

中华人民共和国国家标准

GB/T 28556—2012

煤矿通风机用隔爆兼本质安全型变频调速 控制器

Flameproof and intrinsically safe controller with frequency converter
for coalmine ventilation fan

2012-06-29 发布

2012-11-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本参数 3

5 技术要求 4

6 试验方法..... 11

7 检验规则..... 15

8 标志、包装、运输及贮存..... 17

附录 A（资料性附录） 变频调速控制器组成框图 18

附录 B（规范性附录） 通风机控制功能 19

附录 C（规范性附录） 风电闭锁、瓦斯电闭锁及双风电双电源切换功能 22

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准的技术内容参考《煤矿安全规程》以及 GB 3836《爆炸性环境》系列标准制定。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国防爆电气设备标准化技术委员会(SAC/TC 9)归口。

本标准由荣信电力电子股份有限公司负责起草,南阳防爆电气研究所、国家防爆电气产品质量监督检验中心、煤科总院抚顺分院、阳泉煤业集团有限公司、河南省济源市矿用电器有限责任公司参加起草。

本标准主要起草人:杨贵发、张凡勇。

本标准参与起草人:陈在学、张福喜、仲丽云、孙景富、赵长春、刘继勇、王善海。

煤矿通风机用隔爆兼本质安全型变频调速 控制器

1 范围

本标准规定了Ⅰ类煤矿通风机用隔爆兼本质安全型变频调速控制器的术语和定义、型式和基本参数、技术要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输、贮存等要求。

本标准适用于Ⅰ类煤矿通风机用隔爆兼本质安全型变频调速控制器(以下简称变频调速控制器)。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 1408.1—2006 绝缘材料电气强度试验方法 第1部分:工频下试验(IEC 60243-1:1998, IDT)

GB/T 2423.4—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Db:交变湿热(12 h+12 h 循环)(IEC 60068-2-30:2005, IDT)

GB/T 2900.35—2008 电工术语 爆炸性环境用设备(IEC 60050-426:2008, IDT)

GB 3836.1—2010 爆炸性环境 第1部分:设备 通用要求(IEC 60079-0:2007, MOD)

GB 3836.2—2010 爆炸性环境 第2部分:由隔爆外壳“d”保护的的设备(IEC 60079-1:2007, MOD)

GB 3836.3—2010 爆炸性环境 第3部分:由增安型“e”保护的的设备(IEC 60079-7:2006, MOD)

GB 3836.4—2010 爆炸性环境 第4部分:由本质安全型“i”保护的的设备(IEC 60079-11:2006, MOD)

GB/T 3859.1—1993 半导体变流器 基本要求的规定(eqv IEC 60146-1-1:1991)

GB 4208—2008 外壳防护等级(IP 代码)(IEC 60529:2001, IDT)

GB/T 6388—1986 运输包装收发货标志

GB/T 12668.2—2002 调速电气传动系统 第2部分:一般要求 低压交流变频电气传动系统额定值的规定(IEC 61800-2:1998, IDT)

GB 12668.3—2003 调速电气传动系统 第3部分:产品的电磁兼容性标准及其特定的试验方法(IEC 61800-3:1996, IDT)

GB/T 14549—1993 电能质量 公用电网谐波

2010 年 3 月国家安全生产监督管理总局令第 29 号煤矿安全规程

国家质量监督检验检疫总局 2011 年第 10 号公告 防爆电气产品生产许可实施细则

3 术语和定义

GB/T 2900.35—2008 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

爆炸性气体环境 explosive gas atmosphere

在大气条件下,气体、蒸气或薄雾状的可燃物质与空气形成混合物,点燃后传至全部未燃混合物的环境。

3.2

通风机 ventilation fan

依靠输入的机械能,提高气体压力并排送气体的机械,它是一种从动的流体机械。

3.3

煤矿通风机用隔爆兼本质安全型变频调速控制器 flameproof and intrinsically safe controller with frequency converter for coalmine ventilation fan

