	1085	17529
通信用电量	956	854	956	925	956	925	956	956	925	956	925	956	11256
环境用电	230	414	14	38	170	643	1108	1713	864	915	44	130	6273

室外信源站用电分析表

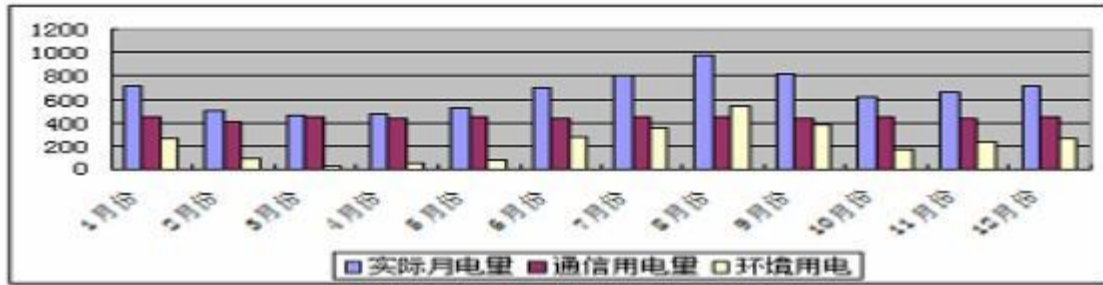


室外信源站用电分析图

某室外RRU基站，采用2台RRU，1台RRU+线损用电功率为0.3KW。理论计算实际用电量7994KWH，通信用电量为5253KWH，占总电量的65.71%；环境用电量2741KWH，占总电量的34.29%。见下表：

室外RRU站	1月份	2月份	3月份	4月份	5月份	6月份	7月份	8月份	9月份	10月份	11月份	12月份	合计
实际用电量	715	493	457	430	524	705	803	906	821	618	667	715	7994
通信用电量	446	403	446	432	446	432	446	446	432	446	432	446	5253
环境用电	269	90	21	48	78	273	357	540	389	172	235	269	2741

室外 RRU 站用电分析表



室外 RRU 站用电分析图

通过上述四种类型分布基站用电情况分析发现，环境用电量与现网供电方式 BTS 基站用电比例发生的变化不是十分显著，见下表：

用电分类	机房信源基站	机房RRU基站	室外信源基站	室外RRU基站	备注
实际用电量 (kwh)	32276	10901	17529	7994	
通信用电量 (kwh)	19118	7887	11256	5253	
占总电量%	59.23	72.35	64.21	65.71	
环境用电量 (kwh)	13158	3014	6273	2741	
占总电量%	40.77	27.65	35.79	34.29	

四种类型分布基站用电情况分析表

产生这种情况是由现网移动基站供电系统造成的，现网移动基站供电系统中的阀控铅酸蓄电池对温度要求较高，环境温度的变化对电池的运行的寿命、放电容量、浮充电压都有影响。持续过高的环境温度会造成浮充电流加大，内部热量增加，失水过快，最终导致热失控，电池损坏。阀控铅酸蓄电池运行在环境温度 25℃时，在正确的维护条件下，寿命可达 8 年，如环境温度在 25℃基础上上升 10℃，阀控铅酸蓄电池浮充使用寿命将缩短 50%。夏季 30℃以上环境会造成阀控铅酸蓄电池的浮充使用寿命大幅缩短。见下图：



室外站电池柜冬季夏季实测温度

C. 电源专业维护不到位

随着移动运营竞争不断加剧，网络建设的步伐不断加快，移动通信基站数量大幅增加，以中国移动某市级分公司为例，在 2011 年前有基站 1046 处，全区基站维护人员 56 名，承担工程建设，承担无线、数据、传输、电源设备维护及故障处理、用户投诉处理及硬件优化等工作，工作任务十分繁重，同时客观存在对电源系统没有具体的经济、技术指标考核，造成对基站电源系统维护工作忽视；电源维护人员是由无线专业人员兼任的，专业素质及工作能力也不能满足电源专业维护需求，为此就造成基站电源原因退服，根据统计电源原因退服高达 25%。同时电源系统年年投资，电源系统年年影响通信情况不断。

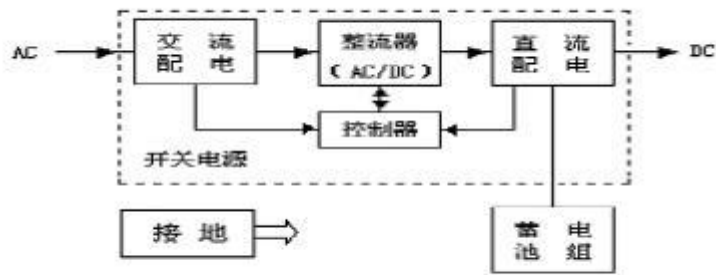
随着移动通信基站建网方式的改变，必将引发移动通信基站供电系统的变革，这种改变使移动通信基站供电更加安全可靠，同时减少移动通信基站空气调节用电比重，减少铅酸蓄电池的用量，逐步扩大新能源应用空间，供电系统日常维护工作量大幅减轻，开创一个移动通信基站供电系统新局面。

2. 新型移动通信基站供电系统研究

新型移动通信供电系统将是依据供电、地理、通信业务量条件而变化的，由多种方案组成的供电系统。其组成原则：完全可靠、节能、绿色、少维护。

2.1. 现网通信基站供电系统

现网移动基站供电系统是依据 BTS 基站主设备用电情况而设计的，由市（农）电引入、交流配电、48V 开关电源、48V 铅酸蓄电池组、直流配电、DV/DV 升压电源、空调机等组成。见下图：



