

[智能化]

智能型电动机保护控制器在水泥厂的应用

文/湖南省建筑材料研究设计院有限公司 熊清华

综合介绍智能型电动机保护控制器在水泥厂的应用情况，并阐述了智能型电动机保护控制器的功能特点，针对水泥厂生产环境、电力运行特点，提出保证智能型电动机保护控制器高效稳定应用的一系列措施。

水泥是应用最广泛的建筑材料，随着现代化水泥工业生产规模的增大，生产设备也越来越大型化，因此作为水泥厂生产设备的动力来源，电动机体现了重大的价值，保证水泥厂的电动机安全、稳定可靠的运转，对水泥厂的平稳生产起着至关重要的作用。

在传统应用中，水泥厂仅利用热继电器来实现电动机的过载保护，随着科学技术的发展和工艺控制的完善，仅做到过载保护已无法满足水泥厂自动化生产更加安全高效的需求，因此，智能型电动机保护控制器在水泥厂中得以广泛应用。

水泥厂应用智能型电动机保护控制器的主要功能

智能型电动机保护控制器广泛应用于保护交流频率50 Hz、额定工作电压至690 V的各种额定电流的电动机。对电动机的短路、堵转、过载、欠载、缺相/不平衡、接地/漏电、过/欠电压、 T_E 时间及外部故障等引起的危害予以保护，并具有测量、操作控制、诊断维护、报警输出、模拟量输出及网络通信（遥测、遥信、遥控和遥调）等功能，如图1所示。

智能型电动机保护控制器采用一体式或分体式设计结构，盘装式或导轨式等多种安装方式，适用于水泥厂工程现场各种低压控制柜和1/4模数及以上的抽屉柜，安装简易，维护便利，具有多种电参量

测量和保护功能，支持就地、远方和DCS等多种控制方式并集成通信实现“四遥”等功能，同时支持中文人机界面，方便用户查询数据和故障记录，有效降低水泥厂生产过程中因电动机故障带来的运维成本。

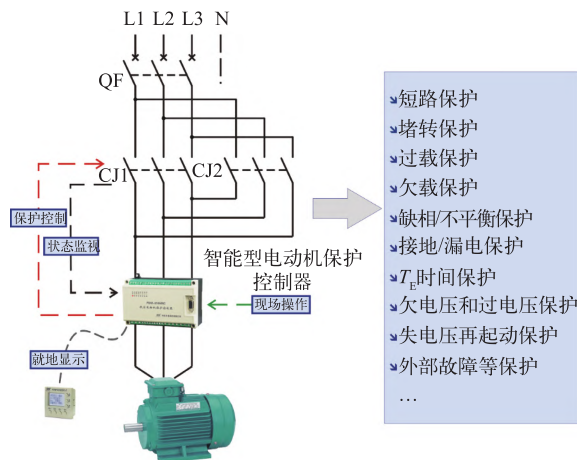


图1 智能型电动机保护控制器应用示意图

因为水泥厂生产工艺流程繁琐，低压电动机作为水泥生产过程中最常用的机组，具有数量多、种类复杂的特点，所以不同应用、不同类型的电动机科学合理地配置不同功能的智能型电动机保护控制器显得尤为重要，不仅最大程度地体现了智能型电动机保护控制器的应用价值，也降低了用户的投入

成本。

下面针对智能型电动机保护控制器实现的不同功能，通过基础应用和综合应用两个方面进行介绍。

(1) 电量测量功能

基础应用：测量电动机的三相电流、零序电流和三相电流不平衡度，实现对电动机的保护。

综合应用：测量三相电流、零序电流、三相电流不平衡度、三相电压、零序电压、三相电压不平衡度、有功/无功功率、功率因数和频率等电量，实现对电动机的综合保护，并具有保护事件的记录功能。

(2) 保护功能

基础应用：实现短路、堵转、反时限过载、接

地、缺相/不平衡和 T_e 时间等多种保护功能， T_e 时间保护特性曲线如图2所示， T_e 时间保护特性见表1。

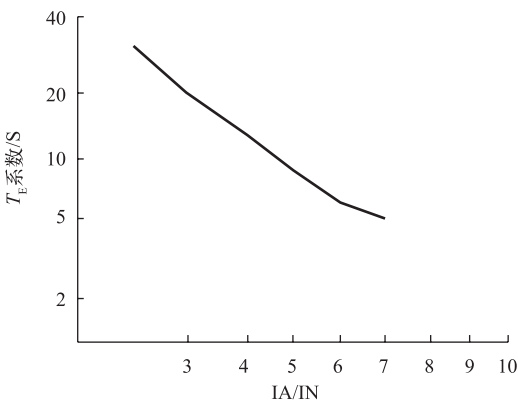


图2 T_e 时间保护特性曲线

表1 T_e 时间保护特性表 (单位：s)

