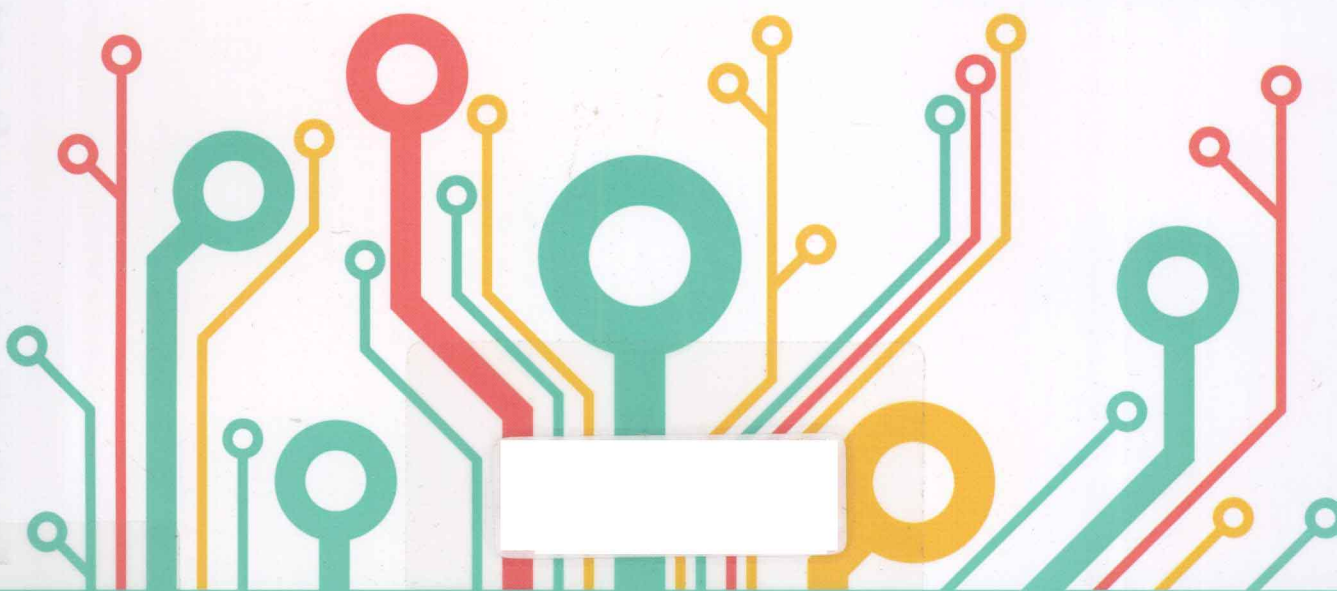


双色图解电工线路丛书



变频器及软起动器 控制线路

○ 韩雪涛 韩广兴 吴瑛 等 编著 ○

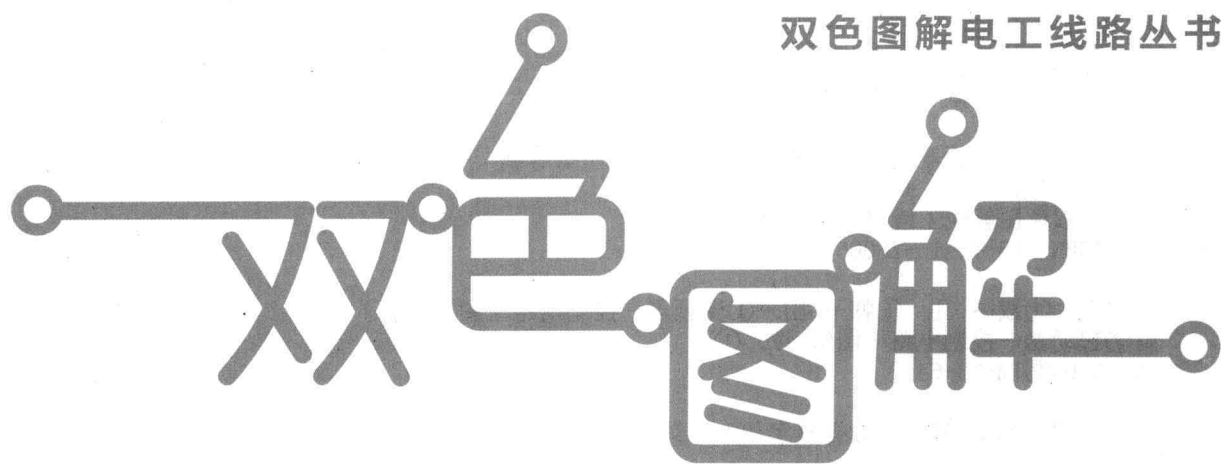


1000 余例电工**经典线路**，数十年**从业经验**指导
传授**电气识图**要诀，快速**突破学习瓶颈**
重点提示，**一看**就懂；**上岗技能**，**即学即用**



