

# 电力系统中的电能质量问题及 典型治理方案

南网能源新型电力系统核心装备技术实验室



# 课程内容

1

电力系统中的电能质量问题概述

2

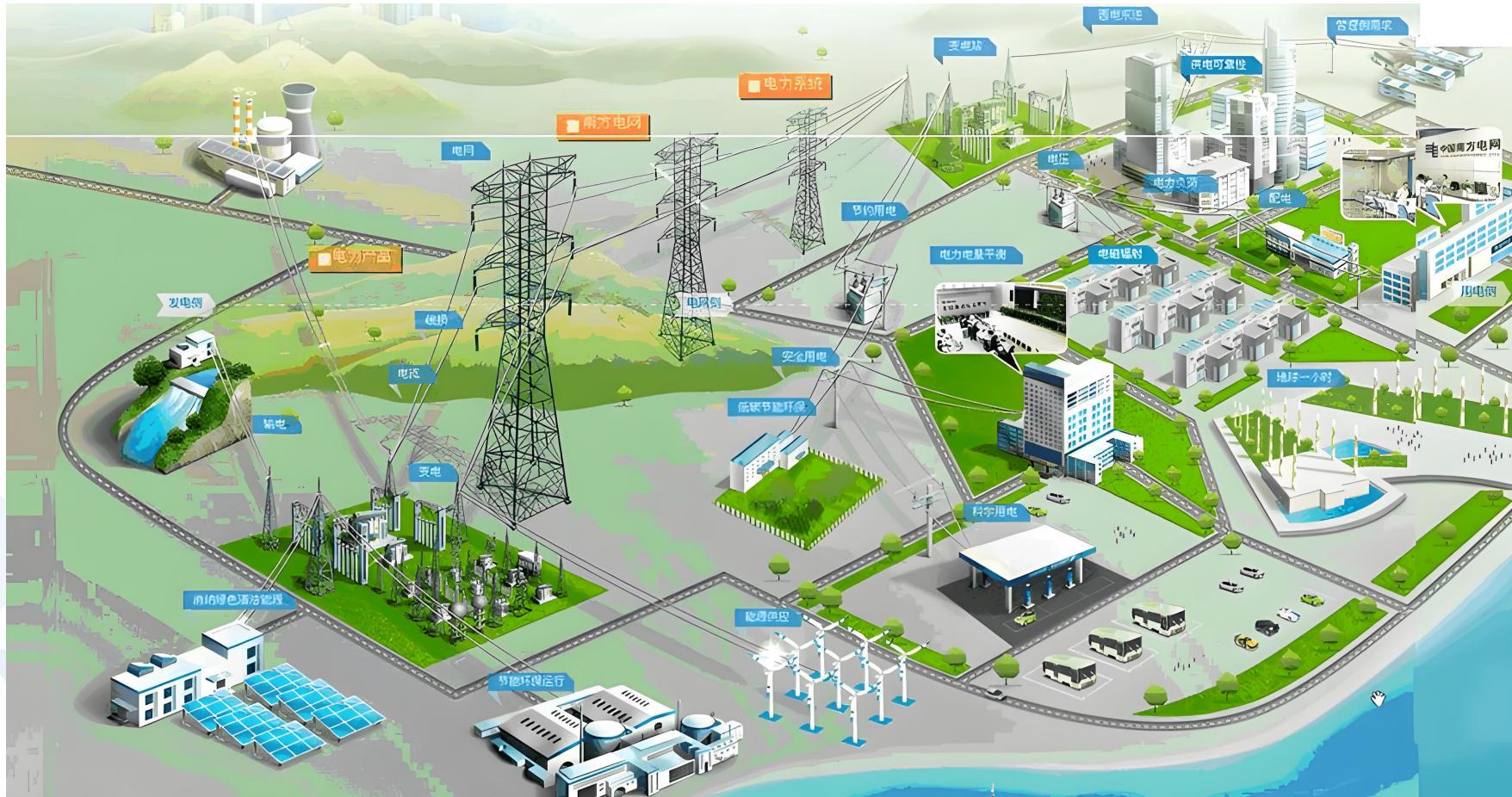
各种电能质量问题的典型治理措施

3

电压暂降治理案例介绍

# 第一章：电力系统中的电能质量问题概述

## 1、什么是电能质量问题



电能质量问题的本质是**电磁兼容**问题，提出电磁兼容概念的目的是要在电力系统中构建一个“**电气和谐社会**”。

中国电力系统的规矩是先把供电质量定为标准，然后针对这个标准，对用户侧的设备提出电磁兼容“抗扰度”和“发射”的要求。

# 第一章：电力系统中的电能质量问题概述

## 2. 都有哪些电能质量问题

### 2.1、供电质量问题，也就是电压质量问题（规定了用户设备的抗扰度）

《GB/T 12325-2008 电能质量 供电电压偏差》、《GB/T 15945-2008 电能质量 电力系统频率偏差》、《GB/T 15543-2008 电能质量 三相电压不平衡度》、《GB/T 12326-2008 电能质量 电压波动和闪变》、《GB/T 14549-1993 电能质量 公用电网谐波》、《GB/T 24337-2009 电能质量 公用电网间谐波》、《GB/T 30137-2013 电能质量 电压暂降与短时中断》、《GB/T 18481-2001 电能质量 暂时过电压和瞬态过电压》

### 2.2、用电质量问题，也就是电流质量问题（规定了用户设备的发射）

《GB/T 14549-1993 电能质量 公用电网谐波》、《GB/T 24337-2009 电能质量 公用电网间谐波》、《GB/T 40427-2021 电力系统电压和无功电力技术导则》、《全国供用电规则》

# 第一章：电力系统中的电能质量问题概述

## 3、我国现行法律对电能质量问题都有哪些规定

**1、电力法第二十八条：**供电企业应当保证供给用户的供电质量符合国家标准。对公用供电设施引起的供电质量问题，应当及时处理。用户对供电质量有特殊要求的，供电企业应当根据其必要性和电网的可能，提供相应的电力。

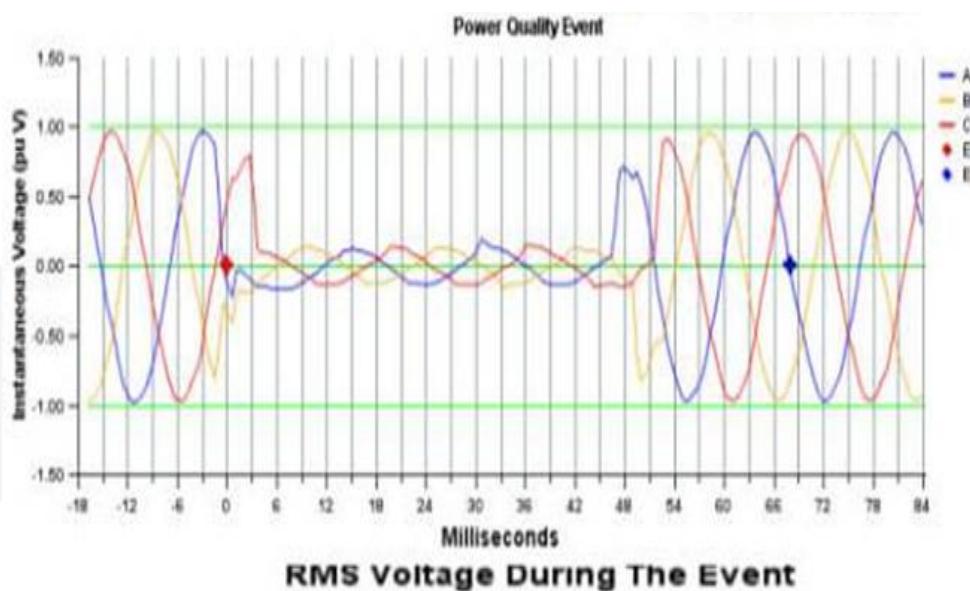
**2、民法典第三编：**合同；第二分编：典型合同：第十章：供用电、水、气、热力合同：供电人应当按照国家规定的供电质量标准和约定安全供电。供电人未按照国家规定的供电质量标准和约定安全供电，造成用电人损失的，应当承担赔偿责任。

**3、供用电合同解读：**（一）电力既是生产生活中的必需品，又是特殊商品，法律必须对其予以特别的规制；（二）因此，供用电合同是定型化、格式化合同，条款由供方单位拟定，用方只能决定是否同意订立合同，而不能决定合同内容；（三）如发生供电质量偏差，供方只按偏差电量的部分进行赔偿，不赔偿由于供电质量偏差引起的生产损失。

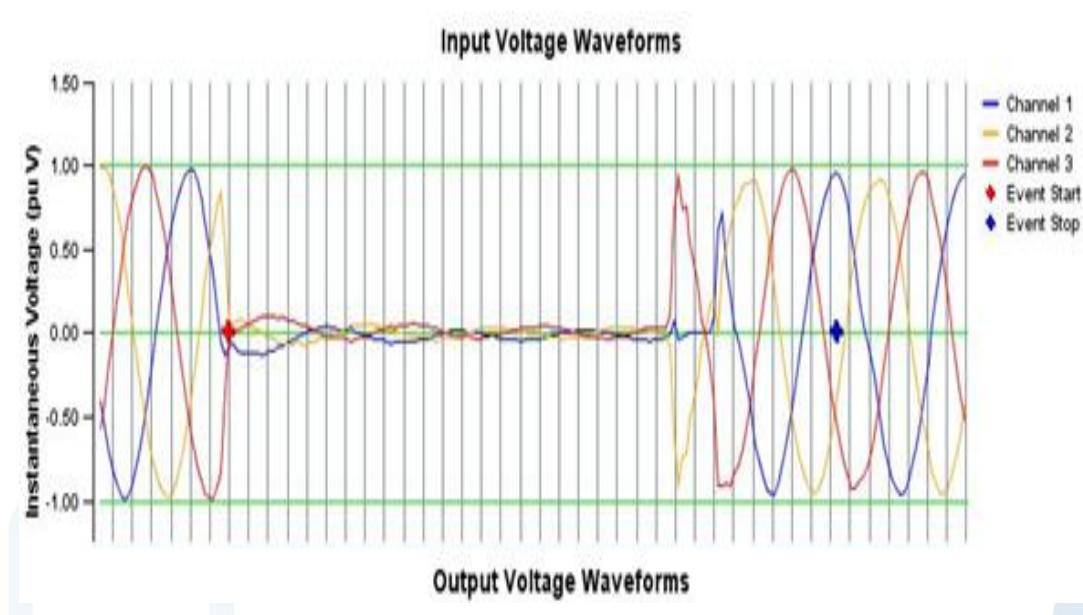
## 第二章：各种电能质量问题的典型治理措施

### 1. 电压质量：电压的暂降与短时中断定义与波形特征

**国标中的定义：**电压暂降是指电力系统中某点工频电压方均根值突然降低至0.1p.u.~0.9p.u.，并在短暂持续10ms~1min后恢复正常的现象。电压短时中断是电压方均根值突然降至0.1p.u.以下，并短暂持续10ms~1min后恢复正常的现象