TW系列 IA/AN	1.0	4.0	4.3	4.6	5.0	5.5	6.0	15.0
2	16.00	64.00	68.80	73.60	80.00	88.00	96.00	240.00
2.1	8.80	35.20	37.84	40.48	44.00	48.40	52.80	132.00
2.2	6.80	27.20	29.24	31.28	34.00	37.40	40.80	102.00
2.4	5.30	21.20	22.79	24.38	26.50	29.15	31.80	79.50
2.6	4.40	17.60	18.92	20.24	22.00	24.20	26.40	66.00
2.8	4.15	16.60	17.85	19.09	20.75	22.83	24.90	62.25
3	4.00	16.00	17.20	18.40	20.00	22.00	24.00	60.00
3.2	3.48	11.91	14.96	16.00	17.39	19.13	20.87	52.17
3.4	3.08	12.31	13.23	14.15	15.38	18.92	18.46	46.15
3.6	2.76	11.03	11.86	12.69	13.79	15.17	16.55	41.38
3.8	2.50	10.00	10.75	11.50	12.50	13.75	15.00	37.50
4	2.29	9.14	9.83	10.51	11.43	12.57	13.71	34.29
4.2	2.11	8.42	9.05	9.68	10.53	11.58	12.63	31.58
4.4	1.95	7.80	8.39	8.98	9.76	10.73	11.71	29.27
4.6	1.82	7.27	7.82	8.36	9.09	10.00	10.91	27.27
4.8	1.70	6.81	7.32	7.83	8.51	9.36	10.21	25.53
5	1.60	6.40	6.88	7.36	8.00	8.80	9.60	24.00
5.2	1.51	6.04	6.49	6.94	7.55	8.30	9.06	22.00
5.4	1.43	5.71	6.14	6.57	7.14	7.86	8.57	21.43
5.6	1.36	5.24	5.83	6.24	6.78	7.46	8.14	20.34
5.8	1.29	5.16	5.55	5.94	6.45	7.10	7.74	19.35
6.0	1.23	4.92	5.29	5.66	6.00	6.77	7.38	18.46
6.2	1.18	4.71	5.06	5.41	5.88	6.47	7.06	17.65
6.4	1.13	4.51	4.85	5.18	5.63	6.20	6.76	16.90
6.6	1.08	4.32	4.65	4.97	5.41	5.95	6.49	16.22
6.8	1.04	4.16	4.47	4.78	5.19	5.71	6.23	15.58
7	1.00	4.00	4.30	4.60	5.00	5.50	6.00	15.00

综合应用：实现短路、堵转、过载、接地、缺相/不平衡、欠载、过载保护、欠/过电压、失电压再起、启动超时、启动前加速跳闸、运行失电、外部故障和漏电等多种保护功能，过载保护特性曲

