

**QHE 干槐电气，电能质量专家**

安全、优质、高效清洁环保的能源，  
将为我们创造更加低碳的生活



QHAPF 系列

**第二代有源电力滤波器**



 **特别提醒——未列之规格按用户的要求制造**

**绿色能源管理系统之 02-E**

**APF—有源滤波器**

**上海干槐电气有限公司**  
**SHANGHAI QIANHUI ELECTRIC**

无功补偿谐波滤波



## 公司简介

上海千槐电气有限公司（简称“千槐”、“千槐电气”、QH、QHE）成立于2005年，专业从事于绿色能源管理系统、电力自动化系统、电能质量管理系统以及各种节能及新技术的创新、研究和应用推广，特别专注于无功补偿和消谐滤波领域，与国内外同行有着多年的合作交流，在引进国外先进技术的同时又积极主动地进行了卓有成效的消化吸收，逐步形成了千槐产品理念先进、质量可靠、规格齐全、参数完整、一揽子解决方案的风格；既采用和发展了国外的先进技术和产品，又根据中国电力系统的实际，提出了各种新的概念，扩展了应用领域。

千槐电气在电能质量技术研发、系统设计、制造工艺、产品质量等方面具有较高的行业代表性。多年来，公司以先进技术、优异产品、稳定质量和诚信服务，在市场上赢得了比较良好的信誉度。

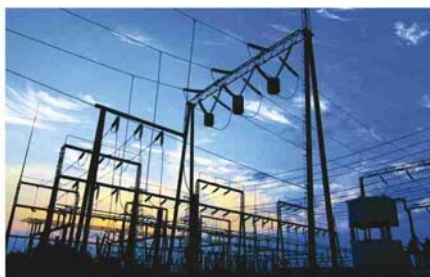
目前，千槐电气正致力于发展绿色、环保、增效、节能、安全、易用等新能源产品的研发和推广。以无功补偿消谐滤波等各类节能环保产品为基础，努力将千槐电气建设成为国内新能源产品的研发与制造的现代型企业。

千槐电气将以“节能环保”、“新能源”、“国际化”为战略目标。把千槐电气建设成为产品种类齐全、服务质量优良、全面协调可持续发展的产品推广应用及制造商。千槐电气正在不断提高企业的核心竞争力，迈着坚实的步伐跻身于世界电器行业之林。

## 有源滤波简介

有源电力滤波器（APF）主电路为IGBT功率变换器，采用基于瞬时无功功率理论的检测技术，自动跟踪电网谐波变化，具有高度可控性与快速响应性。克服了传统无源滤波器的滤波效果差、容易发生谐振、只能补偿固定次谐波等缺点，对各种快速瞬变的冲击性负荷均能起到良好的滤波和补偿效果。

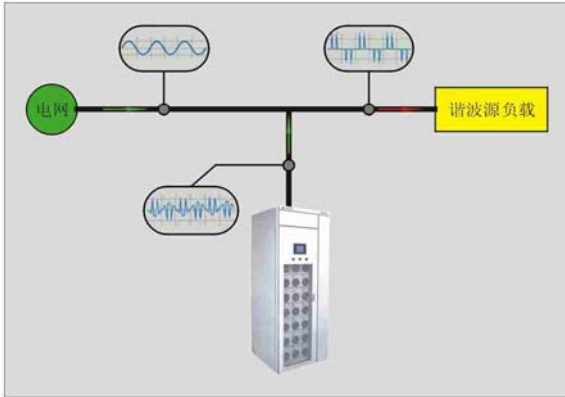
QHAPF系列有源滤波器采用军工级控制芯片，计算能力及抗干扰能力极强，可实现一个控制器集中控制多台有源滤波器并联工作，采用自适应电流平均值控制算法并结合LCL拓扑结构，克服了传统滞环电流控制由于开关频率变化所带来的输出频谱宽、滤波较困难、高频谐波会干扰电网等缺点。





## 原理与特点

### 工作原理



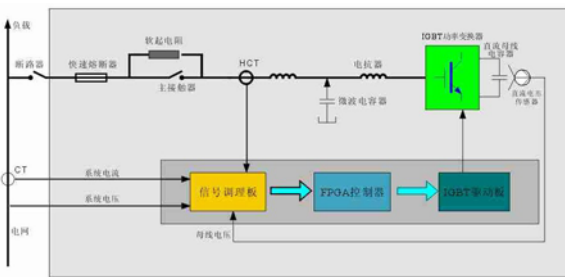
滤波原理

### 滤波原理

通过外部互感器CT实时采集电流信号，通过内部检测电路分离出其中的谐波部分，通过 IGBT 功率变换器产生与系统的谐波大小相等相位相反的补偿电流注入电网，实现滤除谐波的功能。

