



KMQ/KMIQ

高压固态软启动柜 选型手册



上海恺雷自控系统有限公司

2023-01

企业简介

Company Profile

上海恺雷自控系统有限公司成立于 2011 年 10 月，是一家专门研发、设计、生产和配套包括高速磁悬浮控制器及相关产品，高、低压软起动器（柜）和变频器，UPS 和各特种电源，及各种工业控制器等软、硬件系统，设备数字化智能与物联网等产品的专业科技公司。总公司位于中国（上海）自由贸易试验区临港新片区的国家级现代装备制造业基地 -- 上海临港重装备产业园，在上海普陀区大渡河路 388 弄 5 号 11 楼设有研发中心，于 2021 年 7 月在浙江衢州成立了上海恺雷自控有限公司衢州分公司，作为公司主要产品的重要生产基地。

公司同时也是 35kV 以下专业的高、低压输配、变电设备的设计与制造企业，不仅具有专业的设计团队和能力，还具备完整的生产与产品检测体系。为开山等地热、余热发电（站），及其它包括冶金、石油石化、化工等工矿企业项目和应用，提供了包括发电并网、输配电和设备电气保护等高性能、性价比的设备和设计解决方案。公司严格按照国家 / 国际质量标准进行设计和生产制造，确保每一套出厂的产品都值得信赖。

根据市场和公司发展规划，经过多年的努力，于 2020 年公司自主研发设计出全新一代数字化智能磁悬浮高速轴承控制器及系统，目前已成功应用在包括磁悬浮真空泵、磁悬浮鼓风机、磁悬浮压缩机（2~8bar），VPSA 低压制氧机等，功率从 55kW 到 500kW 的各功率段及机型的配套。所配套的整机产品，在市政污水、垃圾处理、生物制药、造纸、水泥建材、印染纺织、食品发酵、脱硫、空分制氧等领域得到长时间运行和验证，实现了商业化应用。

KMQ/KMIQ 全固态高压软起柜，作为公司另一系列自主研发的重要产品，核心部件控制板采用高速 STM32H743 高性能处理器及系统，自研最优与智能柔性控制算法，不仅具备同类产品最佳的稳定性，更实现了实测电机振动更低的超柔性设备起动卓越性能。目前，该产品已广泛配套在包括离心压缩机、大型螺杆压缩机、透平、水泵、风机等应用负载上，性能卓越稳定，深受好评。

概述

KMQ/KMIQ系列高压固态软起动装置是最新一代完美可靠、维护方便的高科技产品，主要适用于鼠笼式异步、同步电动机起动和停止的控制与保护。为电机提供最佳的限流降矩起动方式。该装置采用多个可控硅串并联而成可满足不同的电流及电压要求。

产品广泛应用于额定电压6000-10000V的电力、建材、化工、冶金钢铁、造纸等行业。能很好地于水泵、风机、压缩机、粉碎机、搅拌机、皮带机等各种机电设备配套使用，是理想的高压电机起动及保护设备。

特性

- 完全自主全新研发的核心部件——高压软起柜主控制板设计基于STM32F429 (ARM Cortex-M4 32b MCU+FPU, 225DMIPS, 高达2MB Flash/256+4KB RAM) 高速处理器及系统，不仅为产品的性能稳定提供保障，同时为实现复杂的柔性起动算法与智能控制提供了最根本的硬件基础。
- 根据各种设备负载或复杂工况（如离心压缩机和螺杆压缩机等），可实现和选择更多与之匹配的智能软起动模式。
- 自主研发多种柔性/超柔性软起动软件算法和控制模式，使各种起动模式性能更佳。
- 实测同类产品比较，起动时电机振动值更低的柔性起动数据及性能。
- 具备标准Modbus RS-485通讯功能，可实现远程DCS监控及开机。
- 具备手机热点快速链接，实现便捷拓展良好的移动人机操作界面和系统（可选）。
- 集成多功能表功能，实现实时监控设备用电或计量设备能耗（可选）。
- 集成相序继电器保护功能，除正常电压二级保护外，还可保护防反转开机（可选）。
- 具备远程物联网监控及操作等功能（可选开通）。

传统液态电阻（水电阻）软启动方案的缺点

- 水电阻阻值受很多因素影响，如环境温度、极板情况、电解液浓度、电源情况等因此启动电流的控制精度很差，误差变化范围大，维护工作量很大。
- 水电阻启动时产生的热量使水升温，再次启动时需要等水降温。因此，液态软启动方案对连续启动次数是有限制的，电动机容量越大，连续启动次数就越少。
- 水电阻启动时，有时会发生汽化电阻太大的情况，会因启动电流不能跨过阈值而造成启动失败（尤其是热变电阻式），这也是水电阻式的启动电流设定值不能较小的原因。
- 水电阻启动电流设定值一般在三倍额定电流值以上，仍会产生较大的转矩冲击，对电动机和机械设备还会造成较大的伤害。
- 水电阻在停车时只能自由停车，不能软停车。
- 水电阻不能提供完善的电机保护功能。