线如图3所示。

根据国家标准规定，各保护等级需要满足如下特性，满足标准的过载保护特性曲线系数见表2。

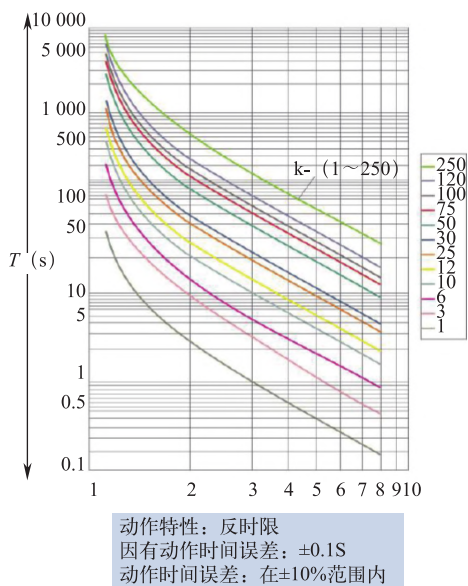


图3 过载保护特性曲线

表2 满足标准的过载保护特性曲线系数

控制器 K系数	满足保 护级别	整流 倍数	1.05	1.2	1.5	7.2
125	10	脱扣 时间	2 h内 不动 作	1 h 内 动 作	$\leq 2 \text{ min}$	$2 \text{ s} < T_p \leq 10 \text{ s}$
250, 300	10			1 h 内 动 作	$\leq 4 \text{ min}$	$4 \text{ s} < T_p \leq 10 \text{ s}$
500	20			1 h 内 动 作	$\leq 8 \text{ min}$	$6 \text{ s} < T_p \leq 20 \text{ s}$
750	30			1 h 内 动 作	$\leq 12 \text{ min}$	$9 \text{ s} < T_p \leq 30 \text{ s}$

(3) 保护控制功能

基础应用：继电器保护输出为保护跳闸方式，通过中间继电器常闭触点接入二次操作回路，完全取代常规热继电器。

综合应用：可设定四种保护控制输出方式，包括直接起动方式、保护跳闸方式、星/角起动方式和断路器保护方式。

(4) 显示操作功能

基础应用：英文LED数码显示或LCD液晶显示，实时显示现场测量的电量值，完成对智能型电动机保护控制器参数的设定。

综合应用：中文LCD彩色液晶显示，实时显示现场测量电量值，完成对智能型电动机保护控制器参数的设定。用于电量显示切换、保护定值整定和事件查询，具有起/停以及复位操作的按钮。

(5) 通信功能

基础应用：智能型电动机保护控制器配置RS 485通信接口，与网络通信控制器实现单网通信，与PLC或监控主机等主站设备组成网络系统，实现在人机界面对电动机的监控。智能型电动机保护控制器单网通信应用示意图如图4所示。