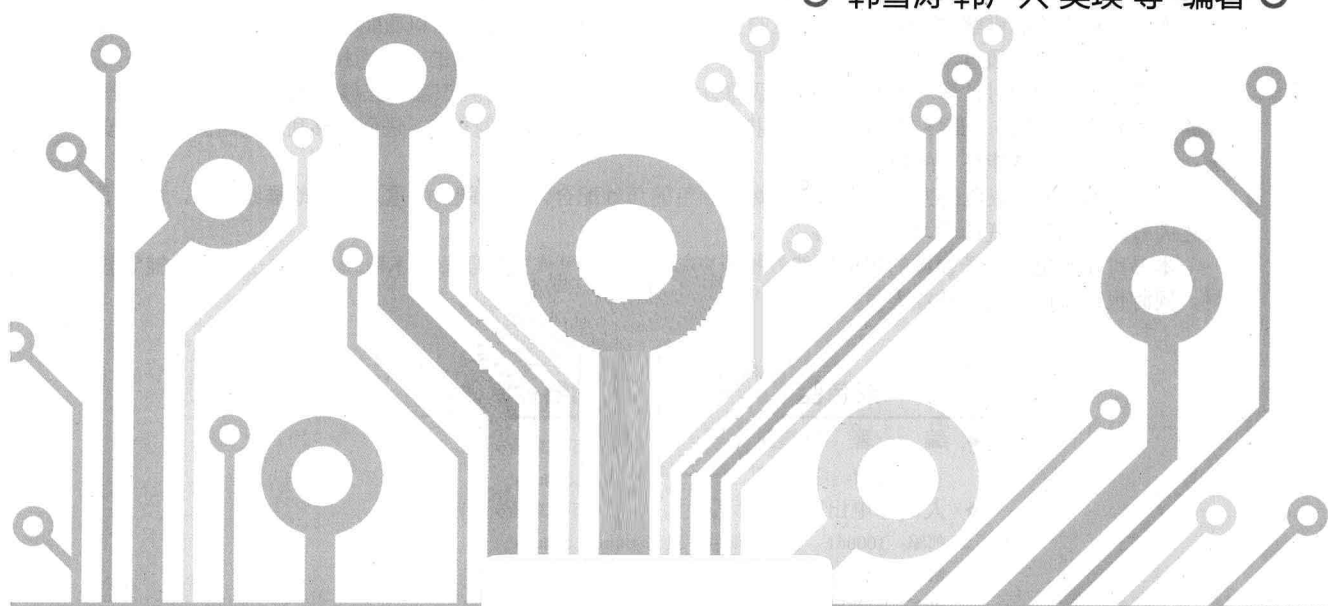
人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

双色图解电工线路丛书



变频器及软起动器 控制线路

○ 韩雪涛 韩广兴 吴瑛 等 编著 ○



人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

双色图解变频器及软起动机控制线路 / 韩雪涛等编
著. — 北京: 人民邮电出版社, 2012. 7
(双色图解电工线路丛书)
ISBN 978-7-115-28005-3

I. ①双… II. ①韩… III. ①变频器—控制电路—图
解②起动机—控制电路—图解 IV. ①
TN773-64②TM573-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第064568号

内 容 提 要

本书根据电工电子行业从业人员的学习习惯和培训特点, 将电工电子实用线路识图的从业技能要求, 电工电子实用线路的结构组成、特性、原理、识图方法和细节等知识点和技能点, 采用“板书式”双色图解的模式进行介绍。为使本书具备实用性、时效性和资料性, 我们对电工电子领域常用的变频器及软起动机控制线路进行了细致的归纳整理, 并根据实际岗位需求进行筛选, 将变频器及软起动机控制线路的相关内容划分成7个模块进行细致讲解, 依次为: 初步认识软起动机、初步认识变频器、深入了解变频器和软起动机的工作原理、双色图解变频器和软起动器的选购与安装、双色图解软起动机控制线路、双色图解民用设备变频器控制线路、双色图解工业设备变频器控制线路。

本书在对线路的讲解过程中, 将所表达的重点从单纯地介绍线路的结构和功能特点, 转移到对线路的识读方法培养上, 力求通过本书使学习者能够真正掌握识读不同类型线路图的方法和技巧。

在进行识图学习时, 学习者可以通过“线路分析笔记”细致地了解到识读一张线路图的各个环节, 掌握线路图中各信号的流向。最终在掌握方法的同时了解该线路图的全部信息内容, 进而能够利用线路图实现向安装、调试、维修等技能环节的拓展。

另外, 本书采用双色的方式进行讲解。两种颜色的巧妙配合, 将线路中的重点清晰地描绘出来, 增强了表述的效果, 让学习者的学习更加明确。

本书可作为电工电子领域的实用技能教材或资料手册, 也可作为各职业技术学院电工电子专业的辅导教材, 同时也适合电工电子从业人员、求职人员及业余爱好者阅读。

双色图解电工线路丛书

双色图解变频器及软起动机控制线路

- ◆ 编 著 韩雪涛 韩广兴 吴 瑛 等
责任编辑 王朝辉
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京天宇星印刷厂印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 15.25
字数: 368千字
印数: 1—4000册
- 2012年7月第1版
2012年7月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-28005-3

定价: 45.00元

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第0021号

■ 丛书编委会

主 编：韩雪涛

副主编：韩广兴 吴 瑛

编 委：张丽梅 马 楠 宋永欣 宋明芳

张雯乐 梁 明 张鸿玉 张相萍

吴 玮 韩雪冬 吴惠英 高瑞征

■ 丛书前言

随着科技的进步，人们生产和生活中的电气化程度越来越高，无论是我们日常的生活照明、小区智能控制，还是工业生产，随处都可以看到智能化的电子电气设备。这些现代化的智能设备或电气系统在线路的驱动控制下，为我们的生产和生活提供便利与帮助。尤其是近几年，社会整体的电气化程度得到了显著的提升，社会对电工电子从业人员的需求也越来越多。电力控制、生产、传输，电气线路安装、调试、检修等各个从业岗位需要大量专业技术人员。为了能够跟上电工电子技术发展的潮流，对于从事或希望从事电工电子技术工作的人员来说，都需要不断学习与电工电子技术相关的知识和技能。

然而，如何能够在短时间内掌握电工电子方面的实用技术，如何能够应对各种复杂的从业环境，如何能够成功地完成知识和技能的更新与转型，并能轻松地跟上技术快速发展的节奏，已成为电工电子行业从业人员和求职者急需解决的重要问题。为此，我们针对目前电工电子领域中的设计、安装、调试、检验、维修等重点岗位进行了调研，发现摆在从业者面前最难以逾越的问题是对电工电子线路的“畏惧”。也就是说，是否能够读懂种类多样、原理复杂的电工电子线路是从业者能否进步和发展的关键因素。

针对这一现状，我们特别策划和组织编写了这套“双色图解电工线路丛书”。这是一套非常实用的电工电子从业人员的技术培训及辅导教材。

本套丛书共6本，包括《双色图解电工基础线路》、《双色图解电动机控制线路》、《双色图解电气设备控制线路》、《双色图解常用供电用电线路》、《双色图解变频器及软起动器控制线路》、《双色图解PLC梯形图和语句表》。