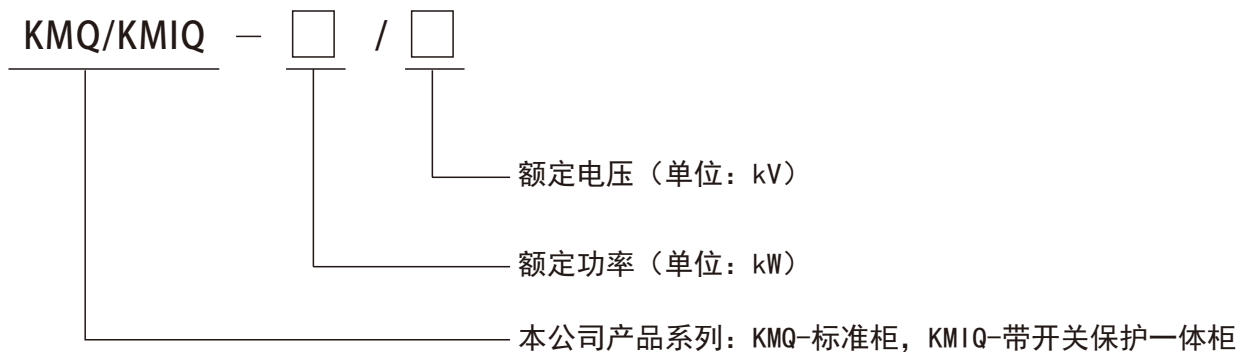
高压固态软启动装置介绍



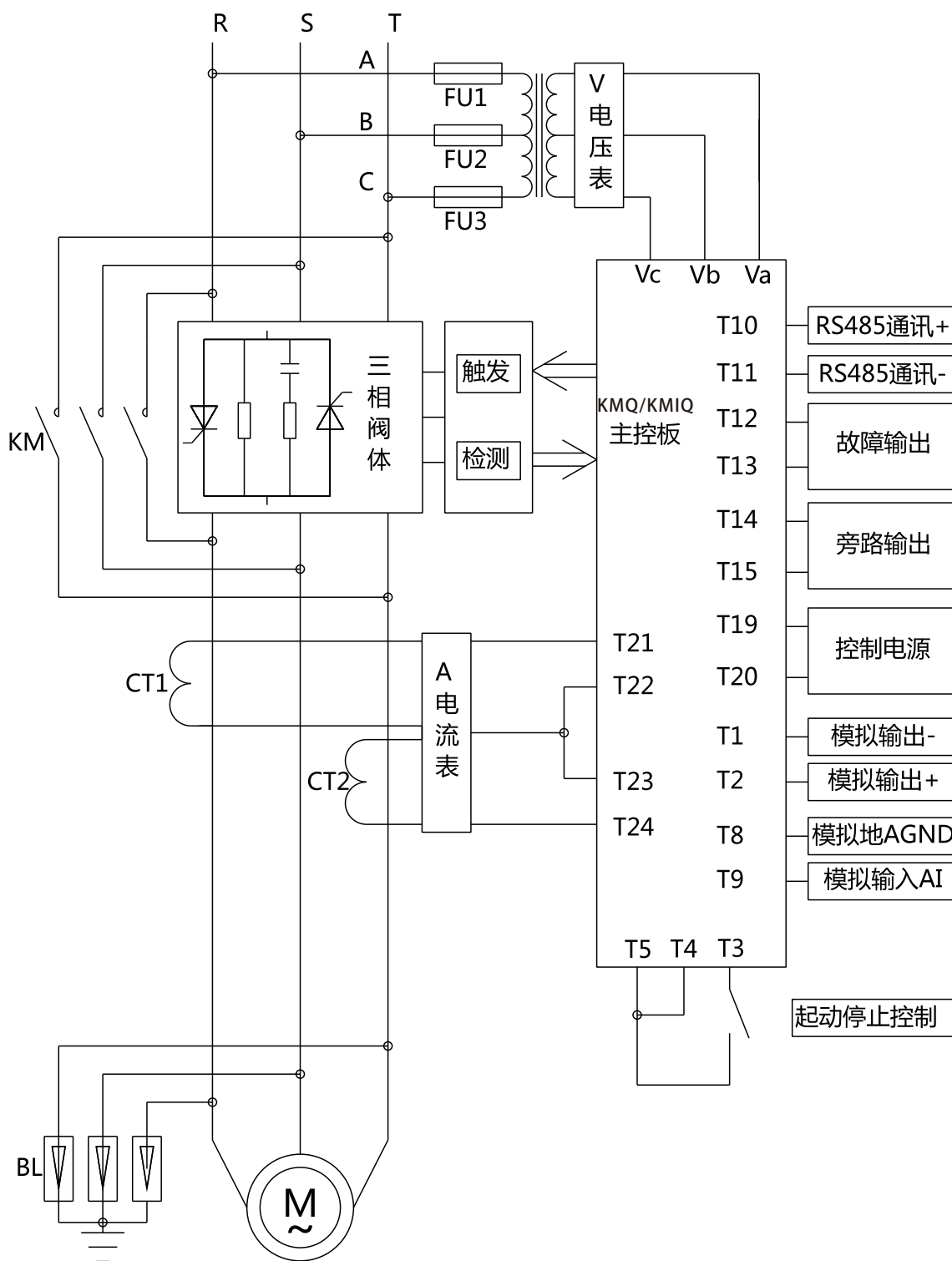
高压软启动装置采用金属铠装结构，是一种新型智能电动机启动装置适用于鼠笼式异步、同步电动机。它是集启动、显示、保护、数据采集于一体的电机终端控制设备。用户使用较少的元件，就可实现较复杂的控制功能。高压软启动装置通过控制晶闸管的导通角对输入电压进行控制，实现改变电动机定子端电压值的大小，即控制电动机的启动转矩和启动电流的大小，从而实现电动机的软启动控制。高压软启动可按照设定的启动参数平滑加速，从而减少对电网，电机及设备的电气和机械冲击。当电机达到额定转速后，旁路接触器自动接通。高压软启动装置启动完毕后继续监控电动机，并提供各种故障保护。

KMQ/KMIQ
高压固态软启动柜

型号说明



产品原理图



型号参数表

产品名称	电压等级	规格型号	额定电流(A)	电机功率(≤KW)	宽(mm)	高(mm)	深(mm)
KMQ 高压 固态软起柜	6000V (6kV)	KMQ-710/6	73	630	800	2300	1500
		KMQ-1000/6	99	850			
		KMQ-1500/6	139	1200			
		KMQ-1800/6	174	1500			
		KMQ-2000/6	208	1800			
		KMQ-3000/6	289	2500			
	10000V (10kV)	KMQ-710/10	44	630	800	2300	1500
		KMQ-1000/10	59	850			
		KMQ-1500/10	84	1200			
		KMQ-1800/10	104	1500			
		KMQ-2000/10	125	1800			
		KMQ-3000/10	174	2500			
KMIQ 高压固态 软起柜 (一体柜)	6000V (6kV)	KMIQ-710/6	73	630	1000	2300	1500
		KMIQ-1000/6	99	850			
		KMIQ-1500/6	139	1200			
		KMIQ-1800/6	174	1500			
		KMIQ-2000/6	208	1800			
		KMIQ-3000/6	289	2500			
	10000V (10kV)	KMIQ-710/10	44	630	1000	2300	1500
		KMIQ-1000/10	59	850			
		KMIQ-1500/10	84	1200			
		KMIQ-1800/10	104	1500			
		KMIQ-2000/10	125	1800			
		KMIQ-3000/10	174	2500			