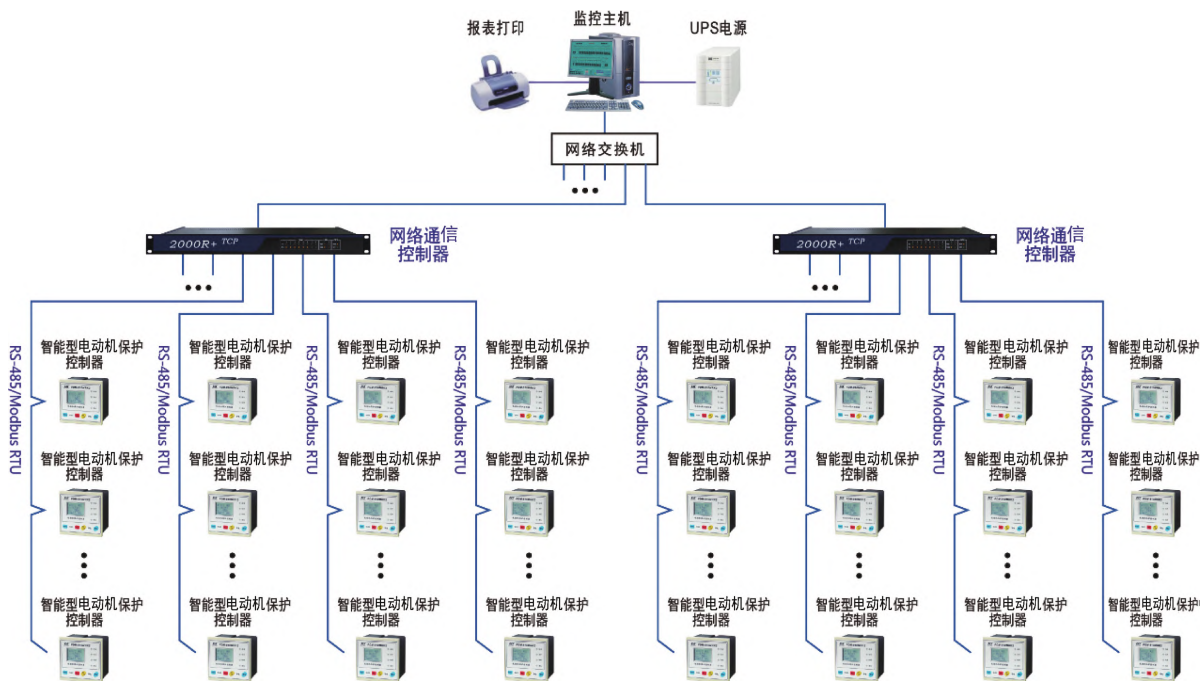


图4 智能型电动机保护控制器单网通信应用示意图

综合应用：智能型电动机保护控制器配置RS 485、Profibus DP或DeviceNet通信接口。RS 485的正确发送数据时序如图5所示，Profibus DP报文通信的基本顺序如图6所示。在应用现场设计准环网冗余结构配合网络通信控制器的主备冗余结构，使整套系统基于单总线接口设备，也可在造价相对经济的前提下，实现电力监控系统数据的稳定、可靠管理。网络通信控制器以双机热冗余方式设计，一台为主机，一台为监听备机。当主机故障或总线数据中断时，备机自动完成对智能型电动机保护控制器的控制管理。监控系统设计为主备热冗余方式。且单独为DCS设计以太网通信通道，从而保证各独立系统数据的平行共享，安全可靠。智能型电动机保护控制器准环网冗余通信应用示意图如图7所示。

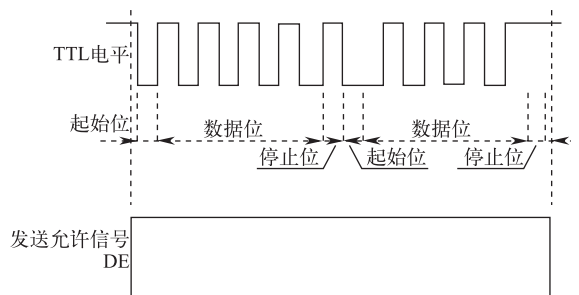


图5 RS 485的正确发送数据时序



图6 Profibus DP报文通信的基本顺序

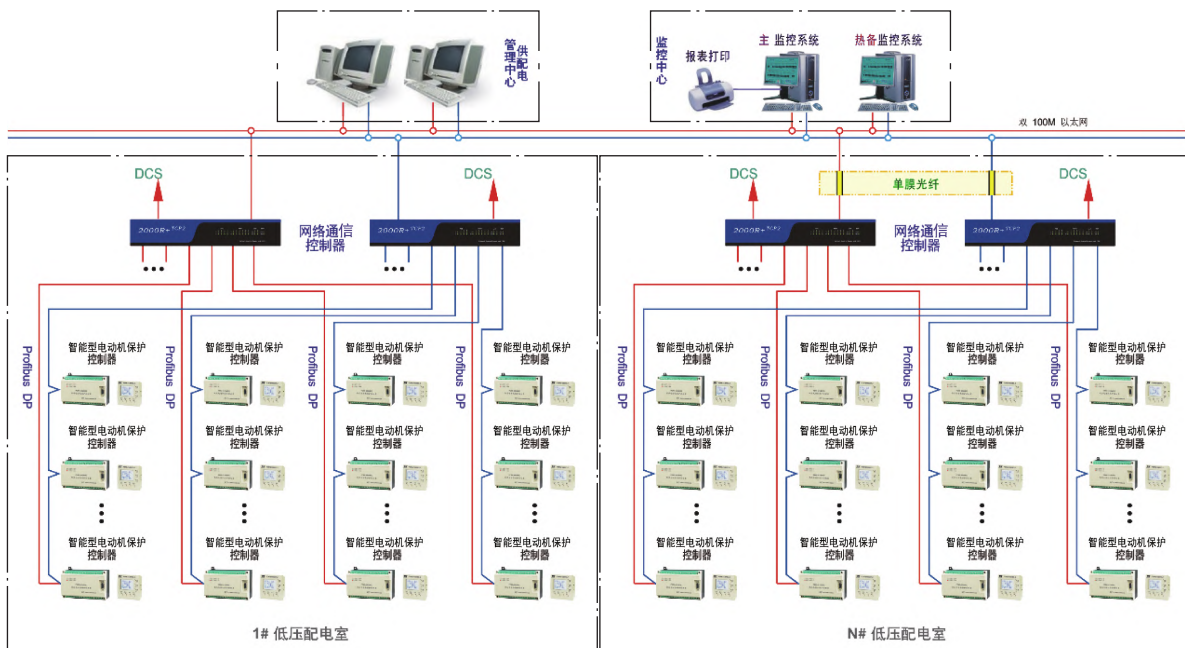


图7 智能型电动机保护控制器准环网冗余通信应用示意图

针对水泥厂保证智能型电动机保护控制器高效稳定应用的主要措施

水泥厂生产具有工程庞大、工艺流程化以及设备24 h运转的特点，工作场所高温、多粉尘并且干扰度高，保证智能型电动机保护控制器在水泥厂电力系统中高效稳定应用尤为重要，下面从多个方面介绍针对水泥厂保证智能型电动机保护控制器高效稳定应用的主要措施。