电压暂降的录波



电压短时中断的录波

## 第二章：各种电能质量问题的典型治理措施

### 2. 电压质量：电压的暂降与短时中断的成因和危害特征量



#### ■ 大气事件

- 雷电、暴风雨、冰雪
- 空气污染、空气漂浮物

#### ■ 机械性干扰破坏

- 车辆、建筑挂碰，施工，树障
- 蓄意破坏，小动物触碰

#### ■ 电网和设备故障

- 设备老化、破损、制造或施工缺陷

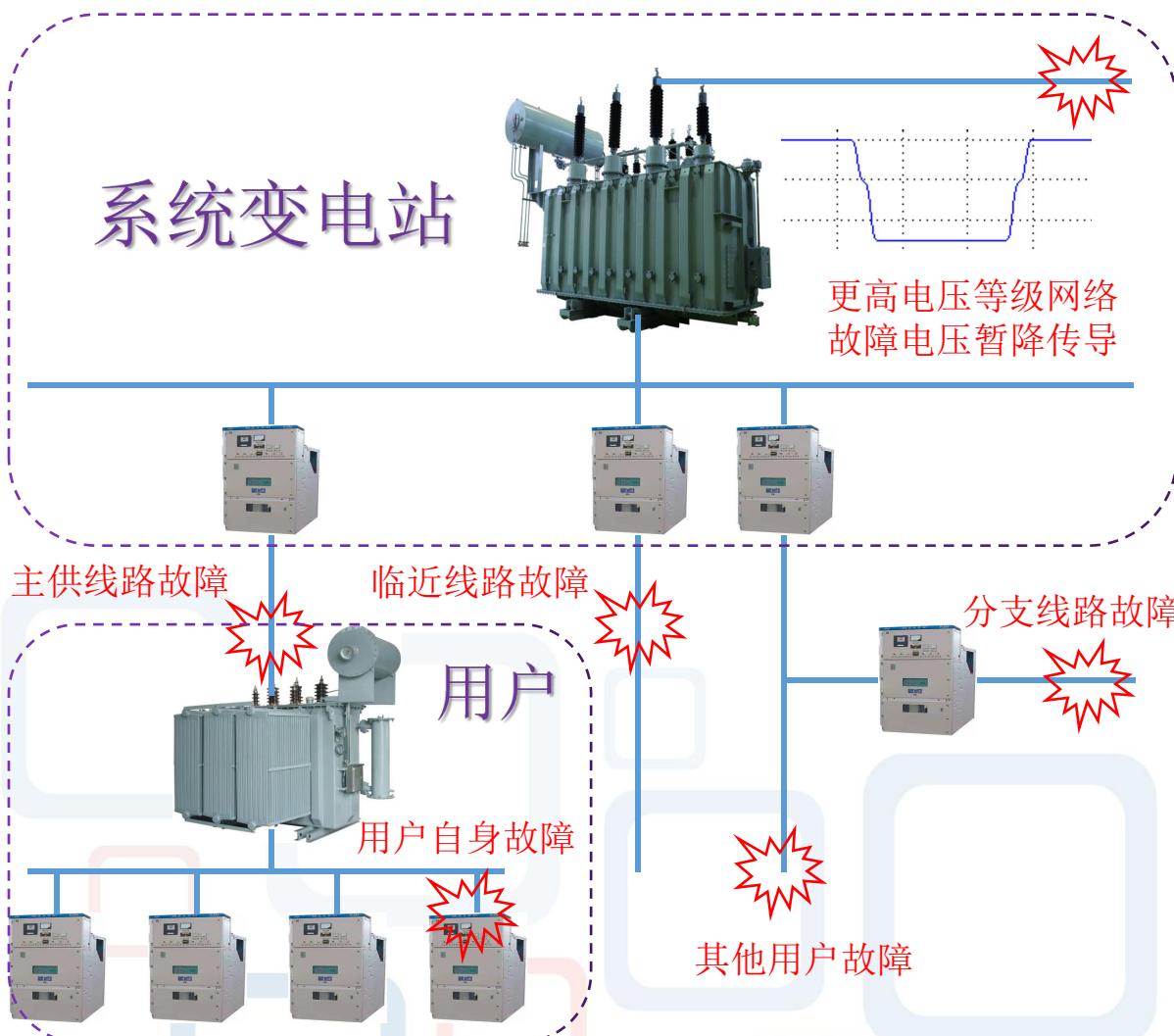
#### ■ 电网事故和误操作

#### ■ 自然灾害

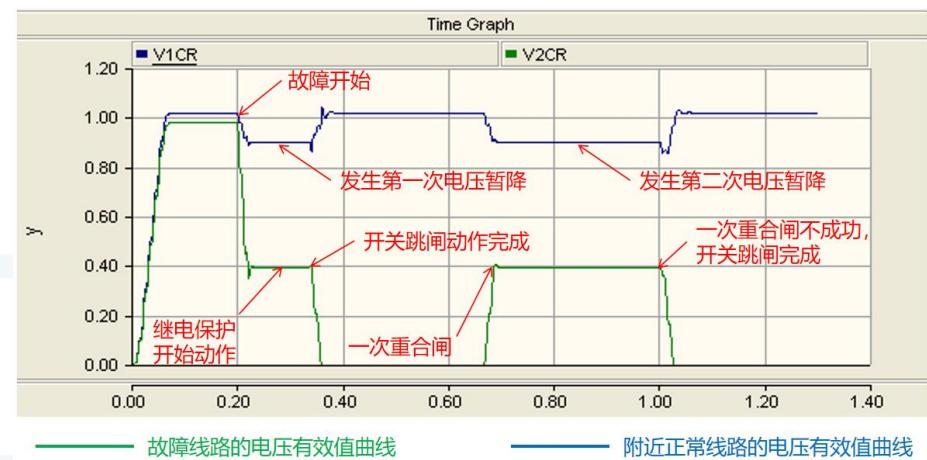
- 洪水、滑坡、地震、雪崩

## 第二章：各种电能质量问题的典型治理措施

### 2. 电压质量：电压的暂降与短时中断的成因和危害特征量



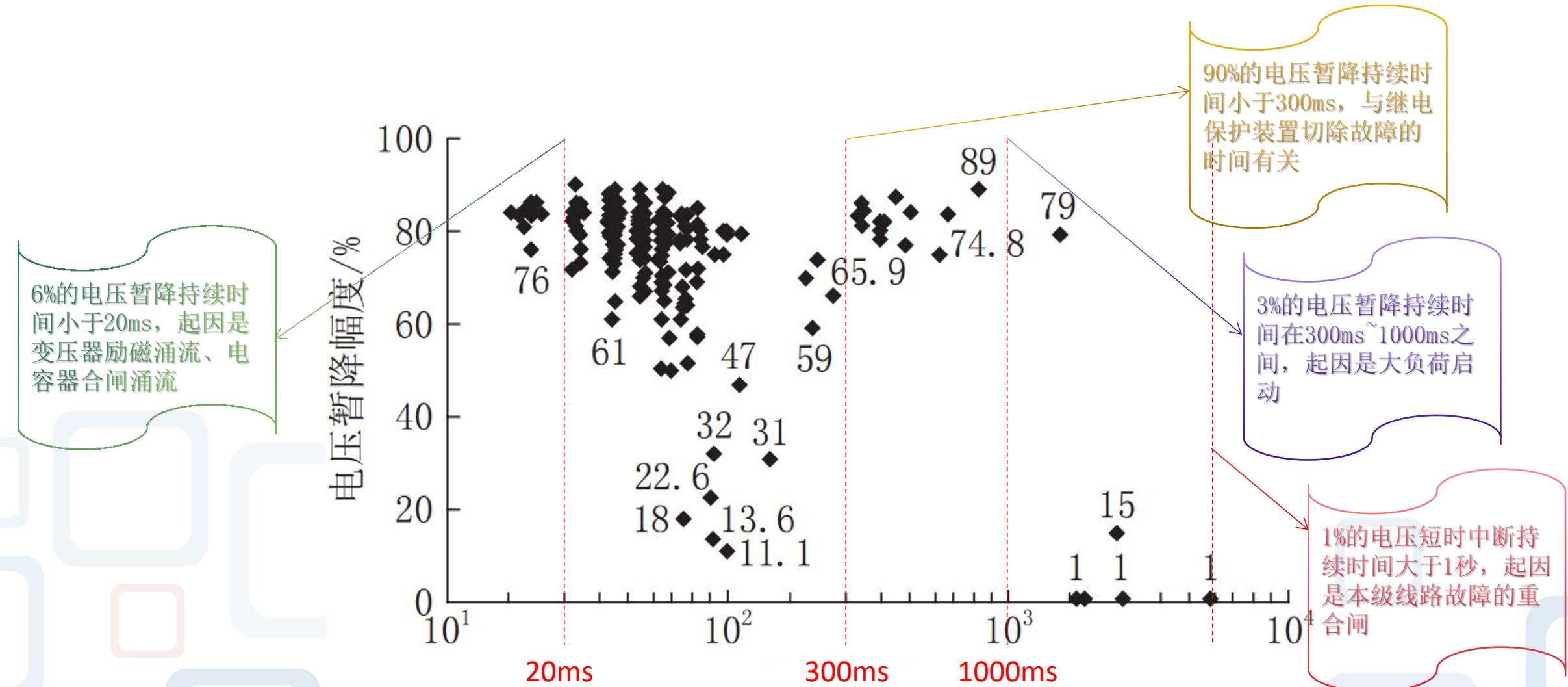
(一次重合闸成功的电压波形)



(一次重合闸不成功的电压波形)