### 无功补偿原理

实时检测系统的无功功率，通过 IGBT 功率变换器产生容性或感性的基波电流，实现动态连续无功补偿，无功补偿的目标功率因数可以通过操作面板设定。



内部工作结构

### 内部工作原理

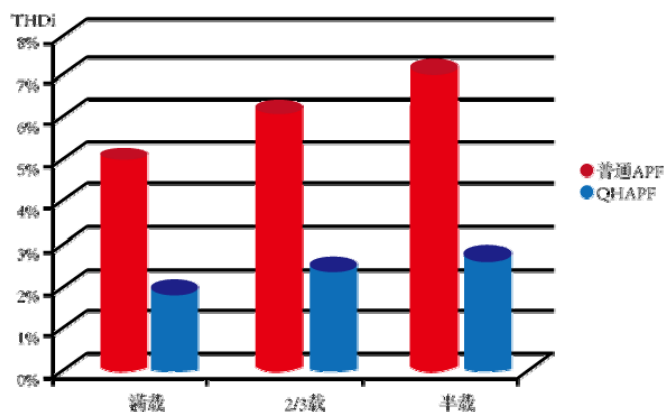
通过外部 CT 实时采集电流信号送至调理电路，然后再送至 FPGA 控制器，控制器将基波成分分离，并提取出所有的谐波，控制器会将采集到的谐波成分和 QHAPF 已发出的补偿电流比较得到差值作为实时补偿信号输出到驱动电路，触发 IGBT 变换器产生与系统的谐波大小相等相位相反的补偿电流注入电网，实现滤除谐波的功能。

## 技术特点

### 卓越的滤波能力

谐波滤除率大于97%

QHAPF 系列有源滤波：采用闭环控制策略，结合独创的自适应电流平均值控制算法，使装置满载时系统源侧的THDI<3%，2/3载时THDI<3%，半载时THDI<4%。





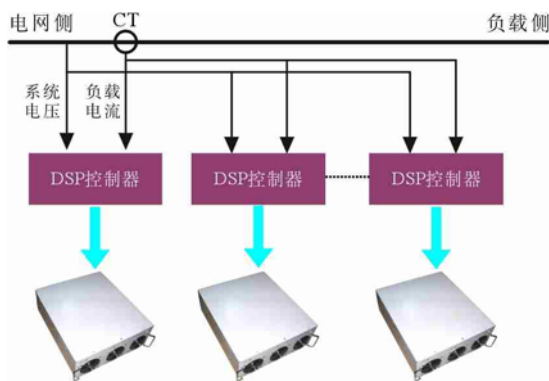
## 原理与特点



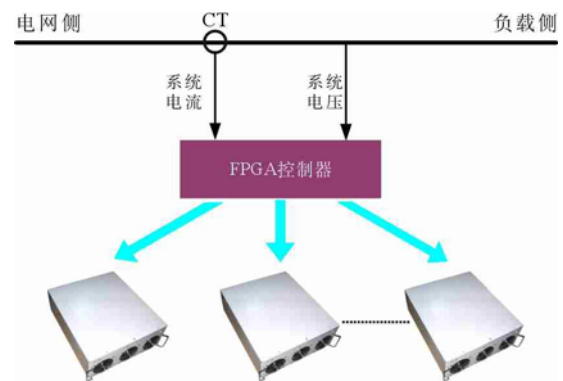
### 控制系统采用了军工级 FPGA 芯片：超强运算能力

采用美国Xilinx公司的军工级FPGA进行集中控制。时钟频率最高可到200MHz，内部有84个硬件DSP单元，DSP并行运算，速率远高于传统的单个DSP控制方式，通信延迟小，响应速度更快。且FPGA烧录程序后，相当于一个硬件电路，不需调用程序，不会出现程序跑飞故障，运行可靠性极高。

### 高可靠性并机方式：同一个控制器集中控制，模块之间无环流



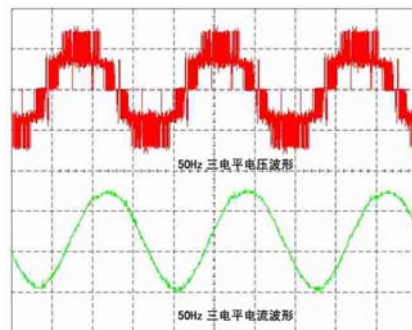
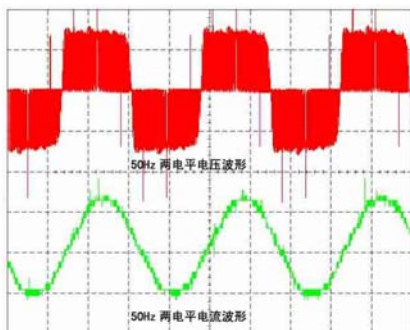
常见并机方式