现网基站供电系统图

现网移动基站供电系统在现网分布式基站供电中，存在对 RRU 供电压降过大，环境用电量高。长远看，在电源设备寿命期内，可作为过渡性电源系统应用。

2.2 高压直流电源系统

现网分布站采用小型 UPS 作为自备供电电源，该电源存在体积大、安装受到局限；后备时间短不能满足基站保证供电时长要求；环境温度对电池寿命影响严重；用电效率低；投资成本高；可维护性差等问题。高压直流对交流 UPS 的替代是必然趋势。

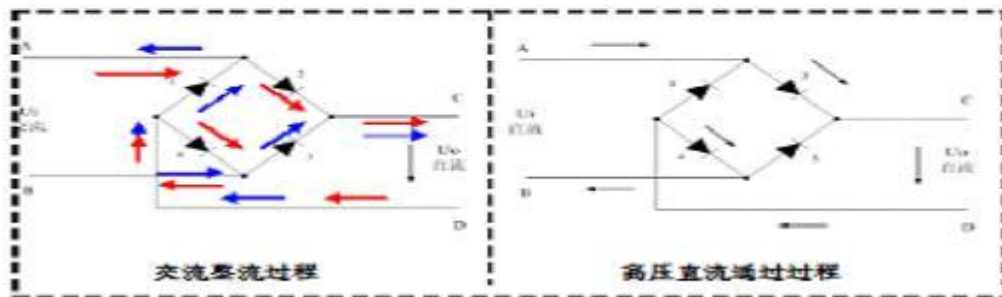
高压直流电源系统由市（农）引入、交流配电、280V 开关电源、280V 铅酸蓄电池组、直流配电、节能空调设备等组成。见下图：



高压直流电源内部图

高压直流电源外部图

高压直流电源



交流与高压直流供电对比

高压直流电源系统具有以下优点：

A. 可靠性大幅提升。应用高压直流供电技术的主要目的就在于提升系统的安全性。UPS 系统本身仅并联主机具有冗余备份，系统组件之间更多地是串联关系，其可用性是各部分组件可靠性的连乘结果，总体可靠性低于单个组件的可靠性。反观直流系统，系统的并联整流模块、蓄电池组均构成了冗余关系，不可靠性是各组件连乘结果，总体可靠性高于单个组件的可靠性。理论计算和运行实践都表明，直流系统的可靠性要远远高于 UPS 系统，一个例证就是大型直流系统瘫痪的事故基本没有。

B. 效率大大提高。目前大量使用的 UPS 主机均为在线双变换型，在负载率大于 50% 时，其转换效率与开关电源相近。但一个不容忽视的现实是，为了保证 UPS 系统的可靠性，UPS 主机均采用 $n+1$ ($n=1、2、3$) 方式运行，加之受后端负载输入的谐波和波峰因数的影响，UPS 主机并不能满足运行，通常 UPS 单机的设计最大稳定运行负载率仅为 35~53%。而受后端设备虚提功耗和业务发展的影响，很多 UPS 系统通常在寿命中后期才能达到设计负载率，甚至根本不能达到设计负载率。UPS 主机单机长期运行在很低的负载率，其转换效率通常为 80% 多，甚至更低。对于直流电源系统而言，因其采用模块化结构，可根据输出负载的大小，由监控模块、监控系统或现场值守人员灵活控制模块的开机运行数量，使整流器模块的负载率始终保持在较高的水平，从而使系统的转换效率保持在较高的水平。

C. 输入参数大大改善。现场测试发现，目前常用的 12 脉冲在线双变换型 UPS 主机，加装 11 次滤波器后，其输入功率因数通常在 0.8~0.9，最大仅为 0.95，输入电流谐波含量通常在 7.5% 左右。与此对应，由于 PFC 电路的应用，额定工况下，开关整流器模块的输入功率因数通常都在 0.99 以上，输入电流谐波含量通常在 5% 以下。输入参数的改善的直接效果是前端设备的容量可以大大降低，前端低压配电柜可以不再配置电抗器，从而也可以降低补偿电容的耐压要求。

D. 带载能力大大提高。UPS 系统带载能力受两个因素的制约，一是负载的功率因数，以国内某大型 UPS 厂商的某型主机为例，在输出功率因数为 0.5（容性）时，其最大允许负载率仅为 50%；二是负载的电流峰值系数，通常 UPS 主机的设计波峰因数为 3，如果负载的电流峰值系数大于 3，则 UPS 主机将降容使用。对于直流系统而言，不存在功率因数的问题；因其并联了内阻极低的大容量蓄电池组，加之整流器模块有大量的富余（充电和备用），其负载高电流峰值系数的负荷能力很强，不需专门考虑安全富余容量，可做主基站集中供电总备用电源。

E. 传输压降小。直流电缆线路没有交流电缆线路中电容电流的困扰，没有磁感应损耗和介质损耗，基本上只有芯线电阻损耗，绝缘电压相对较低，直流输电技术更适合远距离传送，符合目前国家提出的节能降耗和环保要求属于绿色环保供电方案。

2.3 卷绕式阀控密封蓄电池

高压直流电源系统采用 SPB 系列卷绕式阀控密封蓄电池。卷绕式阀控密封蓄电池（SPB 系列）是一种新型铅酸蓄电池，该电池采用纯铅板栅配备独特的卷绕式结构，具有很高的装配压力和开阀压力，大大减少了电池失水。相比普通铅酸电池而言，该电池具有更优异的高低温放电性能及大电流放电性能，更高的安全性，更好的快速充电能力等优点。根据应用领域不同，电池有三种设计：循环型、

