

对推广“家庭直流微电网”的分析

家庭直流微电网的定义：家庭直流微电网就是家庭输电网络采用 36V 到 48V 直流电传送的供电网络，它只限于家庭应用范围，其组成部分有蓄能 输入能源 家用电器三部分。它与公共交流电网通过网关连接，网关只从公共交流电网接受能量，单向传递给家庭直流微电网。其输入能源为太阳能 风能 应急发电机，还有从公共交流电网获取的补充电能。蓄能设备可以是各种蓄电池或者高能电容，通过 36V 至 48V 电压范围之间的高低表示“家庭直流微电网”蓄能的多少，各发电设备和家用电器根据微电网电压高低和各个节点通讯信息决定各自对微电网的电能输入输出策略。

1. 家庭直流微电网可以大幅度提高家用电器寿命。

家用电子电器都含有整流逆变电路，都含有电解电容进行储能滤波。电解电容是电子电器中最易老化衰减的器件，绝大部分电器损坏都是因为电容老化导致控制电路的电源特性变差而致器件损坏。电解电容是家用电子电器的短板，去掉电解电容可以提高家用电子电器寿命 2~5 年，其社会效益非常大。现在我国的家电产值为每年 1.2 万亿元人民币，产品寿命提高 2 年至 5 年，其社会效益是数千亿人民币。

排在第二位容易老化衰减的器件是光耦等光电产品，比如在 DC/DC 电路中进行反馈的器件。而家庭直流微电网采用低压方案，可以不必进行光耦隔离，这样就使电子电器寿命大幅度提高。

整流后储能滤波和 DC/DC 开关电源滤波是不同时间等级上的，50Hz 交流电整流后储能滤波周期是 10ms，而 DC/DC 开关电源频率是几十 KHz，滤波周期几十 us，两者时间（或者截止频率）相差数百倍，因而所用的电容容量不同，相同功率下所需电容容量相差 20 倍左右。DC/DC 开关电源就可以用薄膜电容滤波，薄膜电容衰减性能比电解电容好很多，一般情况下薄膜电容比电解电容寿命长一倍还多，这样 8 到 10 年的电器寿命能延长到 10 到 15 年。

2. 家庭直流微电网可以大幅度提高公共电网的质量。

绝大部分的家用电子电器的电源中使用整流二极管，然后通过电解电容滤波，没有使用 PFC 功率因数校正电路，这时的电流畸变率很高，一般电流畸变率超过 25%。

而采用家庭直流微电网，只需要在与公共电网的交接处采用 PFC 校正电流波形，也就是网关处采用 PF 校正电路，则公共电网输入到家庭的电流呈正弦波，提高了公共电网的质量。

3. 家庭直流微电网可以大幅度减少对公共电网的漏电流。

当交流电网大量采用电力电子器件时，由于高频辐射以及高频传导的因素，会使电网的漏电流很大。传统的家用电子电器的机壳屏蔽连接于公共电网的地线上，那么高频辐射和高频传导的漏电流会通过地线形成回路，漏电流很大。

家庭直流微电网采用低压回路，家用电子电器的屏蔽可以直接接入电源负

极，那么大部分高频辐射和高频传导会通过负极形成回路，高频辐射和高频传导成为电路中的高频负载，只有极少的漏电流通过网关的 Y 电容流入地线，因而可以大幅度减少对公共电网的漏电流。

4. 家庭直流微电网可以减少电击危害性。

交流电网对人存在电击危害性，家庭直流微电网采用 36V~48V 的直流电压，属于安全电压，人体接触对人无危害性。

家庭直流微电网与交流电网采用网关隔离，网关是降压变压器 整流桥 PFC 电流波形校正电路 滤波电路组成，另外还有数据管理功能。

家庭直流微电网在网关处通过 Y 电容与公共电网地线相连。这样家庭直流微电网是一个浮地系统，系统比较安全。

家庭直流微电网的另外输入端是太阳能和风能设备，这两种设备的输入端都要通过 Y 电容和避雷器件接入地线。

家庭直流微电网另外一个输入设备是应急电源，要通过 Y 电容接入接地线。

采取以上措施，可以确保人们在家庭直流微电网上使用家用电器的安全性。

5. 家庭直流微电网可以提高公共电网的稳定性。

家庭直流微电网采用直流储能无逆流方式，就是太阳能和风能储存在蓄电池中，家庭直流微电网对公共交流电网来说只是一个纯负载，家庭直流微电网不向公共电网输送能量，这样就可以提高公共交流电网的稳定性。