根据煤矿井下瓦斯浓度大小的实时变化,用变频调速来控制通风机风量的双象限控制装置。

3.4

变流器 converters

由一个或多个开关器件和相关的元器件,与变压器、滤波器、换相辅助器件、控制器、保护和辅助部件(若有)组成的,用于改变电流一个或多个特性的电力变换用的工作单元。

3.5

变频器 frequency converter

用于改变电流频率的变流器。

3.6

整流 rectifier

用可控或不可控方式将交流变换成直流的变流器。

3.7

逆变器 inverter

将直流变换成交流的变流器。

3.8

脉宽调制(PWM) pulse width modulation

使输出电压/电流脉冲幅值固定、改变脉冲持续时间的操作。

3.9

双象限运行 two quadrant operation

电机作为电动机,可有两个方向旋转的变流器运行方式,它包括在一象限和三象限运行(见图1)。

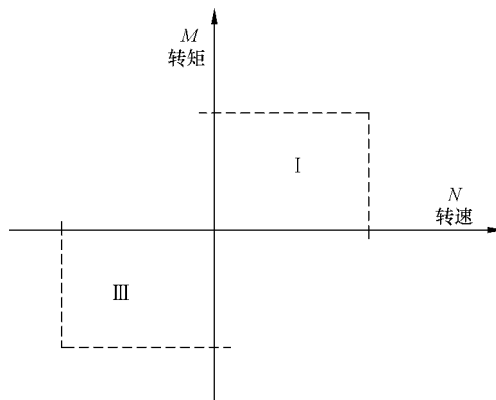


图1 运动象限

3. 10

频率分辨率 frequency resolution

在输出频率范围内升频或降频时,识别增加或减小的最小频率值的能力。

3. 11

电源额定电压 rated voltage of power

变频调速控制器阀侧交流端子处额定输入线电压的有效值,该值指定为变频调速控制器额定值的基础。

3. 12

电源额定输入电流 rated power input current

额定条件下变频调速控制器阀侧最大电流的有效值,其中考虑了额定负载以及在规定范围内所有其他条件的最不利的组合,如电网电压和电网频率的偏差。

3. 13

电源额定频率 rated power frequency

电源电压的频率(Hz)。

3. 14

输出频率范围 frequency output range

变频调速控制器可控制输出的基波频率范围。

3. 15

额定输出电压 rated power output voltage

变频调速控制器负载侧交流端子处基波电压的有效值。

注:这个变频调速控制器负载侧端子处的电压,未必就是电动机的基波电压。

3. 16

额定输出电流 rated output current

规定的工作条件下,能够连续供给而不会超过规定限值额总输出电流有效值。

3. 17

自控通风运行模式 automatic ventilated model

变频调速控制器设定为自动运行模式,当掘进巷道全风压汇合风流处瓦斯浓度不超过设定值时,变频器调速控制器的运行模式。

注:自控通风状态下,变频调速控制器依据工作面瓦斯浓度自动调节通风机电机转速,从而改变通风机输出风量,起到节能通风的作用。

3. 18

自控排放瓦斯运行模式 automatic gas elimination model

变频调速控制器设定为自动运行模式,当掘进巷道全风压汇合风流处瓦斯浓度超过设定值时,变频器调速控制器的运行模式。

注:自控排放瓦斯状态下,变频调速控制器依据全风压汇合风流处瓦斯浓度自动调节通风机电机转速,从而改变通风机输出风量,起到安全排放瓦斯的作用。

3. 19

手动频率运行模式 manual frequency operation model

变频调速控制器设定为手动运行模式,按设定的输出频率值运行而不受瓦斯浓度控制的运行模式。

4 基本参数

4. 1 电源参数

电源参数包括:

- 电源额定电压；
- 电源额定电流；
- 电源额定频率。

注：应符合 GB/T 12668.2—2002 中第 5 章的规定。

4.2 输出参数

输出参数包括：

- 输出电压；
- 输出电流；
- 额定功率；
- 输出频率；
- 载波频率。

注：应符合 GB/T 12668.2—2002 中第 5 章的规定。

5 技术要求

5.1 基本要求

5.1.1 变频调速控制器应符合 GB/T 12668.2—2002、GB/T 3859.1—1993、GB 3836.1—2010、GB 3836.2—2010 和 GB 3836.4—2010 规定。

5.1.2 变频调速控制器应符合本标准的规定，变频调速控制器的组成元件参见附录 A（包括隔爆外壳、变频单元、散热器、控制单元及所有电气元件），除应满足本标准规定外，还应符合各自相关标准的规定。

5.1.3 依据 GB 3836.1—2010 附录 D 规定，对变频调速控制器按照经国家授权的检验机构审批的图样和技术文件制造，同时应取得该机构颁发的“防爆合格证”后，方可投入生产。