- 以上是典型产品型号，如果您所需型号不在此表中，请与厂方联系。
- 注意：以上机柜尺寸仅供参考，需要精确尺寸请与厂方联系。
- 网侧接触器为可选件，如需增加网侧接触器，请在订货时说明。

选型指南

在向厂家咨询前，请准备好以下信息：

电机额定功率、电机额定电流、电机额定电压、电机额定转速、负载类型（泵、风机、重型负载等）、平均每小时启动次数或最短启动时间间隔、环境温度、海拔高度等。

海拔高度对选型的影响

海拔超过 1000 米时，每超 100m 降额 1%使用，参照下图【电流降额系数与海拔高度关系图】：

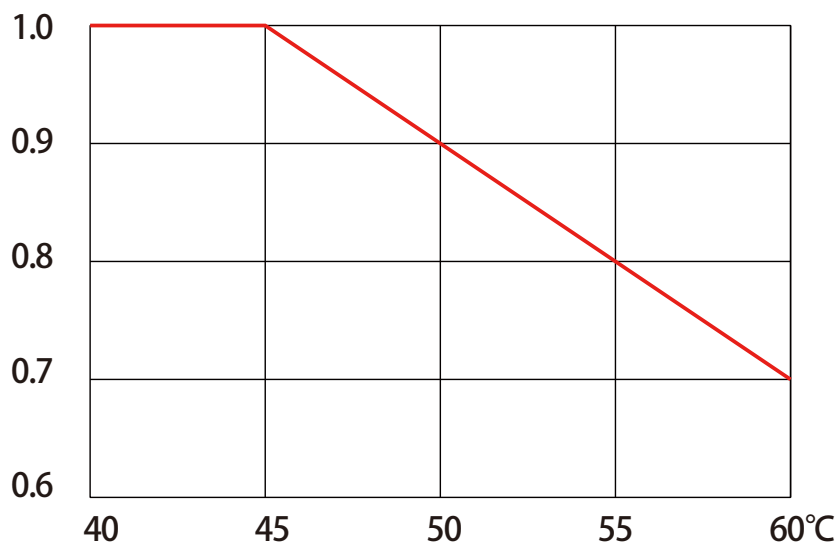


【电流降额系数与海拔高度关系图】

选型指南

温度对选型的影响

运行环境温度超过+45℃时，每超 1℃降额 2%使用，参照下图【电流降额系数与温度关系图】：



【电流降额系数与温度关系图】

例：装置海拔高度1500m，运行环境温度为+50℃。因高度上升造成电流降额系数为 0.95，温度上升造成电流降额系数为 0.90。如果一台 10kV、250A 的高压固态软启动装置，此时 允许工作的电机额定电流是： $I = 250 \times 0.95 \times 0.90 = 213.75A$ 。

功能特点

■ 多种启动方式

点动、限流启动、电压斜坡启动、电流斜坡启动、限流+电压斜坡启动+突跳启动、根据不同的负载可选择相应的启动参数，达到最佳的启动效果，使得电机启动更加准确、平滑。

■ 启动控制

整机设有本地、远程（外部干接点）、PLC、通讯（485接口、Modbus）起停控制功能。

■ 软起/直接启动

整机设计了“软起/直接启动”的转换功能，内置旁路接触器具有直接启动的容量，保生产的连续性。

■ 晶闸管的保护

阻容网络吸收动静态均压技术，保证功率器件在高电压下串联的可靠安全运行。

■ 强大的抗干扰

采用信号多级处理及隔离技术，具有高抗干扰性的数字式触发器与光纤隔离技术、使得装置的高、低压做到可靠的隔离。

■ 模块化设计

采用高压功率晶闸管，组件式结构、模块化设计，便于安装整机维护。

■ 多样化进出线方式

根据用户现场要求可选择下进下出，上进下出，侧进下出，侧进侧出的电缆安装方式。

■ 通讯接口（可选功能）

RS-485通讯接口，内嵌标准MODBUS协议，方便组态连接。可与上位机或集中控制中心进行通信。

■ 模拟信号输出（可选功能）

整机可提供标准4—20ma信号（压力、温度、流量等）的传输。

功能特点

■ 友好的人机界面

采用LCD液晶中文显示面板，使编程及参数调整更加方便。故障及实时监控更加直观，提高了工作效率。

■ 故障记忆

记录15次故障，便于用户查找最近的故障原因。

■ 先进、完善的起停功能

根据负载状况设置启动电流(1.5~ 5.0Ie)，能够有效降低启动电流和机械冲击，降低配电容量，避免增容投资。

启动转矩可控，实现电机线性平滑启动，降低机械磨损，提高传动设备的使用寿命平稳的负载加速度可减轻机械冲击，防止生产事故或产品的损坏。

提供脉冲突跳启动功能，应对启动静摩擦很大的重载场合。

采用软停车功能，可使负载平稳减速，消除泵类负载的水锤效应。

采用全数字化控制，起停更平滑、更稳定，可靠性高，胜任工业领域中的重载场合。

■ 高可靠性

采用固态高压大功率组件，体积小、发热量低、响应快、启动一致性好、维护量少提供BOD 自触发保护功能，可靠保护固态高压大功率组件提供过流、过载、欠压、缺相等多种保护功能，全面综合保护电机的起停和运行特别设计的掉电记忆电子式过载保护功能，不受掉电影响，可以替代热继的保护功能。