为了使图书更具实用性和实效性，我们对工业生产、居民生活、智能控制、城市用电等各个领域的电工电子从业岗位进行了细致的调研，将我们日常生产和生活中所涉及与应用的电工电子线路根据原理、用途的不同，进行细致的划分，并根据从业特性和工作需求对收集整理的线路进行系统的归纳和整理，使得每一本图书都具备鲜明的技术特色和可满足用户需求。

本套丛书并不是传统意义上线路图的汇总，而是以传授识图方法和技巧为突破口，希望通过对各种不同电工电子线路图的识读，让学习者在了解识图方法的基础上，能够了解线路设计上的构思，洞察线路中各元器件及电气部件的使用方法，领悟线路的控制细节，进而达到会用、活用线路图完成设计、安装、调试、检修等实用技能的目的。

为了达到良好的消息传达效果，为了将学习时间尽可能地缩减，为了让整个学习过程不致过于乏味和枯燥，也为了让不同层次的学习者能够通过丛书获益，我们对图书的策划和内容编写进行了精心的设计，充分考虑了当前电子电工从业人员的技术特点和学习习惯。

1. 在编写理念上

本套丛书强调实用性和时效性，不仅要能够给学习者带来技能上的提升，同时在学习的周期

上也希望能够尽可能缩短技能掌握所需的时间。

2. 在内容编排上

充分考虑当前市场需求和学习者的情况，本套丛书打破以往图书的编排和表述模式，对于识图的讲解完全模拟实际读图过程，将读图过程中的分析笔记引入到识图学习中。通过笔记的跟图走向、标记重点、标注提示等方法让学习者能够完全跟上讲解的节奏，达到“跟随”学习的效果。

本书在内容安排上充分以岗位需求作为导向，对目前电工电子岗位作业中的实用线路进行收集、整理、筛选，从中挑选出极具代表性的电工电子线路进行讲解。讲解的目的是希望学习者不仅能够了解该线路的功能和原理，而且可以掌握读图的技能和方法，能够将线路图“消化”、“吸收”，将实用技术自如地应用到电子电工线路安装、调试、维修的岗位作业中。

3. 在表现形式上

在表现形式上，本套丛书更多地借鉴读书笔记的形式，重点放在读图的过程上，而非单纯地了解线路的工作原理和功能。因此，如何能够将读图的整个过程通过书本载体的形式再现成为本书表达的关键。为此，本书采用识读笔记的形式，将读图初期的标记重点，到读图过程中流程线的“分路识读”，直至最终搞清楚整个线路全部通过笔记形式再现，让学习者能够跟上讲解的思路，洞悉线路识图中的规律，明确线路识读的关键环节，真正实现以学习识读技能作为重点。

书中所讲解的案例均来源于实际的线路，极具针对性和代表性，可指引学习者深入学习，也可作为宝贵的资料使用。

4. 在内容保证上

本套丛书由原信息产业部职业技能鉴定指导中心资深专家韩广兴担任顾问，亲自指导；充分以市场需求和社会就业需求为导向，确保图书内容符合职业技能鉴定标准，达到规范性就业的目的；同时根据韩广兴专家多年的教授经验，将从业者刚刚入门时遇到的问题结合实际线路进行系统整理，使凌乱的问题按照岗位需求的技能特点和从业规律融合到目录中。

5. 在技术服务上

为了更好地满足学习者的需求，达到最佳的学习效果，本套丛书依托数码维修工程师鉴定指导中心作为技术咨询服务机构，向学习者开通了专门的技术服务咨询平台。学习者在学习和职业规划等方面有任何问题均可通过网站、电话或信件的方式进行咨询。

学习者通过学习和实践还可参加相关资质的国家职业资格或工程师资格认证，获得相应等级的国家职业资格或数码维修工程师资格证书。如果学习者在学习或考核认证方面有什么问题，可通过以下方式获得帮助。

数码维修工程师鉴定指导中心

网址: <http://www.chinadse.org>

联系电话: 022-83718162/83715667/13114807267

E-mail: chinadse@126.com

地址: 天津市南开区榕苑路4号天发科技园8号楼1门401

邮编: 300384

编著者

■ 目录

第 1 章 初步认识软起动器	1
1.1 软起动器的功能和结构特点	1
1.1.1 软起动器的功能与应用	1
1.1.2 软起动器的结构特点	12
1.2 常用软起动器的结构与功能特点	18
1.2.1 威尔凯WKR5000型软起动器的结构与功能特点	18
1.2.2 丹佛斯MCD3000型软起动器的结构与功能特点	26
第 2 章 初步认识变频器	31
2.1 变频器的功能和结构特点	31
2.1.1 变频器的功能与应用	31
2.1.2 变频器的结构特点	43
2.2 常用变频器的结构与功能特点	52
2.2.1 富士FRN1.5G1S-4C型变频器的结构与功能特点	52
2.2.2 施耐德ATV302型变频器的结构与功能特点	58
第 3 章 深入了解变频器和软起动器的工作原理	65
3.1 了解软起动器的工作原理	65
3.1.1 直接启动与软启动	65
3.1.2 软起动器的控制过程	67
3.2 了解变频器的工作原理	78
3.2.1 定频控制与变频控制	78
3.2.2 变频器的控制过程	85
第 4 章 双色图解变频器和软起动器的选购与安装	96
4.1 软起动器的安装和选购	96

4.1.1 软起动器的安装和选购原则	96
4.1.2 软起动器的安装方法和注意事项	98
4.2 变频器的安装和选购	106
4.2.1 变频器的安装和选购原则	106
4.2.2 变频器的安装方法和注意事项	110

第5章 双色图解软起动器控制线路

5.1 软起动器控制线路的结构和特点	124
5.1.1 找到软起动器控制线路的主要部件和元器件	124
5.1.2 搞清软起动器控制线路的控制关系	128
5.2 掌握软起动器控制线路的识图方法	133
5.2.1 双色图解新冶中正eSTAR03系列软起动器带有旁路交流接触器的控制线路	133
5.2.2 双色图解西普STR系列软起动器启动两台三相交流电动机的控制线路	139
5.2.3 双色图解常熟CR1系列软起动器带旁路交流接触器的控制线路	148
5.2.4 双色图解常熟CR1系列软起动器正反转控制线路	154

