

# SVG 动态无功发生装置

无功补偿暨谐波治理专业公司，专业的工业企业电能质量解决方案首选供应商。

## 上海坤友电气有限公司

微信公众号：“shkunyou”或“坤友电气”

地址：上海市闸北区恒丰路 600 号机电大厦 B 区 528 室

电话：021-66319366

电话 1：021-63800920

电话 2：021-63800942

传真：021-23010250

Email: kunyou@shkunyou.com

<http://www.shkunyou.com.cn>

坤友电气为您提供电能质量的检测、分析、评估解决方案。

1. 提高功率因数，避免用电罚款；
2. 节省变压器容量，减少基本电费；
3. 提高错峰用电的产能，节约成本；
4. 提高设备稳定性，保障用电正常；
5. 变压器过载能力提高，有效使用容量提升；
6. 降低变压器的温升噪音，确保运行安全可靠；
7. 改善电压畸变，排除零线过热导致的安全隐患（火灾，设备短路）；

## 目录

坤友电气企业简介.....	3
坤友电气企业文化.....	4
电网电能质量现状: .....	4
电能质量问题的危害具体如下: .....	4
KYSVG 动态无功发生装置.....	5
一、KYSVG 概述.....	5
二、KYSVG 工作原理 .....	6
三、KYSVG 运行模式 .....	7
四、KYSVG 一次电路图.....	7
五、KYSVG 主要功能 .....	8
六、KYSVG 技术特点.....	9
七、KYSVG 技术参数.....	12
八、KYSVG 规格型号.....	13
九、KYSVG 设计图例 .....	14
十、KYSVG 应用领域 .....	15
上海坤友电气更多信息请访问: .....	18



## 坤友电气企业简介



上海坤友电气有限公司是专业从事无功补偿暨谐波治理的股份制高新技术企业。公司坐落于上海市张江国家自主创新示范区·上海大学科技园，旗下现有工程技术部、市场营销部、事业部员工 150 名，其中各类专业技术人员占 30%。公司主营高低压无功补偿装置、有源电力滤波装置和铁路专用过电压保护器，一直保持着国内领先水平，是公司的三大支柱产业。

上海坤友电气谐波治理产业由电能质量事业部进行经营管理。事业部设运行管理中心、营销中心、技术中心。其生产的 KYLCF 节能复合滤波模块单元、KYXBXZ 新型电网谐波吸收装置、KYXBQ 谐波保护装置、KYSVG 动态无功发生装置和 KYILB 有源电力滤波器均属行业独创。公司自主研发的 KYT-27.5 / 800 型铁路专用过电压保护器已成功申请国家发明专利，并与南车株洲电力机车、中国北车集团大同电力机车、中国北车集团北京二七机车厂建立了长期的友好合作关系。公司所产产品均通过国家 ISO9001-2008 质量体系认证和国家强制性 3C 认证。

多年来，上海坤友电气在系统集成研发和技术创新能力方面，主要依靠公司专家委员会和国家级企业技术中心两大平台，对公司研发和技术创新方面进行指导，同时公司与清华大学、上海交大、上海理工大学、上海电力大学等高等院校，

中国电科院、原铁道部各设计院所建立了长期技术合作关系。由此开发的谐波保护暨无功补偿装置，在设计、工艺、制造水平及节能效果方面已达到国内先进水平，具有较强的技术和市场竞争优势。为需方营造一个无人职守、数字化、智能化的电力产业链，使之具有信息数字化，通信网络化、信息共享标准化等相关功能。自动完成信息采集、测量、控制、保护、计量和检测等功能，并可根据需要支持电网实时自动控制、智能调节、在线分析决策、协同互动，使之能自动调节输出，确保节能高效。

上海坤友电气作为一支在电能质量优化、柔性输电、电网安全运行和节能降耗等相关领域的中坚力量，我们将积极响应国家号召，以推动民族电能质量发展为要务，全力服务国家建设，为低碳经济发展和资源节约型环境友好型社会建设奉献更加优质、高效的技术和服务。并将继续贯彻“以事为本”、“一个现场，一个设计”的思想方针，为每个用户量身定做适合自己的解决方案，将公司发展成为“中国最专业绿色龙头企业。”

### 坤友电气企业文化

#### 坤友电气理念：

质量为先 信誉为重 管理为本 服务为诚。

以人为本 为顾客创造价值 为伙伴提供发展 为投资者创造收益。

#### 坤友电气精神：

务实诚信 勇于创新 锲而不舍 和谐发展。

#### 坤友电气使命：

生产绿色产品，节约地球资源。积极响应国家和政府所倡导的节能、安全、环保等号召，以治理电网污染、促进电网节能降耗、加快绿色电网建设进程为己任，不断推进该领域的新技术、新产品的研究开发与产业化进程。

