

# 基于用户满意度的智能配电网模式探讨

## A Probe on the Patterns of Smart Distribution Systems Based on Customer Satisfaction

王少荣 程兰芬 谢睿 姚伟

(华中科技大学电气与电子工程学院)

2011年7月21日

# 主要内容

一、背景

二、用户满意度测评体系

三、影响用户满意度的若干关键技术

四、基于用户满意度的智能配电网模式

五、结论

# 一、背景

## 1、发展智能电网的驱动力(**driving force**)

(1) 化石能源面临枯竭和生存环境不断恶化的双重压力，迫使人类开发可再生能源，并高效综合利用资源。

(被动的 *passive*)

(2) 电力公司和用户双赢(**a win-win situation**)。

(主动的 *active*)

## 2、发展智能电网参与者的目标

### (1) 政府目标

改善经济社会发展条件，解决能源和环境问题；

(行政指令 *administrative instructions*、  
政策引导 *policy guidance* 等)

### (2) 电力公司目标

承担社会责任、提高企业的经济效益；

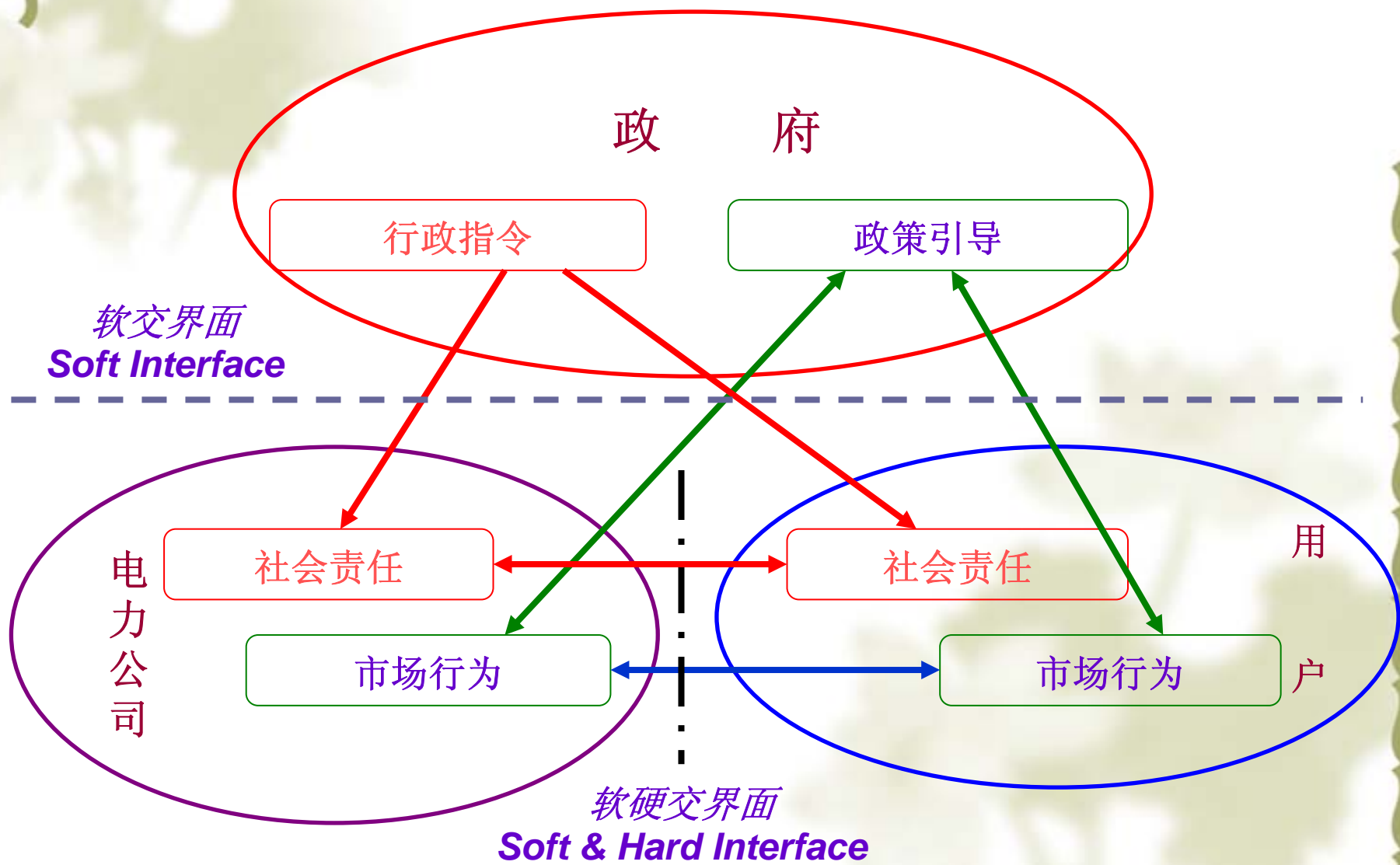
(执行政府指令、市场行为 *market behaviors*)