起动型及太阳能专用。其优势在于：卓越的高低温性能，可在-55℃~75℃下工作；良好的PSOC状态工作能力；优秀的小电流充电接受能力；无游离电解液，可任意方向放置工作；平稳的高输出电压，更高的功率密度；长寿命，浮充使用设计寿命15年，在太阳能领域的设计寿命10年；可以进行快速充电，40分钟内可充入95%以上的电量；良好的电池一致性，可多组串并联使用；长达2年的储存期。

卷绕式阀控密封蓄电池结构、产品规格和主要参数见下图：



高压直流电源系统通过试验，能够满足各种分布式基站供电，优点是适应环境能力高于常规铅酸蓄电池，既可室内安装，也可室外应用；对RRU供电线损小，可以直流拉远直供。是现网移动基站供电系统替方案。

2.4 铁锂电池

磷酸铁锂电池是一种新型环保材料的电池，其本身具有体积小、重量轻、能量密度高、长寿命、耐高低温、安全性能好、环保无污染等优点，与铅酸电池用于基站应用相比，具有无可比拟的优越性。可归纳下述特点：

高效率输出，标准放电为2~5C、连续高电流放电可达10C，瞬间脉冲放电（10S）可达20C；

高温时性能良好，外部温度65℃时内部温度则高达95℃，电池放电结束时温度可达160℃，电池的结构安全、完好；环境适应能力强，即使电池内部或外部受到伤害，电池不燃烧、不爆炸，安全性最好；极好的循环寿命，经500次循环，其放电容量仍大于95%；过放电到零伏也无损坏；可快速充电；低成本；对环境无污染。



器件名称	Wh/L (Lead Acid)	Wh/L (NiMH)	Wh/L (Li-ion)	Wh/L (Li-ion)	Wh/L (Li-ion)	Wh/L (Li-ion)	Wh/L (Li-ion)
能量密度 (Energy Density)	30	60	120	150	180	200	250
功率密度 (Power Density)	100-200	100	100-200	100-200	1000	1000	1000
循环寿命 (Cycle Life)	300-500	500-800	300-500	300-500	10000	10000	10000
工作电压 (Voltage)	2.0	1.2	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
充电效率 (Charging Rate)	2-5%	2-5%	2-5%	2-5%	100%	100%	100%
工作温度范围 (Temperature Range)	10-40°C	10-40°C	10-40°C	10-40°C	10-40°C	10-40°C	10-40°C
自放电率 (Self-discharge)	~25%	~25%	~25%	~25%	~1%	~1%	~1%
安全性 (Safety)	High	High	High	High	High	High	High
材料成本 (Material Cost)	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low

2.5 超级电容器

超级电容器又叫双电层电容器是一种新型储能装置，它具有充电时间短、使用寿命长、温度特性好、节约能源和绿色环保等特点。超级电容器用途广泛。它是一种电化学元件，但在其储能的过程并不发生化学反应，这种储能过程是可逆的，超级电容器的充放电过程始终是物理过程，没有化学反应。因此性能是稳定的，与利用化学反应的蓄电池是不同的。也正因为此超级电容器可以反复充放电数十万次。超级电容器可以被视为悬浮在电解质中的两个无反应活性的多孔电极板，在极板上加电，正极板吸引电解质中的负离子，负极板吸引正离子，实际上形成两个容性存储层，被分离开的正离子在负极板附近，负离子在正极板附近。而超级电容器以其优异的特性扬长避短，可以部分或全部替代传统的化学电池，由于它们固有的使用寿命短、温度特性差、化学电池污染环境、系统复杂、造价高昂等致命弱点，一直没有很好的解决办法。在通信供电系统某些场景，超级电容器可替代铅酸蓄电池参与供电。



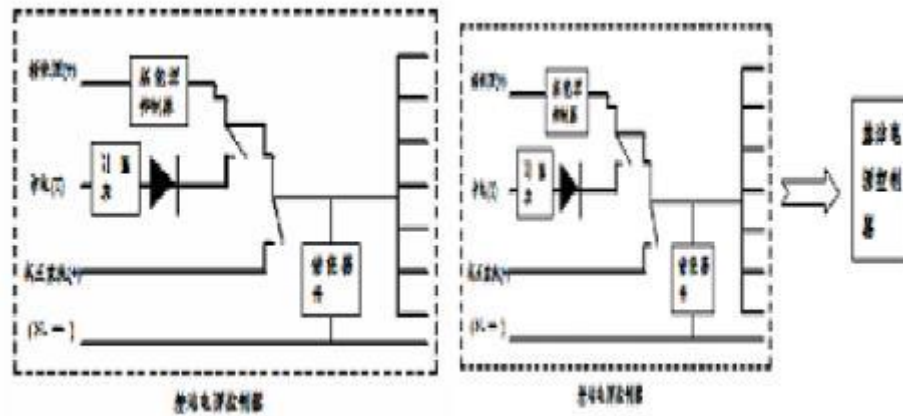
方形混合超级电容HPC系列产品

产品型号	额定电压 (V)	额定容量 (Ah)	循环寿命 (次)	工作温度 (°C)	最大放电电流 (A)	自放电率 (%)	外形尺寸 (mm)	重量 (g)	容量 (Ah)
HPC3R2100	3.2	10	0.5	2	20~150	~1%	27*20*120	100	360
HPC3R2120	3.2	12	0.5	2	20~150	~1%	27*20*120	110	420
HPC3R2200	3.2	20	0.5	2	20~150	~1%	27*20*150	140	610
HPC3R2100	3.2	50	0.5	2	20~150	~1%	36*130*130	1110	1300
HPC3R2450	3.2	45	0.5	2	20~150	~1%	36*130*150	1110	1350
HPC3R2600	3.2	60	0.5	2	20~150	~1%	36*130*185	1110	1700
HPC3R2101	3.2	100	0.5	2	20~150	~1%	60*130*240	1900	2400