#### 坤友电气目标：

立足中国、放眼世界、诚做专业的工业企业电能质量治理专家。

#### 电网电能质量现状：

在工业负荷发达的电网，日耗电量巨大，负荷呈非线性和冲击性，引发了多种电能质量问题，主要包括功率因数低、谐波含量高、三相不平衡、功率冲击、电压闪变和电压波动。

#### 电能质量问题的危害具体如下：

- 电网的功率因数低，增加电网损耗，加大生产成本，降低生产率。
- 传动设备的频繁起动造成了无功冲击，引起电网电压降低、电压波动和电压闪变，严重时导致传动装置及保护装置无法正常工作甚至影响生产。
- 由于变频器等电力电子设备的使用，产生高次谐波电流，导致电网电压和电流畸变。

电压和电流谐波对电网和用电设备产生以下恶劣后果：

★谐波会导致保护及安全自动装置误动作，影响生产；

★谐波导致电容器组谐波电流放大，使电容器过负荷或过电压甚至烧毁；

- ★谐波会增加变压器损耗，引起变压器发热；
- ★谐波导致电力设备发热，增加损耗；
- ★谐波会加速变压器和其它电力设备的绝缘老化；
- ★谐波会干扰通讯信号，严重时使通讯无法正常运行，严重影响生产。
- 导致电网三相不平衡，产生负序电流使电机转子发生振动。

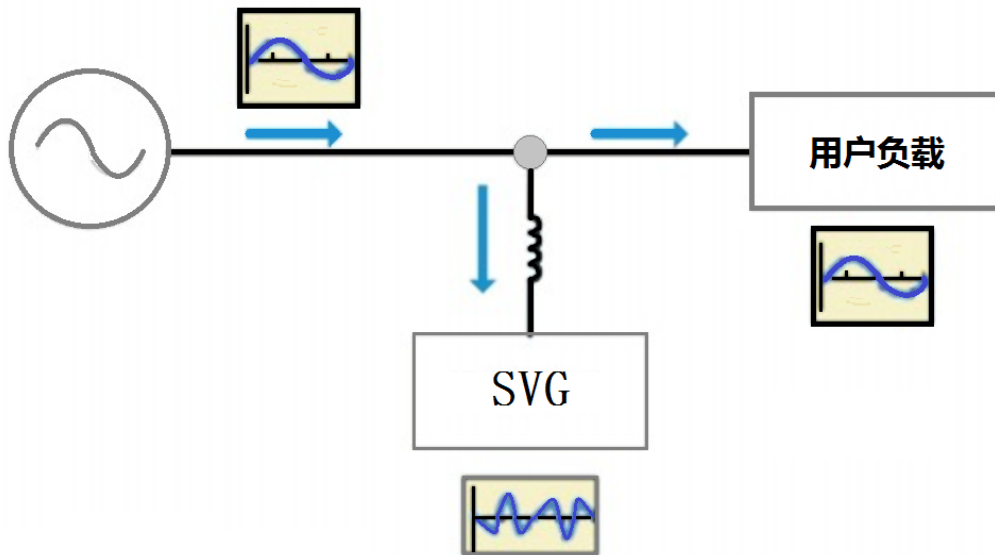
综上所述，电网的谐波和无功问题日益突出，整个供配电系统的安全运行存在较大隐患。因此，世界各国电力系统近年来纷纷采用了动态无功补偿装置和谐波治理装置来提高电网的电能质量，同时由于电能质量的提高，也使电力系统和工矿企业获得了丰厚的回报。目前，节能减排已经成为我国的一项方针政策，大中型企业作为用电大户，必须响应国家的政策进行节能。

## KYSVG 动态无功发生装置

### 一、KYSVG 概述

KYSVG 动态无功发生装置是柔性交流输电技术（Flexible AC Transmission System，简称 FACTS）的主要装置之一，它代表着现阶段电力系统无功补偿技术新的发展方向。KYSVG 动态无功发生装置能够快速连续地提供容性和感性无功功率，实现适当的电压和无功功率控制，保障电力系统稳定、高效、优质地运行。KYSVG 动态无功发生装置并联于电网中，相当于一个可变的无功电流源，通过调节逆变器交流侧输出电压的幅值和相位，或者直接控制其交流侧电流的幅值和相位，迅速吸收或者发出所需要的无功功率，实现快速动态调节无功的目的。当采用直接电流控制时，直接对交流侧电流进行控制，不仅可以跟踪补偿冲击型负载的冲击电流，而且可以对谐波电流也进行跟踪补偿。在配电网中，将中小容量的 KYSVG 动态无功发生装置安装在某些特殊负荷（如电弧炉）附近，可以显著地改善负荷与公共电网连接点处的电能质量，如提高功率因数、克服三相不平衡、消除电压闪变和电压波动、抑止谐波污染等。KYSVG 动态无功发生装置是无功补偿领域最新技术应用的代表。