### (3) 用户目标

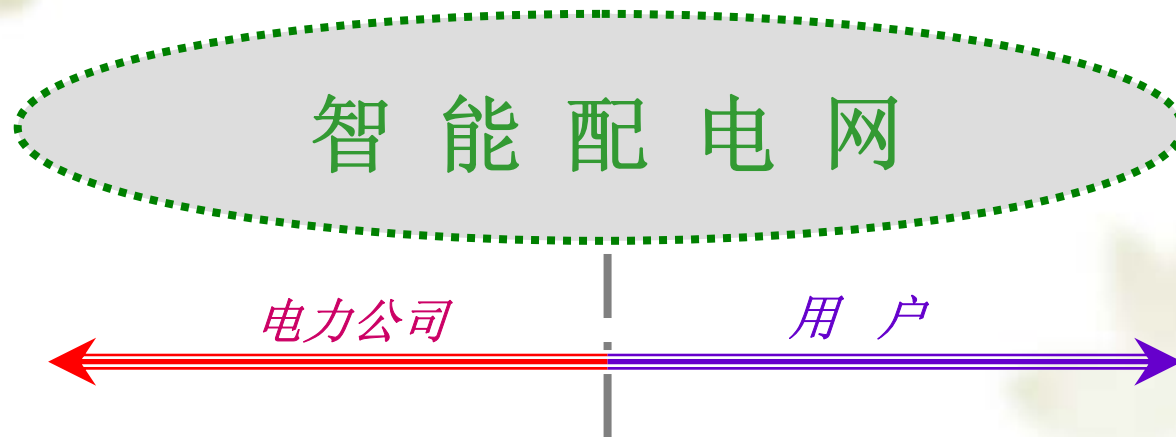
承担社会责任、节省开支（包括增加收入）。

(执行政府指令、市场行为)

### 3、发展智能电网参与者的行为关系



## 4、电力公司和用户的界面



软界面：签订的合作协议等  
硬界面：配电网的产权分界面

## 5、问题提出

在智能电网条件下，用户不仅是电能的消费者，同时也是电能的供应者，智能配电网将成为电力公司和用户营运的共同平台。

用户更加关注配电网的功能与性能以及相关服务的内容和质量是一种必然趋势！

所以，基于用户满意度的智能配电网模式是一个值得研究的课题。

# 主要内容

一、背景

二、用户满意度测评体系

三、影响用户满意度的若干关键技术

四、基于用户满意度的智能配电网模式

五、结论



## 二、用户满意度测评体系

### 1、用户满意度和用户满意度指数

#### (1) 用户满意度

**定义：**用户接受产品和服务的实际感受与其期望值比较的程度。

此定义既体现了用户满意的程度，也反映出企业提供的产品或服务满足用户需求的成效。

#### (2) 用户满意度指数

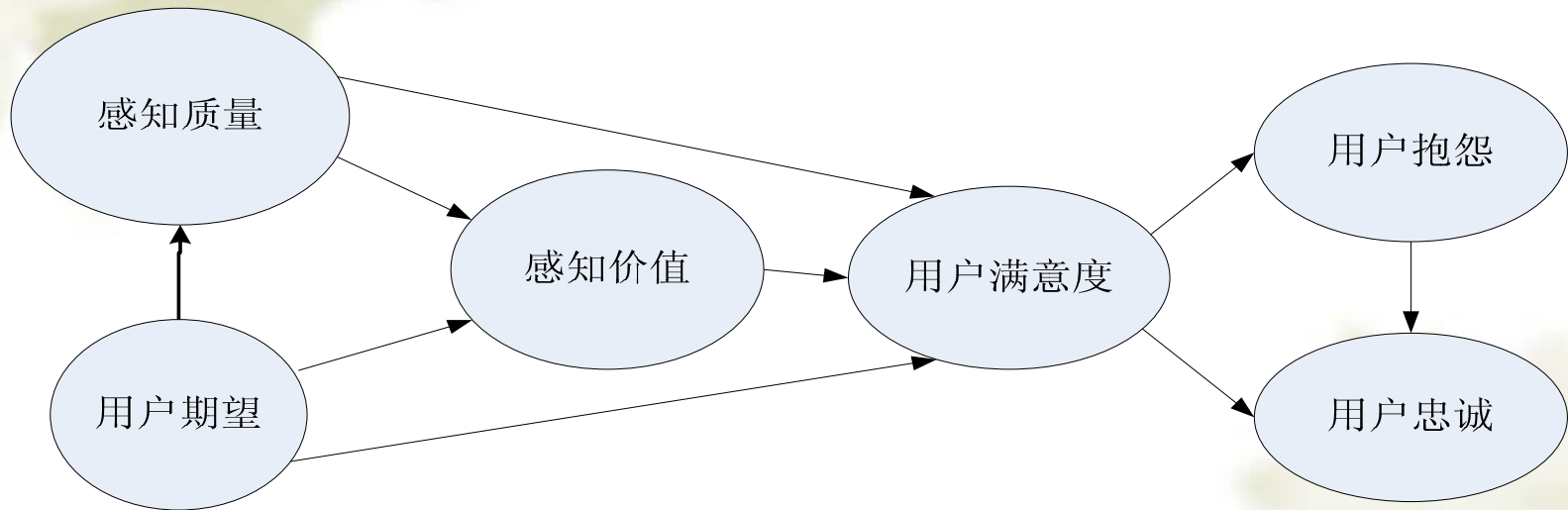
根据用户对所采购产品和接受服务的满意程度，得出对产品和服务质量的评价数值。

## 2、用户满意度指数模型

### (1) ACSI模型简介

美国用户满意度指数模型 (ACSI, American Customer Satisfaction Index) 是一种衡量经济产出质量的宏观指标，是以产品和服务消费的过程为基础，对用户满意度水平的综合评价指数。是目前体系最完整、应用效果最好的一个用户满意度理论模型。