■ 高安全性

高低压之间电气隔离全部采用光纤隔离或磁隔离

具有低压（380V）电动机预调试功能

采用具备五防功能的标准高压柜

■ 实用性

可以实现一台软启动装置控制拖动多台电机起停功能

采用数码面板操作显示，界面丰富、使用直观、操作简便

带有标准数字通信接口，可以远程监控、操作软启动装置和电机日常维护工作量小

技术参数表

负载种类	三相高压鼠笼式异步电机、同步电机
交流电压	6000—10000VAC
相序	50Hz/60Hz±2Hz
主回路组成	KMQ/KMIQ允许在任何相序下工作（可通过参数设定）
旁路接触器	12SCRS、18SCRS、30SCRS（视型号、额定电压而定）
控制电源	具有直接起动容量的接触器
瞬时过电压保护	AC220V±15%
起动频次	dv/dt吸收保护
环境条件	1—6次（每小时）
	环境温度：-20℃ - +50℃
	相对湿度：5%—95%无凝露
	海拔小于1500米（大于1500米需降容使用）
保护参数	
缺相保护	在起动或运行过程中，断开主电源的任意相
运行过流保护	运行过流保护设定：50~400%I _e
相电流不平衡保护	相电流不平衡保护：5~100%
过载保护	过载保护级别：10A、10、15、20、25、30
欠载保护	欠载保护级别：0~99% 欠载保护动作时间：0~250S
起动超时	起动时间限制：1~120S
过压保护	主电源电压高于额定值的120%时，过压保护
欠压保护	主电源电压低于额定值的70%时，欠压保护
相序保护	允许在任何相序下工作（可通过参数设定）
接地保护	接地电流大于设定值时保护

技术参数表

通讯说明	
通讯协议	Modbus RTU
通讯接口	RS485
网络连接	每台KMQ/KMIQ可与32台KMQ/KMIQ联网通讯
功能	通过通讯接口可以观察运行状态、编程
操作界面	
LCD显示	LCD（液晶）显示 / 触摸屏显示
语言	中文（预选英文）
操作方式	液晶触摸式
仪表显示	
主电源电压	显示三相主电源电压
三相电流	显示三相主回路电流
数据记录	
故障记录	记录最近15次故障信息
起动次数记录	记录本装置的起动次数

结构特点

设计结构

完整的KMQ/KMIQ系列软启动装置是一个标准的电机启动、保护装置，用来控制和保护高压交流电机。标准的KMQ/KMIQ产品主要由以下部件组成：高压可控硅模块、可控硅保护部件、光纤触发部件、真空开关部件、信号采集与保护部件、系统控制与显示部件。

■ 可控硅模块

每相中采用相同参数的可控硅串并联安装在一起。根据所使用电网的峰值电压要求，选择可控硅串联的数量不同。

■ 可控硅保护部件

主要包括由RC网络组成的过电压吸收网络、由均压单元组成的均压保护网络。

■ 光纤触发部件

采用强触发脉冲电路，保证触发的一致性和可靠性；利用光纤触发进行可靠高低压隔离。

■ 真空开关部件

在启动完成后，三相真空旁路接触器自动吸合，电动机投入电网运行。

■ 信号采集与保护部件

通过电压互感器、电流互感器、避雷器对主回路电压、电流信号进行采集，主CPU控制并进行相应保护。

■ 系统控制与显示部件

32位 ARM 核微控制器执行中心控制LCD液晶\触摸屏显示，可显示三相电电流，故障信息、运行状态。

结构特点

总体结构

KMQ/KMIQ系列总体结构精心考虑以请应各种使用对象和工作环境。

■ 结构

结构采用GB/T11022-2020 高压开关设备和控制设备的共用技术要求，在柜体中应用密封处理，减少对机器内部的污染，布局合理。先进的数字触发系统将低压控制通过光纤连接到高压部分，便捷的维修设计允许各相模块可以迅速单独进行更换。为运行安全起见，高压部分和低压部分完全隔离开来。

■ 单元区分

KMQ/KMIQ整体结构被划分为3个相互绝缘的部分。由高压可控硅模块、可控硅保护部件、真空开关部件等组成的高压回路，由光纤触发部件、信号采集与保护部件组成的可控硅触发及信号采集与系统保护单元；由系统控制与显示部件构成的系统控制和人机交互单元；3个单元之间相互绝缘，做到高、低压之间的可靠隔离。电源电缆可以从机柜的顶部或底部位置进入在柜体内留有足够的空间以便于接电源进线、电机电缆从机柜的底部位置进入允许适当地进行弯曲。

■ 接地线

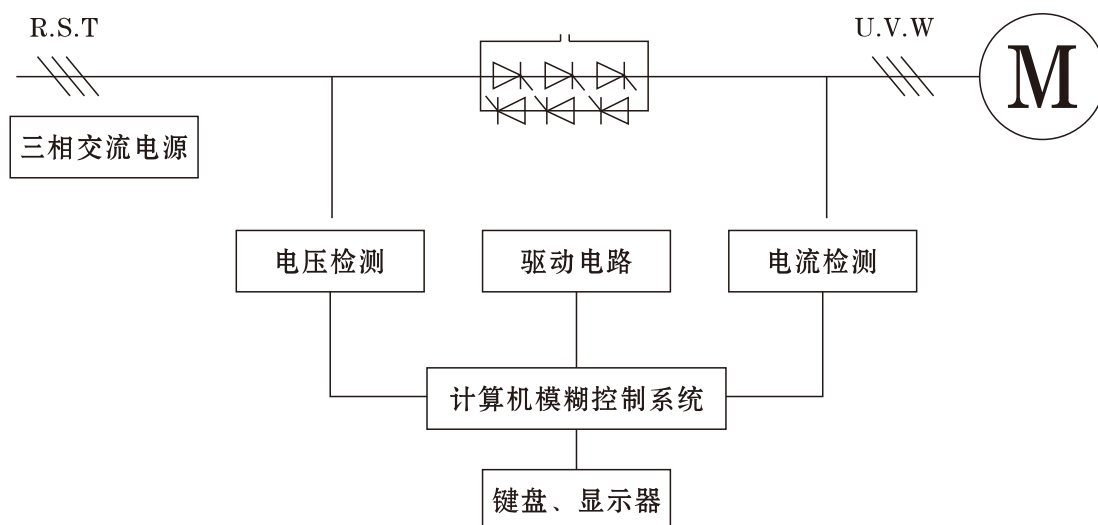
为保障KMQ/KMIQ的可靠运行，机柜中各个控制单元地线相连接至机柜的下部接地铜排上。