## 二、KYSVG 工作原理



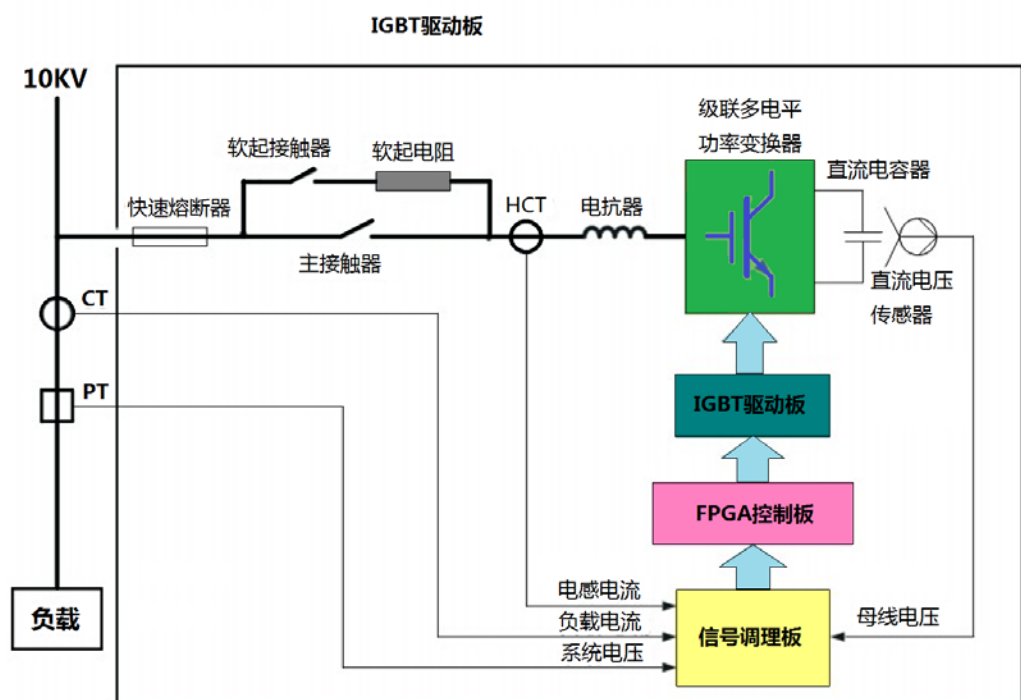
SVG与系统的连接示意图

如上图所示，KYSVG 的主电路主要包括控制系统、IGBT 功率变换器和电抗器三部分。通过对功率变换器的控制，可以调节功率变换器的输出电压，进而调节电抗器上的电流，使 KYSVG 吸收或发出满足要求的无功电流，实现动态无功补偿的目的；同时使 KYSVG 产生指定的谐波来补偿负荷重的电流谐波，实现谐波补偿的目的。KYSVG 是新一代的动态无功补偿和谐波治理领域最新技术应用的代表。

### 三、KYSVG 运行模式

运行模式	波形	说明
空载	<p>(a) <math>U_I = U_S</math></p>	如果 $U_I = U_S$ , SVG 不起任何补偿作用。
感性	<p>(b) <math>U_I &lt; U_S</math></p>	如果 $U_I < U_S$ , SVG 输出的无功电流滞后电网电压, SVG 吸收感性无功, 且其无功可连续调节。
容性	<p>(c) <math>U_I &lt; U_S</math></p>	如果 $U_I < U_S$ , SVG 输出的无功电流超前电网电压, SVG 吸收容性无功, 且其无功可连续调节。

### 四、KYSVG 一次电路图



KYSVG装置内部电路示意图

## 五、KYSVG 主要功能

### 1) 动态补偿无功功率，降低线损，节能降耗

配电系统中的大量负荷，如异步电动机、感应电炉以及大容量整流设备、电力机车等，在运行中都能表现为感性，需要消耗大量的无功，增加了供电线路上的电能损失，降低了电压质量，同时无功电流也降低了发、输、供电设备的有效利用率；对于电力用户而言，低功率因数会增加电费支出，增加变压器损耗，加大生产成本。

KYSVG 动态无功发生装置可跟随负荷无功的变化，实现无功功率的动态补偿，使线路损耗降到最低，充分提高了发、输、供电设备的利用率。

### 2) 动态滤除谐波，改善电能质量，节能降耗

非线性负荷在产生冲击性无功功率的同时，常常对公用电网注入大量谐波。KYSVG 动态无功发生装置采用了以 IGBT 作为功率半导体器件的有源滤波技术，响应速度快、可靠性高、动态跟踪滤除各次谐波，KYSVG 动态无功发生装置具备滤波性能不受系统参数变化的影响、无谐波放大危险等突出优点，是动态无功补偿和谐波治理的首选节能解决方案。

### 3) 输电系统稳定控制，提高线路传输容量

在长距离输电线路中安装 KYSVG 动态无功发生装置，不但可以在正常状态下补偿线路的无功功率，而且可以在系统故障情况下，提供及时快速的无功调节，阻尼系数震荡，提高输电系统稳定性，从而有效提高线路输电容量。