## (2) ACSI模型结构



ACSI模型结构框图

最终目标变量：用户满意度

原因变量：预期质量、感知质量、感知价值

结果变量：用户抱怨、用户忠诚

### (3) ACSI的基本函数关系

$$ACSI = \frac{(s_1 - s_{LL})w_1 + (s_2 - s_{LL})w_2 + \dots + (s_n - s_{LL})w_n}{s_{UL} - s_{LL}} \times 100$$

$s_i$  -  $i$ 子项或分项的用户评分值；

$s_{UL}$  - 子项或分项评分上限；

$s_{LL}$  - 子项或分项评分下限；

$w_i$  -  $i$ 子项或分项的权重；

$ACSI$  - 分项或总体的用户满意度指数，百分制。

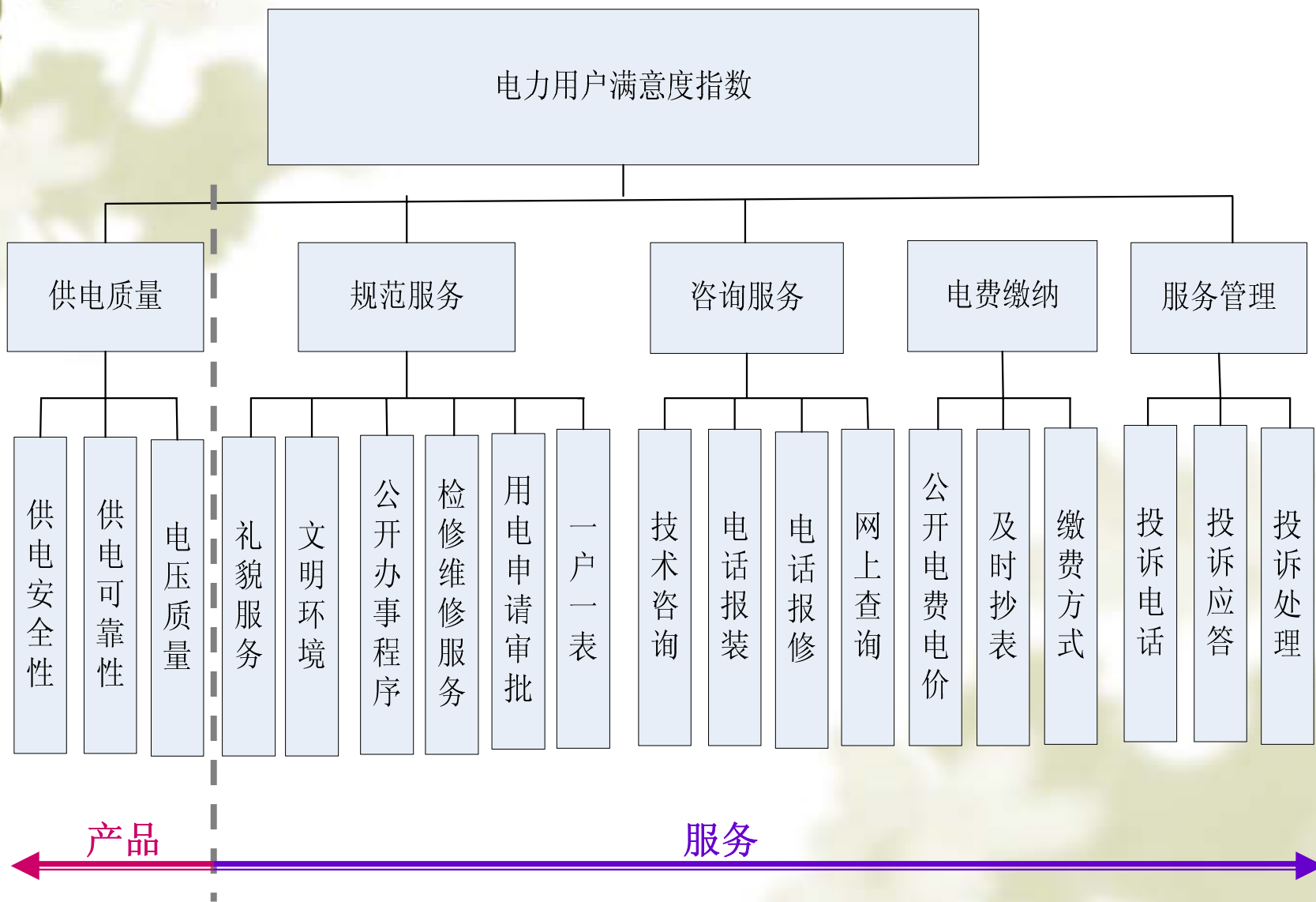
### 3、传统电力系统的用户满意度指数测评体系

#### (1) 测评体系介绍

借鉴美国用户满意度指数模型，运用层次分析法的思想建立用户满意度指数测评体系。

传统电力系统用户的满意度指数测评体系模型可分为三个层次：

- ①第三层为电力行业总的用户满意度指数；
- ②第二层是从需要测评的角度出发确定的5个分项；
- ③第一层为用户满意度指数测评的19个基础子项，它们是设计问卷调查表的基础。



传统电力系统的用户满意度指数测评体系示例

## (2) 用户满意度指数测算

**第一步：**采用问卷调查法采集各个基础子项的用户评分值、各个基础子项对相应分项的权重和各个分项对总体用户满意度指数的权重；

**第二步：**采用平均值法求取各个子项评分值和各个权重的平均值；

**第三步：**采用加权平均法求取各个分项的用户满意度指数和总体的用户满意度指数。

## 4、智能配电网的用户满意度指数测评要素

目前，智能配电网模式正处于快速发展之中，构建其完整的用户满意度评价体系难度较大，也是一个需要研究的新课题。因此，这里仅对智能配电网用户满意度测评的要素进行简要分析和探讨。