2.6 基站电源控制器

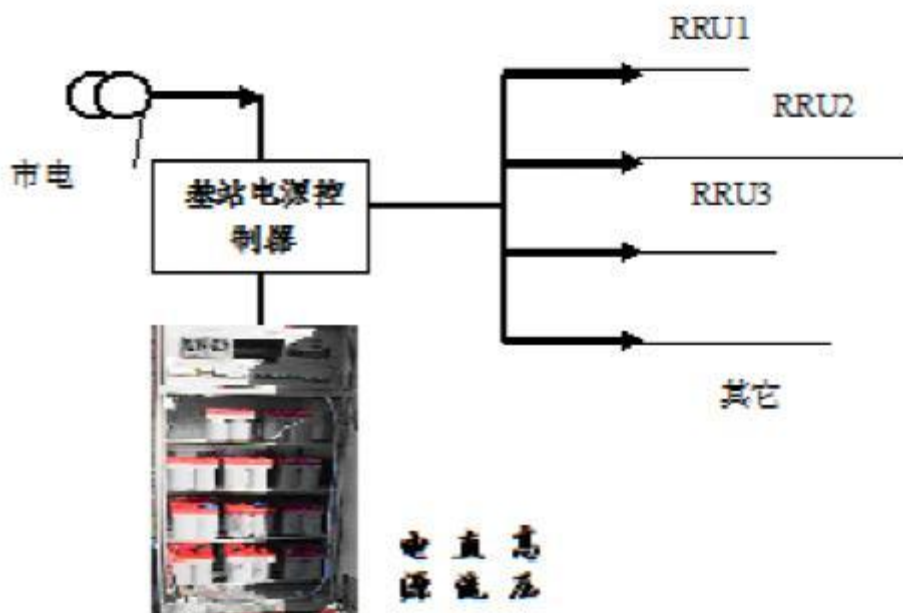
基站电源控制器由新能源控制器、市电计量表、单相整流器、两个双相切换开关、储能器件、多个输出配电支路组成。基站电源控制器可承担三种不同电源

输入，由两个双相切换开关控制对负荷供电，储能器件在新能源供电时起到平滑供电电压作用，起到电源切换时供电作用，起到延长基站供电保证时长等作用，详见下图。



2.7 市(农)电/高压直流拉远互补供电:

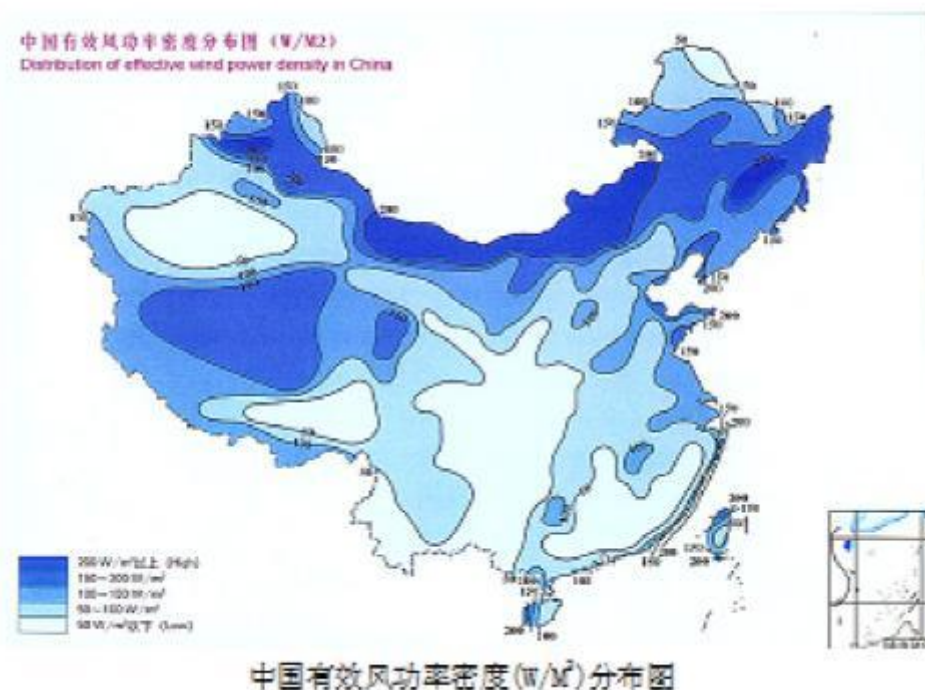
市(农)电/高压直流拉远互补供电系统由二套电源供电，平时由市(农)交流电供电，可以大幅降低拉远供线路损失；用邻近主基站电源系统高压直流拉远电源做备用电源，实现多站集中供电保证。这种供电方式做到了，节电、减少电源设备投资、减少维护工作量、供电可靠性大幅提升。供电系统见下图：