QHAPF 并机方式

QHAPF可以实现12台装置并联且只使用一个FPGA集中控制，每个功率模块均流输出，模块之间无环流，提高了装置的可靠性。

### 三电平结构：输出电流平滑，装置损耗低



主电路采用3H全桥拓扑三电平结构，输出电流波形更平滑，同时使直流母线电压和开关器件的开关频率仅有传统两电平有源滤波器的1/2，大大降低了开关器件的损耗。



## 原理与特点

### 积木扩展式安装结构：扩容维护方便



功率模块1  
+  
功率模块2  
+  
功率模块3  
+  
功率模块4  
+  
功率模块5  
+  
功率模块6  
+  
功率模块7

积木扩展式结构对设备扩容、维护都比较方便。

当设备中某个模块出现故障时，系统自动检测故障，并将故障模块自动切除，而不影响设备的正常工作。

模块更换时，操作简单，只需将故障模块或损坏模块抽出，插入新的模块即可。

各次谐波电流输出可限幅：可与无源滤波器配合滤同一次谐波



### 所有数据均采用光纤通讯：抗干扰能力强

所有数据均转换为数字信号，通过光纤传输，保密性好且能保证同一光缆中不同光纤间光信号的传输质量。同时光纤具有抗高温和耐腐蚀的性能，因而可以抵御恶劣的工作环境。

### 自适应控制算法：适应任何系统阻抗变化

控制系统能够根据输入信号自动调整控制参数，优化补偿性能，并能适应任何系统阻抗变化，装置不会与系统发生谐振。



## 原理与特点

### 高品质品牌元器件—产品质量的保证



#### 原装进口 IGBT 模块德国英飞凌

- 最新的第四代IGBT 技术
- 开关损耗和通态损耗大大减小
- 温度周次和功率周次大大提高，使用寿命更长



#### 驱动瑞士 Concept

- 瑞士 Concept 公司是中大功率 IGBT 驱动器的全球领先制造商，具有 20 年 IGBT 驱动器研发与生产的成功经验
- 寿命长，可靠性高
- 开关频率从 DC 到大于 100KHz
- 占空比从 0 到 100%



#### 主控制器芯片 FPGA 美国 Xilinx

- 美国 Xilinx 的 FPGA 属于军用及航天级别的芯片



#### 直流母线薄膜电容器

- 承受纹波电流大、耐压能力强
- 寿命长(设计可达 20 年以上)
- 具有自愈能力的安全膜技术，大大提高了安全性



#### 施耐德-富士断路器

- 超强限流特性，极大降低短路电流作用时间和强度；
- 双层保护结构，保障维护安全性



#### 光纤美国 Avago

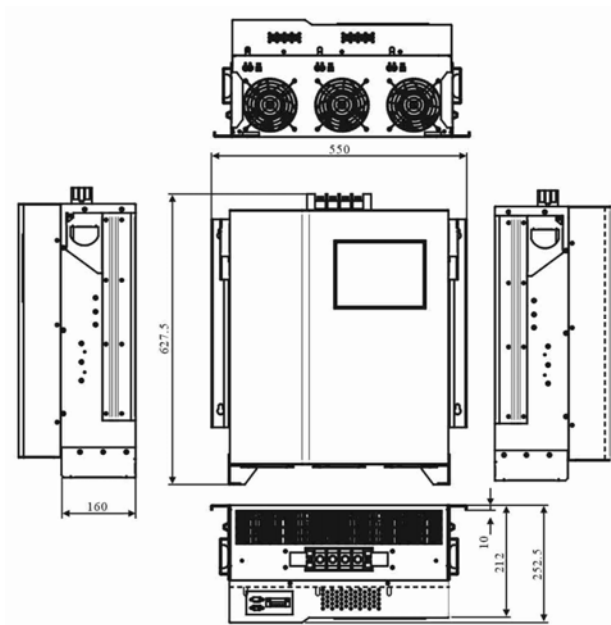
美国 Avago 光纤适用于工业控制总线系统的通讯传输，以及以太网、汽车和消费电子等领域，具有传输带宽高，抗干扰能力强，信号稳定等特点。