在智能电网条件下，用户不仅是电能的消费者，同时也是电能的生产者和经营者。可将用户分为以下4种：

第一种：单纯电能消费用户；

第二种：电能消费且装有储能装置的用户；

第三种：电能消费且装有发电装置的用户；

第四种：电能消费且装有储能装置和发电装置的用户。

上述4种用户对智能配电网及其服务的期望将有所不同。

## (1) 单纯电能消费类用户的可能期望

- ① 供电安全性：对用户的用电设备和网络是安全的；
- ② 供电能力：在协议的供电容量范围内，用电功率（包括有功和无功）和电量不受限制；
- ③ 供电可靠性：供电可靠率达到协议要求；
- ④ 电压质量：电压偏移和电压波形达到相应标准；
- ⑤ 电价：用电价格低廉；
- ⑥ 服务：双向信息畅通，服务项目全面且可选。

## (2) 装有储能装置用户的可能期望

- ① 网络安全性：对用户的用电设备、储能装置和网络是安全的；
- ② 功率和电能交换能力：在协议的交换容量范围内，交换功率（包括有功和无功）和电量不受限制；
- ③ 网络可靠性：网络可靠性达到协议要求；
- ④ 电压质量：电压偏移和电压波形达到相应标准；
- ⑤ 电价：用电价格低廉，峰谷电价差距明显；
- ⑥ 服务：双向信息畅通，服务项目全面且可选。

### (3) 装有发电装置用户的可能期望

- ① 网络安全性：对用户的用电设备、发电设备和网络是安全的；
- ② 供电能力和分布式发电接入能力：在协议的供电和受电容量范围内，供受电功率和电量不受限制；
- ③ 网络可靠性：网络可靠性达到协议要求；
- ④ 电压质量：电压偏移和电压波形达到相应标准；
- ⑤ 电价：用电价格低廉，收购电价高；
- ⑥ 服务：双向信息畅通，服务项目全面且可选。

#### (4) 装有储能装置和发电装置用户的可能期望

- ① 网络安全性：对用户的用电设备、发电设备、储能装置和网络是安全的；
- ② 功率和能量交换能力以及分布式发电接入能力：在协议的交换容量和受电容量范围内，交换功率和电量以及受电功率和电量不受限制；
- ③ 网络可靠性：网络可靠性达到协议要求；
- ④ 电压质量：电压偏移和电压波形达到相应标准；
- ⑤ 电价：用电价格低廉，收购电价高，且峰谷电价差距明显；
- ⑥ 服务：双向信息畅通，服务项目全面且可选。

# 主要内容

一、背景

二、用户满意度测评体系

三、影响用户满意度的若干关键技术

四、基于用户满意度的智能配电网模式

五、结论

### 三、影响用户满意度的若干关键技术

从前面智能配电网用户满意度测评要素分析可知，用户满意度与以下关键技术密切相关：

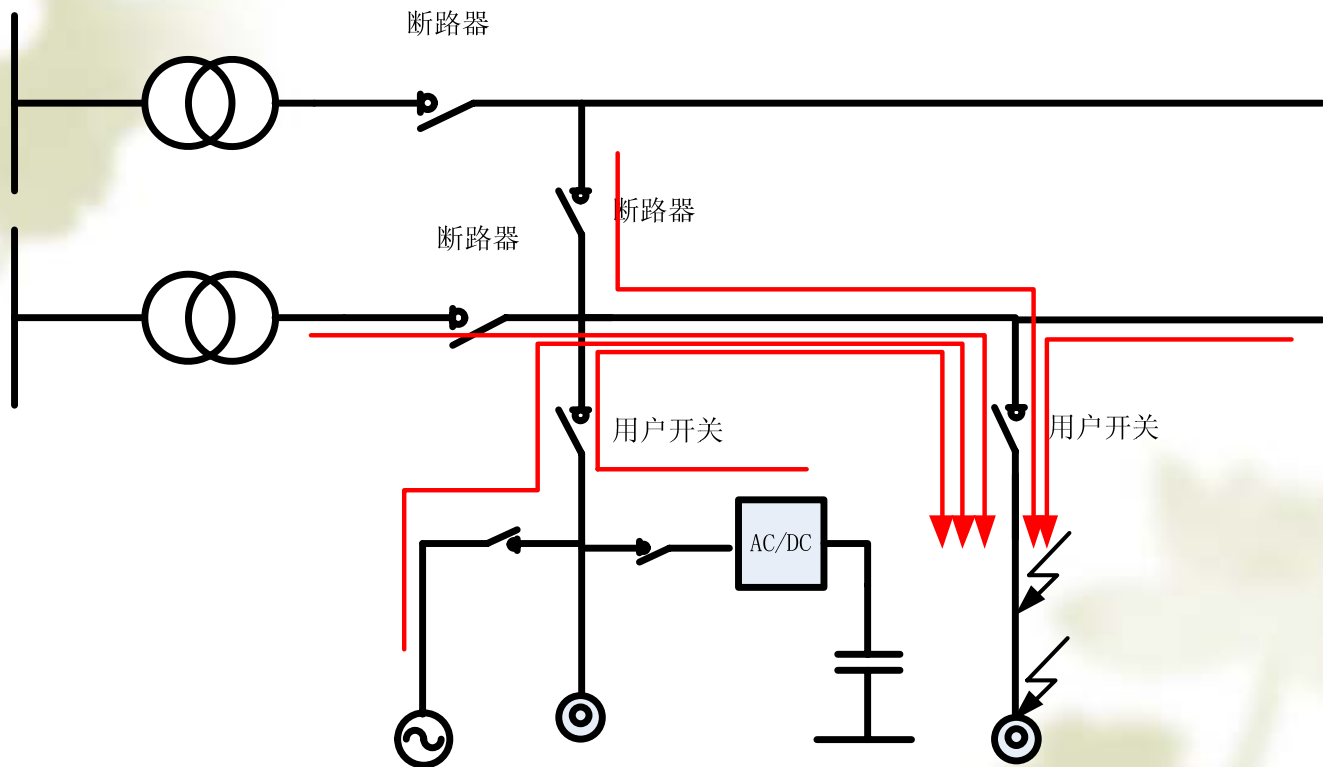
- 保证用户设备接入和用户网络安全的技术
- 保证用户功率顺利交换的技术
- 提高配电网网络可靠性的技术
- 电压质量控制技术
- 提高服务质量的支撑技术