### 4) 维持负荷端电压，加强系统电压稳定性

对于负荷中心，由于负荷容量大，且没有大型无功电源支撑，因此容易造成电压偏低甚至电压崩溃的事故。KYSVG 动态无功发生装置具有的快速调节无功功率的功能可以有效维持负荷侧电压，提高供电系统的电压稳定性。

### 5) 电压波动与闪变抑制

非线性负荷，如电弧炉、轧钢机、电气化铁路等，负荷的快速变化引起电压波动和闪变，不能满足用户对电压质量的要求，会导致设备运行性能不良，出现过电流、过热，保护装置误动及设备烧坏等事故，并且设备性能、生产效率和产品质量都将受到影响。电压波动和闪变对安全生产及人体健康都是极为不利的。

KYSVG 动态无功发生装置小于 10ms 的全响应速度使其特别适合于电压波动和闪变的抑制，国际大电网（CRGRE）也将其推荐为如电弧炉等快速波动负荷引起的电压波动和闪变抑制的首选方案。

### 6) 补偿三相不平衡

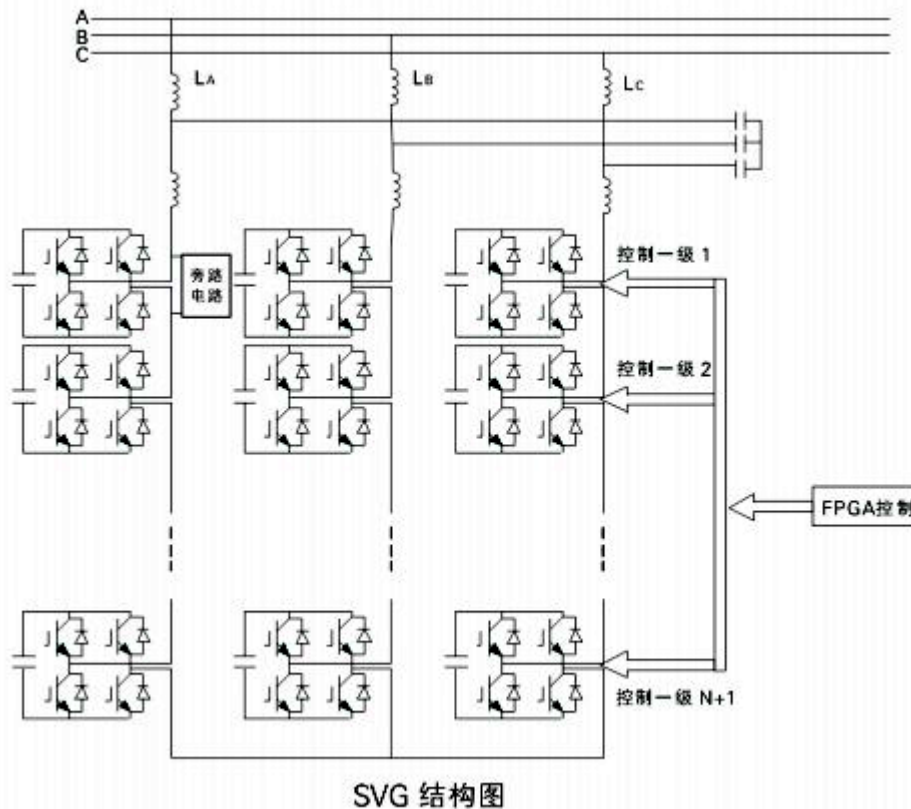
三相电压不平衡对用户的用电设备和电网的输变电设备造成很大的危害：导致中性点形成较高对地电压，使电子设备积累大量的静电而造成致命的损坏；负序电流会造成变压器损耗加大，造成变压器发热，有效输出容量减小。



## 六、KYSVG 技术特点

### 1. 直挂式级联多电平主电路结构

采用 H 桥级联多电平电路架构，直接接入 6kv、10kv、27.5kv 和 35kv 电网。采用了 N+1 或 N+2 冗余结构，当一个 H 桥链节损坏后，通过旁路电路切除故障模块并启用第 N+1 备用功率模块，装置仍可继续满负荷运行，自身运行可靠性极高。