第6章 双色图解民用设备变频器控制线路

6.1 民用设备变频器控制线路的结构和特点	162
6.1.1 找到民用设备变频器控制线路的主要部件和元器件	162
6.1.2 搞清民用设备变频器控制线路的控制关系	165
6.2 掌握民用设备变频器控制线路的识图方法	171
6.2.1 双色图解恒压供水变频器控制线路的识图方法	171
6.2.2 双色图解恒压供气变频器控制线路的识图方法	182
6.2.3 双色图解中央空调变频器控制线路	186

第7章 双色图解工业设备变频器控制线路

7.1 工业设备变频器控制线路的结构和特点	195
7.1.1 找到工业设备变频器控制线路的主要部件和元器件	195
7.1.2 搞清工业设备(电动机)变频器控制线路的控制关系	200
7.2 掌握工业设备变频器控制线路的识图方法	203
7.2.1 双色图解球磨机变频器控制线路	203
7.2.2 双色图解工业用拉线机变频器控制线路	209
7.2.3 双色图解离心机变频调速控制线路	215
7.2.4 双色图解物料传输机变频器控制线路	224
7.2.5 双色图解刨床变频器控制线路	231

第 1 章 初步认识软起动器

1.1 软起动器的功能和结构特点

1.1.1 软起动器的功能与应用

软起动器是将电动机的软起动、软停车、轻载节能、多种保护功能等优点集成在一起的一种电动机控制装置。图 1-1 所示为软起动器的实物外形。



图 1-1 软起动器的实物外形

传统的大中型电动机的启动方式通常采用硬启动，即通过接触器、继电器、启动电阻器、自耦变压器、启动按钮、停止按钮等控制部件控制电动机启动的方式。硬启动有电阻器降压启动、自耦降压启动和 Y- Δ 降压启动等多种方式。

图 1-2 所示为电动机 Y- Δ 降压启动时各相绕组所承受的电压值。电动机 Y- Δ 降压启动是指先由线路控制电动机定子绕组连接成 Y 形方式进入降压运行状态，在这种方式中电动机每相定子绕组承受的电压均为 220 V，待电动机转速达到一定值后，再由线路控制定子绕组换接成 Δ 形，使电动机每相定子绕组承受的电压均为 380V，此后电动机进入正常（全压）的运转状态。

图 1-3 所示为电动机电阻器降压启动时各相绕组所承受的电压值。电动机电阻器降压启动是指电动机启动时利用串入的电阻器起到降压限流作用，在这种方式中电动机每相定子绕

组承受的电压小于 380 V，待电动机转速达到一定值后，再由线路控制将串联的电阻器短接，使电动机每相定子绕组承受的电压上升为 380 V，此后电动机进入正常（全压）的运转状态。

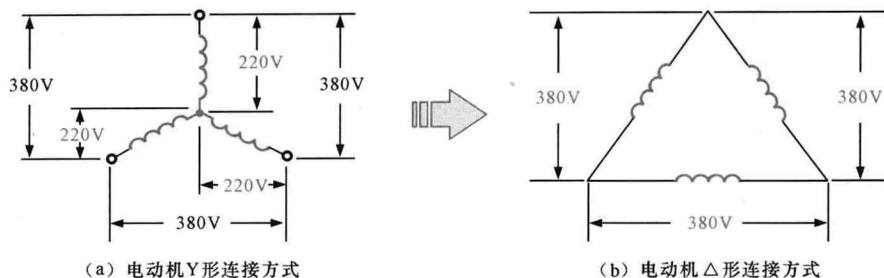


图 1-2 电动机 Y-Δ 降压启动时各相绕组所承受的电压值

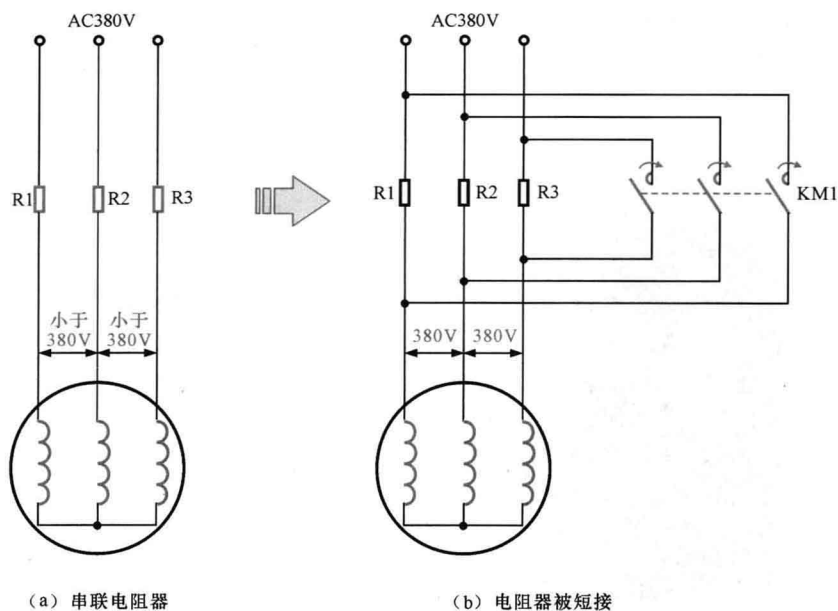


图 1-3 电动机电阻器降压启动时各相绕组所承受的电压值

这种传统的降压启动方式可以减小电动机启动时的启动电流，但当电动机转为额定电压下运转时，即电动机绕组上的较低电压上升到全压时，电动机的转矩会有一个跳跃，不平滑，因此电动机的每次启动或停机控制都会对电网以及机械设备带来一定的冲击。