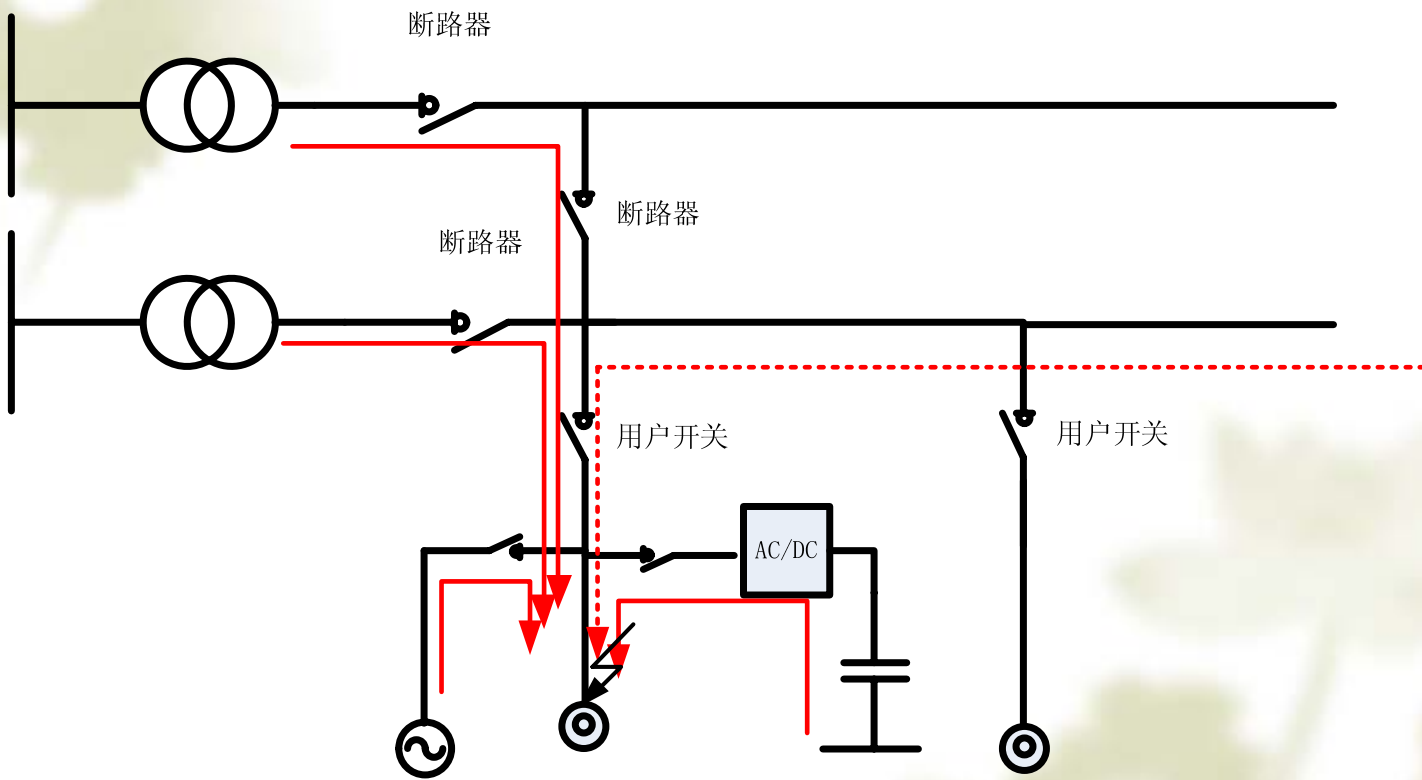
# 1、保证用户设备接入和用户网络安全的技术

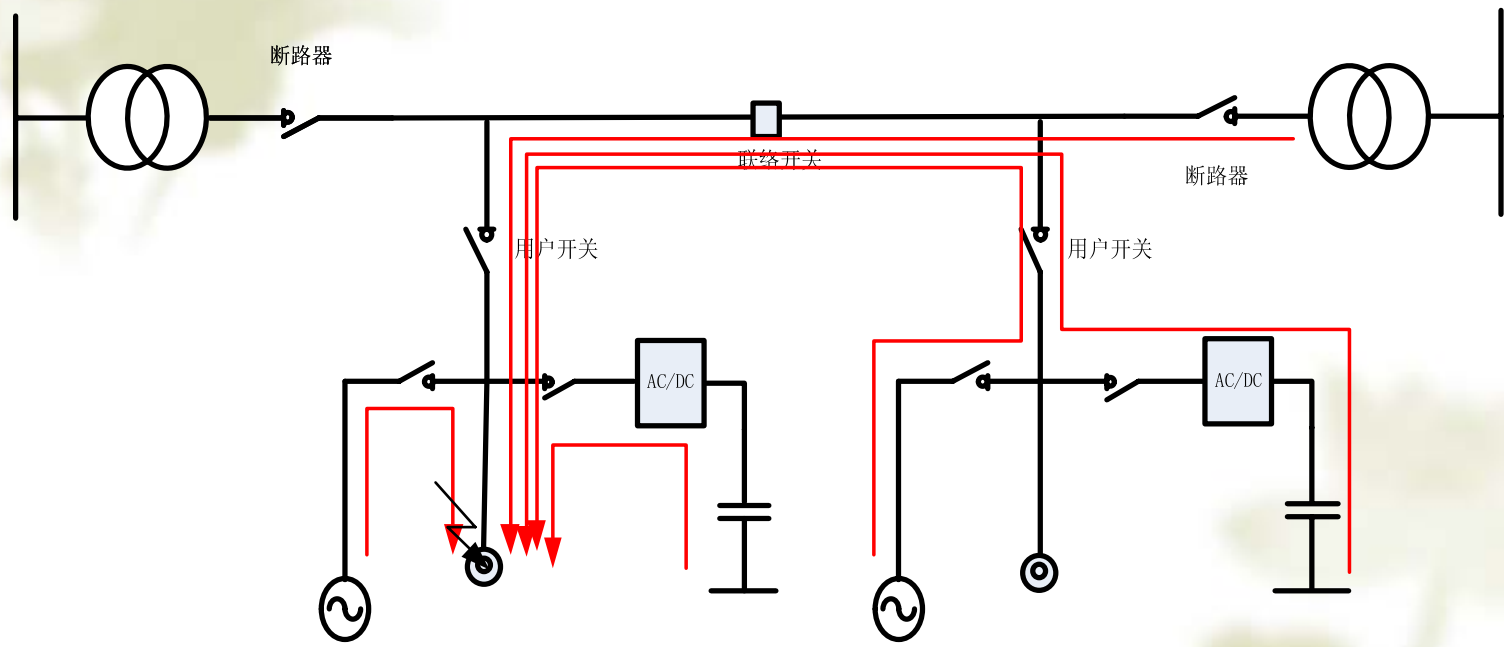
## (1) 短路电流的潜在威胁

随着用户分布式发电系统和储能装置的接入，流过用户网络或设备的短路电流将会增大，且可能随运行方式的变化而在大范围变化。这对用户的设备和网络增加了危险性，同时也大大增加了保护整定和开关装置选型的难度。