对于公共交流电网这样一个系统，如果众多家庭向电网输送能量，每一个向公共交流电网输送能量的节点就相当于一个激励源，在一个系统中激励源太多太强，就会导致系统的稳定性变差，甚至会导致系统崩溃。

家庭直流微电网只向公共电网吸收能量，不向电网输送能量，这就会提高公共交流电网系统的稳定性。

6. 家庭直流微电网可以对公共电网的瞬时能量要求。

在家用电器中有不少电机负载，这类负载在接入交流电网时有一个特性，就是在电机启动时需要较大的瞬时电流，瞬时电流是额定电流的 6~8 倍。

在公共交流电网中，采用的是放大电网负载余量的方式，就是从发电机功率到输电线路的配电能力都设计成额定使用功率的数倍，来满足电机类负载的启动电流要求，

假如在直流微电网中采用高能电容来解决瞬时功率需求，经济上非常不合算，并且使电源的电力电子器件成本大幅度提高。

较好的解决方案是在家庭直流微电网采用电子电机，比如变频电机 直流无刷电机 永磁同步电机（PMSM） 磁阻开关电机 双凸极电机等，其起动电流等同于运行电流，可以不需要额外瞬时起动功率。

7. 家庭直流微电网可以大幅度提高家用电子电器 DC/DC 电源效率

家用电子电器采用 220Vac 交流输入，整流后高压变低压的 DC/DC 的效率一般在 70%~80%之间，而低压 36V~48Vdc 电源直接变换的 DC/DC 的效率一般在 93%~95%，电源使用效率大幅度提高。

8. 家庭直流微电网可以降低家用电子电器的 DC/DC 电源成本。

一般高压功率电力电子器件的制造难度高于低压电力电子器件，在相同的功率指标下，低压 48Vdc 使用等级的电子器件价格是高压 220Vac 使用等级的电子器件价格的一半。

9. 家庭直流微电网可以大幅度提高小功率电机的效率。

传统家用电器的采用交流罩极电机和交流分马力电机效率很低，罩极电机的效率在 20%~30%之间，类似于抽油烟机的 50W 单相分马力电机的效率为 50%左右，风扇电机效率也很低，在 40%~50%左右。

现在国外一些国家已经立法禁止使用这一类低效电机，比如欧洲国家和美国都已经明确立法，必须使用高效电子电机。

高效电子电机比如无刷电机和永磁同步电机的效率可以做到 80%以上，比分马力电机和罩极电机效率提高非常多。

10. 家庭直流微电网可以减少电机的体积。

家庭直流微电网是低压电网，低压电机相对于高压电机而言可以减少电机体积。高压电机和低压电机在相同的电流密度和磁场密度下，输出相同的功率，但低压电机的槽绝缘要求低，可以使用比较薄的绝缘材料，这样电机内部铜耗散热就比较好，温升就低。反过来看，相同温升要求下，低压电机比高压电机体积小。

11. 家庭直流微电网可以显著减少照明成本

照明趋势是 LED 灯，它有高效寿命长的特点，也有低压的特点。使用交流电供电，需要 AC/DC 转换成低压，效率低，由 AC/DC 电源模块发热，限制了 LED 灯的发展。

家庭直流微电网采用 36V~48V 的电源供电，可以直接将几个 LED 接入电源，进行恒流控制，成本非常低，也减少了器件发热，使 LED 灯寿命大幅度延长。

12. 家庭直流微电网可以直接集成智能家居系统。

家庭直流微电网可以方便地通过电力线传输 PLC 和无线网络组合成智能家居系统。

家庭直流微电网网关起到智能家居主站作用，太阳能风能变换器实时将电流功率状态等信息发给网关主站，网关而空调 冰箱等用电电器也将使用的电流功率状态等信息发给网关主站，由主站根据电池蓄能，计算出合理调度策略，决定何时从电网补充能量，何时启动备用发电机。