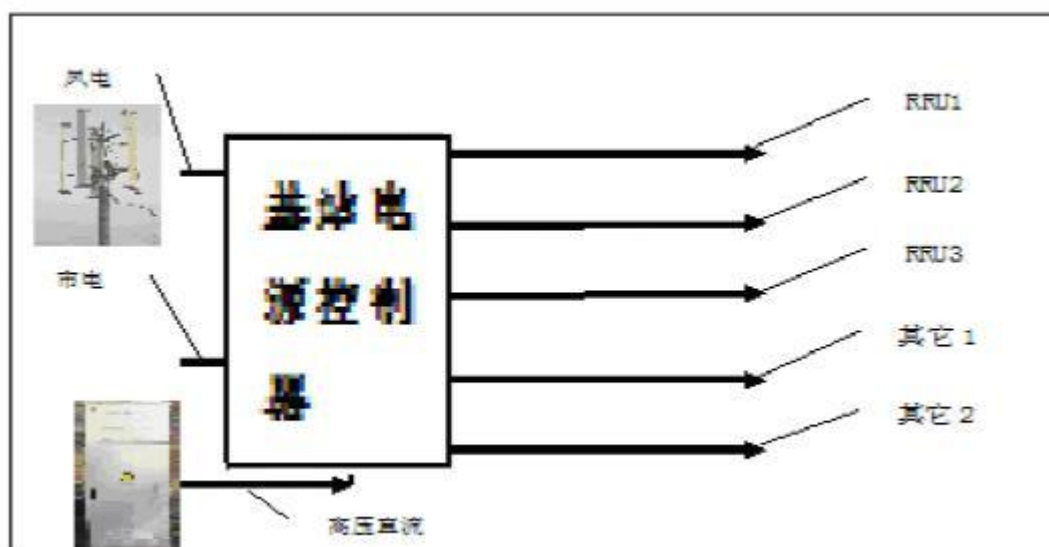
2.8 风电/高压直流拉远互补供电:

我国风能资源丰富，可开发利用的风能储量约 10 亿 kW，其中，陆地上风能储量约 2.53 亿 kW（陆地上离地 10m 高度资料计算），海上可开发和利用的风能储量约 7.5 亿 kW。而 2003 年底全国电力装机约 5.67 亿 kW。大多农村基站座落

在高山和宽阔的平地上，平均塔高在 40 米以上，可以很好的利用风力发电，给基站提供第一套供电电源。根据有关资料研究，下图为地面 10 米的有效风功率密度，每升高 10 米，有效风功率密度增 8%。农村分布式移动通信基站用电量较小，大多在 1KW 以下，为小型离网式风力基站供电提供了广阔空间。

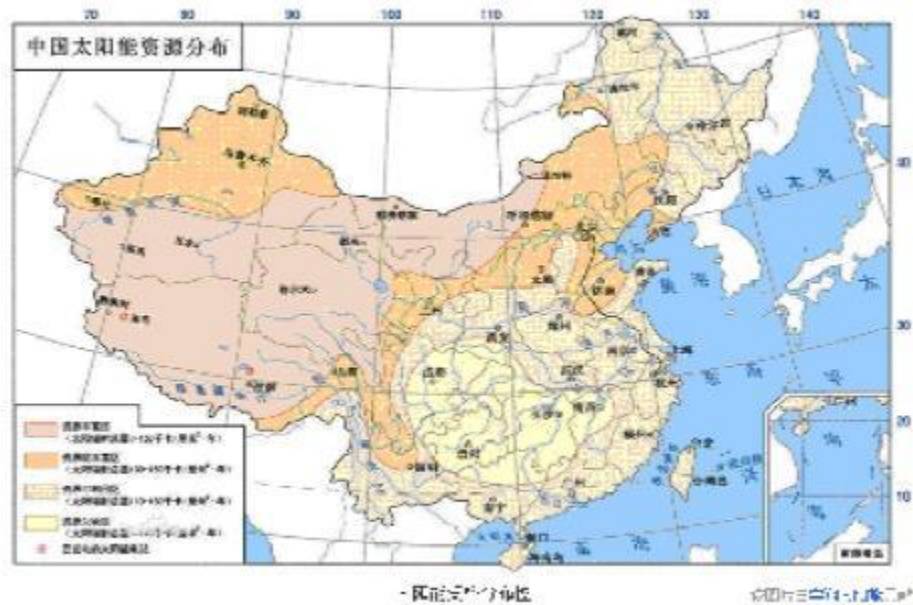


风电/高压直流拉远互补供电系统由风力发电机、储能电容器、市（农）电引入、高压直流拉远供电、风电/市电/高压直流控制器风电、用电负荷等组成，用储能电容器取代铅酸蓄电池进行滤波和电力储存。见下图：