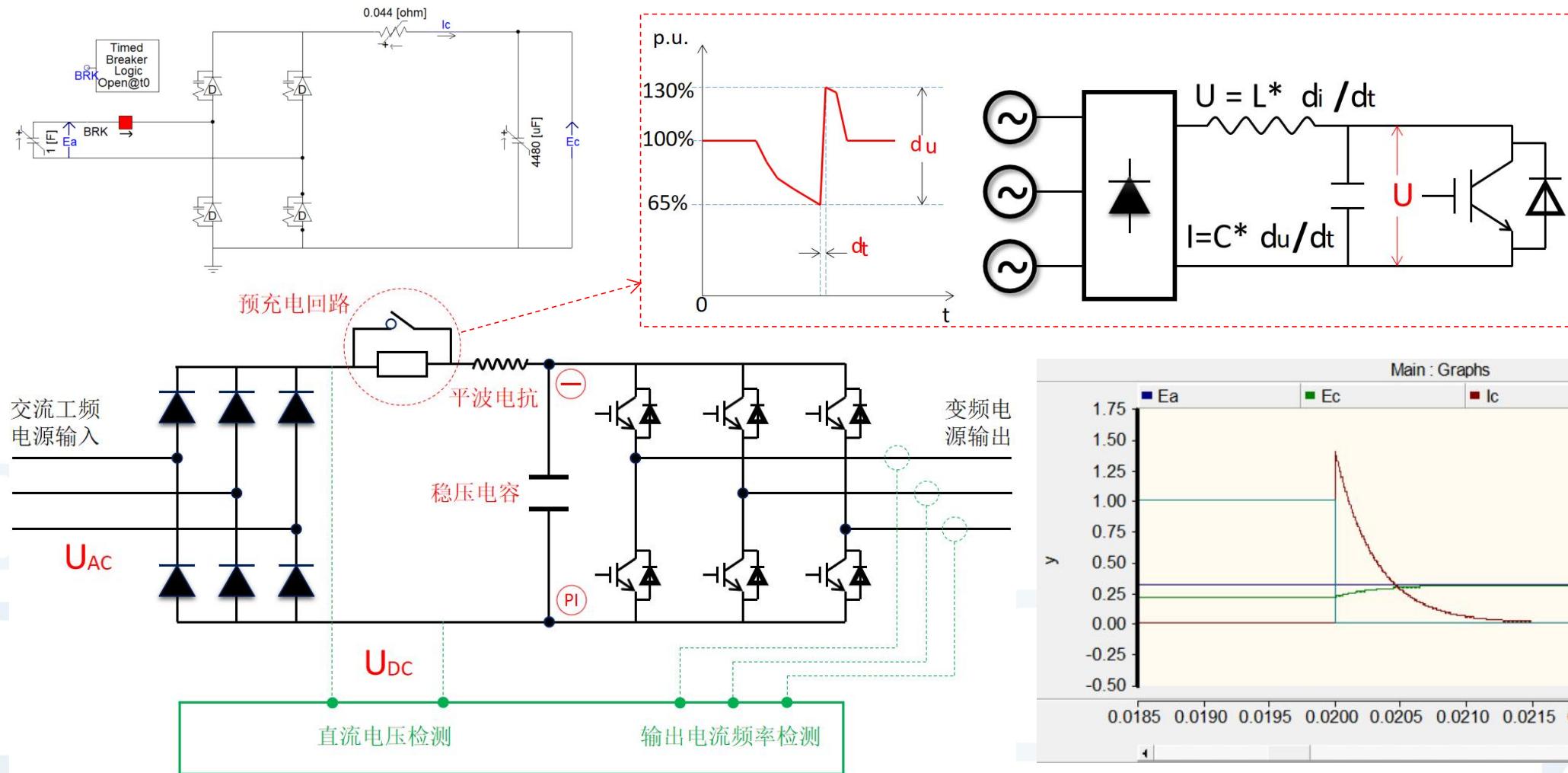
## 第二章：各种电能质量问题的典型治理措施

### 2. 电压质量：电压的暂降与短时中断的成因和危害特征量



## 第二章：各种电能质量问题的典型治理措施

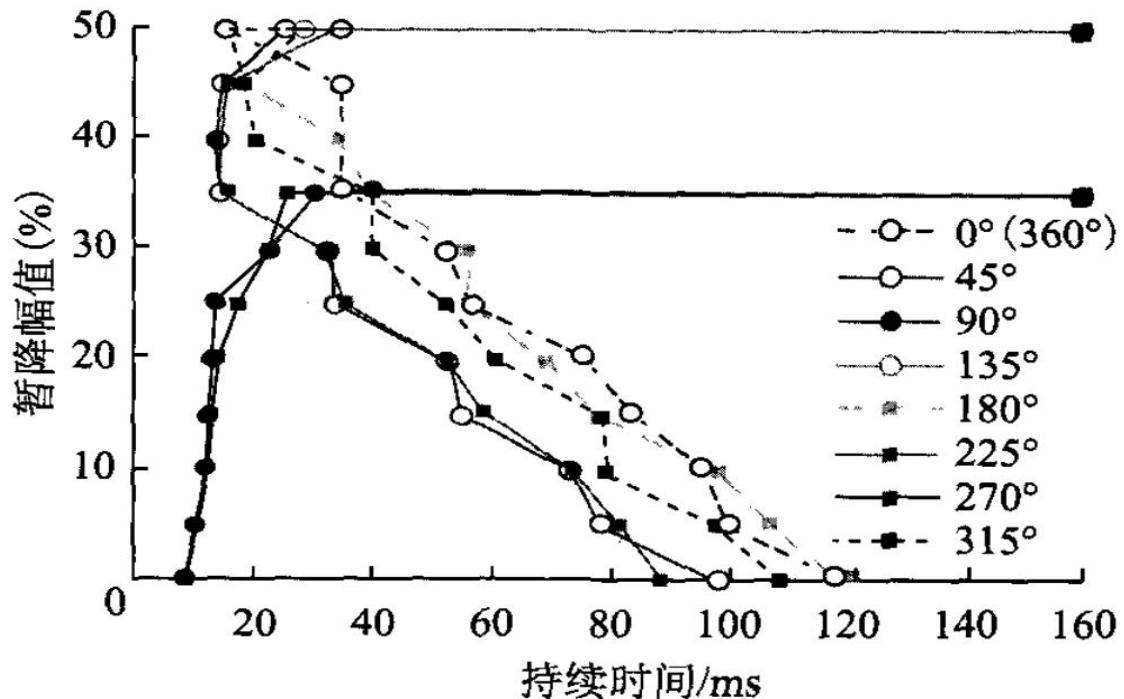
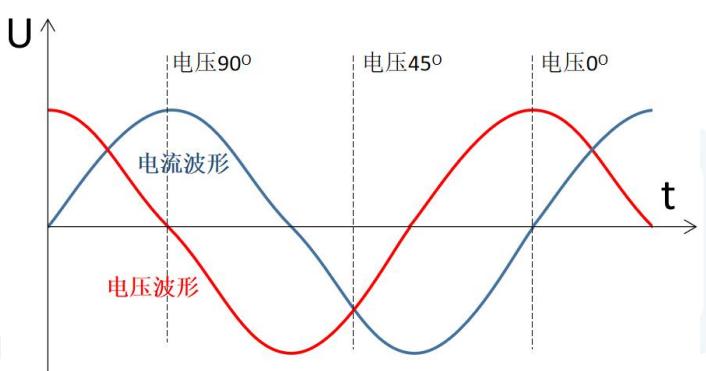
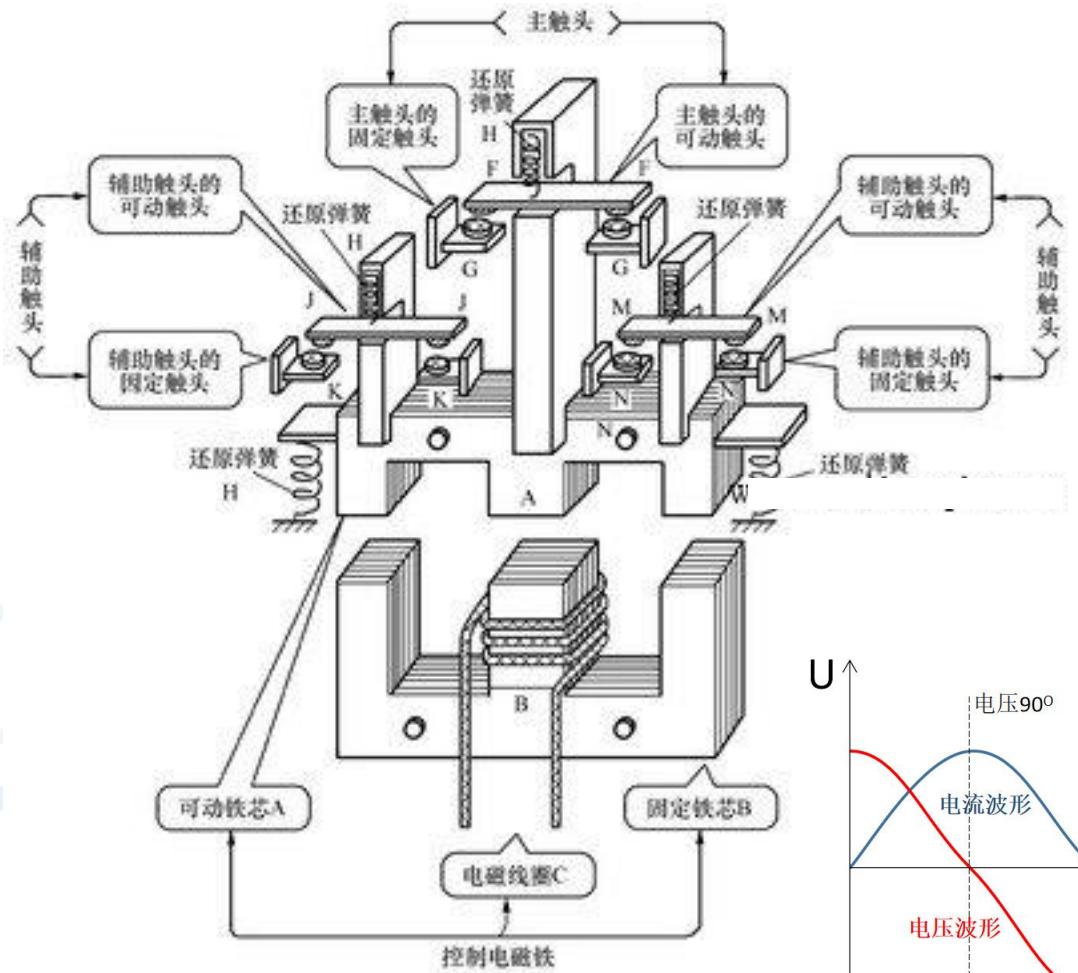
### 3. 电压质量：电压的暂降与短时中断对设备的影响——变频器、伺服控制器