■ 运输规定

机柜上开孔和弯角可以承受和支持整个机柜结构的最大重量。

工作原理

KMQ/KMIQ系列的控制核心是微处理器CPU。微处理器对SCR进行相角触发控制以降低加在电机上的电压，然后通过慢慢地控制加在电机上的电压和电流平滑地增加电机转矩，直到电机加速到全速运行。这种启动方式可以降低电机的启动冲击电流，减少对电网和电机自身的冲击。同时也减少了对连在电机上机械负载装置的机械冲击，以延长设备的使用寿命，减少故障和停机检测时间。当电机达到全速运行后，电机电流降到正常全速运行的电流值，KMQ/KMIQ系列软启动装置有一个旁路输出继电器，从而使旁路高压真空接触器闭合，使电机电流经旁路接触器，防止SCR导通所产生的压降引起的热损耗，提高了工作效率及可靠性。如下图所示。



技术特点

■ 免维护

可控硅是无触点的电子器件，不同于其他类型的产品需经常维护液体和部件等，把机械寿命变为电子元件使用寿命，连续运行数年也无需停机维护。

■ 安装使用简单

KMQ/KMIQ是一个完整的电机起动控制和保护系统，安装时只需连接电源线和电机线即可投入运行，在加高压运行前，允许使用低压对整个系统进行电气测试。

■ 安装使用简单

装置内部装有可直接起动电机的真空接触器，如果KMQ/KMIQ出现故障，可利用真空接触器直接起动电机，以保证生产的连续性。以高压晶闸管为主回路部件，并具有均压保护和过电压保护系统。KMQ/KMIQ安装电磁闭锁装置，防止在带电情况下误入高压装置内。先进的光纤传输技术，实现高压晶闸管的触发检测与低压控制回路之间的隔离。采用32位ARM核微控制器执行中心控制，控制实时高效、显示直观、可靠性高、稳定性好。中/英文液晶\触摸屏显示系统，操作界面人性化。具有RS-485通讯接口，可与上位机或集中控制中心进行通信。所有电路板均经过严格的老化实验。

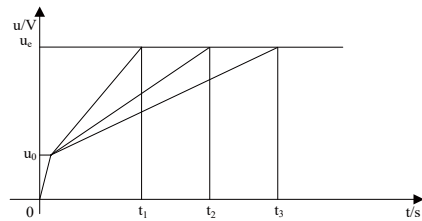
控制模式

KM(I)Q系列高压固态软启动装置有多种起动方式：电压斜坡起动模式、限流起动模式、电压斜坡+限流起动模式、电流斜坡模式、电压突跳+电压斜坡；多种停车方式：自由停车、软停车，还具有点动测试功能。用户可根据负载不同及具体使用条件选择不同的起动方式和停车方式。

■ 电压斜坡起动模式

右图给出了电压斜坡起动的电压变化波形图。其中 U_0 为起动时软启动装置输出的初始电压值。当电机起动时，软启动装置的输出电压迅速上升到 U_0 ，然后按所设定的时间 t 逐渐上升，电机随着电压的上升不断加速，当电压达到进线电压 U_e 时，电机达到额定转速，起动过程完成。初始电压 U_0 和起动时间 t 均可根据负载情况进行设定， U_1 的设定范围为 $(1\sim 100)\%U_e$ ， t 的设定范围为 $1\sim 120$ 秒。使用此模式时，需同时设定斜坡起动初始电压和起动时间。

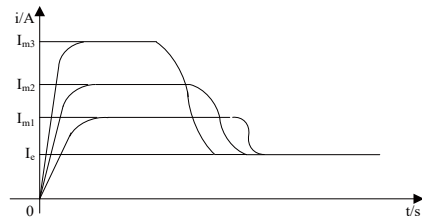
参数名称	范围	设定值	出厂值
起动模式	1 ~ 7	1	4
起动时间	1 ~ 120S	—	25
初始电压	1~100% U_e	—	30%



■ 电流限制起动模式

在限流起动模式下，当电机起动时，其输出电压值迅速增加，直到输出电流达到设定的电流限幅值 I_m ，如右图所示，并保持输出电流不大于该值，电压逐渐升高，使电动机逐渐加速，当电动机接近额定转速时，输出电流迅速下降至额定电流 I_e 以下，完成起动过程。电流限幅值可根据实际负载的情况进行设定，设定范围为电机额定电流 I_e 的 $0.5\sim 5$ 倍。使用此模式时，需同时设定起动时间和限流倍数。

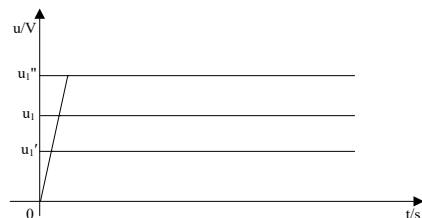
参数名称	范围	设定值	出厂值
起动方式	1 ~ 7	2	4
起动时间	1 ~ 120S	—	30%
限流倍数	50~500% I_e	—	300%



■ 点动模式

在该方式控制下，软启动装置的输出电压迅速增加至点动电压 U_1 并保持不变，如右图所示。改变 U_1 的设定值，可改变电动机点动时的输入电压及输出转矩。该功能用于试车判断电机转向或一些负载的定位。使用此模式时，需同时设定起动时间和初始电压。

参数名称	范围	设定值	出厂值
起动方式	1 ~ 7	3	4
起动时间	1 ~ 120S	—	25
初始电压	1~100% U_e	—	30%

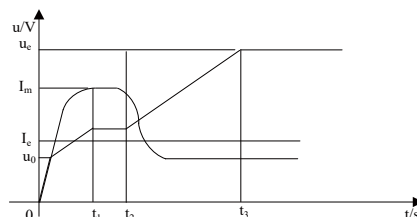


控制模式

电压斜坡+限流方式1

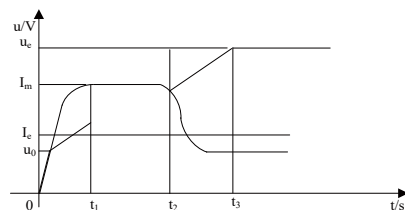
在该控制方式的输出电压、输出电流曲线如右图所示。启动后，输出电压迅速达到初始电压 U_0 ，然后输出电压按照既定的电压上升率增大，此时输出电流逐渐增大。当输出电流达到限流值 I_m 后，输出电压停止增加，此时输出电流逐渐减小。当输出电流小于限流值以后，输出电压继续按照既定的电压上升率输出，直到启动完成。此模式即带限流的电压斜坡模式。使用此模式时，需同时设定启动时间、初始电压、限流倍数。