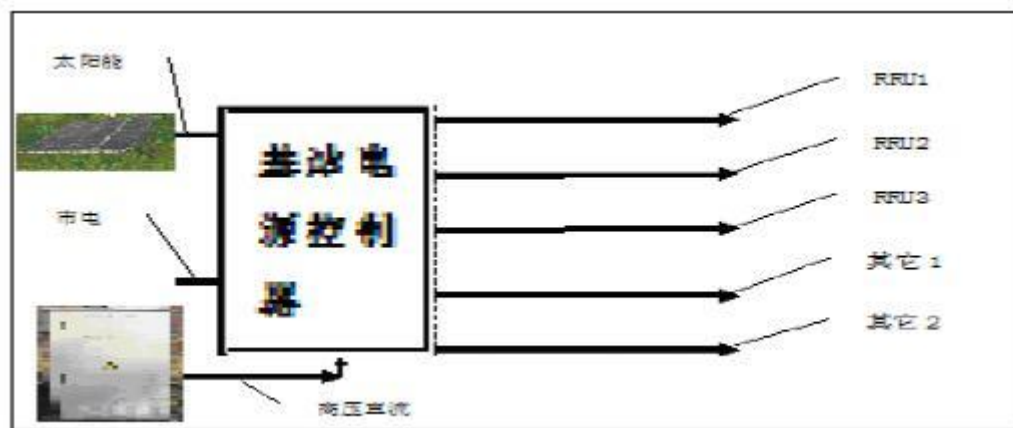


2.9 太阳能/高压直流拉远互补供电：

我国有着十分丰富的太阳能资源。全国各地太阳年辐射总量为 3 340 r-J 8 400MJ/m²，中值为 5 852MJ/m²。从中国太阳年辐射总量的分布来看，西藏、青海、新疆、宁夏南部、甘肃、内蒙古南部、山西北部、陕西北部、辽宁、河北东南部、山东东南部、河南东南部、吉林西部、云南中部和西南部、广东东南部、福建东南部、海南岛东部和西部以及台湾省的西南部等广大地区的太阳辐射总量很大。分布式移动通信基站用电量较小，很适合应用太阳能供电。见下图：

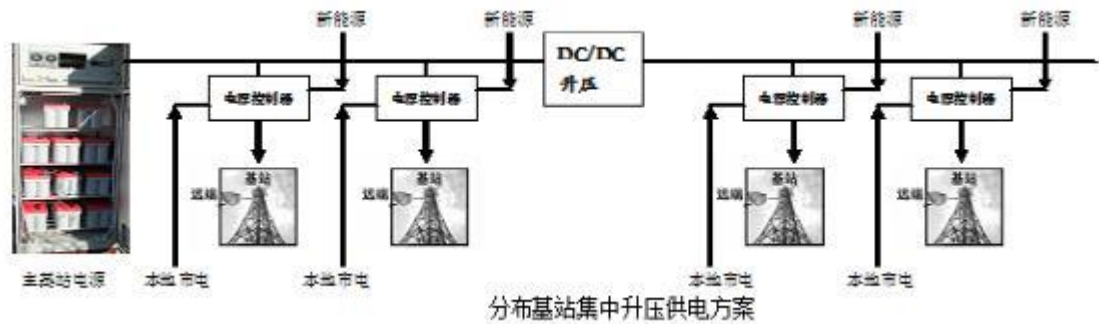


太阳能/高压直流拉远互补供电系统由太阳能电池板、储能电容器、市（农）电引入、高压直流拉远供电、太阳能/市电/高压直流控制器、用电负荷等组成，用储能电容器取代铅酸蓄电池进行滤波和电力储存。见下图：



2.10 DV/DC 升压技术：

采用直流拉远集中后备供电技术，在某些应用场景存在供电线路过长或供电线径小，使线路压降过大，限制该方案的实施。在供电线路中段采用 DC/DC 升压技术，将供电传送距离增加一倍以上。见下图：



3. 分布式移动通信基站供电方案

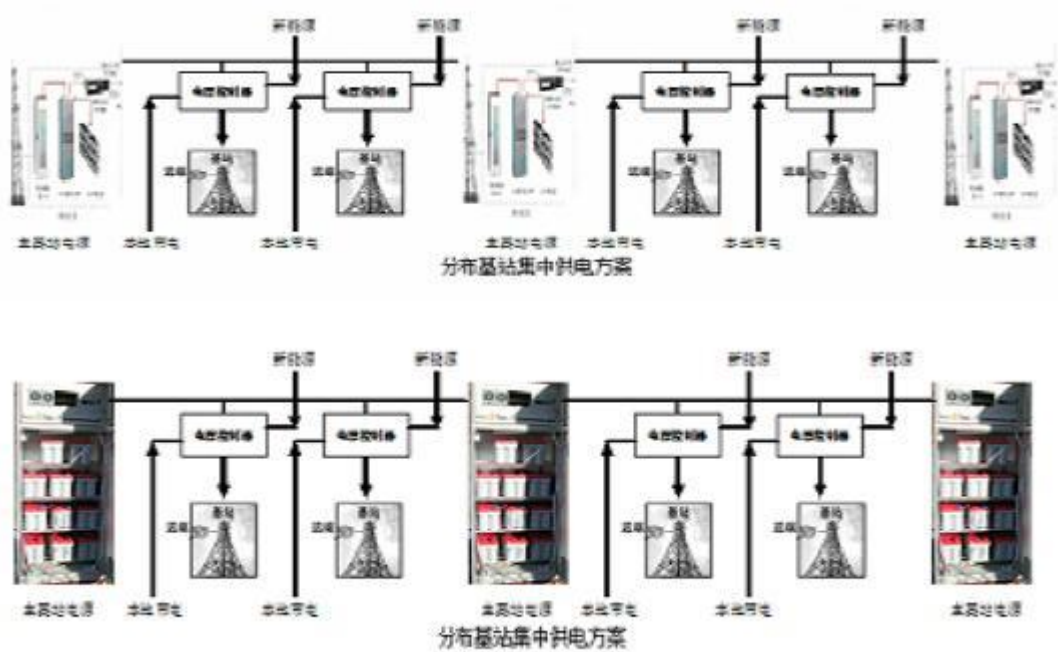
根据基站所处自然环境、场景，以及用电功率等分析，制定出各种供电方案，必将体现出基站供电系统方案的多样性。