电压暂降不但会使变频器停机，还有可能损坏变频器

## 第二章：各种电能质量问题的典型治理措施

### 4. 电压质量：电压的暂降与短时中断对设备的影响——交流接触器



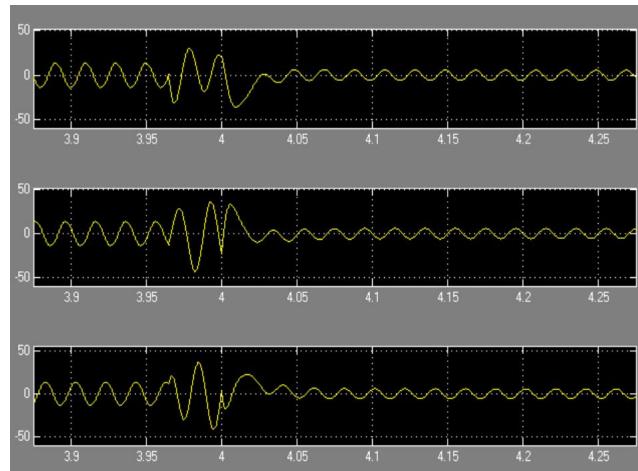
电压暂降的幅值、持续时间和暂降发生的起始点，对交流接触器的电压抗扰度都有非常大的影响。最短2ms，最长120ms就会发生跳闸。

## 第二章：各种电能质量问题的典型治理措施

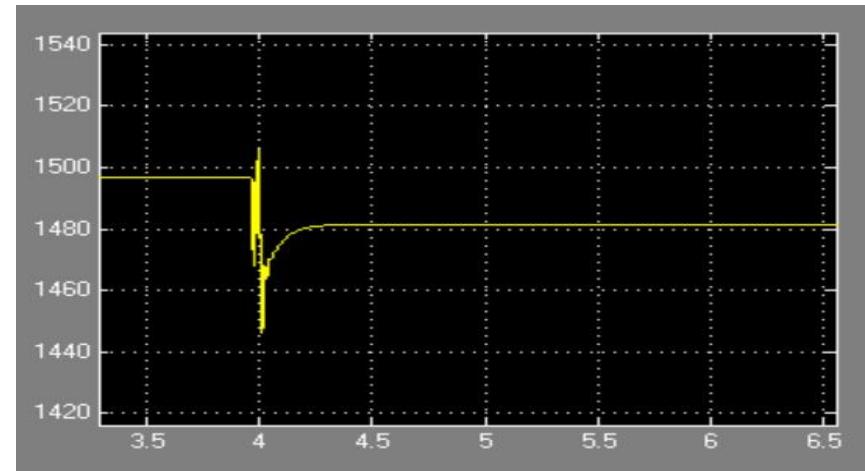
### 5. 电压质量：电压的暂降与短时中断对设备的影响——交流异步电动机



电压



电流



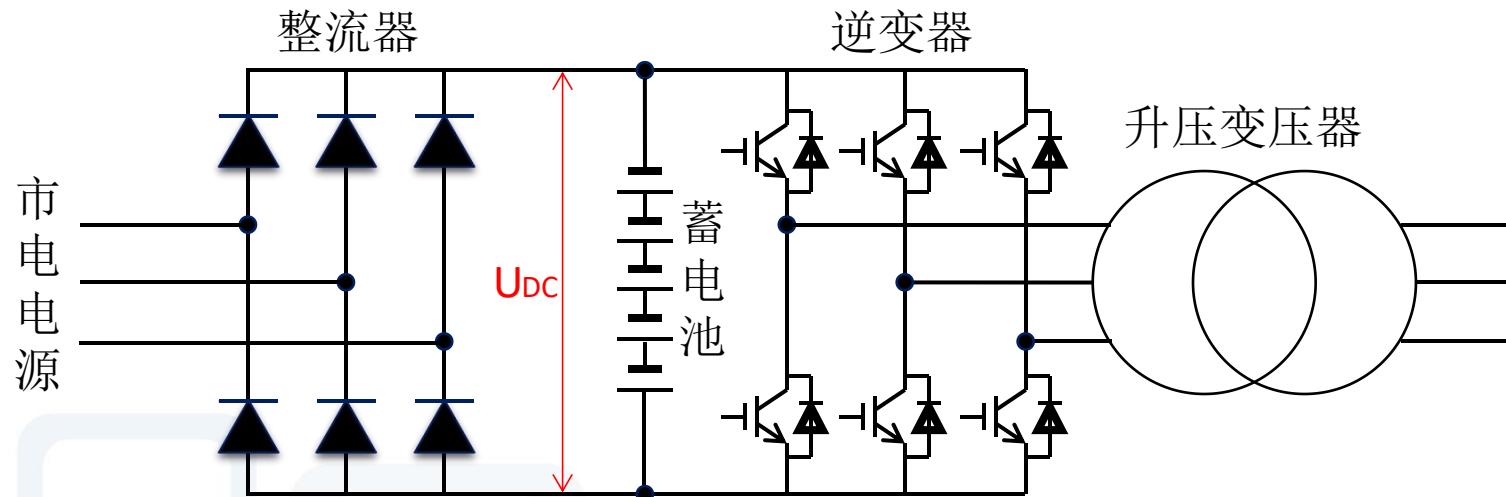
转速

根据交流三相异步电动机转速公式： $N=60F1/P * (1-S)$ ，其中转差率 $S=E/E20$ ，当输入电压下降的瞬间，异步电动机因为转子电势 $E$ 未来得及改变，会产生一个反电势，电机电流有几个周波的突然增加，随后电机转速开始降低，并稳定运行。需要特别指出的是，短时的电压降低并不会造成异步电动机停机，但长时间的电压降低，除非带的是平方性负载，否则将引起电动机热保护动作。

## 第二章：各种电能质量问题的典型治理措施

### 1、电压质量：电压的暂降与短时中断的典型治理措施

#### 1.1、不间断电源UPS（工频机）



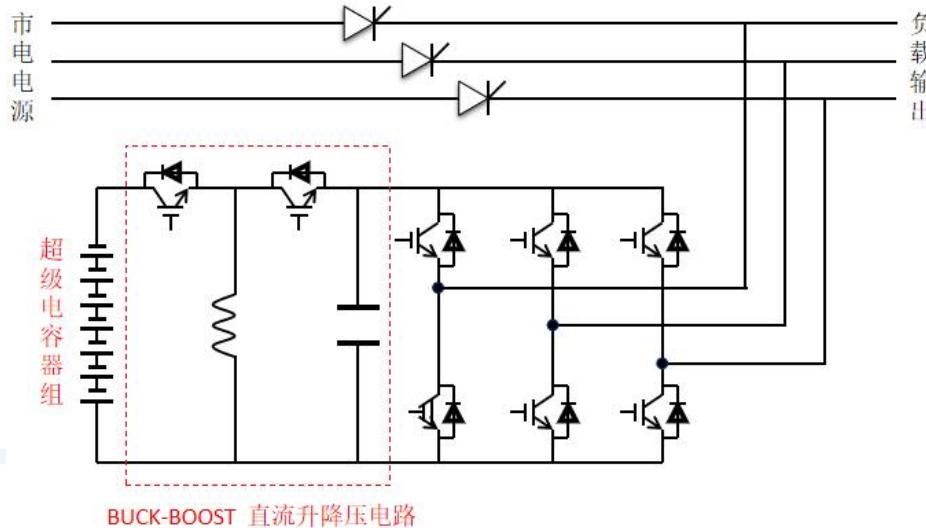
**工作原理：**市电正常时，通过整流器将交流市电变为直流，再通过逆变器逆变为交流输出，两次转换导致电压损失，再通过升压变压器恢复到额定电压。当市电电源电压发生暂降或中断时，蓄电池的端电压并不会发生改变，所以逆变器的输出电压就不会发生改变。

适用场合	优点	缺点
数据中心、通信服务器、继电保护电源等无冲击性负荷的场所	输出电压精度高、持续供电时间长、技术成熟稳定	体积庞大、能耗高（15%左右）、蓄电池对环境温度有要求且使用寿命一般不超过5年、不适合带电动机等有冲击性的工业负载