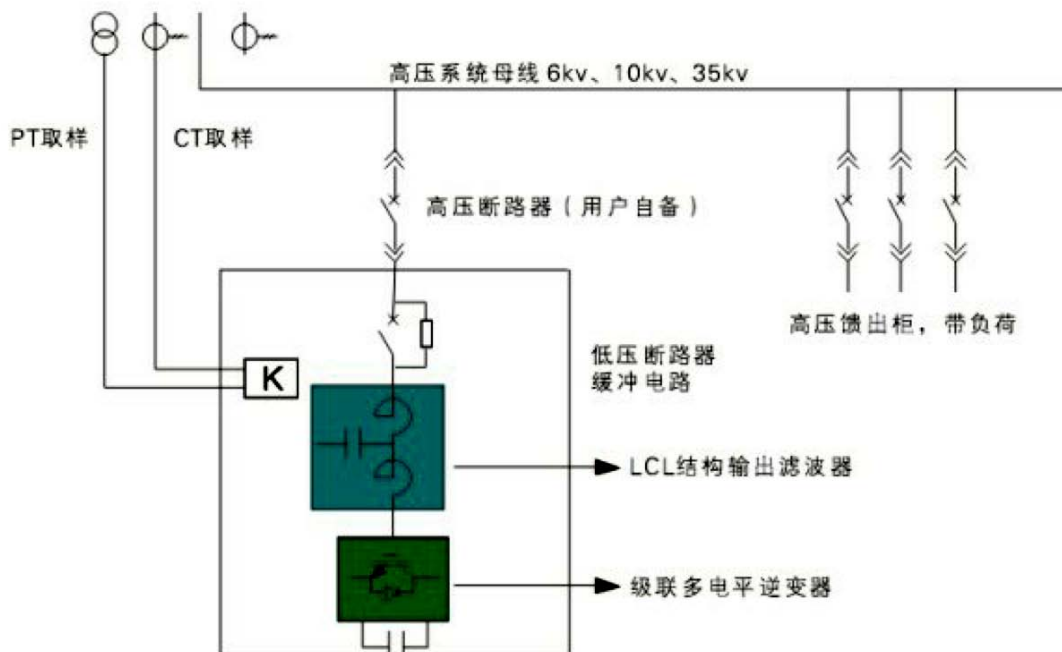




图表 1 单个功率模块实物图

## 2. 输出滤波器采用 LCL 结构

KYSVG 动态无功发生装置接入电网，采用 LCL 结构，与传统的通过单个电抗器直接接入电网相比，具有以下优点：适应于任何现场电网系统阻抗，不会发生谐振，保证装置的可靠性和安全性；KYSVG 动态无功发生装置工作时，IGBT 高频开关产生的高次谐波不注入电网，补偿无功和滤除谐波的效果更好。



### 3. 性能强大的 FPGA 控制器进行集中控制

在控制系统方面,公司采用 XILINX 公司的 Spartan3adsp FPGA 进行集中控制。FPGA 时钟频率最高可到 200MHz 内部有 84 个硬件 DSP 单元, DSP 并联运行, 运算速率远高于单个 DSP 控制方式, 且通信延迟小, 响应速度快, 便于采用更先进的控制算法, 使 KYSVG 动态无功发生装置达到更加卓越的补偿效果。

### 4. 采用新型的控制算法和调制方式

采用基于滑动 DFT 迭代算法的检测方法及同相载波层叠调制方法, 大大减小了计算延时, 结合控制系统的超强计算能力, 使 KYSVG 动态无功发生装置滤除谐波的能力大大增强, 可滤除 30 次以内所有谐波, 滤波效率达 97% 以上。

### 5. 提供友好的全中文 windows 监控和操作界面

- 实现远程监控和网络化控制。
- 内含丰富的 FPGA 资源, 可以和用户现场灵活接口, 满足用户特殊需求。
- 液晶屏为触摸屏, 用户无须键盘, 即可直接通过液晶屏进行状态监视、参数设置、运行控制、故障查询等操作。

### 6. 主要原器件采用原装进口

上海坤友电气有限公司直流母线电容采用薄膜电容, 该电容具有承受纹波电流大、耐压能力强寿命长(设计可达 20 年以上)的特点, 采用有自愈能力的安全膜技术, 大大提高了安全性, 代表了全球最新的 DC—Link 技术水平。