随着技术的不断更新，软起动器已逐渐替代了传统的硬启动方式。软起动器也采用降压启动方式，与传统降压启动方式不同的是软起动器采用无级降压启动，它内置调压装置，在规定的时间内，将电动机的启动电压由零慢慢地提升到额定电压。图 1-4 为软起动器的功能原理图。

软起动器内置的调压装置实际上就是一个晶闸管调压线路，通过改变晶闸管的导通角，来调节软起动器的输出电压，随着软起动器的输出电压逐渐增大，电动机的速度也逐渐提高，当晶闸管完全导通时，电动机在额定电压下运转。采用软起动器对电动机进行启动时，电动机的转矩会平滑地增大到最大转矩，可减少了对电网以及机械设备的冲击。

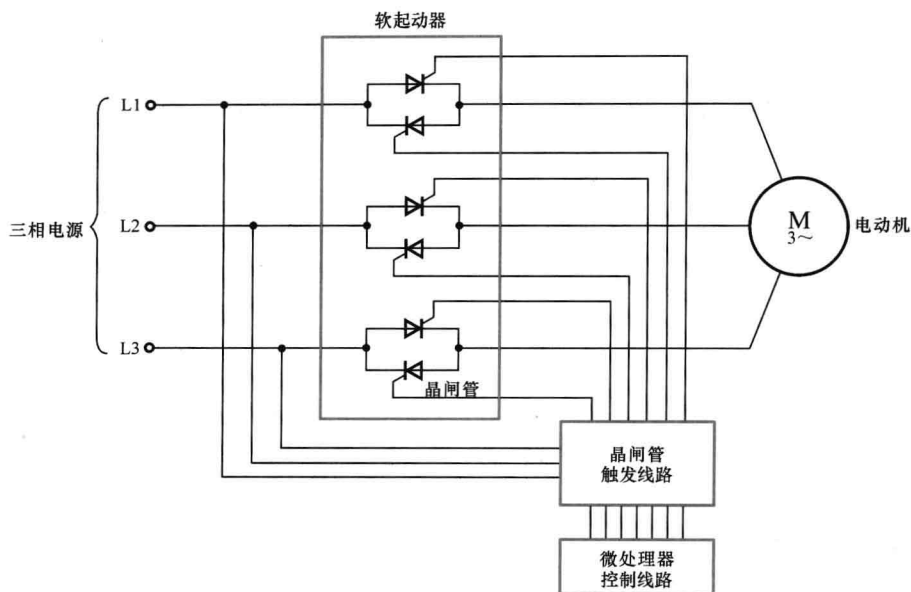


图 1-4 软起动器的功能原理图

1. 软起动器的功能

软起动器是将控制功能、保护功能、显示功能、按键设置功能、通信功能集于一体的电动机控制装置。

(1) 控制功能

软起动器收到外部的启动、停车指令后，按照预先设定的启动和停车方式对电动机进行控制。

① 启动控制功能。

软起动器可根据设备的特点选择不同的启动模式，设置不同的参数，对电动机进行软启动控制。通常软起动器的启动方式主要有斜坡软启动、阶跃启动、脉冲冲击启动、全压启动等。

◆斜坡软启动。

斜坡软启动方式是在电动机启动的初始阶段将启动电压逐渐增大，当电压达到预先设定的值后保持恒定，电动机在全压状态下运转。电压变化的速率可根据电动机负载进行调整设定，电压变化速率大，则启动转矩大，启动时间短。图 1-5 为斜坡软启动方式的曲线图。

◆阶跃启动。

阶跃启动是以最短时间将启动电流迅速达到设定值的启动方式，通过调节斜率，实现快速启动电动机。图 1-6 为阶跃启动方式的曲线图。

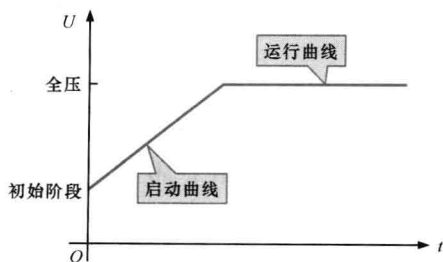


图 1-5 斜坡软启动方式的曲线图

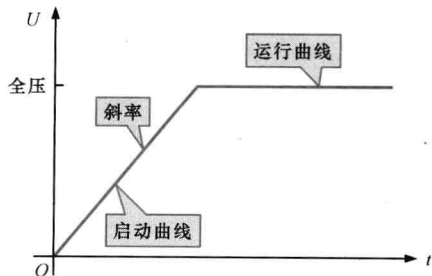


图 1-6 阶跃启动方式的曲线图

◆脉冲冲击启动。

脉冲冲击启动方式是在启动初期，让晶闸管在很短时间内以较大的电流导通一段时间后回落，然后按照原来的设定值呈线性上升，并达到恒流恒速状态。图 1-7 为脉冲冲击启动方式的曲线图。

◆全压启动。

在传统的电动机启动控制中，通过接触器等控制部件控制电动机在全压状态下直接进行启动，而软起动器也具有该功能，能够快速达到最大的冲击电流和转矩。图 1-8 为全压启动方式的曲线图。