13. 家庭直流微电网可以提高空调制冷效果

直流微电网使用的直流空调可以变频，与现有变频空调不同的是电压和电流。变频空调可以节电 30%~50%，所以 1KW 直流微电网变频空调可以媲美与 1.8KW

的普通空调。

空调设计时，在压缩机功率确定后，冷凝器和蒸发器的面积越大，制冷效果越好，效率越高。反过来思考，假如冷凝器和蒸发器面积一定，压缩机功率越小效率越高，这就是变频空调节能的原理。因此在家庭直流微电网采用变频空调后可以明显节能。同样的制冷效果，与普通空调相比，可以使用功率比较低的压缩机。

14. 家庭直流微电网可以高效利用太阳能

大部分家中都有空调，夏天当太阳照射时间长时，太阳能发电最多，此时也是最需要制冷的时间，太阳能与变频空调结合利益较大。

15. 家庭直流微电网可以大幅度降低用电电费

太阳能和风能是绿色能源，可以节省一大部分电费。

利用蓄电池蓄能，可以优化网关的补充能量策略，利用晚上电价低的时间补充能量，也就是利用晚上电价低的时间充电，在白天电价高的时间用，可以节省一部分电费。

16. 家庭直流微电网可以利用云计算和大数据优化补充电能策略

家庭直流微电网可以利用网关的主站功能与云计算以及大数据库连接，实时得到天气预报信息，及时调整电能调度策略。

云计算和大数据需要底层设备层提供数据，而家庭直流微电网作为一个节点向云计算提供底层设备层数据效率较高，比单个设备分别提供的数据全面。

没有底层设备层数据支持的云计算和大数据只是空中楼阁，只有建立在底层设备层的数据支持上，上层的大数据才能有充足的数据信息进行智能云计算。

应该对家庭直流微电网的设备的底层数据格式制定国家标准，避免以前工业网略个个利益体各自定义一套通讯协议，个个协议互不兼容的弊端。

在国家标准中，在底层设备代码 功能定义 文档格式应该统一，如同微软文档一样，具有可扩展性，这样就可以提高云计算和大数据的互相利用性。

17. 家庭直流微电网中的蓄能设备可以采用低成本方案。

蓄能设备可以选铅酸蓄电池，锂电池，钠硫电池 高能电容等。由于不需要瞬时大电流的快速响应，家庭直流微电网可以选用低成本的铅酸电池，建网成本较低。现在 48V 300AH 的蓄电池成本在 4000 元左右。

18. 家庭直流微电网的应急电源可以采用热电联产的燃气涡轮发电机。

家庭直流微电网应配备应急发电机，应急发电机的种类有微型汽油活塞式，微型汽油活塞式数码发电机 燃料电池 燃气涡轮发电机。

微型汽油活塞式发电机效率只有 30%多，微型汽油活塞式数码发电机效率能达到 40%，它们两者的区别是前者通过控制转速和励磁达到电压和频率的调节，这样发动机就不能工作在最大效率点上。后者数码发电机是发动机工作在最大效率点上，发电机通过整流逆变再输出，这样发电机效率稍高一些。

燃料电池热电联产，转化效率高，但价格太高，用户难以承受。

燃气涡轮发电机是较理想的应急备用电源。

首先它效率较高，发电效率可以达到 30%~40%，热电联产效率可以达到 70%~80%，用户在它发电的同时可以使用它辅助产生的热水。

第二它燃料广泛，可以使用汽油 柴油 天然气 煤气 页岩气 沼气等，虽然它们在不同燃料下发电效率不同，但总比使用单一燃料的活塞式动力好。

第三是燃气涡轮发电机零件少，结构简单，燃气涡轮机只是活塞式动力机零件的五分之一，但燃气涡轮机的零件耐热要求高。

第四是燃气涡轮发电机的体积小，体积只有活塞式发电机的三分之一。由于输出轴工作在十几万转的状态下，电机体积也非常小。

由于燃气涡轮发电机体积小，美国常用其于军事装备，日本也有研制，我们国家应该加大其研究力度。

19. 家庭直流微电网可以利用较小的网关功率形成较大功率的微电网能力

在家庭直流微电网中，太阳能 风能 备用发电机 网关形成向家庭直流微电网输入能量的通道，蓄电池是蓄能环节，各个用电电器消费电能。

可以考虑这样的系统，在这个系统中，选用 10 块太阳能板，形成 2KW 的发电能力，风能也能形成 1KW~2KW 的发电能力，备用应急发电机也能形成 1KW~2KW 的发电能力，网关只需要 1KW~2KW 的补充能量，就能形成最大 5KW 左右用电的家庭直流微电网。这中配置能满足绝大多数家庭需要。