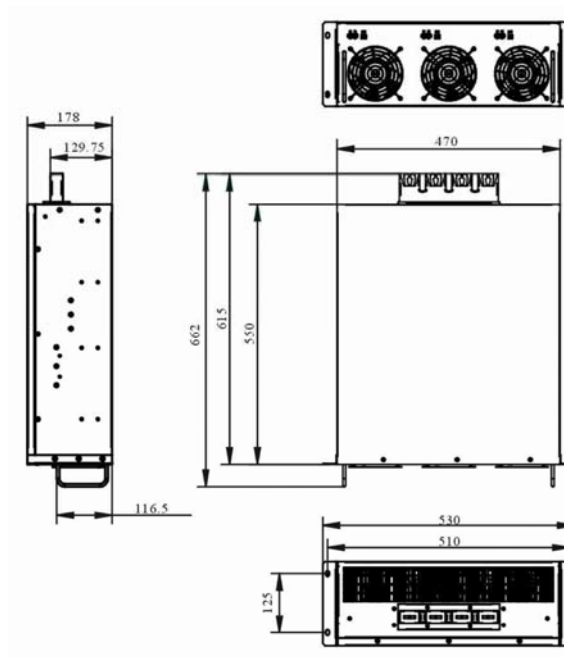
产品结构



壁挂式50A



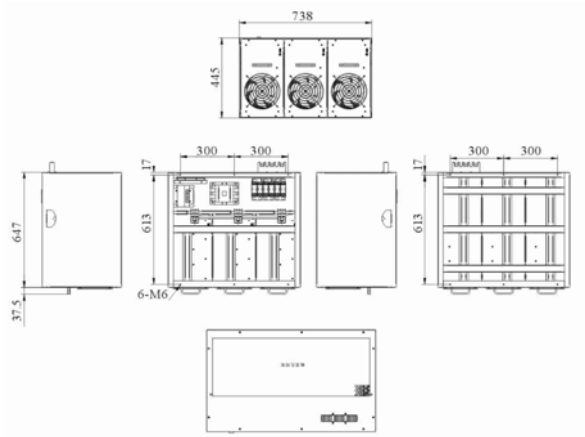
400V/690V-50A 壁挂式有源滤波器



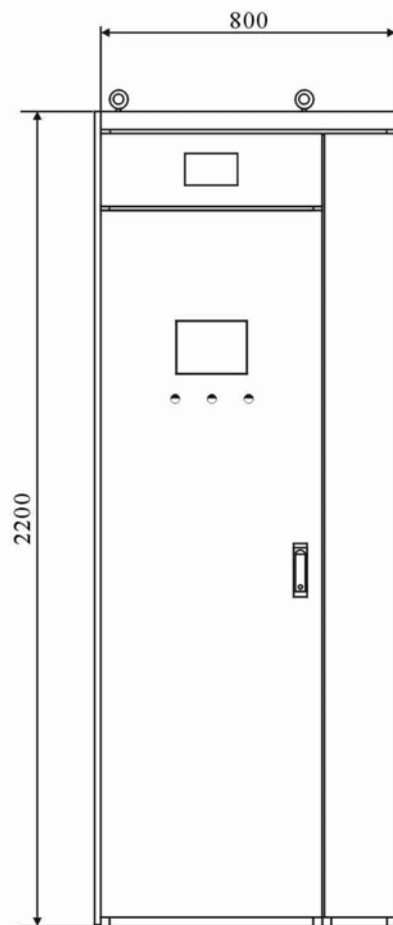
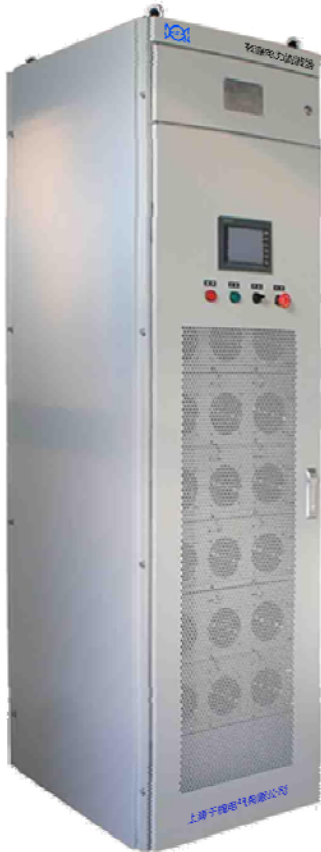
400V/690V-50A 有源滤波器模块



产品结构



400V/300A-690V/150A 有源滤波器模块



690V 机柜式有源滤波器





## 产品型号与技术参数

### 产品型号

QHRFC□□-□-□□						
QH	APF	□	□	-□	-□	□
企业代号	有源滤波器	设计序号 A, B, C...	接线方式: 3L-三相三线, 4L-三相四线	额定电压: V	额定容量: A	安装方式: H-壁挂式, C-机柜式

### 技术参数

单柜额定补偿电流		25A~900A	性能指标	滤波范围	2~50 次, 单次谐波可限幅
输入	工作电压	400V/690V (-20%~+15%)		谐波滤波率	>97%
	工作频率	50±2.5Hz		瞬时响应时间	<100 μs
显示与通讯	显示界面	5.7 英寸触摸屏		全响应时间	<10ms
	显示状态	装置与系统电流, 电压, 状态参数, 波形		有功功率损耗	<3% (额定)
	通讯	RS485, RS232, Modbus 协议		散热方式	智能风冷
使用环境	环境温度	-10℃~+45℃		并联模块数量	12 台
	存储温度	-40℃~+60℃		噪声指标	<65dB
	相对湿度	<95%, 无凝露		过载能力	120%
	海拔高度	<1000 米 (高海拔需定制)		开关频率	21.6KHz