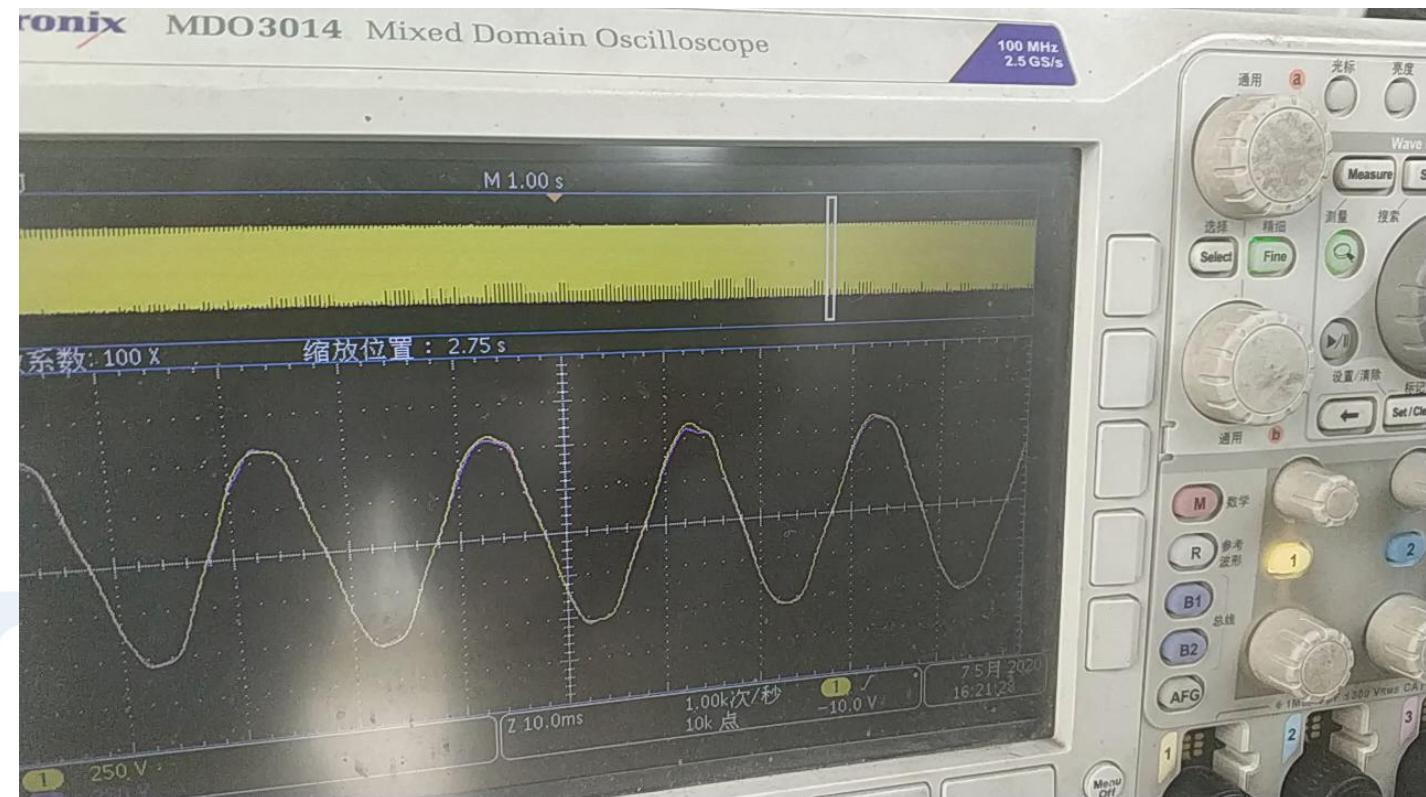
## 第二章：各种电能质量问题的典型治理措施

### 1. 电压质量：电压的暂降与短时中断的典型治理措施

#### 1.2、动态电压恢复器 (DVR)



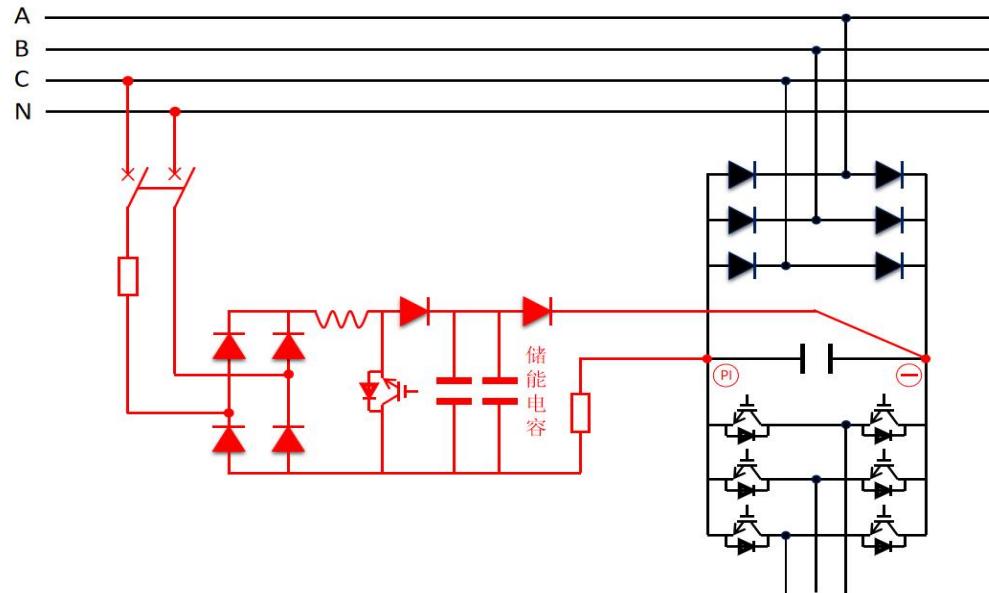
适用场合	优点	缺点
全场合	能耗低、占地面积小、使用寿命长	昂贵



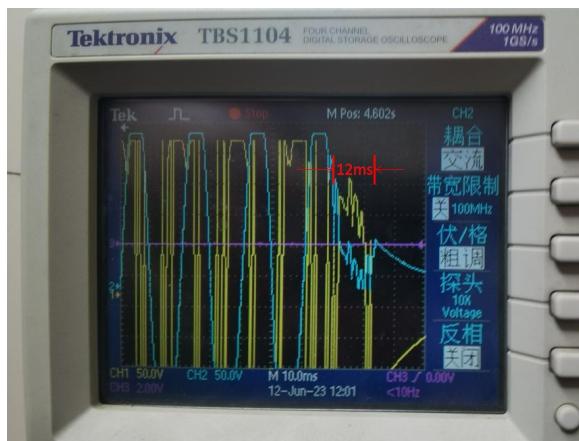
## 第二章：各种电能质量问题的典型治理措施

### 1. 电压质量：电压的暂降与短时中断的典型治理措施

#### 1.3、短时能量源 (STPS)



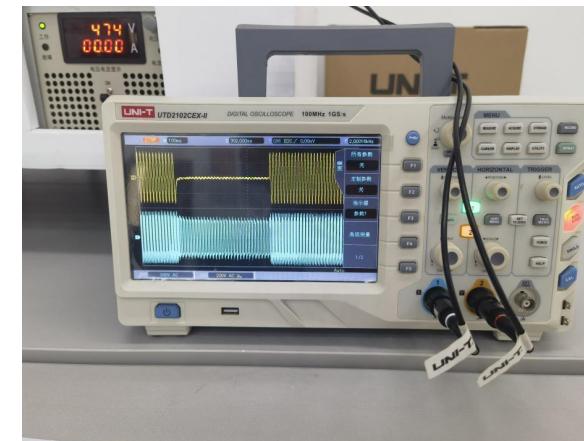
适用场合	优点	缺点
变频器、伺服控制器等有直流段的设备	价格便宜、可靠性高、环境适应性强	应用范围窄



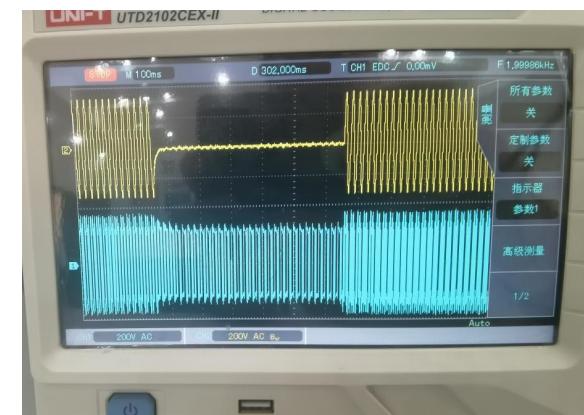
变频器自身的低电压耐受能力



短时能量源实测补偿时间



2000次断电补偿试验录波



2000次断电补偿试验录波

## 第二章：各种电能质量问题的典型治理措施

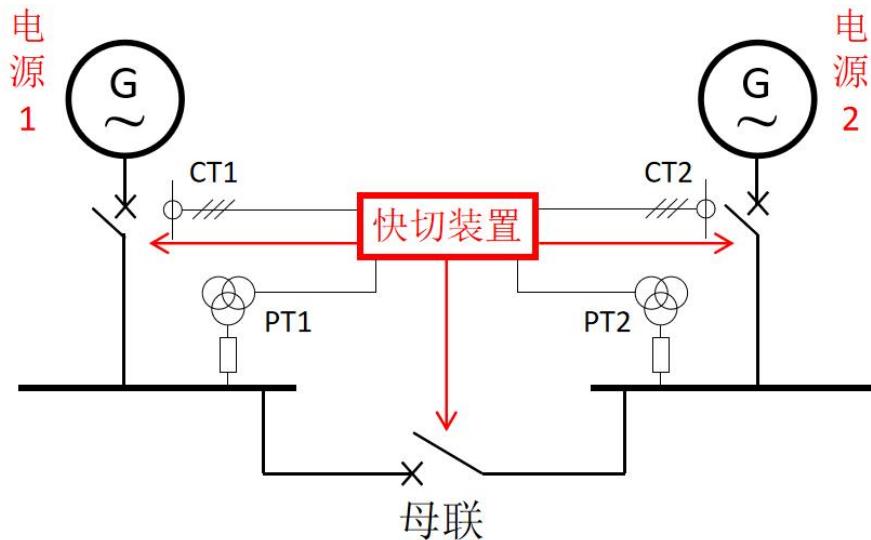
### 1. 电压质量：电压的暂降与短时中断的典型治理措施

#### 1.4、10kV快切系统

备自投装置



快切装置



《DL/T 478-2001 静态继电保护及装置通用技术条件》

备自投动作要满足4个条件：

- (1) 工作电源电压小于无压定值；
- (2) 工作电源电流小于无流定值；
- (3) 备用电源电压大于有压定值；
- (4) 无其他闭锁条件。

《DL/T 1073-2007 电厂厂用电源快速切换装置通用技术条件》

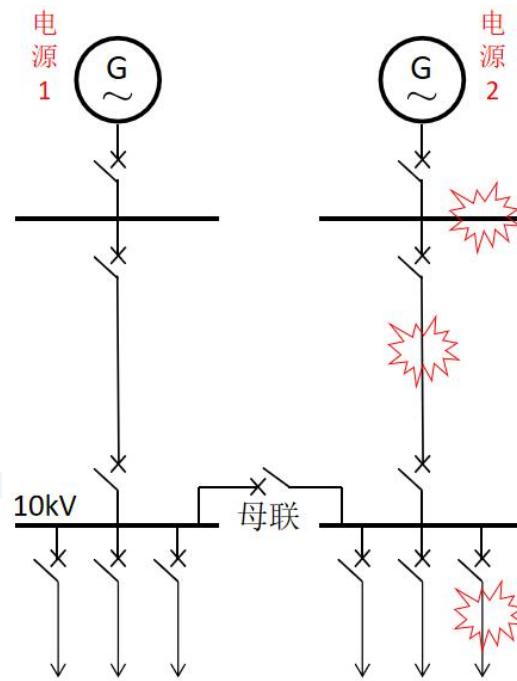
快切动作只要要满足3个条件中的任意一个就可以动作：

- (1) 频率差小于 $2.0\text{Hz} \sim 3.0\text{Hz}$ ，且相位差小于 $20^\circ \sim 40^\circ$ ；
- (2) 电压矢量差的幅值小于 $40\text{V} \sim 60\text{V}$ ；
- (3) 电压矢量差与频率差之积小于 $80\text{V}\cdot\text{Hz} \sim 80\text{V}\cdot\text{Hz}$ ；