参数名称	范围	设定值	出厂值
启动方式	1 ~ 7	4	4
启动时间	1 ~ 120S	—	25
初始电压	1 ~ 100% U_e	—	30%
限流倍数	50 ~ 500% I_e	—	300%



电压斜坡+限流方式2

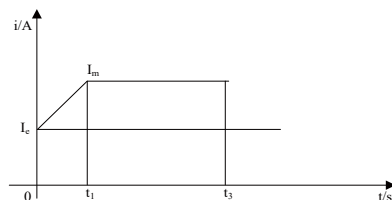
在该控制方式的输出电压、输出电流曲线如右图所示。启动后，输出电压迅速达到初始电压 U_0 ，然后输出电压按照既定的电压上升率增大，此时输出电流逐渐增大，即电压斜坡模式。当输出电流达到限流值 I_m 后，即 t_1 时刻，控制算法转为限电流控制模式，此时输出电流保持不变，输出转矩保持高值不变，电机迅速加速启动，电流降至额定电流以下，启动完成。此模式即先电压斜坡后限制电流模式。使用此模式时，需同时设定启动时间、初始电压、限流倍数。



电压斜坡模式

此模式是限制电流启动模式的优化1，如右图所示。在前1/4的启动时间里，实际控制参数限流倍数为一线性动态变化值，从额定电流 I_e 线性升高到额定限流倍数，这样实际启动电流为一个缓慢上升的过程。这样减缓了在限制电流启动模式下，初始阶段大电流产生的大转矩对机械系统的冲击。

参数名称	范围	设定值	出厂值
启动方式	1 ~ 7	6	4
启动时间	1 ~ 120S	—	25
限流倍数	50 ~ 500% I_e	—	300%

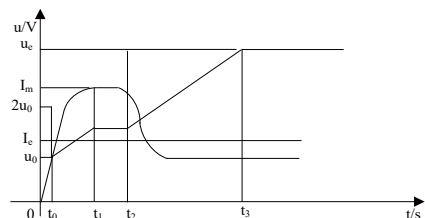


控制模式

■ 电压突跳+电压斜坡

“电压突跳+电压斜坡启动模式”主要应用在静态阻力比较大的负载电动机上,通过施加一个瞬时较大的起动力矩以克服大的静摩擦力矩。该模式下输出电压迅速达到设定的突跳电压,当达到预先设定的突跳时间后降为起始电压,之后根据“电压斜坡+限流模式”控制规律控制电压、电流,直至启动完成,如上图所示。