上海坤友电气有限公司使用国外原装进口的 IGBT 模块。该 IGBT 模块采用了



最新的第四代 IGBT 技术，开关损耗和通态损耗大大减小，同时功率周次明显增加，因此其寿命也明显增加。



## 7. 其它关键部件



风机-德国EBM



光纤-美国Avago



FPGA-美国Xilinx



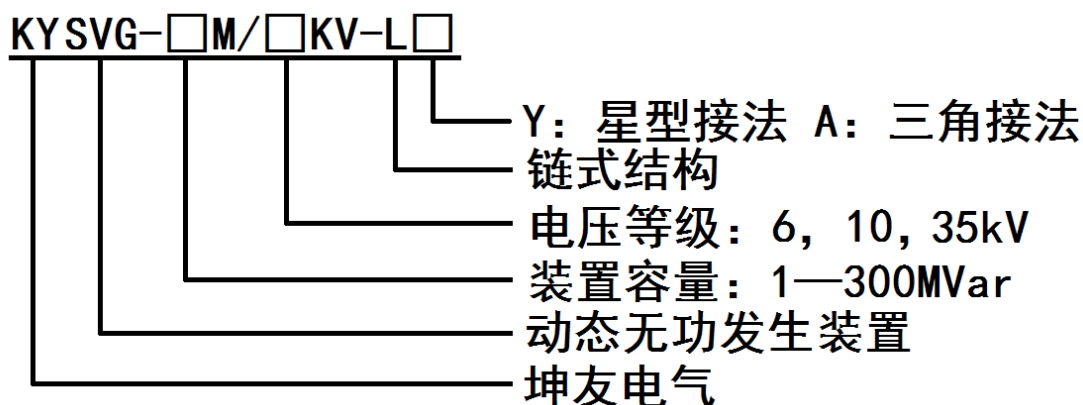
IGBT驱动-瑞士Concept

## 七、KYSVG 技术参数

额定工作电压(kV)	6kV/10kV/35kV
单机装机容量 (MVar)	-50~+300Mvar)
瞬时响应速度	<1ms
全响应速度	<10ms
电压闪变抑制比	5:1
补偿后的电流畸变率	THDI<2%，可滤除 30 次内谐波
补偿后的电压畸变率	THDV<3%
功率因数	>0.99，用户可自行设定
校正三相不平衡	不平衡度<3%
设计使用年限	>20 年
整机效率	>99%
与上位机通讯的功能	具有与上位机实时通讯的功能，通过上位机监控到装置的运行状态和运行参数
安装和散热方式	户内安装，风冷散热
过载能力	过载限流能力，以及 2*Irms 的峰值过载能力
保护功能	电网过压保护、输出速断保护、输出过流保护、过温保护、光纤通讯中断保护、IGBT 驱动保护、直流过压保护。
通讯接口	支持 RS232/RS485 和 CAN 现场总线，备有计算机网络监控的 RJ45 扩展口和通信转换模块，可以灵活支持 Modbus、Profibus、TCP/IP 和 IEC61850 等通信协议。
电磁兼容	达到欧盟标准 EN50121-5:2000 要求

电网频率	50±2.5Hz, 超过±2.5Hz 关机
噪音水平	<75dB
防护等级	IP31
环境温度	-15℃~+45℃
相对湿度	<95% (不凝露)
海拔高度	≤1000 米 (如大于 1000 米则降额运行或特殊定制)

## 八、KYSVG 规格型号



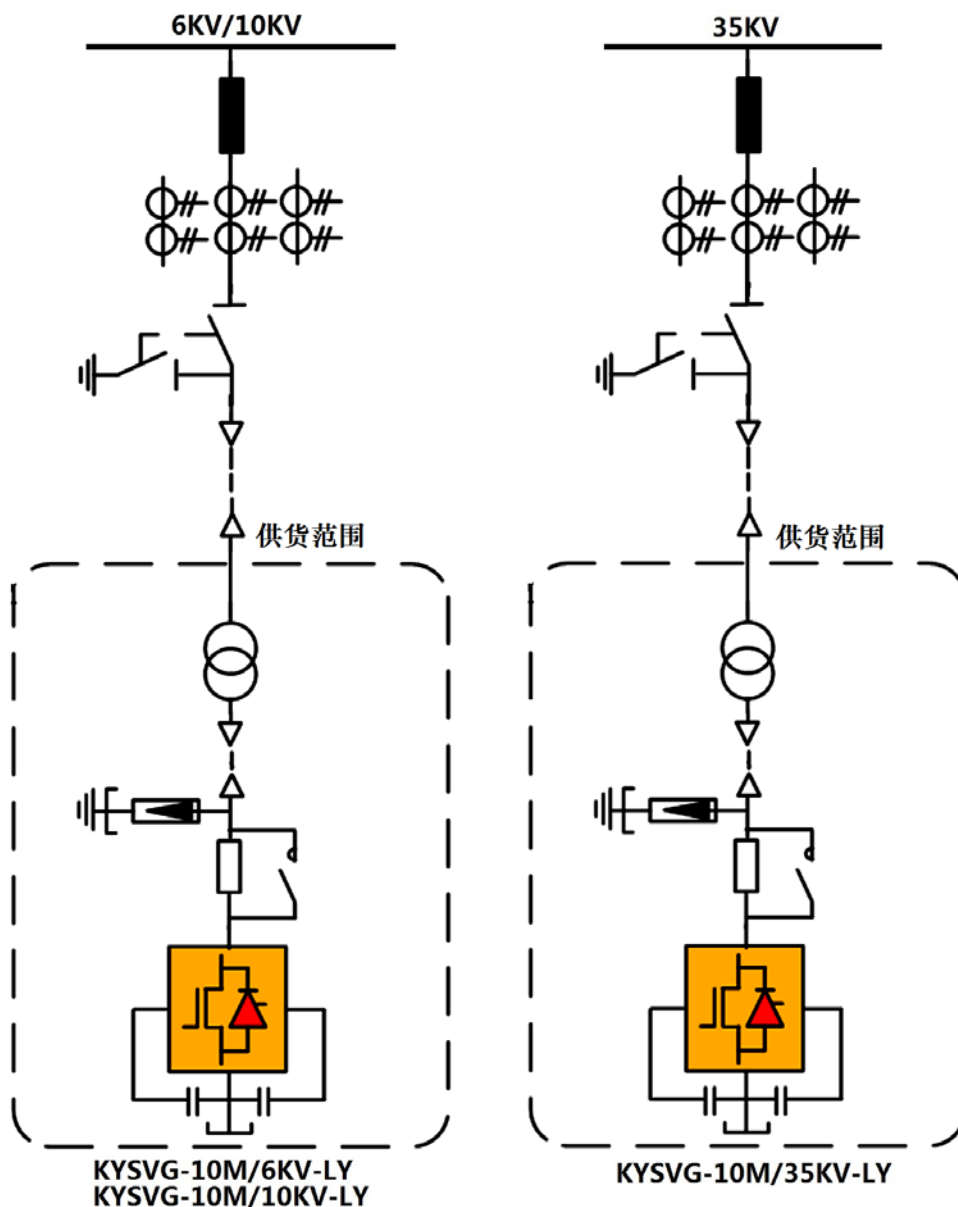
产品型号	电压等级 (kv)	容 量 (MVA)	外形尺寸					
			高 (mm)	深 (mm)	控制柜 (mm)	功率柜 (mm)	启动柜 (mm)	总宽度 (mm)
KYSVG-2M/6KV-LY	6	2	2850	1700	800	2150	1100	4050
KYSVG-3M/6KV-LY	6	3	2850	1700	800	2150	1100	4050
KYSVG-4M/6KV-LY	6	4	2850	1700	800	2150	1100	4050
KYSVG-6M/6KV-LY	6	6	2850	1700	800	3000	1100	4900
KYSVG-8M/6KV-LY	6	8	2850	1700	800	4430	1100	6330
KYSVG-10M/6KV-LY	6	10	2850	1700	800	4430	1100	6330
KYSVG-2M/10KV-LY	10	2	2850	1700	800	2600	1100	4500
KYSVG-3M/10KV-LY	10	3	2850	1700	800	2600	1100	4500
KYSVG-5M/10KV-LY	10	5	2850	1700	800	2600	1100	4500
KYSVG-8M/10KV-LY	10	8	2850	1700	800	3900	1100	5800
KYSVG-10M/10KV-LY	10	10	2850	1700	800	4700	1100	6600
KYSVG-15M/10KV-LY	10	15	2850	1700	800	6050	1100	7950
KYSVG-5M/35KV-LY	35	5	2850	1700	800	2600	1300	4700
KYSVG-10M/35KV-LY	35	10	2850	1700	800	4700	1300	6800
KYSVG-15M/35KV-LY	35	15	2850	1700	800	6050	1300	8150
KYSVG-20M/35KV-LY	35	20	2850	2000	800	6050	1300	8150
KYSVG-25M/35KV-LY	35	25	2850	2000	800	7350	1300	9450
KYSVG-30M/35KV-LY	35	30	2850	2000	800	7350	1300	9450