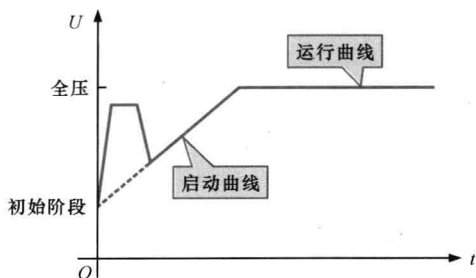


图 1-7 脉冲冲击启动方式的曲线图

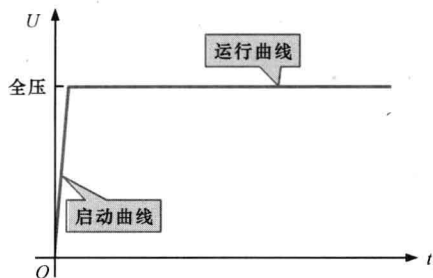


图 1-8 全压启动方式的曲线图

② 停车控制功能。

软起动器可根据设备的特点选择不同的停车模式，设置不同的参数，对电动机进行停机控制。通常软起动器的停车方式主要有自由停车、软停车和制动停车等。

◆自由停车。

自由停车是指软起动器对电动机不施加任何控制，电动机依惯性自由停机。图 1-9 为自由停车方式的曲线图。

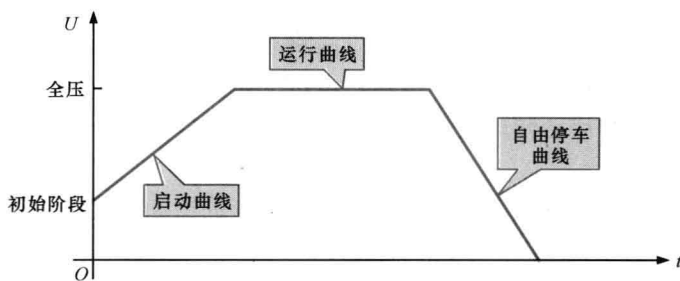


图 1-9 自由停车方式的曲线图

◆软停车。

软停车是指通过调节晶闸管的导通和截止时间逐渐降低电动机的工作电压，使电动机的转速逐渐下降，直至停机，避免了自由停车引起的转矩冲击。图 1-10 为软停车方式的曲线图。

◆制动停车。

制动停车是指在电动机停机时产生一个制动转矩，控制电动机快速减速并停机，缩短了

自由停车时产生的惯性。图 1-11 为制动停车方式的曲线图。

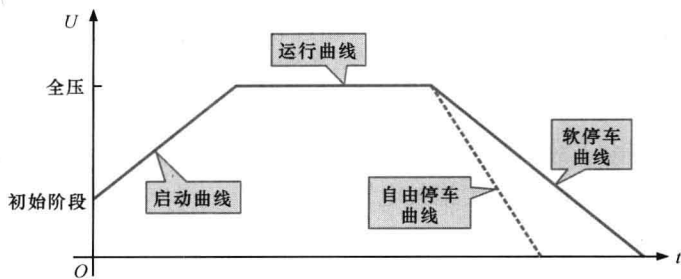


图 1-10 软停车方式的曲线图

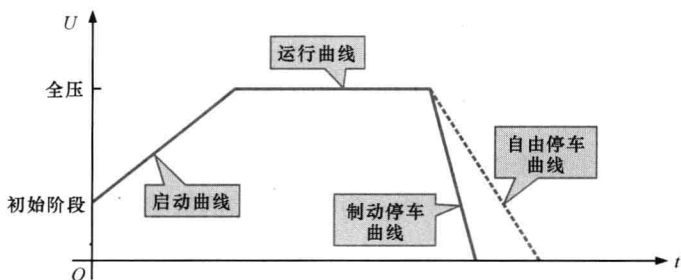


图 1-11 制动停车方式的曲线图

(2) 保护功能

软起动器集成了传统电动机保护线路的功能,如电动机的过热保护、断相保护、欠载保护、过载保护、过电压保护、欠电压保护、堵转和失速保护以及软起动器自身的过热保护等。

① 过热保护。

在启动电动机工作后,软起动器会根据额定电流和实际的工作电流计算电动机的温升,当电动机的温度超过预设的极限温度时,软起动器立即切断线路,实施过热保护。

有些电动机控制线路采用 PTC 电阻直接过热保护,将 PTC 电阻嵌入电动机的定子绕组上,当绕组温度升高时,PTC 电阻的阻值逐渐增大,对电动机实施过热保护。

② 断相保护。

当电动机供电电源的某一相较低或断相时,会使三相电流不平衡,当不平衡的电流达到软起动器预设的脱扣级别,且超过脱扣设定的延时后,电动机停止运转,实施断相保护。

③ 欠载保护。

欠载保护也就是欠电流保护。电动机在全压状态下工作时,软起动器的欠载保护功能实时监测,若电动机电流突然下降,超出欠载脱扣的设定范围,且超过脱扣设定的延时后,电动机停止运转,实施欠载保护。

④ 过载保护。

过载保护也就是过电流保护。电动机在全压状态下工作时,软起动器的过载保护功能实时监测,若电动机电流突然上升,超出过载脱扣的设定范围,且超过脱扣设定的延时后,电

动机停止运转，实施过载保护。

⑤ 过电压保护。

当电动机控制线路的输入电压突然升高，超过软起动器过电压脱扣的设定范围，且超过脱扣设定的延时后，电动机停止运转，实施过电压保护。

⑥ 欠电压保护。

当电动机供电线路由于故障等原因，电压大幅度降低或消失时，软起动器的欠电压保护功能动作，控制电动机停止运转，实施欠电压保护。

⑦ 堵转和失速保护。

当电动机出现堵转或失速故障时，电动机承受的电流升高，转矩增大，容易造成电动机损坏。当软起动器检测到电动机出现堵转或失速时，控制电动机停止运转，实施堵转或失速保护。