参数名称	范围	设定值	出厂值
启动方式	1 ~ 7	7	4
启动时间	1 ~ 120S	—	25
限流倍数	50~500%I _e	—	300%



■ 自由停车

当接到停机指令后,软启动装置发出指令断开旁路接触器并封锁主电路晶闸管的输出,电动机依负载惯性逐渐停机。

参数名称	范围	设定值	出厂值
停车模式和时间	0 ~ 15	0	0

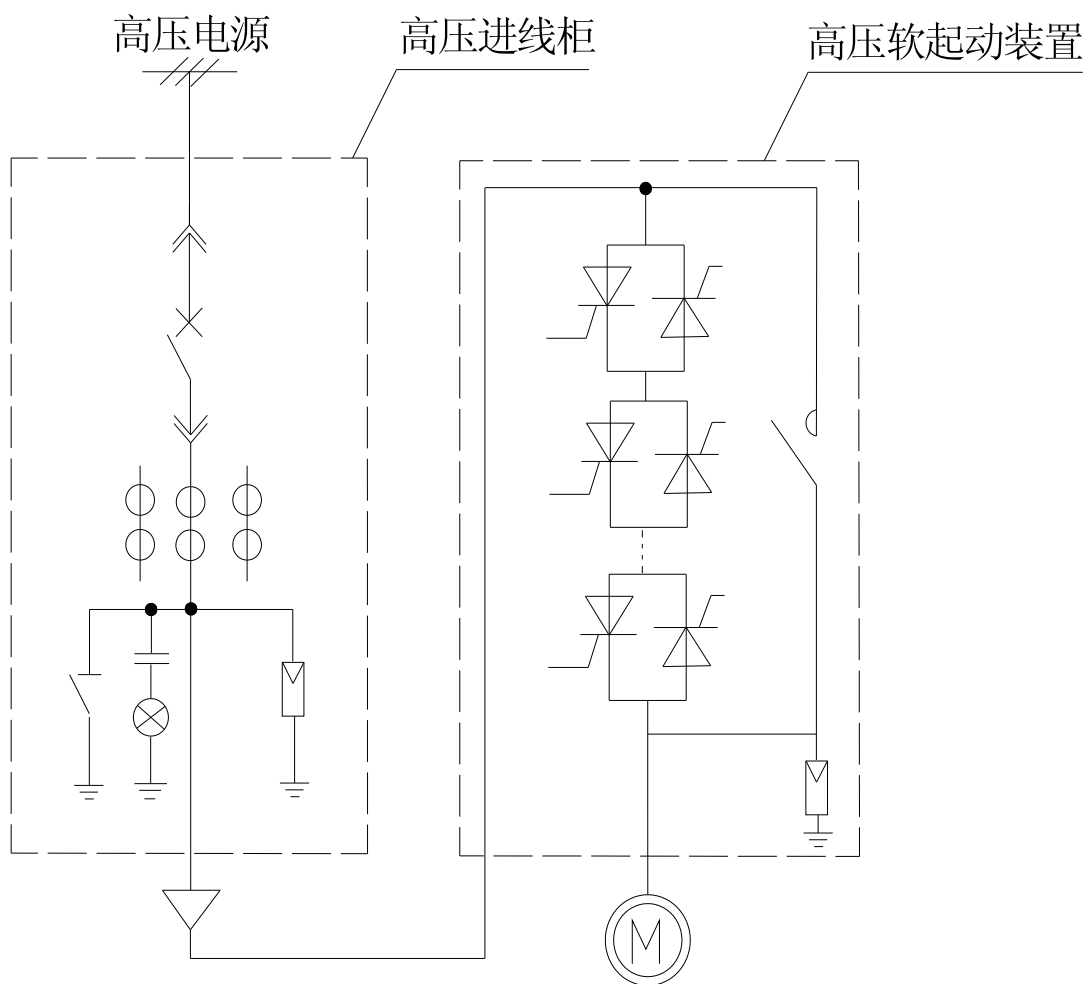
■ 软停车

当接到软停车指令后,旁路接触器断开,软启动装置的输出电压逐渐降低,直至电机停止运行。电机的停止时间与负载和软停时间因子设定值有关。

名称	范围	设定值	出厂值
停车模式和时间	0 ~ 15	非0	0

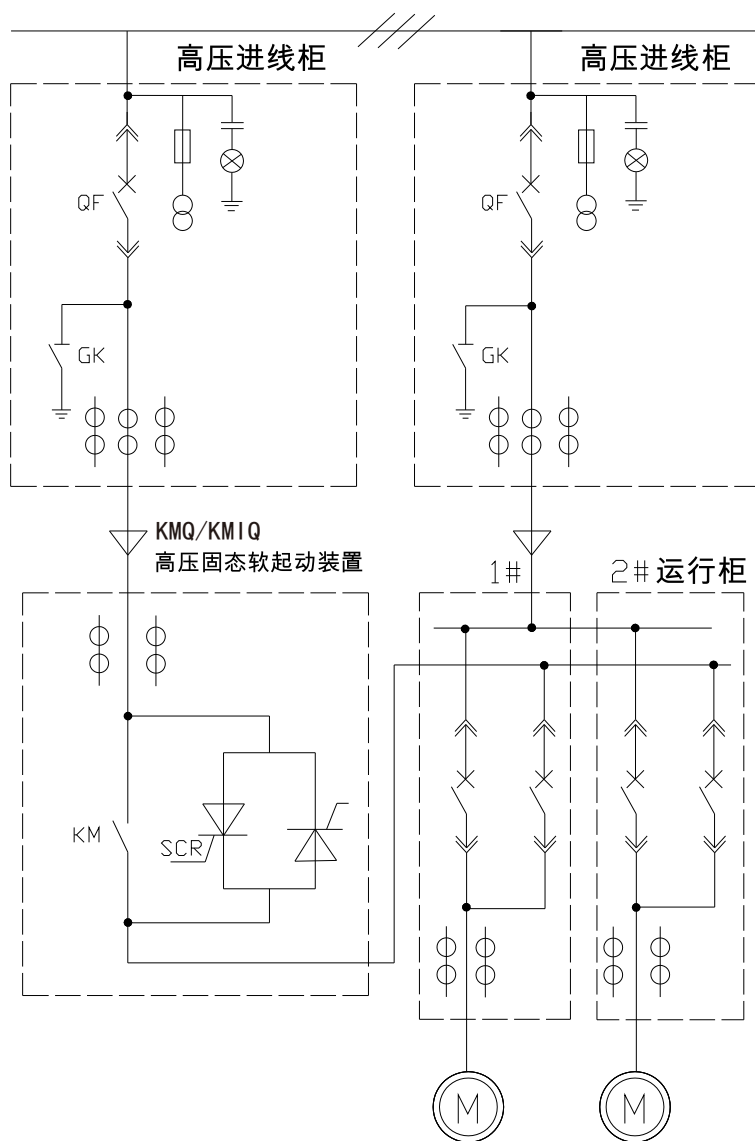
组柜方案

一拖一组柜方案图



组柜方案

一拖二组柜方案图

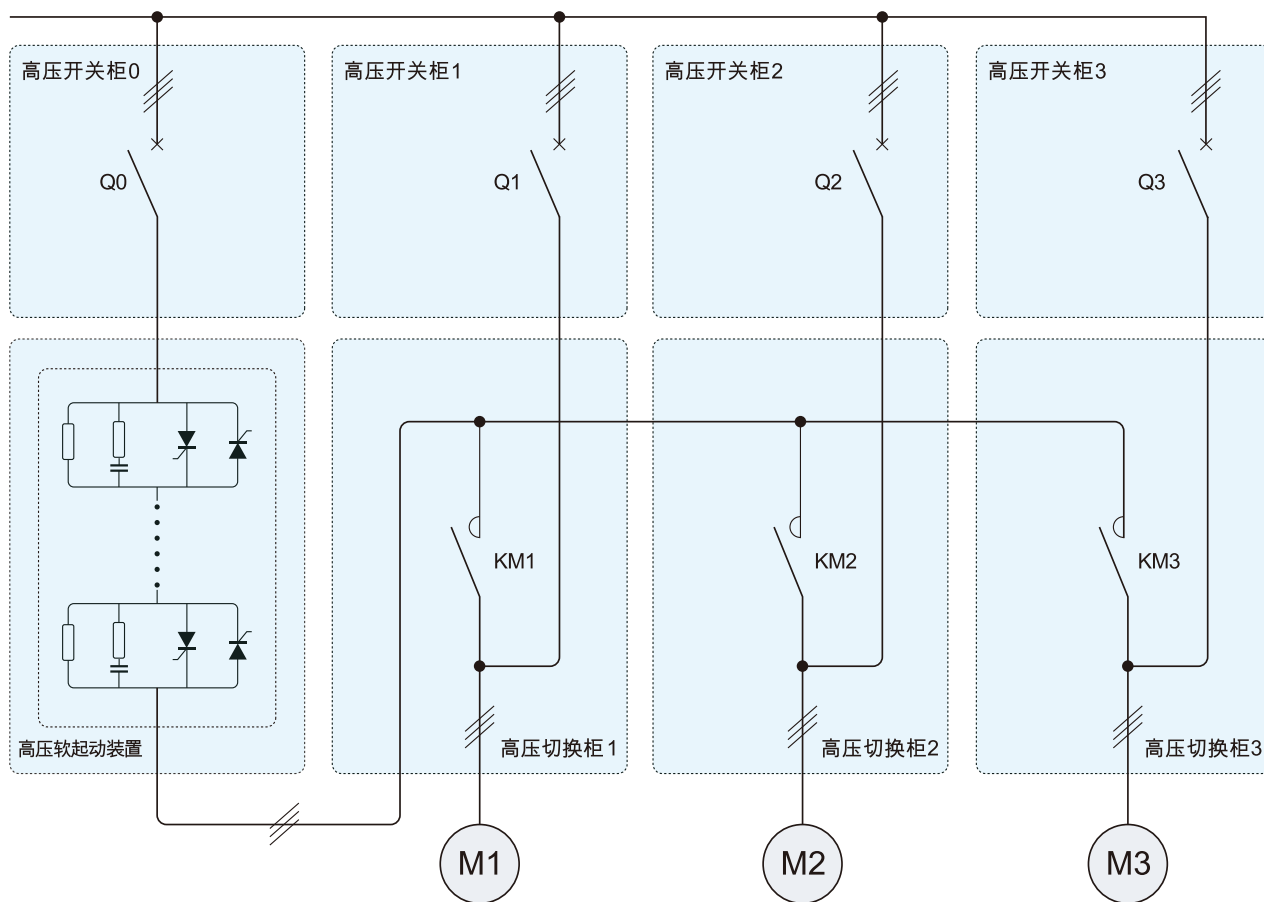


一拖多应用

一拖多应用是指使用一台高压固态软起动装置，分别依次起动多台电动机。被拖动的几台电动机性能参数应基本一致，不推荐性能参数差别很大的一拖多软起动应用方案（选型时可与厂家咨询）。该方案中由于一台软起动装置无法实现对多台电机的保护，所以需要另配电机保护装置。

组柜方案

一拖三组柜方案图



网络通信