断路器

联络开关

断路器

用户开关

用户开关

AC/DC

AC/DC

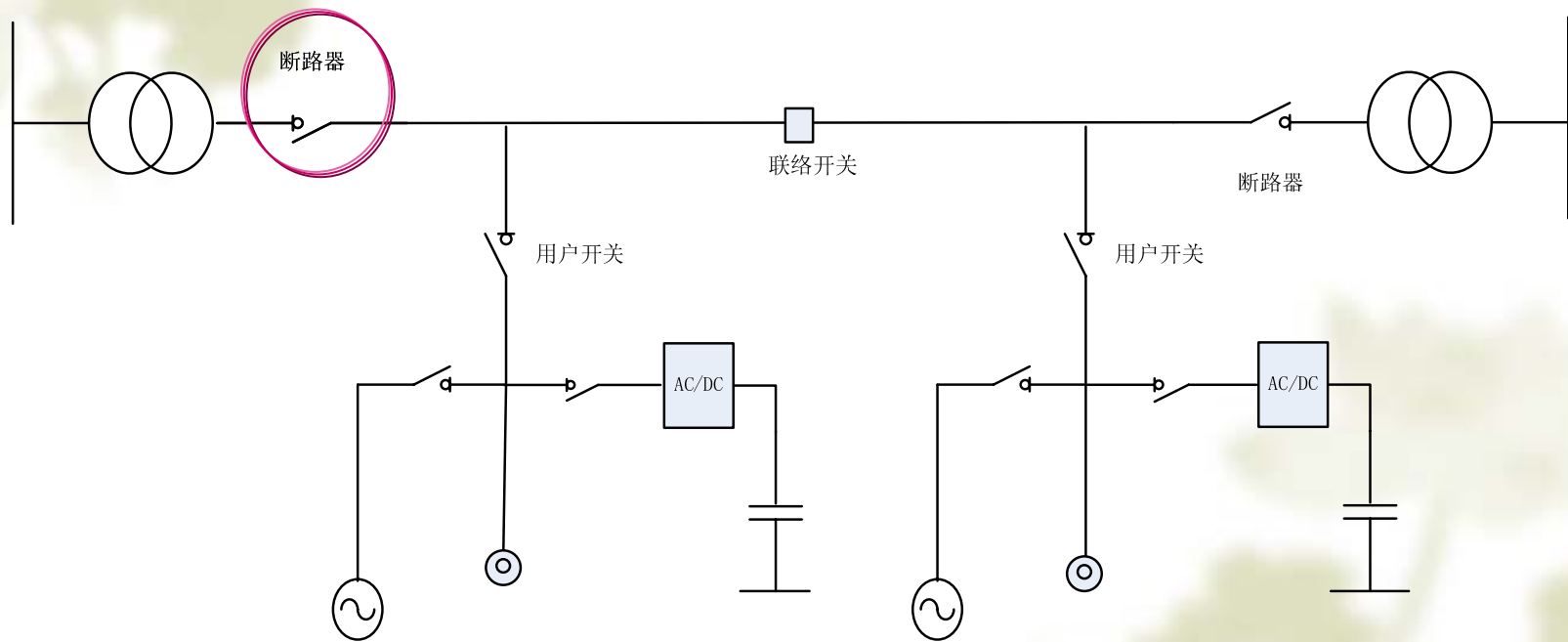
2

2

## (2) 异常电压和异常频率的潜在威胁

在有用户分布式发电系统和储能装置的接入情况下，如果主电源故障切除，用户接入的网络电压可能出现异常升高，从而对用户设备造成危险；频率的异常也会对用户设备造成危险。

是否愿意花费与输电网同样的代价来抑制电压和频率异常呢？



## 2、保证用户功率顺利交换的技术

满足配电网最大功率交换和配电网投资是一对矛盾。最大功率交换能力取决于：

可再生能源发电最大出力 + 储能装置的最大输出 - 最小用电负荷？

可是配电网最大负荷利用小时呢？

### 3、提高配电网可靠性的技术

有关案例分析表明：配电网中预安排停电高达80%。快速清除故障并恢复供电固然是关键，从网络结构考虑，在不停电的情况下，灵活简单的功率交换通路重建更为重要。