## 第二章：各种电能质量问题的典型治理措施

### 1. 电压质量：电压的暂降与短时中断的典型治理措施

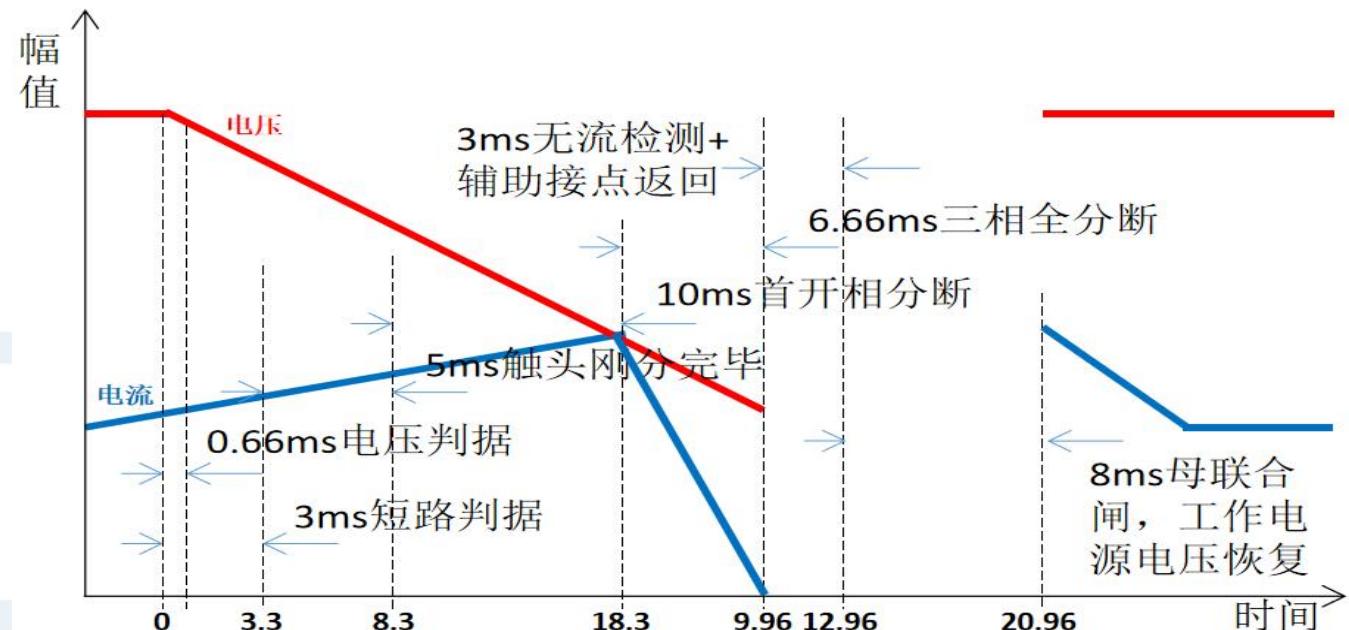
#### 1.4、10kV快切系统



进线侧采用快切要满足2个条件：

- (1) 设备低电压耐受时间大于20ms；
- (2) 要获得当地供电部门的批准。

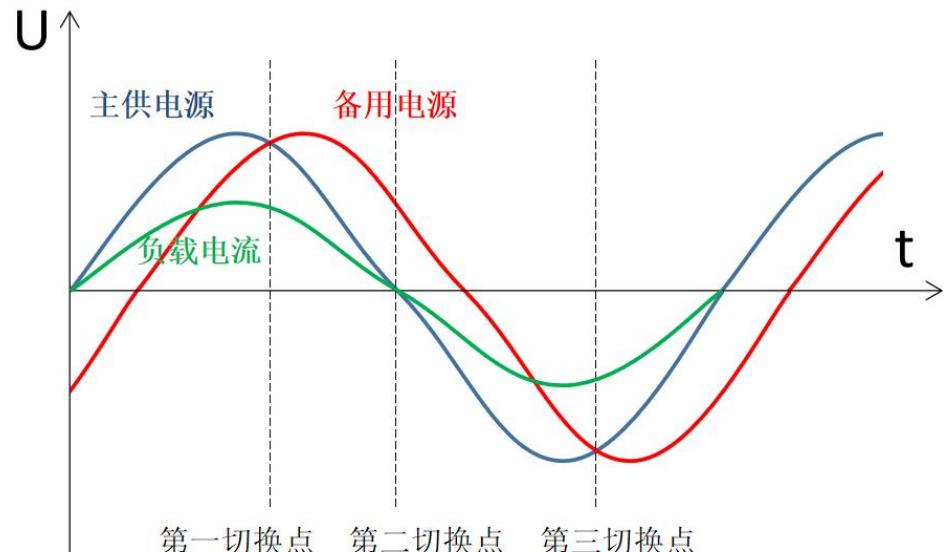
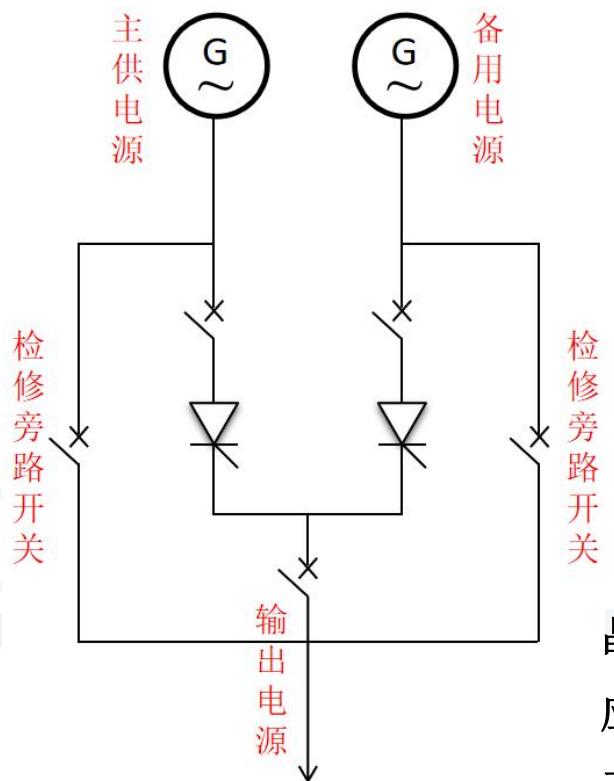
序号	科目	原理	时间
1	电压超下限判据	采用d-q变换+趋势算法	0.66ms
2	未发生短路的电流判据	采用d-q变换得出	3ms
3	故障电源进线开关刚分	记忆金属材料退磁	5ms
4	首开相至二开相全分断	电流过零灭弧	10ms
5	分闸辅助触点返回+电流检测无流	双重闭锁	3ms
6	母联断路器合闸	记忆金属励磁	8ms



## 第二章：各种电能质量问题的典型治理措施

### 1. 电压质量：电压的暂降与短时中断的典型治理措施

#### 1.5、双电源静态转换开关 (SSTS)

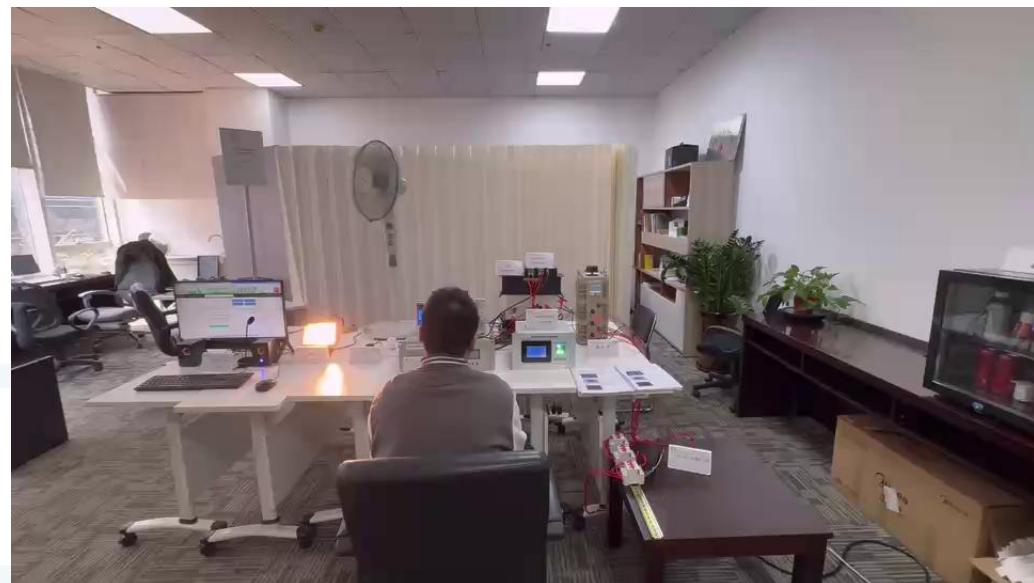
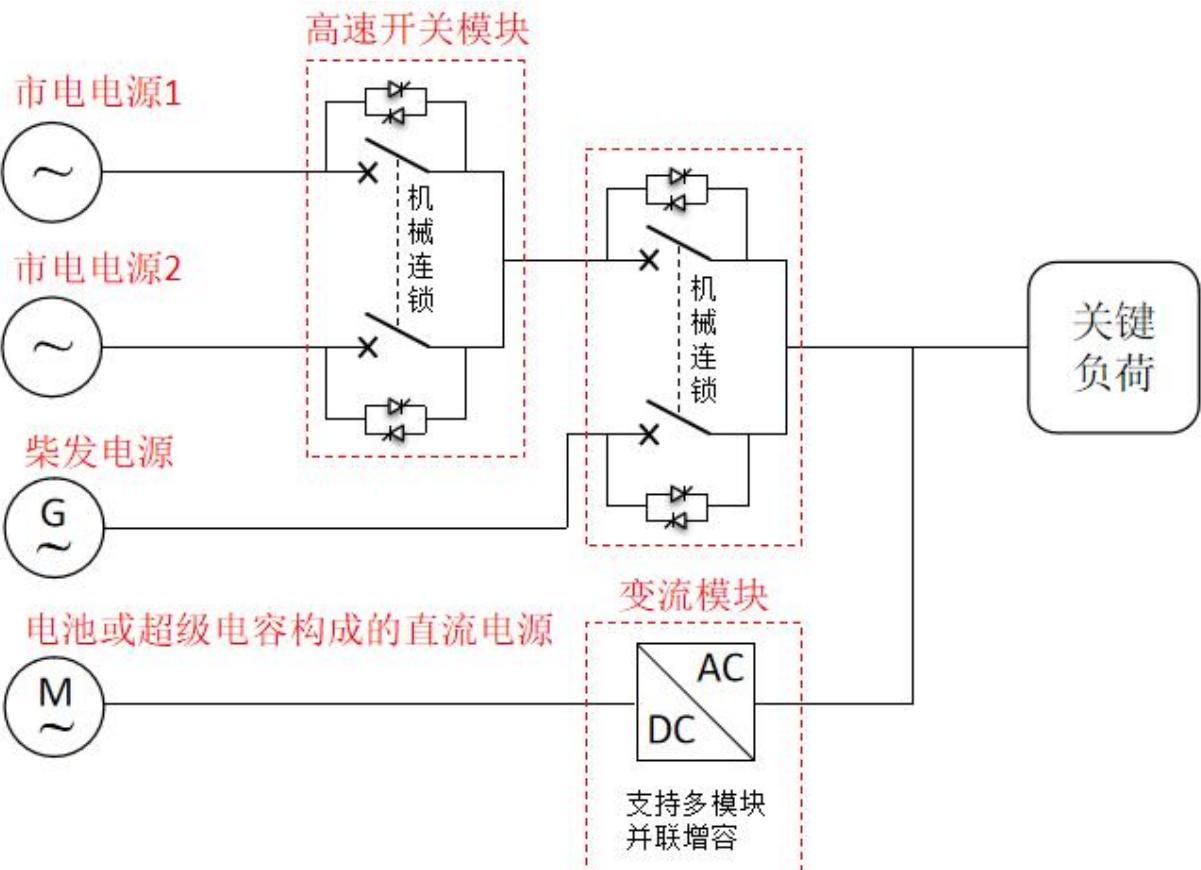