5.1.4 防爆标志为 Exd[ib]I。

5.2 环境条件（正常工作条件）

环境条件包括：

- 环境温度 $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- 海拔高度不超过 2 000 m；
- 周围环境相对湿度 $\leq 95\%$ （ $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时）；
- 无破坏绝缘材料及金属的气体环境中；
- 无淋水、积水的地方；
- 无显著摇动与冲击震动的地方；
- 与水平面的安装倾斜度不超过 15° ；
- 大气压力 80 kPa $\sim$ 110 kPa；
- 安装类别：Ⅲ类；
- 污染等级：3 级。

5.3 结构和防爆要求

5.3.1 外壳结构

5.3.1.1 外壳应具有足够的结构强度，承受 1 MPa 水压，加压时间为 10 s，无结构损坏或可能影响隔爆性能的永久性变形。

5.3.1.2 外壳应采用钢板制成。外壳应由隔爆型主腔和隔爆型接线腔组成,并应具有使用中便于移动和固定的拖架。

5.3.1.3 外壳隔爆结合面的结构要求应符合 GB 3836.2—2010 第 5 章、第 10 章规定。

5.3.1.4 外壳的接线腔应有足够的空间,以便于将外部导体经引入装置引至接线端子上。引入装置和接线端子应预留足够的备用数量,引入装置应符合 GB 3836.2—2010 的规定。

5.3.1.5 外壳观察窗的透明件结构及耐冲击要求应符合 GB 3836.2—2010 第 9 章和 GB 3836.1—2010 的规定。

5.3.1.6 变频调速控制器的内外保护接地端子应符合 GB 3836.1—2010 第 15 章的规定。保护接地端子应有防锈措施并装配完整,有清晰耐久的接地符号。

5.3.2 防爆措施

变频调速控制器采用隔爆型与本质安全型复合的防爆型式,其中,外壳及接线腔采用隔爆型,向甲烷浓度传感器供电的电源采用本质安全型,本质安全型电源置于隔爆外壳内。

5.3.3 防护等级

变频调速控制器外壳的防护等级不应低于 IP54。

5.3.4 警告标识

变频调速控制器外壳明显处应设有“严禁带电开盖”和“断电××分钟后开盖”字样的警告牌。

5.3.5 最高表面温度

变频调速控制器在允许的最不利条件下运行时,其外壳的最高表面温度不应超过 150℃。

5.3.6 本质安全要求

5.3.6.1 电气间隙和爬电距离

本质安全电路的电气间隙和爬电距离应符合 GB 3836.4—2010 中表 5 规定。

5.3.6.2 电源变压器

5.3.6.2.1 变频调速控制器中的电源变压器应符合 GB 3836.4—2010 中第 8 章的规定。

5.3.6.2.2 变压器结构应符合 GB 3836.4—2010 中第 8 章的规定。

5.3.6.3 接线端子之间的距离

接线腔内本质安全电路接线端子与非本质安全电路接线端子的距离应不小于 50 mm。本质安全电路接线端子与接地端子及外壳之间的距离应不小于 6 mm。

5.3.6.4 本质安全电路配线

本质安全电路采用蓝色导线,并且蓝色导线应单独捆扎,非本质安全电路不能用蓝色导线;本质安全电路接线端子旁标注“ib”字样。

5.3.6.5 本质安全电路输出参数

本质安全电路输出参数包括:

—— U_o :最高输出电压;

- I_o :最大输出电流;
- C_o :最大外部电容;
- L_o :最大外部电感。

5.3.7 电气间隙和爬电距离

5.3.7.1 电气间隙

5.3.7.1.1 主腔内的电气间隙

变频调速控制器按污染等级 3 级、额定电压或工作电压及材料组别所确定的最小电气间隙见表 1。

表 1 主腔内的爬电距离

额定电压或工作电压 (交流有效值或直流) V	爬电距离 mm			最小电气间隙 mm
	I	II	III	
$U_i \leq 15$	1.6	1.6	1.6	1.6
$15 < U_i \leq 30$	1.8	1.8	1.8	1.8
$30 < U_i \leq 60$	2.1	2.6	3.4	2.1
$60 < U_i \leq 110$	2.5	3.2	4	2.5
$110 < U_i \leq 175$	3.2	4	5	3.2
$175 < U_i \leq 275$	5	6.3	8	5
$275 < U_i \leq 420$	8	10	12.5	6
$420 < U_i \leq 550$	10	12.5	16	8
$550 < U_i \leq 750$	12	16	20	10
$750 < U_i \leq 1\ 100$	20	25	32	14
$1\ 100 < U_i \leq 2\ 200$	32	36	40	30
$2\ 200 < U_i \leq 3\ 300$	40	45	50	36
$3\ 300 < U_i \leq 4\ 200$	50	56	63	44
$4\ 200 < U_i \leq 5\ 500$	63	71	80	50
$5\ 500 < U_i \leq 6\ 600$	80	90	100	60
$6\ 600 < U_i \leq 8\ 300$	100	110	125	80
$8\ 300 < U_i \leq 11\ 000$	125	140	160	100
注：I 类电气设备额定电压 1 140 的最小爬电距离和最小电气间隙可用线性内插法计算。				