## 4、电压质量控制技术

将用户发电系统接入配电网后，呈现出和输电网类似的特性，是否愿意采用输电网同样的代价来抑制电压偏移呢？

保障配电网电压波形光滑的任务是艰巨的！  
如何抑制动态电压的变化幅度？如何滤除谐波？



## 5、提高服务质量的支撑技术

关键要解决下面三个问题：

- 畅通的双向通信系统
- 功能强大的信息服务平台
- 多功能的用户监控终端

# 主要内容

一、背景

二、用户满意度测评体系

三、影响用户满意度的若干关键技术

四、基于用户满意度的智能配电网模式

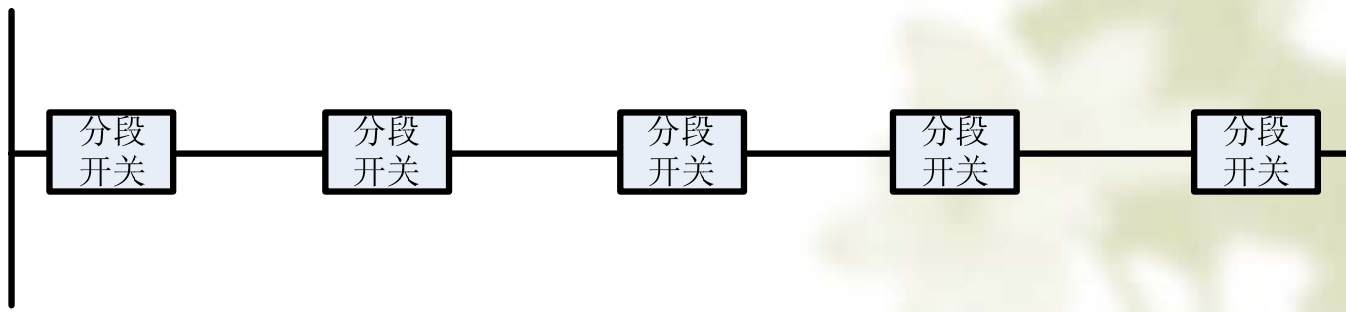
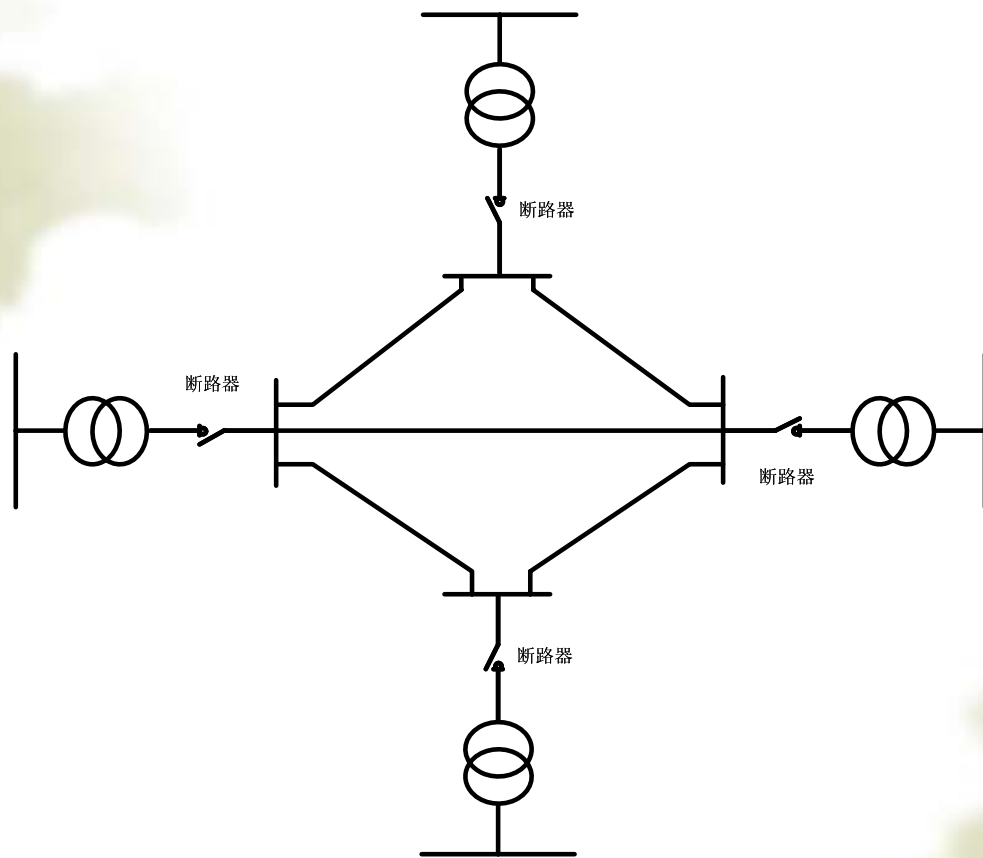
五、结论