## 产品规格参数

## 400V APF 规格参数

额定电压	400V(-20%~+15%)					
单柜额定电流	25A 50A 75A 100A	150A	200A	250A	300A	350A
并机数量	更高容量可以并联使用，最多可并联 12 个模块，输出容量 3600A，且只使用一个控制器					
接线方式	三相三线；三线四线					
尺寸 mm (W*D*H)	550*252.5*627.5 800*600*2200 600*800*2200 800*800*2200 800*1000*2200 1000*800*2200 1000*1000*2200	800*600*2200 600*800*2200 800*800*2200 800*1000*2200 1000*800*2200 1000*1000*2200	600*800*2200 800*800*2200 800*1000*2200 1000*800*2200 1000*1000*2200			
安装方式	<input checked="" type="checkbox"/> 壁挂	<input checked="" type="checkbox"/> 机柜	机柜			
防护等级	IP20（其它防护等级可定制）					

## 690V APF 规格参数

额定电压	<input checked="" type="checkbox"/> 690V(-20%~+15%)			
单柜额定电流	25A 50A 75A 100A	150A	300A	450A
并机数量	更高容量可以并联使用，最多可并联 12 个模块，输出容量 1800A，且只使用一个控制器			
接线方式	<input checked="" type="checkbox"/> 三相三线			
尺寸 mm (W*D*H)	550*252.5*627.5	800*800*2200 800*1000*2200 1000*800*2200 1000*1000*2200		
安装方式	<input checked="" type="checkbox"/> 壁挂	<input checked="" type="checkbox"/> 机柜	机柜	
防护等级	IP20（其它防护等级可定制）			



## 设计参考

### 补偿方式和计算方法

QHAPF 系列有源电力滤波器可以根据负荷配电系统实际情况，以及需要达到的补偿效果的不同，灵活选择补偿方式，达到滤波效果和投资的最优化设计。按照有源电力滤波器安装位置的不同，提供集中补偿和就地补偿两种方式。

### 集中补偿方案

在一个混合型配电系统中，当非线性负载数量庞大，单台非线性负载容量较小时，使用集中补偿方案。新建项目容量计算公式：

$$I_h = \frac{SK}{\sqrt{3}U\sqrt{1+THD_i^2}} THD_i$$

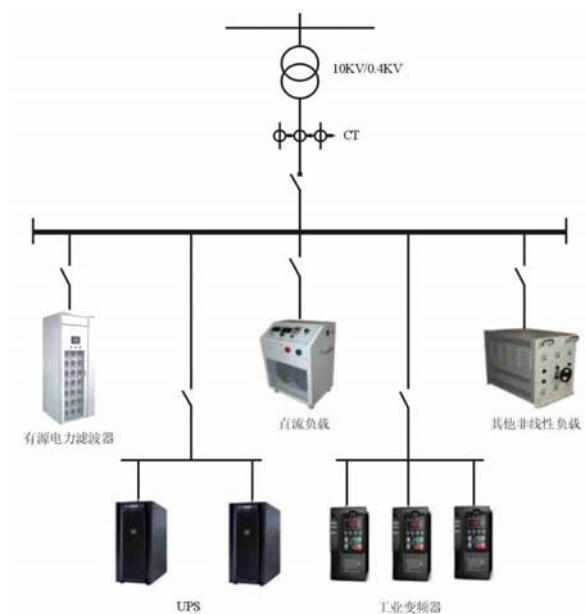
其中：S—变压器额定容量

U—变压器二次侧额定电压

I<sub>h</sub>—谐波电流；

THD—总电流畸变率，取值范围根据不同行业或负载确定；

K—变压器负荷率。



### 就地补偿方案

配电系统中非线性负载集中在某一条支路或某一台非线性负载时采用就地补偿方案。

新建项目容量计算方法：

$$I_h = \frac{KI_N}{\sqrt{1+THD_i^2}} THD_i$$

在改造项目中：

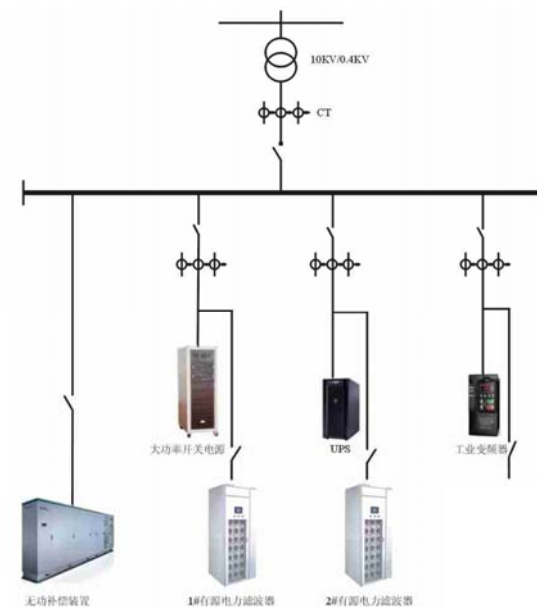
可以通过电能质量分析仪检测欲补偿点处的电压值、电流畸变率、各次谐波电流值等数据。