SSTS采用电压趋势算法，电压暂降判据速度最长0.66ms，晶闸管导通纳秒级，1个周波以内有三次切换机会，整机响应速度小于8ms。缺点是如果两个电源同时发生暂降，SSTS无效，负载发生强烈短路时，有可能烧毁晶闸管。

## 第二章：各种电能质量问题的典型治理措施

### 1. 电压质量：电压的暂降与短时中断的典型治理措施

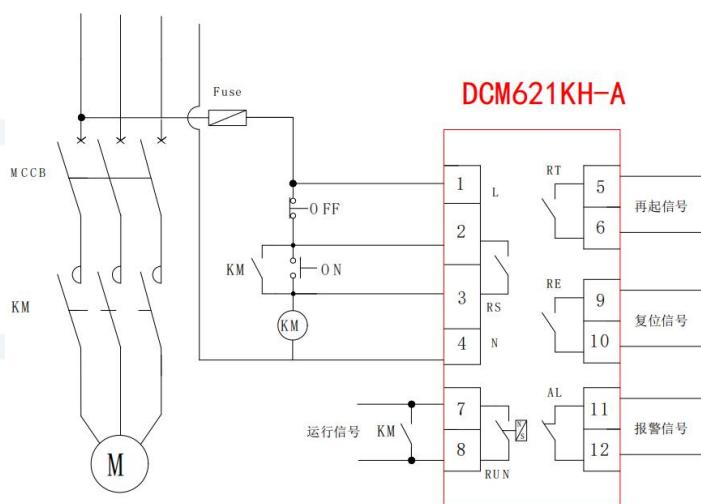
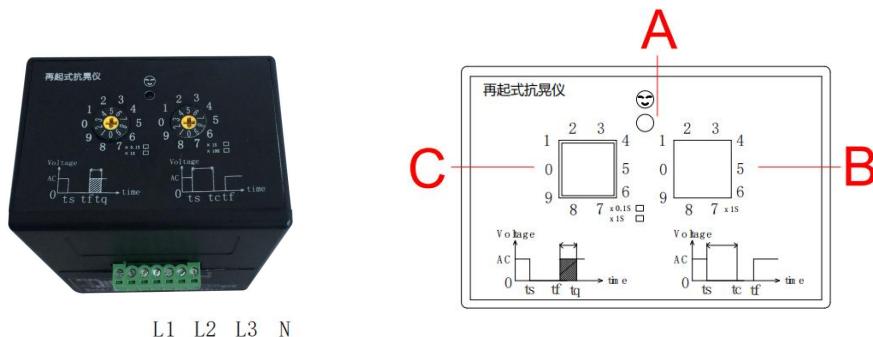
#### 1.6、机械式高速双电源转换开关



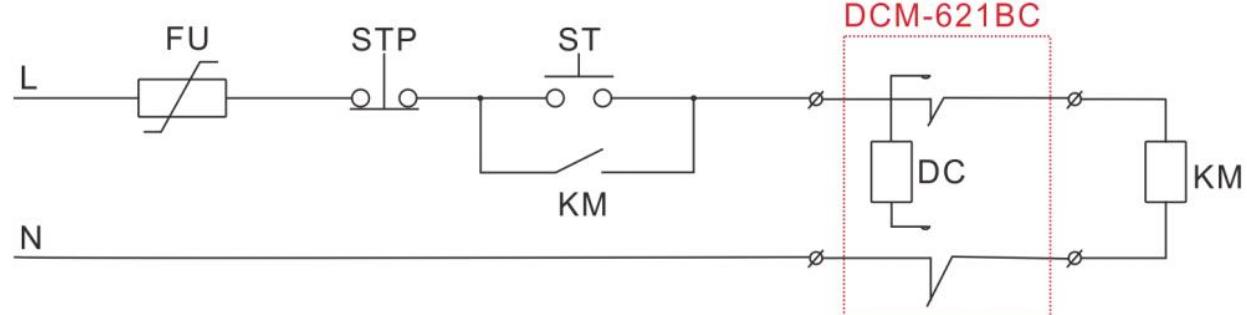
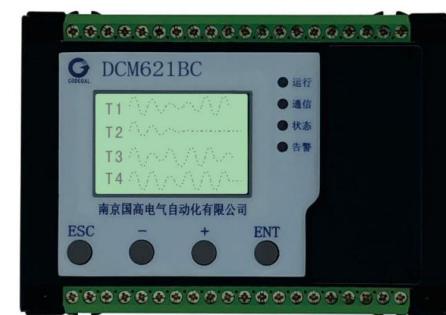
## 第二章：各种电能质量问题的典型治理措施

## 1、电压质量：电压的暂降与短时中断的典型治理措施

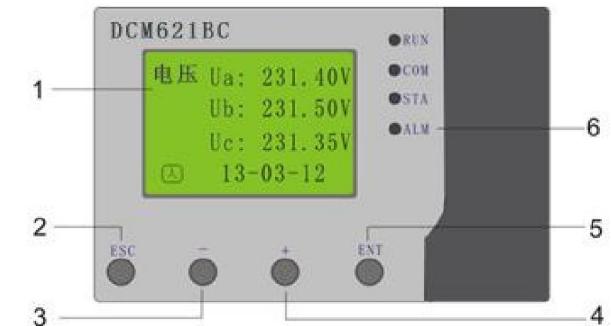
## 1.7、抗晃电交流接触器



## 断电再启动型



## 直流不间断电源型



## 第二章：各种电能质量问题的典型治理措施

### 1. 电压质量：电压的暂降与短时中断的典型治理措施

#### 1.8、高低压开关欠压保护的设置



设备名称	20BH03#2增压风机		保护型号	MMPR-610Hb
序号	整定项目	单位	设计值	实际整定值
2	散热时间常数		9	9
3	K <sub>1</sub>		0.2	0.2
4	K <sub>2</sub>	s	1	1
5	热告警系数	%	70	70
(五)	低电压保护			
1	低电压定值	V	60	60
2	低电压延时	s	0.5	0.5