## 四、基于用户满意度的智能配电网模式

### 1、网络结构

- 网络结构标准化，规范化，简洁化；
- 控制单台配电变压器容量；
- 分区控制可再生能源发电系统接入容量。

限制短路电流和故障停电范围，实现故障快速清除和网络重构，易于实现配网自动化。



## 2、继电保护和配网自动化

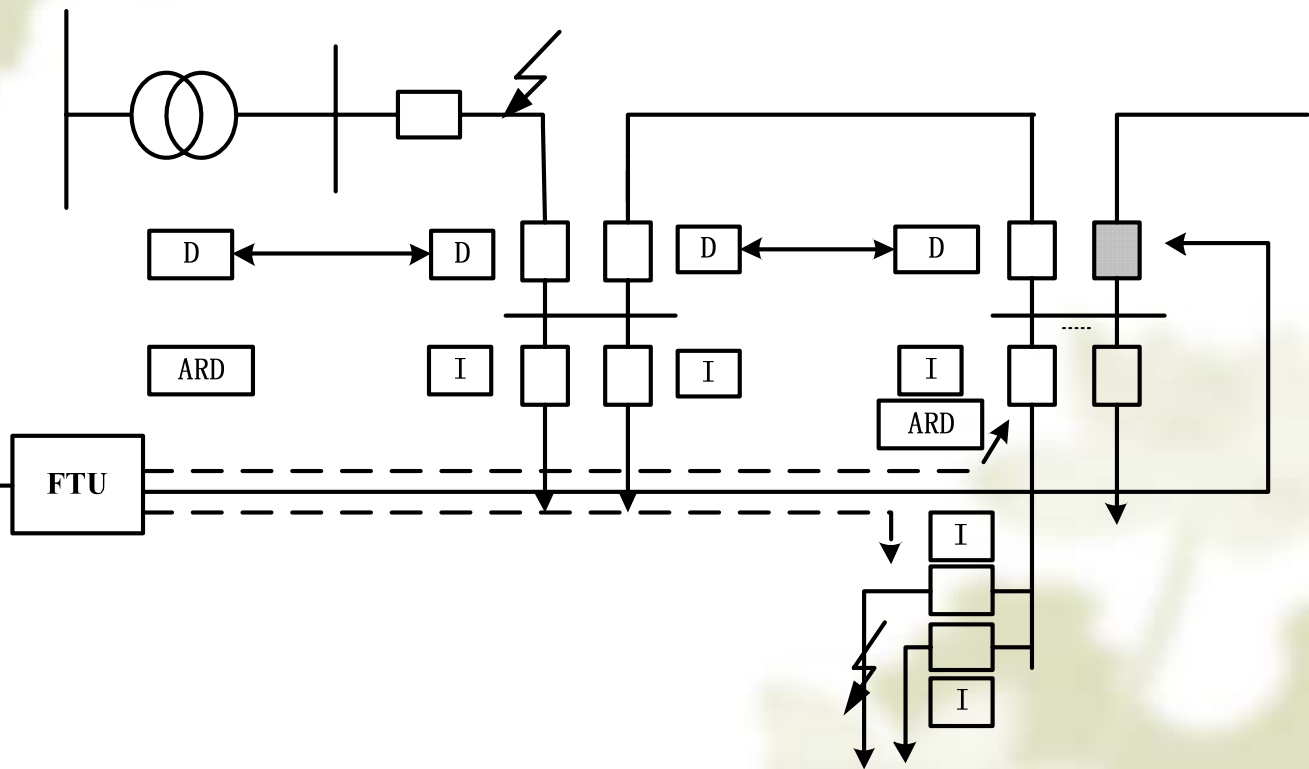
配电网主干线各区段采用光纤纵差保护；

分支线采用带故障电流通路记忆和远方控制闭锁的电流速断保护；

配电网自动化以FTU为单位，实现故障快速隔离和网络重构。

具体技术方案如下图所示：

至控制中心



FTU

D

ARD

D

I

D

I

D

I

ARD

I

I

I

I

### 3、电压质量和频率控制

动态无功补偿装置，储能装置和可再生能源发电系统综合协调控制。

## 4、支撑技术

- 采用自愈式光纤双环网的通信技术；
- 基于三维GIS的信息服务平台；
- 基于GPRS的信息查询和网络浏览技术



# 主要内容

一、背景

二、用户满意度测评体系

三、影响用户满意度的若干关键技术

四、基于用户满意度的智能配电网模式

五、结论

## 五、结论

在智能配电网条件下，要提高用户满意度需要相关的技术支持，而这些技术大多为现有技术，关键是用于配电网电压等级需要考虑经济合理性，同时也依赖于用户的积极参与。

谢谢大家!