5.3.7.1.2 接线腔内的电气间隙

变频调速控制器接线腔内的电气间隙应符合 GB 3836.3—2010 第 4 章的规定。

5.3.7.2 爬电距离

5.3.7.2.1 变频调速控制器主腔按污染等级 3 级、额定电压或工作电压及材料组别所确定的爬电距离应大于或等于表 1 的规定。

5.3.7.2.2 变频调速控制器接线腔内的爬电距离应符合 GB 3836.3—2010 第 4 章的规定。

5.4 电气性能要求

5.4.1 轻载特性

应符合 GB/T 12668.2—2002 中 7.4.2.1 的规定。为了证明变频调速控制器功能是正常的,要求选用适当的电动机做负载。

在轻载条件下,变频调速控制器应正常运行,测试控制系统的所有功能都应正常。

注:负载为被传动设备,或为了试验负载可以是被传动设备的模拟装置。

5.4.2 过载能力

应符合 GB/T 12668.2—2002 中 5.2.2 的规定。

5.4.3 温升

运行在额定负载下,变频调速控制器内部各关键部位及与外部导线连接的接线端子的温升,应符合 GB/T 3859.1—1993 的规定。但不得超过表 2 和表 3 的数值。温升试验进行到所有温度都稳定为止。

表 2 变频调速控制器内部关键部位的极限温升

测试部位	温升极限 K
腔体	65
IGBT 散热基面	40
整流桥散热片	40
腔内导线	50
控制变压器	50
注:表中的极限温升按环境温度 40℃考虑,对于环境温度低于 40℃的使用条件,温升极限可以在各部件允许温度的范围内相应调整。	

表 3 与外部导线连接接线端子的极限温升

序号	端子材料	极限温升 K
1	黄铜	60
2	裸黄铜	65
3	铜或黄铜镀锡	65
4	铜或黄铜镀银或镀镍	70
注 1:序号 4 接线端子温升极限 70 K,主要由外接聚氯乙烯(PVC)电缆或导线所决定,实际使用的连接导线不应明显不同于试验连接电缆或导线,否则会导致较高的温升。		
注 2:不同于本标准试验规定得出的不同温升,可由产品标准规定,但不超过本表系列值 10 K。		

5.4.4 绝缘性能及工频耐压要求

变频调速控制器的绝缘性能和工频耐压试验应符合表 4 的规定。工频耐压试验历时 1 min,无击穿无闪络现象,漏电电流不大于 5 mA。

表 4 变频调速控制器的绝缘性能和工频耐压要求

测量部位	绝缘电阻 MΩ		工频耐压试验 V
	常态	湿热试验后	
660 V 输入、输出主回路接线柱之间及与地之间	>50	≥1.5	3 000
1 140 V 输入、输出主回路接线柱之间及与地之间	>50	≥2.5	4 200
60 V 以下输入、输出主回路接线柱之间及与地之间	>50	≥1.5	2 000
电源变压器输入与输出绕组之间	>50	≥1.5	4U _n 或 2 500,取较大值
电源变压器全部绕组与铁芯或屏蔽层之间	>50	≥1.5	2U _n 或 1 000,取较大值
本质安全电路端子与非本质安全电路端子之间	≥20	≥1	2U _n +1 000 或 1 500,取较大值
本质安全电路接线端子之间及对外壳之间	≥2	≥0.5	500

5.4.5 交变湿热

湿热试验符合 GB/T 2423.4—2008 和 GB/T 1408.1—2006 的要求。
变频调速控制器应能承受最严酷的交变湿热试验,试验后应进行工频耐压试验和绝缘电阻测试,应符合表 4 的规定,且隔爆面没有锈蚀现象。

5.4.6 稳态性能

应根据 GB/T 12668.2—2002 中 6.1.1~6.1.4 来规定传动变量,如输出转速、转矩的稳态性能。性能精度由制造商给出,并应符合 GB/T 12668.2—2002 中表 5 的规定。