3.1. 供电方案设计原则：

分布基站供电方案要遵循通信电源系统运行质量指标的“五性”来设计，即可靠性、可用性、少维性、可节电性、安全性。

3.2. 链形供电方案：

目前直流拉远供电线路与光缆线路同路由，因而分布基站供电可采用链形供电方案，在某段光缆线路中间隔 2~4 处 (6KM 范围内，如超过此距离可加装 DC/DC 升压器) 基站，选取一处维护方便、通信业务较大的机房站作为主备用供电基站，两主备用供电基站间基站作备用受电基站。有条件的备用受电基站由三路电源供电，主供是新能源（风电或太阳能），一备是市（农）电，二备是直流拉远。平时由风电或太阳能供电，当风电或太阳能发电不能满足基站供电需求时，转换到市（农）电，由市（农）电供；当市（农）电停电时，再转换到直流拉远，由直流拉远供电；转换过程由超级电容器保证供电不中断，该控制过程由基站电源控制器完成。见下图：



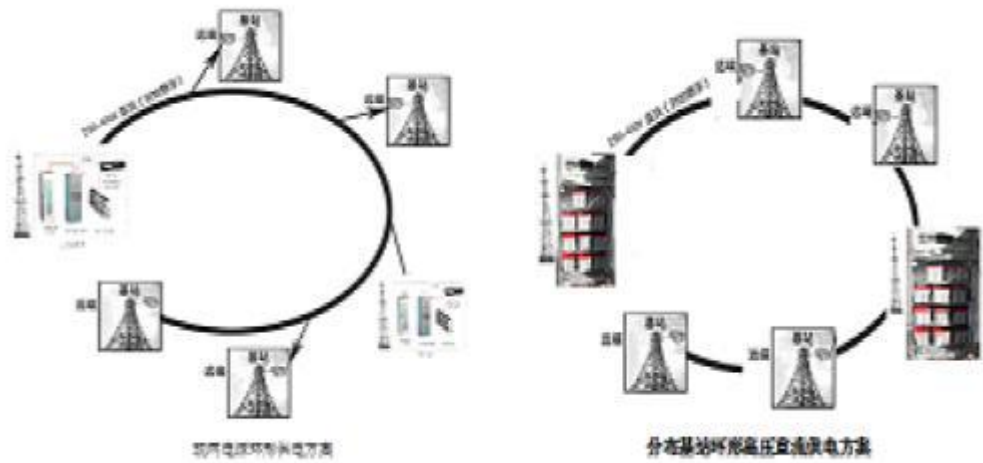
上图是现网基站电源系统组成的改造供电方案，充分利用现有电源设备资源，将其利用率达到最大化。

下图是新建高压直流电源系统组成的供电方案，适用于新建或现网电源更新。

沿链形光缆路由建成链形供电网，将大幅提升分布式基站供电安全。

3.3. 环形供电方案：

为了提升某些基站光缆传输可靠性，在大的传输光缆环中存在许多小的光缆传输环，沿现有光缆传输小环，实施环形供电方案，在某段光缆线路中间隔 2~4 处 (6KM 范围内，如超过此距离可加装 DC/DC 升压器) 基站，选取一处维护方便、通信业务较大的机房站，作为主备用供电基站，两主备用供电基站间基站作备用受电基站。有条件的备用受电基站由三路电源供电，主供是新能源，一备是市(农)电，二备是直流拉远。平时由风电或太阳能供电；当风电或太阳能发电不能满足基站供电需求时，转换到市(农)电，由市(农)电供；当市(农)电停电时，再转换到直流拉远，由直流拉远供电；转换过程由超级电容器保证供电不中断，该控制过程由基站电源控制器完成。见下图：