（1）结构设计措施

智能型电动机保护控制器采用模块化结构设计，有功能独立、体积小、结构紧凑以及安装方便等优点，并且使用耐高温ABS阻燃材料，材料更轻巧，且更加环保。

（2）程序设计措施

采用多种抗干扰和容错技术，交流采样中的傅里叶快速滤波技术，提高抗干扰能力的软件误差校

准技术及开关量输入延时复选滤波技术，基于A/D转换和DSP数据处理技术的高精度测量技术。

(3) 生产工艺措施

采用SMT自动贴装工艺、流焊工艺及“三防漆”处理工艺，有效确保产品在恶劣环境下安全、可靠的工作。

(4) 硬件抗干扰设计措施

采用高频开关电源，低功耗，实现节能的同时还适应不同电源电压环境；高性能数字信号处理器，实现强大的实时信号处理能力；采用高速A/D转换芯片，实现高精度测量，能够快速响应；高性能电源滤波器，有效消除电源噪声，抑制传导骚扰；高性能热压敏器件，实现可恢复的PTC热敏保护功能。

(5) 隔离保护措施

通信接口、交流输入、电源和I/O接口等各个环

节均采用信号隔离保护设计。

(6) 电磁兼容测试措施

智能型电动机保护控制器均已完成高频噪声抗扰度、浪涌冲击抗扰度、高低温交变湿热以及静电放电抗扰度等电磁兼容测试。

结束语

现代化大型水泥企业年运转率较高，高效、稳定、可靠和长周期运转的电气设备是保证生产过程连续不间断的基础，科学地配置智能型电动机保护控制器，不仅能提高电动机设备的运行能力，避免电动机设备的安全隐患，延长电动机设备的使用寿命，而且能提高企业生产效率，节约能源，为企业创造更高的经济效益。EA

(收稿日期：2021-09-24)

(上接第82页)

视觉避障，将摄像头采集到的图像进行解析，与标准航线进行比对。若相似度小于95%，则认为巡检线路上存在疑似障碍物，影响继续行进，机器人会在距离疑似障碍物1 m远的位置停车，并再次确认障碍物的真实性，若相似度仍小于95%，则会向管理平台发出清除障碍物的请求，并一同发送障碍物坐标，请求工作人员尽快清理障碍物。若工作人员在10 min内没有响应请求，巡检机器人便会返回巡检起点，本次巡检结束。视觉避障可保证巡检小车自身的安全。

(6) 特情处理

当设备出现突发故障时，巡检机器人可根据控制平台指令，在自动巡航与手动控制模式间快速切换，由工作人员手动操纵机器人，接近故障点，第一时间回传故障现场画面，有助于快速探明故障情况，做出合理处置。

系统仿真与实测情况

系统原型机经过仿真与实际测试，各模块工作正常。巡检机器人可在设定时间点自动开启巡检，二轴云台配合工业摄像头可自主识别航线，可根据航线精确巡检，偏差误差 ± 5 cm，在允许误

差范围内；麦克纳姆轮底盘运动灵活，减振机构可过滤85%以上来自底盘的振动，大大缓解了巡检机器人行进中摄像头抖动的现象；视觉摄像头可准确识别2 m视觉范围内的障碍物，并可及时将障碍物视觉图片和坐标上传到管理平台，请求清除障碍；无线通信模块可将采集到的数据实时回传至控制平台，控制平台可发指令控制机器人，数据交互流畅且传输可靠，无丢包现象；能源管理系统可实现在线估算电池荷电状态，预估续航里程准确率可达94%。根据测试结果，该机器人可实现预定功能，具有一定应用价值。

结束语

变电所智能巡检小车系统以巡检机器人为核心，具有实时通信、图像采集、仪表识别和能源管理等功能。该系统可应用于变电所仪器设备巡检，可有效解决人工巡检方式工作量大、巡检点位分散、巡检效率低及危险系数大等问题，大大提高了变电所电力系统的可靠性，降低了变电站巡检和运维的工作量，实现了变电所的无人值守。EA

(收稿日期：2021-09-06)