KYSVG-50M/35KV-LY	35	50	2850	2000	800	8000	1300	10100
-------------------	----	----	------	------	-----	------	------	-------

说明:

1. 上表所示为6—35kv的KYSVG动态无功发生装置,全部采用链式结构;
2. 关于容量的说明:容量(MVA)表示从感性到容量动态调节范围内的额定最大调节容量。
3. 上海坤友电气有限公司中高压KYSVG动态无功发生装置,通常采用空心电抗器。表中列出控制柜和功率柜的安装尺寸,给出成套装置整体室内的安装尺寸,可参考此整体安装尺寸进行工程设计;
4. 产品在不断改型中,以上数据敬请参考,上海坤友电气有限公司保留升级更改之权力。

## 九、KYSVG 设计图例



## 十、KYSVG 应用领域

### 1. 电弧炉

电弧炉作为非线性及无规律负荷接入电网，将会对电网产生一系列不良影响，其中主要是：

- 产生高次谐波，其中普遍存在如 2、4 次偶次谐波和 3、5、7 次等奇次谐波共存的情况，使电压畸变更趋复杂化。
- 导致电网严重三相不平衡，产生负序电流。
- 存在严重的电压闪变。
- 功率因数低。



彻底解决上述问题的唯一方法是用户必须安装 KYSVG 动态无功发生装置具有的分相补偿功能可以消除电弧炉造成的三相不平衡，滤波装置可以消除有害的高次谐波并通过向系统提供容性无功来提高功率因数。

### 2. 远距离电力输送



电力系统目前正在趋向于大功率电网，长距离输电，高能量消耗，迫使输配电系统不得不更加有效。KYSVG 动态无功发生装置可以明显提高电力系统输配电性能，即在不同的电网条件下，为保持一个平衡的电压，可以在电网的一处或多处适当的位置安装 KYSVG 动态无功发生装置，以达到以下目的：

- 稳定弱系统电压
- 减少传输损耗
- 增加传输能力，使现有电网发挥最大效率
- 提高瞬变稳态极限
- 增加小干扰下的阻尼
- 缓冲功率振荡

### 3. 轧机

轧机的无功冲击负荷会对电网造成以下影响：

- 功率因数下降
- 电压波动及电压降，严重时使电气设备不能正常工作，降低生产效率。
- 产生有害高次谐波，主要以 5、7、11、13 次为代表的奇次谐波，会使电网电压产生严重畸变。