利用各次谐波电流实测95%值，总补偿谐波容量 $I_{APF}$ 等于各次谐波电流平方和

均方根  $I_{APF} = 1.3 \sim 1.5 \sqrt{I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_n^2}$ ，或利用测

得的基波总电流值 $I_1$ 和总电流畸变率 $THD_i$

来计算， $I_{APF} = 1.3 \sim 1.5 I_1 * THD_i$ 。





设计参考

各行业谐波电流畸变率THDi 经验数据

行业类型	谐波源	THD 经验值	治理方式
医院	医疗设备、UPS、变频空调、计算机、节能灯	25%	集中治理或就地补偿
地铁、隧道、高铁、机场	节能灯、变频风机、电梯、可控硅调光设备	15%	集中治理
通讯机房、数据中心、银行	UPS、开关电源、变频空调、节能灯	20%	集中治理
智能建筑、商业中心	节能灯、电梯、计算机、变频空调	20%	集中治理
汽车制造	点焊机、电焊机	30%	集中治理
石油、化工	变频器、整流设备	35%	集中治理或就地补偿
冶金	中频炉、电弧炉、轧机	40%	集中治理或就地补偿
体育馆、剧场	调光设备、节能灯	50%	集中治理

此表仅供选型参考，具体依据容量计算公式计算为准。

变压器容量 kVA 行业	集中补偿容量选择查询表					
	地铁、隧道、 高铁、机场	通讯、商业建筑、 冶金、银行	医疗行业	汽车制造、 船舶制造	化工、石油	冶金行业
谐波电流畸变率	15%	20%	25%	30%	35%	40%
200	50A	50A	100A	100A	100A	100A
250	50A	100A	100A	100A	150A	150A
315	100A	100A	150A	150A	150A	200A
400	100A	150A	150A	200A	200A	250A
500	100A	150A	200A	200A	250A	300A
630	150A	200A	250A	300A	350A	400A
800	200A	250A	300A	350A	450A	500A
1000	200A	300A	400A	450A	550A	600A
1250	300A	350A	450A	550A	650A	750A
1600	350A	500A	600A	700A	850A	950A
2000	450A	600A	750A	900A	1050A	1200A
2500	550A	750A	900A	1150A	1300A	1500A

【注】上表 APF 容量是在变压器负荷率为 80% 的情况下得到的。在实际项目中根据负荷率的值与此表 80% 负荷率比较，按比例得出 APF 容量。

变压器容量 kVA 行业	典型负载局部就地补偿查询表						
	医疗设备	UPS	中频炉	开关电源	变频器	整流设备	充电机
	30%	35%	40%	40%	40%	45%	55%
100	50A	100A	100A	100A	100A	100A	100A
150	100A	100A	150A	150A	150A	150A	150A
200	150A	150A	150A	150A	150A	200A	200A
250	150A	200A	200A	200A	200A	250A	250A
300	200A	200A	250A	250A	250A	250A	300A
400	250A	300A	300A	300A	300A	350A	450A
500	300A	350A	400A	400A	400A	450A	550A