⑧ 软起动器自身的过热保护。

软起动器内部设有热敏传感器，用于监视晶闸管的温度，当晶闸管的温度达到额定温度时，软起动器控制晶闸管截止，实施过热保护。

为了便于软起动器的良好散热，通常在软起动器中都设有散热风扇，用于散去软起动器工作时内部元器件产生的热量。图 1-12 所示为软起动器的散热风扇。

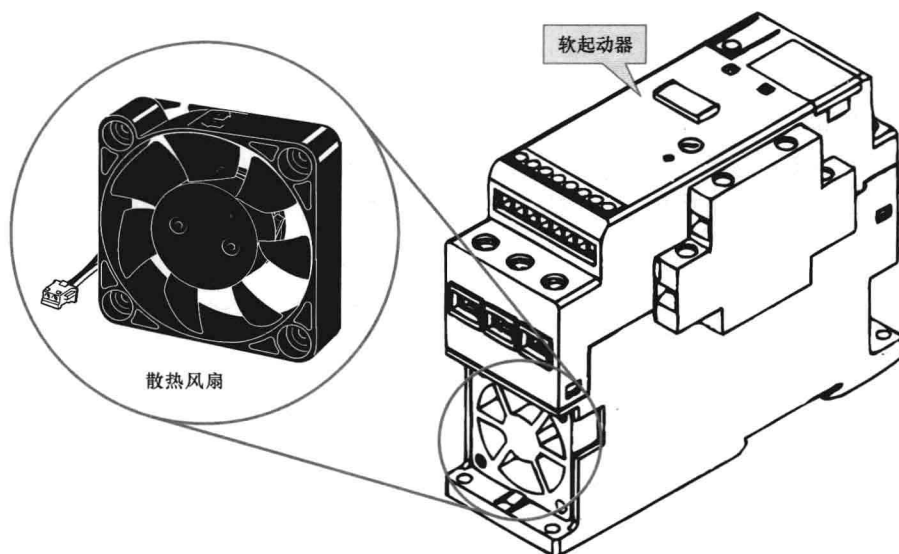


图 1-12 软起动器的散热风扇

(3) 显示及按键设置功能

软起动器的显示及按键设置功能是通过软起动器的操作显示面板实现的。如图 1-13 所示，软起动器的操作显示面板上主要分为 LED 指示灯、液晶显示屏和操作按键 3 个模块。

液晶显示屏是人机对话的界面，通过与操作按键进行配合，实现对软起动器的功能设置，以及通过液晶显示屏查看电气参数、负载状况及运行时间等信息，而 LED 指示灯则可帮助用户查看软起动器的当前工作状态。

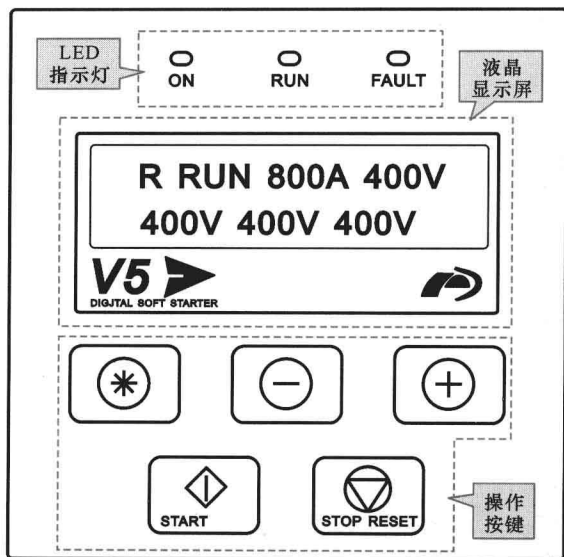


图 1-13 软起动器的操作显示面板

(4) 通信功能

为了便于通信以及人机交互，软起动器上通常设有不同的通信接口，用于连接远程操作盘、通信模块、计算机等通信装置。

2. 软起动器的整机结构

软起动器是将驱动、控制和检测等功能集于一体的控制装置，其可靠性、便捷性以及安全性是非常重要的。图 1-14 所示为软起动器的整机结构。

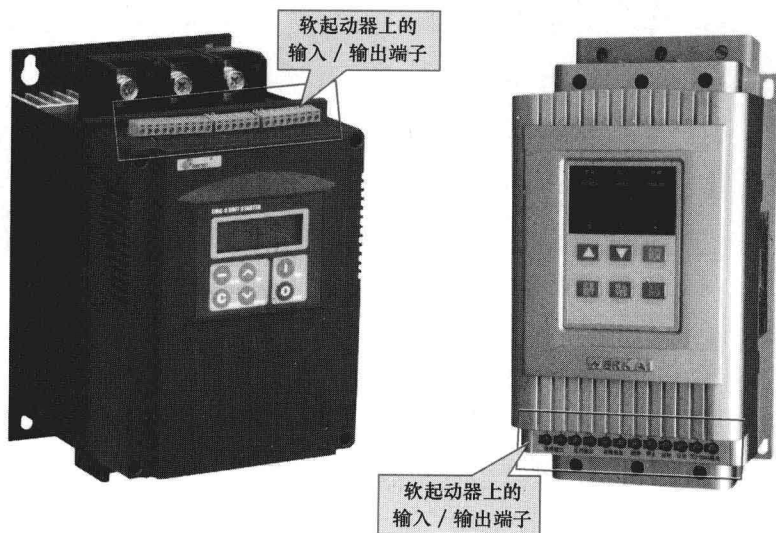


图 1-14 软起动器的整机结构

在软起动器上设有许多的输入/输出端子，如逻辑输入端、逻辑输出端、继电器输出端、模拟输出端、I/O 端等。通过这些端子可实现电动机控制参数的输入/输出以及控制指令的输入，对电动机进行不同方式的启停控制，选择软起动器时应注意它的适应范围。

3. 软起动器的应用

软起动器是一种对不同的负载设备进行启停控制的装置，在工农业生产中，产品的加工、组装、运输等大量的工作都是由电动机来提供动力的，而电动机的重载启停、频繁启停、快速启停等不同的启动和停机要求，会对电动机造成不同程度的危害，从而缩短电动机的使用寿命，而选用软起动器对电动机进行控制克服了传统启动的不足，减小了对电动机的损害，使电动机适用于不同的工作场合，从而来实现不同的功能。图 1-15 所示为典型软起动器在实际中的应用。