KYSVG 动态无功发生装置可以完美的解决上述问题，保持母线电压平稳，无谐波干扰，



功率因数接近 1.0。

#### 4. 提升机

提升机在工作中会对电网产生如下影响：

- 引起电网电压降及电压波动
- 功率因数低
- 传动装置会产生有害高次谐波

KYSVG 动态无功发生装置可以完美的解决上述问题。

#### 5. 风电场升压站



在风电场升压站中，若采用分级投切电容器组的方式来补偿系统无功改善功率因数，这种方式只能提供容性无功，但是不能随风速的变化而实现快速动态调节，容易造成向系统倒送无功，抬高母线电压，危害用电设备及系统稳定性。KYSVG 动态无功发生装置可以快速精确的进行容性及感性无功补偿，在稳定母线电压提高功率因数的同时，能彻底解决无功倒送问题。KYSVG 动态无功发生装置成为改善风电场升压站电能质量的理想选择。



性无功补偿，在稳定母线电压提高功率因数的同时，能彻底解决无功倒送问题。KYSVG 动态无功发生装置成为改善风电场升压站电能质量的理想选择。

#### 6. 电力机车供电

电力机车运输方式在保护环境的同时也对电网造成了严重“污染”。电车机车单相供电造成了供电网的三相严重不平衡及低功率因数，并产生负序电流。电力机车的冲击负荷引起严重的电压波动。电力电子元件在电力机车上的运行产生了有害的低次谐波，主要以 3、5、7、11 为主。目前世界上解决这一问题的唯一途径就是在铁路沿线适当位置安装 KYSVG 动态无功发生装置来提高功率因数。



#### 7. 城市二级变电站

在区域电网中，一般采用分级投切电容器组的方式来补偿系统无功，改善功率因数，这种方式只能向系统提供容性无功，并且不能随负载的变化而实现快速精确调节，在保证母线功率因数的同时，容易造成向系统倒送无功，抬高母线电压，危害用电设备及系统稳定性。KYSVG 动态无功发生装置可以快速精确地进行容性及感性无功补偿，使 KYSVG 动态无功发生装置在稳定母线电压，提高功率因数的同时，彻底、方便地解决了无功倒送问题。KYSVG 动态无功发生装置成为改善区域电网供电质量的最有效的方法。





## 8. 电力行业，指各大电网公司、省电力公司、各地的供电公司

- 中大型电网的枢纽变电站。指长距离送电的中点，或者大型负荷中心的变电站口
- 中低压系统对多个用户的无功与谐波进行集中补偿，尤其冲击型负荷较多的场合
- 中低压系统对无功进行动态补偿，以提高功率因数，节能降耗
- 风电场的无功动态补偿，即防止风电接入系统引起的一系列电能质量问题，也防止系统故障或干扰影响风机

## 9. 石化和天然气行业

- 给较多中低压电机供电的变电站集中补偿
- 大型电机的无功就地动态补偿

## 10. 钢铁与冶金行业

- 各类交直交型、交交变频的轧机，各类辊类负载
- 电弧炉，转炉、氧枪的升降系统，电焊机，压焊机
- 钢水运送车
- 各类中频炉的谐波治理
- 各类整流、电解设备的谐波治理

## 11. 区域电网

高能耗的工业负荷在我国总用电负荷中占了较大成分，如钢铁冶金、石油化工等，这些大工业用户往往有自己的电网系统。供电部门对这些大用户有功率因数与电能质量等技术指标约束，KYSVG 动态无功发生装置对这些大用户自己内部的电网进行综合无功补偿，达到电力系统对其功率因数与电能质量的要求，同时自身也取得了节能降耗的巨大效益。常见的工业用户包括大型电焊机、大型木材加工厂、重型粉碎机、矿井提升机、港口大型起重机等。

## 12. 光伏供电

光伏电源项目现场中运行的负荷多为感性负荷，大量存在的感性负荷，不仅造成系统功率因数过低，降低了生产效率，增加企业电能费用支出，还会引起电网电压波动，严重时影响带载设备的安全运行，给企业带来不必要的经济损失。

根据《国家电网公司光伏电站接入电网技术规定(试行)》规定，大型和中型光伏电站的功率因数应该能够在 0.98（超前）~0.98（滞后）范围内连续可调。因而，光伏发电系统需要通过无功补偿的方式来提高功率因数，保证电能质量。KYSVG 动态无功发生装置可以很好的解决以上问题，保证光伏发电系统的稳定运行。

上海坤友电气更多信息请访问：

坤友机电：<http://www.shkunyou.com/>

坤友电气：<http://www.shkunyou.com.cn/>



想要了解更多电能质量行业资讯和解决方案，请在微信公众号中搜索“坤友电气”或“shkunyou”或用手机扫描左方二维码，即可获得坤友电气每月精华内容推送。