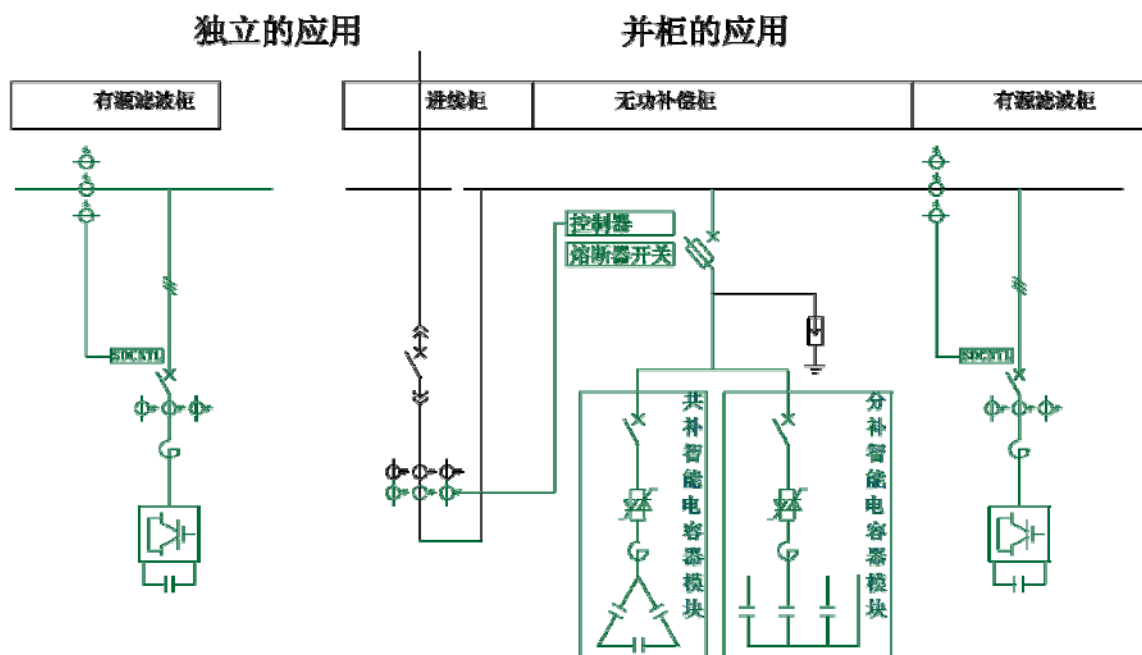
【注】以上谐波电流数据是按负载满载工作状态下计算得出。



设计参考

设计上图

原理接线图



说明:

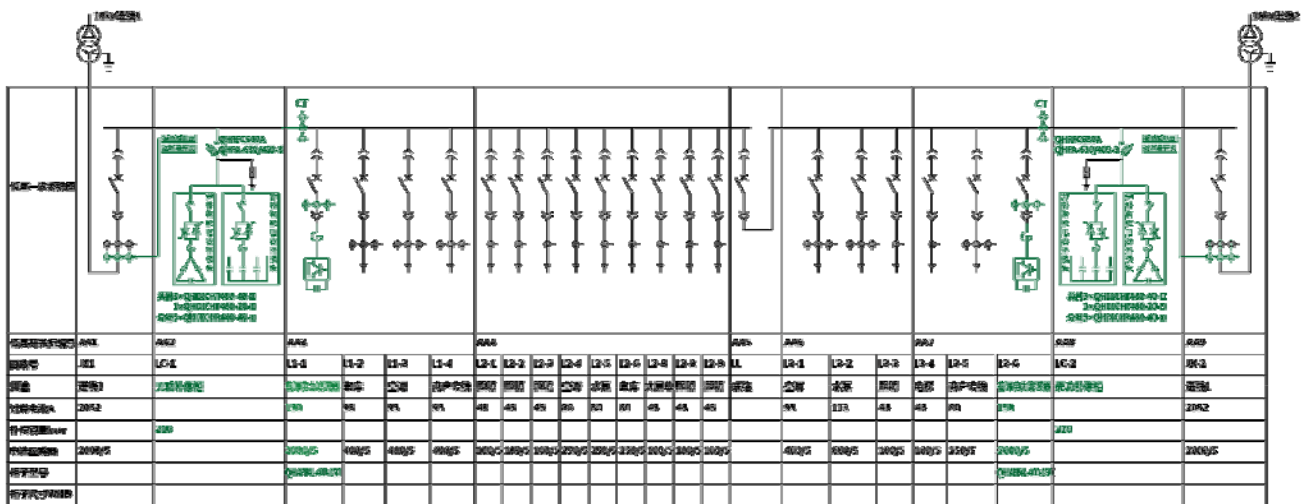
1. QHAPF 可用于三相三线或三相四线系统中，根据实际配电系统选型。
2. QHAPF 需要安装3 个CT，各装于A、B、C 三相上。
3. CT 的安装位置：若配电系统中出现电容补偿柜，则QHAPF 安装在补偿柜后方靠近负载侧，CT 的安装位置要位于补偿柜与QHAPF 之间。