本装置配备标准RS-485 通信接口，可以与工厂的自动化系统联网，如连接PLC（可编程序控制）、DCS（集散式控制系），实现工厂设备一体化自动控制。也可以与远程监控计算机联网，实现远程智能监控。

本装置的RS-485通信接口采用MODBUS 通信协议。

本装置可以依据用户要求，提供PROFIBUS-DP接口

试验报告

TEST REPORT



国家专利证书

NATIONAL PATENT CERTIFICATE



国家专利证书

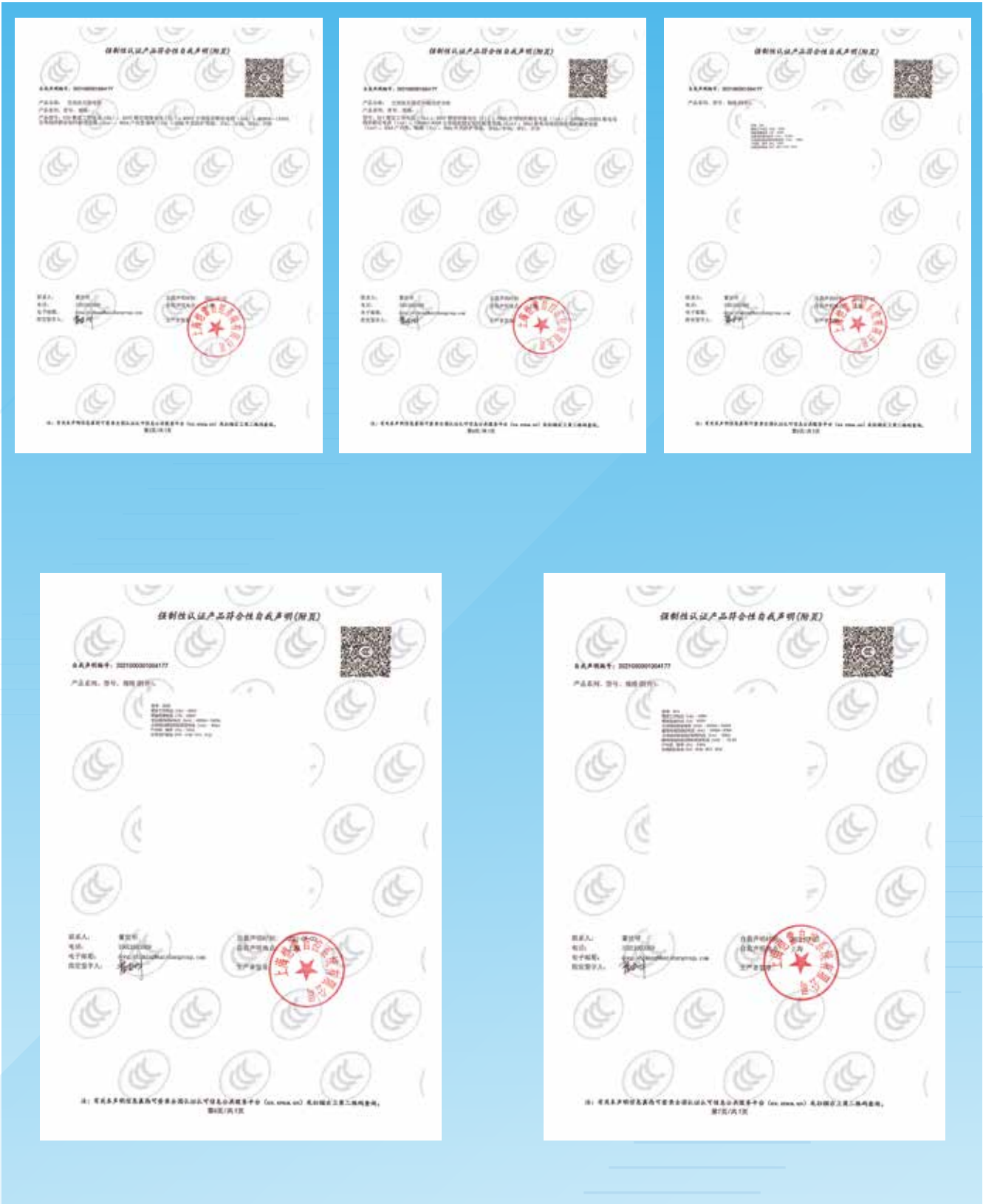
NATIONAL PATENT CERTIFICATE



国家专利证书 NATIONAL PATENT CERTIFICATE



质量管理体系认证 QUALITY MANAGEMENT SYSTEMS CERTIFICATE





为 节 约 地 球 作 贡 献

上海恺雷自控系统有限公司

地址：中国（上海）自由贸易试验区临港新片区飞渡路851号

研发中心：上海市普陀区大渡河路388弄5号国盛中心5号楼11楼

电话：400-658-2518

上海恺雷自控系统有限公司衢州分公司

地址：浙江省衢州市柯城区凯旋南2路9号

电话：400-658-2518

网址：<https://kac.51kerry.cn/>

邮箱：cen_li@sina.com