20. 家庭直流微电网可以大幅度减少发电设备的造价

由于输出为直流电，太阳能 DC/DC 风电 DC/DC, 应急电源的 DC/DC 以及网关的 DC/DC，只需要单个功率管就可以完成相应的转换，不需要四个功率管的 H 桥电路，四种电能输入设备的成本大幅度降低。

21. 家庭直流微电网的布线更加简单。

由于家庭直流微电网可以方便地与蓝牙 WIFI 等无线技术结合，可以方便地使用 PLC 电力线传送数据，家庭电网布线时，如同风扇 灯光控制可以不采用开关方式，而采用遥控方式，这一类电器电缆布线时就只需要将直流电线接到用电电器即可，不需要将电器的控制线再拉出来接到开关上。

比如风扇，传统风扇转速高，风速高，吹到人身上很不舒服，并且容易得病，低速大风量风扇的交流电机体积很大。在家庭直流微电网中，采用集中绕组的永磁同步电机，将电机驱动和 PLC 数据传送以及无线遥控结合成一体，其电机体积可以做的非常小，做到低转速 大风量。

22. 家庭直流微电网可以提高抵抗战争的能力

我们不希望战争，但战争不会因为不喜欢而不来。一旦发生战争，敌对势力破坏了我们的发电厂和配电网，广大民众就会因为缺电缺水陷入困境。

家庭直流微电网可以避免这个问题，在电网故障时，太阳能 风能 应急发

电设备 储存在蓄电池的电能，就会保障民众生活下去。

所以发展家庭直流微电网应该是关系国家民族命运的战略抉择。

23. 家庭直流微电网与房车的发展互相促进。

房车的发展至关重要，一旦发生战争，东部民众就可以利用房车撤离到西部山区，并利用风能 太阳能 携带的粮食生活 6 至 12 各月。

房车应该配备太阳能 风能 应急发电机 等发电设备以及日常用电设备，这根家庭直流微电网的设备要求基本一致。

房车会成为生活在城市的人的需求，高节奏的工作，需要假日开着房车到自然山区去休闲放松。

24. 燃气涡轮发电机的优点

燃气涡轮发电机只有一个转动部件，没有齿轮，不需要油泵；不需要冷却液；可以使用多种燃料；低噪音没有振动；重量相对比较轻，是活塞式发电机的 $1/3 \sim 1/4$ ；非常低的碳排放，能达到 9ppm；可以热电联产，总和利用效率高，低功率燃气涡轮发电机的总能效比超过 70%，中功率燃气涡轮发电机总能效比超过 80%，超大功率燃气涡轮发电机总能效比接近 90%。

25. 我国的微型燃气涡轮发电机的研究

我国应该加大 高效换热器 高效燃烧室 空气轴承 调节控制系统 耐热发电机 高频整流逆变器的研究，这样应用于家庭发电，可以用汽油 柴油化石能源发电，也可以用沼气 页岩气 天然气等发电，既可以发电，又可以产生热水供应家庭使用，热效率高。

现在美国已有微型燃气涡轮发电机用于军用，也有小型燃气涡轮发电机投放于市场。我们在这一领域的研究还很不足。

建议：

1. 对家庭直流微电网进行标准化工作，制定接插座接头等国家标准。
2. 对新建建筑强制立法规定必须配备两套电网系统，一套交流电网，一套家庭直流微电网。这样就可以利用 10 年左右的时间，利用直流家电和交流家电的竞争淘汰，会自然过渡到“家庭直流微电网”上。现在的家电可以继续使用，不会给社会资源造成浪费，也不需要政府的大量财政补贴。
3. 加大对微型和小型燃气涡轮发电机的研发投入。

綦学尧

2014 年 12 月 4 日