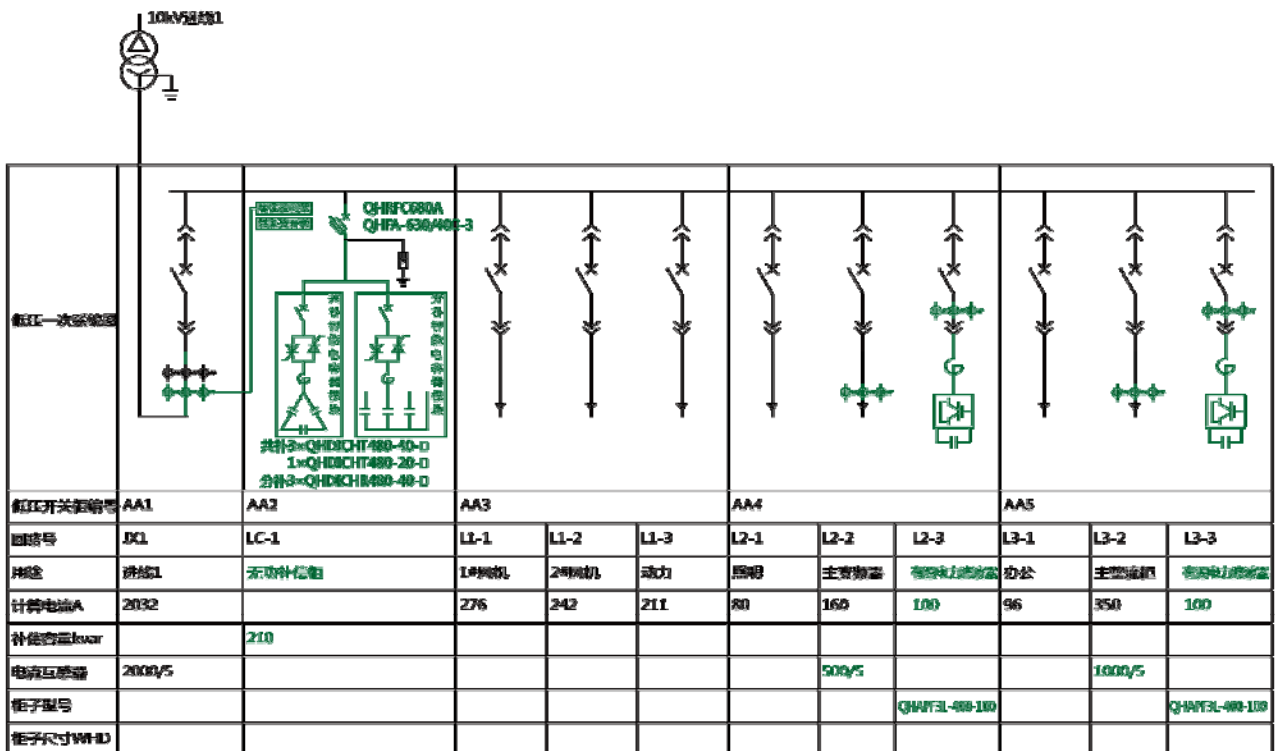
设计参考

设计上图

商业建筑 QHAPF 集中补偿设计图纸



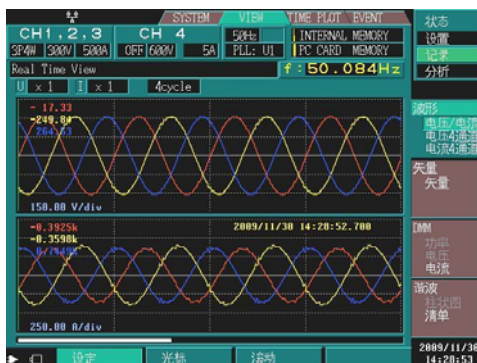
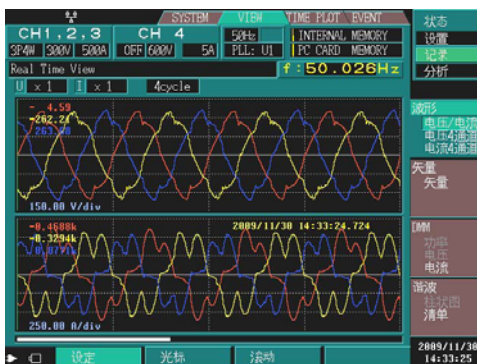
冶金行业 QHAPF 就地补偿设计图纸





## 应用案例

### 医疗行业



#### 医院配电谐波特点：

医院作为救死扶伤的特殊类型建筑设施，本身属于一类用电负荷。开关电源、UPS、驱动电梯和其他电动设备的变频调速装置、空调系统和应急照明系统等产生大量 3, 5, 7 次谐波。电力谐波会直接导致依赖微处理器技术的设备同步失调和数据错误，而谐波谐振引起的共模干扰和过电流将直接危害设备内部电子线路的安全，会导致击穿或放电，给医院电气安全与医院医疗和检验设备的正常工作带来了严重危害，已成为医院手术环境危害的重要因素。

#### 谐波治理的用户价值：

保障核磁共振仪 MRI、螺旋 CT、X 射线摄像系统、脑电图、心电图、生化实验仪等精密仪器的供电可靠性。

项目应用：北京妇产医院

问题描述：电流畸变率达到 19%，主要为 3, 5, 7 次谐波。

#### 治理措施：

安装三相四线制 200A 的 QHAPF 系列有源电力滤波器对供电系统母线进行谐波治理。

#### 治理效果：

治理后 THDI 从 19% 降到 2%，中线电流基本消除，电缆温度大大降低，无功补偿柜正常投运。



电能质量，专业品质



上海千槐电气有限公司

网站: <http://www.qianhuai.com>

邮箱; [qianhuai001@126.com](mailto:qianhuai001@126.com)

电话: 021-60455076 13601948165

传真: 021-57428756

地址: 中国上海市工业综合开发区

SHANGHAI QIANHUI ELECTRIC CO.,LTD

TEL: 021-60455076 13601948165

FAX: 021-57428756

ID: <http://www.qianhuai.com>

EM; [qianhuai001@126.com](mailto:qianhuai001@126.com)

ADD: 5926 HANGNAN RODA NAQIAO FENGXIANSANGHAI

本手册的版权归本公司所有，并保留所有的权利 版本号: V2.1 QHCT201504100D