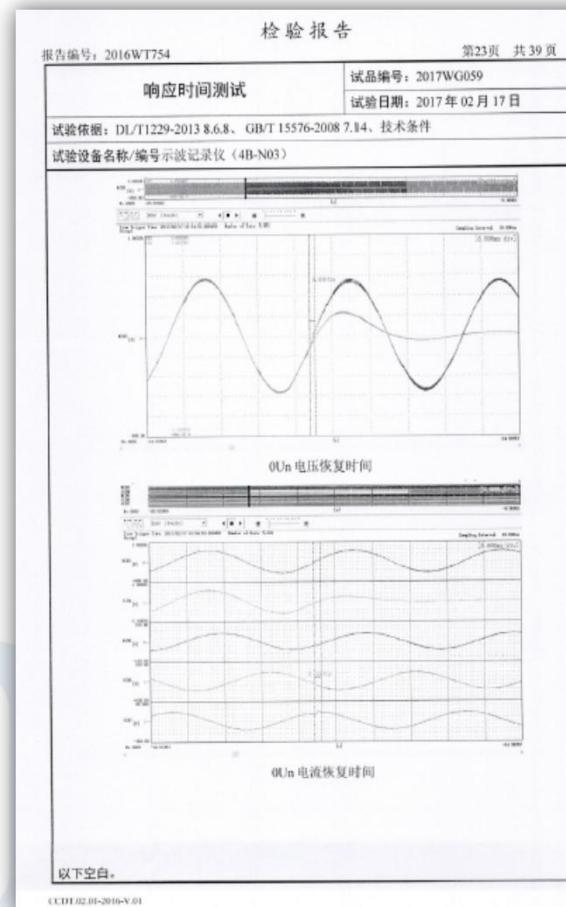
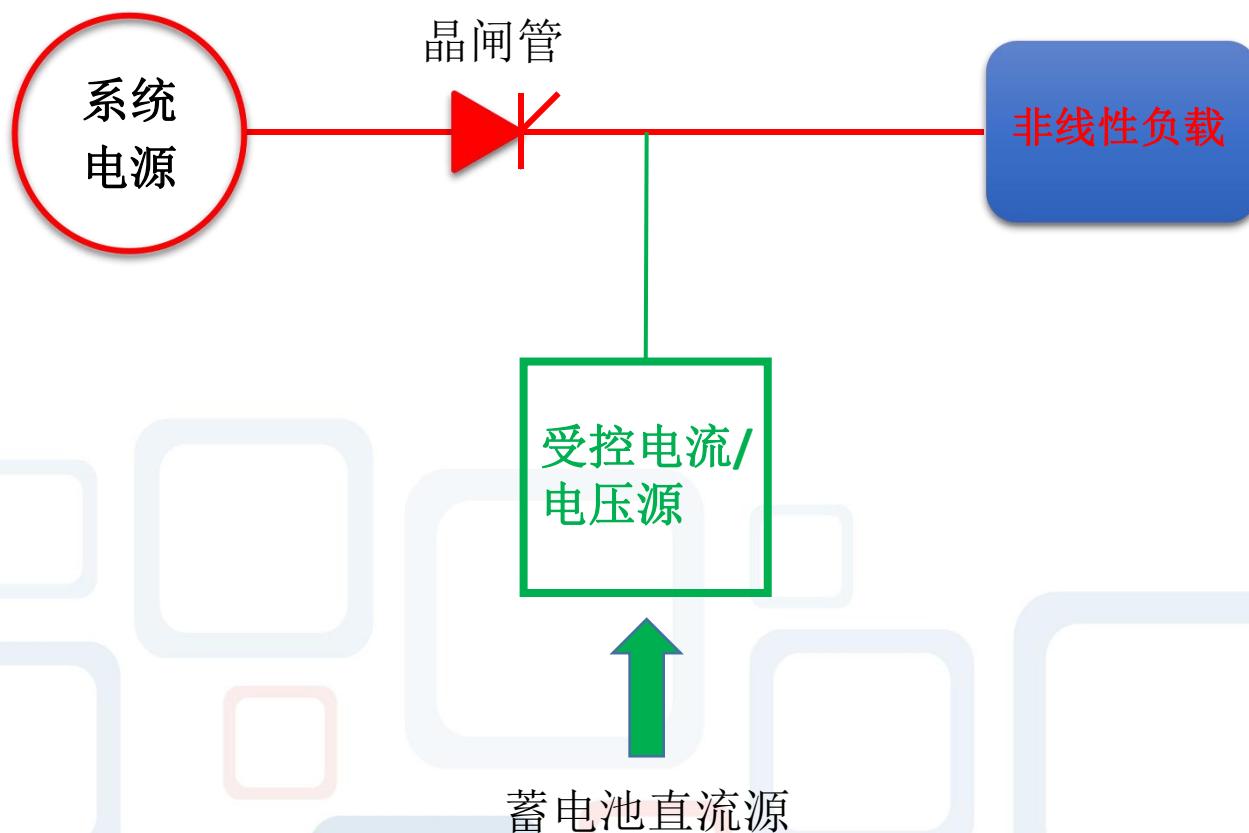
**欠压保护：**是为了避免电源恢复后，突然的电压对负载造成冲击而设置的一个保护。因此建议保留，对于低压断路器，在增加欠压保护模块的同时，必须增加延时模块，对于高压断路器，在继电保护设置时应增加延时。一般0.5s的延时即可躲过一次电压暂降。

	设备名称	额定容量(KW)	额定电流(A)	保护装置种类	门限值	动作电流(电压)	动作时间(秒)	
1	锅炉补给水 MCC B		307A	瞬时短路保护	1.96	1237A	0	跳闸
				低电压保护		0.45 Ue	0.5''	跳闸
2	锅炉补给水 MCCII 电源一		329A	瞬时短路保护	1.66	1050A	500''	跳闸
				低电压保护		0.45 Ue	0.5''	跳闸
3	循环水泵房 MCC B		94.3A	瞬时短路保护	1.4	561A	500''	跳闸
				低电压保护		0.45 Ue	0.5''	跳闸
4	循环水处理 MCC B		150A	瞬时短路保护	0.56	225A	500''	跳闸
				低电压保护		0.45 Ue	0.5''	跳闸

## 第二章：各种电能质量问题的典型治理措施

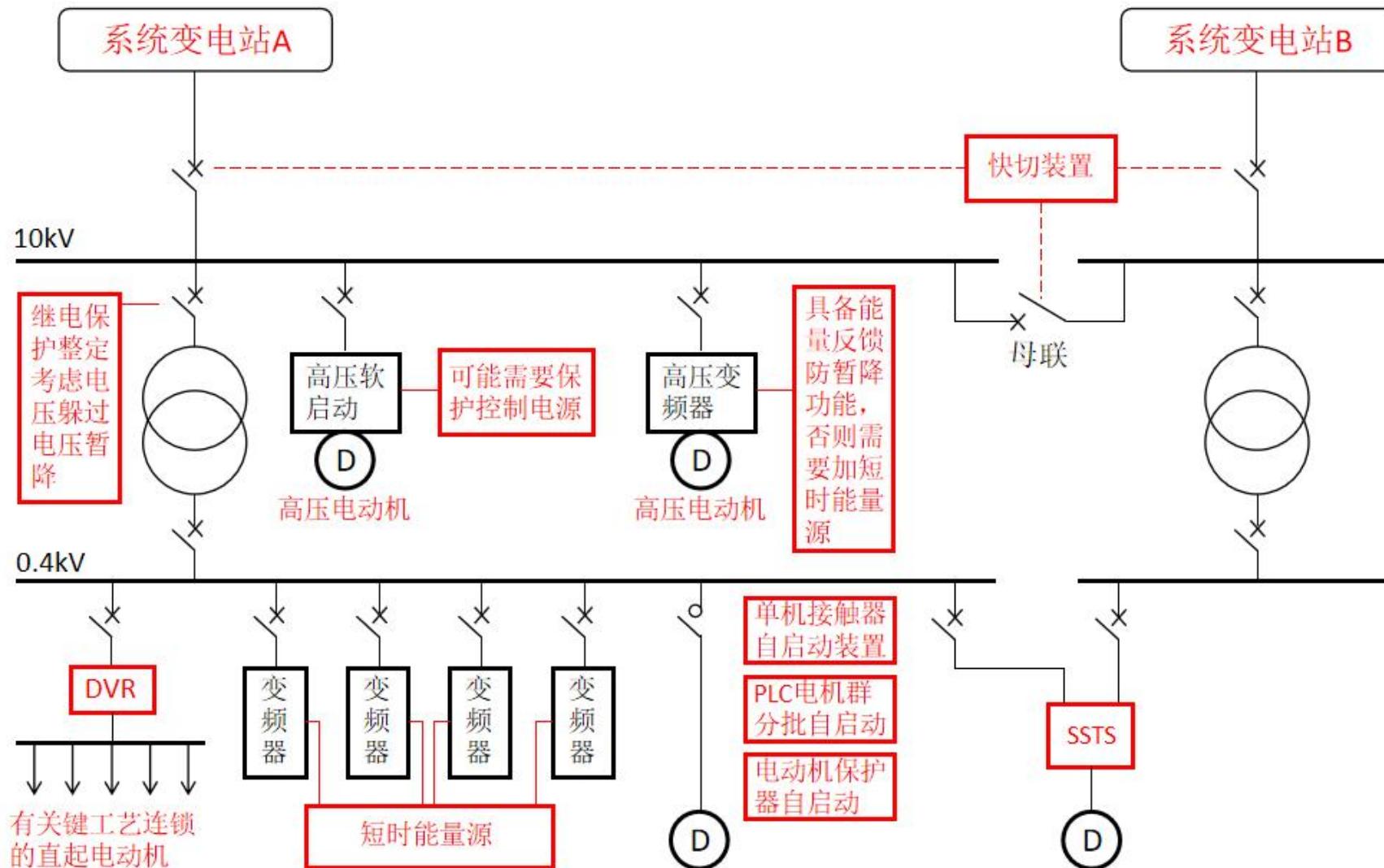
### 1. 电压质量：电压的暂降与短时中断的典型治理措施

#### 1.9、储能设备峰谷套利的同时治理电压暂降



## 第二章：各种电能质量问题的典型治理措施

### 2. 电压质量：连续生产企业高可靠性供电系统全图



## 第三章：电压暂降治理案例介绍

### 1、中航工业成飞歼20生产线电压暂降治理

中航工业成都飞机制造公司，  
歼20生产线电源保障项目

概况：一期工程于2015年3月投运，总容量315kVA；二期工程于2018年5月投运，总容量400kVA；三期工程于2019年10月投运，总容量400kVA

目前全厂共计投运：总容量1115kVA。

一期工程获得中航工业科学技术进步二等奖。

成飞公司歼20生产线电能质量治理



## 第三章：电压暂降治理案例介绍

### 2、中央电视台北京转播塔电压暂降治理

广电总局中央广播电视台转播塔，转播电源保障项目

概况：一期工程于2019年8月投运，总容量400kVA；同期在云南安宁501转播台、西藏602转播台、陕西咸阳594转播台投运设备22套。

目前广电总局共计投运：总容量1455kVA.



## 第三章：电压暂降治理案例介绍

### 3、佛山本田发动机生产线电压暂降治理

本田汽车（佛山）零部件有限公司，汽车发动机生产线电源保障项目

概况：工程于2019年4月投运，总容量2275kVA，至今已动作50余次，为用户挽回巨额经济损失，获得日方的高度评价。



## 第三章：电压暂降治理案例介绍

### 4、珠海英诺赛科第四代半导体生产线电压暂降治理

英诺赛科（珠海）半导体有限公司，第四代共生半导体生产线电源保障项目

概况：工程于2019年4月投运，  
总容量1000kVA



## 第三章：电压暂降治理案例介绍

### 5、文昌卫星发射基地发射区电压暂降治理

文昌卫星发射中心，发射区  
燃料加注系统电源保障项目

概况：一期工程于2020年10月  
投运，总容量150kVA；二期工  
程根据发射任务进度，现拟定于  
2021年投运，总容量  
6750kVA。覆盖文昌发射中心  
发射区全部关键用电负荷。



# THE END

## 感谢倾听， 请多指教！

主讲：白老师  
电话：13847\*\*\*\*\*