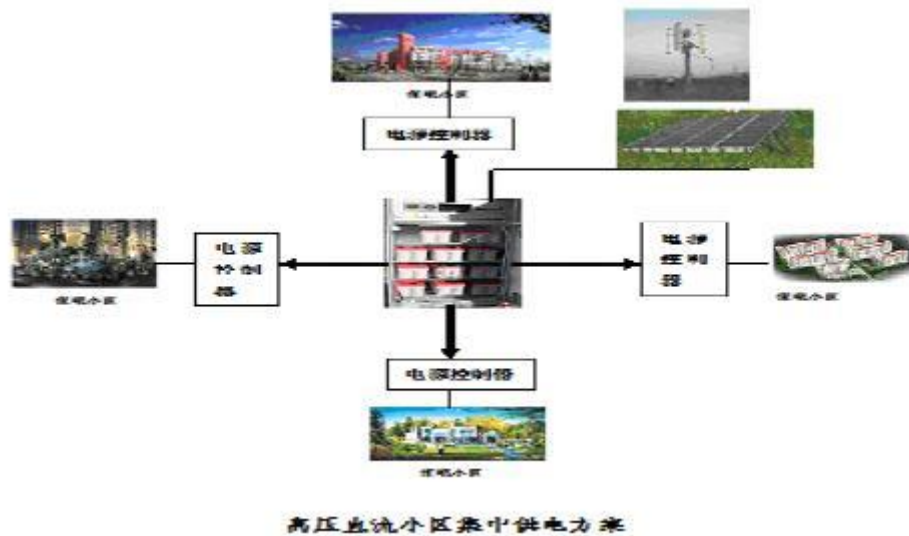


左图是现网基站电源系统组成的改造供电方案，充分利用现有电源设备资源，将其利用率达到最大化。

右图是新建高压直流电源系统组成的供电方案，适用于新建或现网电源更新。沿光缆传输环路建成环形供电网，将大幅提升分布式基站供电安全。

3.6. 楼宇、住宅小区集中供电方案：

在车站、商场、宾馆、居民小区等场所建设基站和无线宽带时，采用住宅小区集中供电方案，见下图：



高压直流电源系统组成的供电方案，适用于新建或现网电源更新。

建成集中供电网，将大幅提升分布式基站供电安全，减少投资，减少维护量。

4. 分布基站新供电系统评估

4.1 技术评估

分布基站新供电系统是高压直流电源技术、高压直流集中远供电技术、新能源基站供电技术及本地市（农）等集成的供电方案，通过基站电源控制器实现对分布基站不间断供电，真实的实现了基站云供电。所涉及的技术都是成熟技术，通过了大量的理论研究和应用实验。工信部和各大电信运营商出台了《技术规范》。在电力传输环境允许条件下，可以组成相对闭合的供电网，有效提升了移动通信供电系统的可靠性、完全性。由于分布基站可室外安装，不用进行环境温度调节，节省了空调或环境节能设备投资，实现了移动通信基站节能最大化。由于移动通信基站减去了环境温度调节用电负荷，使移动通信基站采用新能源为主的供电成为可能，为大量采用新能源打开了空间。分布基站新供电系统的实现，在技术上解决了目前移动通信基站电源维护三大难题，一是大幅减少基站电源系统维护工作量；二是大幅减少电池使用组数，为提高电池维护质量提供了可能；三是多电源联网供电，解除了应急发电之苦。

4.2 经济评估

以中国移动某市级分公司以采用分布基站为例，现有分布基站 980 处，其中，自备电源 860 处，高压直流远供 80 处，本地高压直流供电 6 处，无自备电源站 34 处。将现网基站自备电源 860 处的五分之三改为分布基站新供电系统进行经济分析：

(1) 大量减少现网铅酸蓄电池的用量。

现网基站自备电源 860 处有 48V500AH 电池 1720 组。建设 344 处供电主基站，考虑高压直流远供负荷，每处供电主基站采用 48V500AH，需电池 1032 组即可，减少 48V500AH 电池 688 组，减少投资 1513.60 万元。

(2) 减少基站空调用电或环境节能投资。

现网基站自备电源 860 处有 5P 空调 360 台，3P 空调 500 台。改建为 344 处供电主基站后，由于分布基站热负荷减小，344 处供电主基站采用 3P 空调即可，减少空调 516 台，减少投资 412.80 万元。按每台空调年用电量 7000KWH 计算，可减少用电 3612000KWH，年节约电费 325.08 万元。

(3) 大幅减少供电线路压降损失。

采用以新能源或本地市（农）为主，高压直流远供为辅供电，平均每处分布基站产线损减少 700KWH(以 80W 为例)，516 处分布基站减少线损 361200KWH，节省电费 32.51 万元。

(4) 大量减少应急发电次数。

根据 2013 年应急发电次数统计，该市全年应急发电 360 站次，平均每次应急发电费用(不含人工成本)1000 元，全年应急发电费用 36.00 万元，全年可节省应急发电费用 28.80 万元以上。以每次发电用燃油 30 公升计算，年节油 6480 公升。

(5) 大幅减少基站电源维护量。

由于该分公司地处山区，现有基站 860 处，按每季维护一次计算，每年要进行 3440 次电源维护。改建供电主基站选取地理条件便于维护地区，平时只对 344 处供电主基站进行维护，年电源维护次数为 1376 次。减少基站电源维护量 60%。以每站次维护车辆用油 10 公升计算，年节油 20640 公升，节省油费 15.48 万元。

(6)为大量采用新能源提供了可能。

分布基站用电负荷大多在 1KW 以下，新能源投资大幅减少，回收期缩短，为离网式新能源在基站供电系统普及应用打开了空间。以 1KW 用电负荷分布基站为例，516 处基站年用电量 4520160KWH，如采用新能源供电为 40%，年节电为 1808064KWH，年节省电费 162.73 万元。

860 处分布基站，年节电 5791364KWH，年节油 20640 公升，年节能运营成本 564.6 万元，节省投资 1926.4 万元。

516 处基站	二氧化碳减排(万吨)	二氧化硫减排(万吨)	氮氧化物减排(万吨)
	567.39	17.34	
	粉尘减排(万吨)	节省标准煤(万吨)	8.67
	157.25	231.25	

4.3 社会效益评估

采用分布基站新供电系统，在做到基站节能最大化的同时，可节省燃油 27120 公升，减少铅投放 627.46 吨，还会减少大量的污染物排放，产生极大的社会效益。以中国移动某市级分公司已采用分布基站为例，根据专家统计数据：每节约 1 度(每千瓦)电，就相应节约了 0.4 千克标准煤，折算成排放物——减少排放 0.997 千克二氧化碳、0.272 千克粉尘、0.03 千克二氧化硫、0.015 千克氮氧化物。见下表：

第一作者：

王泽：男 民族：汉族 年龄：61 岁 从事通信电源专业工龄：43 年 专业技能：通信电源技师 曾任吉林移动通信有限公司通化分公司电源维护主管 中国移动通信集团公司电源专业专家 吉林移动通信有限公司电源专业专家组成员。

第二作者：

魏玉清：男，汉族，1973 年出生，大学学历，助理工程师。现任中国移动吉林公司通化市分公司网络部经理。

第三作者：

杨宁：男，汉族，1974年出生，大学学历，助理工程师。现任中国移动吉林公司通化市分公司网络部无线电源管理。