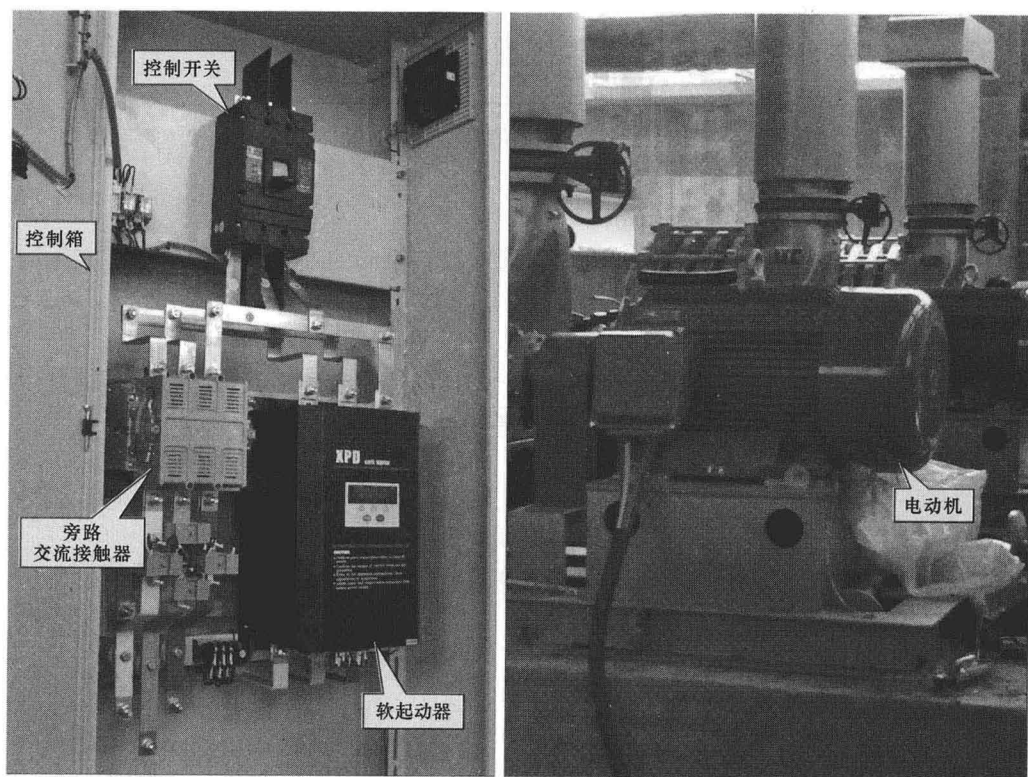


图 1-15 典型软起动器在实际中的应用

从图 1-15 可看出，软起动器、控制开关、旁路交流接触器等都安装在控制箱内，电源线经控制开关后连接到软起动器的输入端，通过软起动器的一些控制设置，去控制电动机的启动和停机。电动机工作后带动机械设备正常工作，如带动泵类、压缩机、升降机、电梯、离心机、鼓风机、压碎机、搅拌机、传送带等机械设备进行工作。

(1) 软起动器的应用实例

图 1-16 所示为软起动器在污水处理厂鼓风机房中的应用实例。

主站控制中的可编程控制器通过网络与 3 台鼓风机组的分站控制中的可编程控制器进行

数据交换。

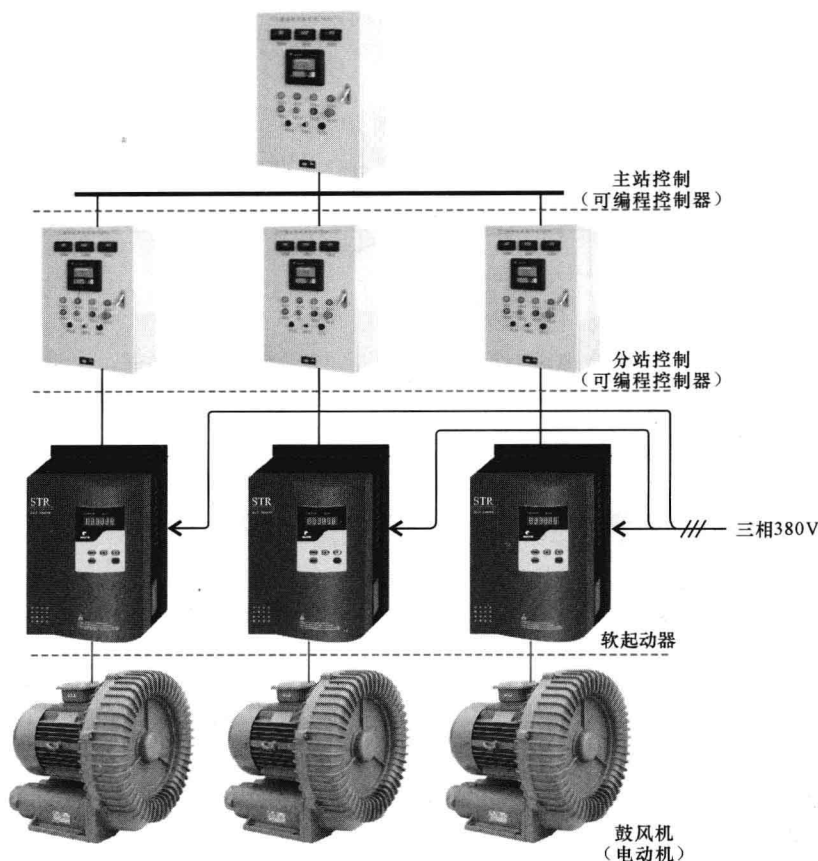


图 1-16 软起动器在污水处理厂鼓风机房中的应用实例

主站控制中的可编程控制器用于实现对鼓风机组的远程控制、数据调节、实时监控鼓风机组的运行状态、接收分站控制中可编程控制器上传的控制信息、控制分站控制中可编程控制器的工作。

分站控制中的可编程控制器按照主站控制中的可编程控制器为软起动器提供工作指令，并随时监视和控制单台鼓风机的运行状态、显示单台鼓风机运行的参数等，电源经软起动器对电动机进行启动控制。

根据各鼓风机的工作环境，在各软起动器中设置鼓风机的启动方式和停机方式以及各参数，当软起动器接收到可编程控制器的控制指令后，根据预先设定的鼓风机启动方式和停机方式对单台鼓风机进行启动和停机控制。

(2) 软起动器的应用线路

图 1-17 所示为软起动器在锅炉风机电动机控制中的应用线路。

总断路器 QF 用于接通锅炉风机系统的供电电源；转换开关 SA1 用于选择电动机的启动方式（直接启动或软启动）；交流接触器 KM1 用于接通电动机的供电回路；直接启动交流接触器 KM2 用于电动机的直接启动控制；旁路交流接触器 KM3 用于电动机启动