5.4.7 转矩特性

5.4.7.1 恒转矩特性:在 0~50 Hz 频率范围内,具有恒转矩特性,输出转矩不低于额定转矩的 95%。
5.4.7.2 变转矩特性:在 0~50 Hz 频率范围内,具有平方率转矩特性。转速和转矩的关系应符合下式(1):

$$T=9\,550P/n \qquad \cdots \cdots (1)$$

式中:
T —— 转矩,单位为牛米(N·m);
P —— 额定功率,单位为千瓦(kW);
n —— 转速,单位为转每分(r/min)。

5.4.8 输出频率稳定精度

变频调速控制器输出频率 50 Hz,在额定负载条件下,频率应稳定在(50±0.2)Hz。

5.4.9 压频比

在正常条件下,压频比应为常数,即: $\phi=V/F=C$ (常数)。

5.4.10 电压波动

在额定工况条件下,加载至额定负载,变频调速控制器应能承受 $85\%U_e \sim 110\%U_e$ 范围的电压波动,且正常工作无故障保护。

5.4.11 电磁兼容性

应符合 GB/T 12668.3—2003 的规定,其要求值应符合表 5~表 8 的规定。

表 5 传播的电磁骚扰的极限值

频带 MHz	电场强度分量 $\mu\text{V}/\text{m}$
$30 \leq f \leq 230$	30
$230 < f \leq 1\,000$	37

表 6 传播的骚扰电压的极限值

频带 MHz	准峰值 μV	平均值 μV
$0.15 \leq f < 0.50$	79	66
$0.5 \leq f \leq 5.0$	73	60
$5.0 < f < 30$	73	60

表 7 公用电网谐波电压(相电压)限值

电网标称电压 kV	电压总谐波畸变率 %	各次谐波电压含有率 %	
		奇次	偶次
0.38	5.0	4.0	2.0
6	4.0	3.2	1.6
10			
35	3.0	2.4	1.0
66			
110	2.0	1.6	0.8

表 8 注入公共连接点的谐波电流允许值

标准电压 kV		0.38	6	10	35	66	110
基准短路容量 MV·A		10	100	100	250	500	750
谐波次数 及谐波电 流允许值 A	2	78	43	26	15	16	12
	3	62	34	20	12	13	9.6
	4	39	21	13	7.7	8.1	6.0
	5	62	34	20	12	13	9.6
	6	26	14	8.5	5.1	5.4	4.0
	7	44	24	15	8.8	9.3	6.8
	8	19	11	6.4	3.8	4.1	3.0
	9	21	11	6.8	4.1	4.3	3.2
	10	16	8.5	5.1	3.1	3.3	2.4
	11	28	16	9.3	5.6	5.9	4.3
	12	13	7.1	4.3	2.6	2.7	2.0
	13	24	13	7.9	4.7	5.0	3.7
	14	11	6.1	3.7	2.2	2.3	1.7
	15	12	6.8	4.1	2.5	2.6	1.9
	16	9.7	5.3	3.2	1.9	2.0	1.5
	17	18	10	6.0	3.6	3.8	2.8
	18	8.6	4.7	2.8	1.7	1.8	1.3
	19	16	9.0	5.4	3.2	3.4	2.5
	20	7.8	4.3	2.6	1.5	1.6	1.2
	21	8.9	4.9	2.9	1.8	1.9	1.4
	22	7.1	3.9	2.3	1.4	1.5	1.1
	23	14	7.4	4.5	2.7	2.8	2.1
	24	6.5	3.6	2.1	1.3	1.4	1.0
	25	12	6.8	4.1	2.5	2.6	1.9

5.4.12 其他性能要求

其他性能要求由买方或买方和制造商一起确定。

5.5 主要功能要求

5.5.1 通风机控制功能

通风机控制功能见附录 B。

5.5.2 风电闭锁、瓦斯电闭锁、双风机双电源切换功能

风电闭锁、瓦斯电闭锁、双风机双电源切换功能应符合《煤矿安全规程》的规定,见附录 C。

5.5.3 保护功能

5.5.3.1 过载保护:应符合 GB/T 12668.2—2002 的规定。

5.5.3.2 瞬时断电保护:变频调速控制器运行在额定负载下,中断输入电源,然后再送电,变频调速控制器不得损坏。

5.5.3.3 输出缺相保护:变频调速控制器输出端缺相,应不能工作,并应有故障显示。

5.5.3.4 输入电源电压过压保护:将变频调速控制器输入电压调高至 $110\% U_e$,变频调速控制器应能保护,有故障显示。

5.5.3.5 输入电源电压欠压保护:将变频调速控制器输入电压调低至 $85\% U_e$,变频调速控制器应能保护,有故障显示。

5.5.3.6 输出短路保护:变频调速控制器输出端短路,变频调速控制器应不能工作,有故障显示。

5.6 散热器要求

5.6.1 变频调速控制器需要散热的元器件

变频调速控制器需要散热的元器件包括:

- 整流器;
- 逆变器;
- 使滤波电容充电的限流电阻旁路的可控硅(如果有)。

注:使滤波电容充电的限流电阻旁路可用接触器或可控硅。

5.6.2 发热量的计算

5.6.2.1 对整流器所用的二极管发热量应根据实际工作的最大电流按所选用二极管的参数确定整流器的发热量。

5.6.2.2 对逆变器所用 IGBT 的发热量应根据载波频率、所选 IGBT 的参数来确定逆变器的发热量。

5.6.3 散热方式

由于煤矿井下的特殊环境,可以选用高效热管自冷散热或风冷加热管散热。

5.6.4 对散热器要求

变频调速控制器的散热器应能保证变频调速控制器在额定负载条件下连续运行,每个部件温升不超过温升极限值(见表 4)。

6 试验方法

6.1 外观及结构检查

6.1.1 外观检查

采用目测方法进行外观检查,包括铭牌、棱角、观察窗、活动部件灵活性等。

6.1.2 隔爆结构及参数

按 GB 3836.2—2010 及 GB 3836.1—2010 相关规定检查经防爆检验机构确定的隔爆结构及参数。

6.1.3 隔爆性能试验

按 GB 3836.2—2010 及 GB 3836.1—2010 相关规定项目进行试验,其中的型式试验由国家防爆检验机构进行。

6.1.4 本质安全结构及参数

按 GB 3836.4—2010 及 GB 3836.1—2010 相关规定检查经防爆检验机构确定的本质安全结构及参数。

6.1.5 本质安全试验

按 GB 3836.4—2010 及 GB 3836.1—2010 相关规定项目进行试验,其中的型式试验由国家防爆检验机构进行。

6.1.6 电源变压器试验

6.1.6.1 电源变压器型式试验

电源变压器型式试验应符合 GB 3836.4—2010 中的相关规定。每只电源变压器均应按照 GB 3836.4—2010 中的相关规定进行试验。

6.1.6.2 变压器的例行试验

在例行试验时,施加到可靠变压器的电压应符合表 9 的规定, U 是任何受试绕组的最高额定电压。施加电压的试验时间至少应为 60 s。或者,可以在 1.2 倍试验电压下进行试验,试验时间至少为 1 s。

表 9 可靠变压器的例行试验电压

施加部位	试验电压有效值		
	电源变压器	非电源变压器	初次级绕组均与本质安全电路相连的变压器
输入与输出绕组之间	$4U_e$ 或 2 500 V,取较大值	$2U_e+1\ 000\text{ V}$ 或 1 500 V,取较大值	500 V
全部绕组与铁芯或屏蔽之间	$2U_e$ 或 1 000 V,取较大值	$2U_e$ 或 500 V,取较大值	500 V
向本质安全电路供电的每一绕组与其他输出绕组之间	$2U_e+1\ 000\text{ V}$ 或 1 500 V,取较大值	$2U_e$ 或 500 V,取较大值	500 V
本质安全型电路绕组之间	$2U_e$ 或 500 V,取较大值	$2U_e$ 或 500 V,取较大值	500 V

施加电压在试验期间应保持恒定,试验期间电流不应超过预期的电路设计值,并且在任何时间应不超过 5 mA 有效值。

在试验期间,绕组之间的绝缘或任一绕组与铁芯或屏蔽之间的绝缘应不发生击穿。

6.1.7 防护等级试验

按 GB 4208—2008 的规定进行。

6.2 电气性能试验

6.2.1 绝缘电阻及工频耐压

绝缘试验的目的在于检验变频调速控制器的绝缘状况。为了防止不必要的破坏,在试验之前,可先用 1 000 V 级兆欧表测量受试部分的绝缘电阻。在环境温度 $(20\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 和相对湿度为 90%的情况下,其数值应不小于 1 M Ω 。但所测绝缘电阻只作为耐压试验的参考,不做考核。

按 GB/T 3859.1—1993 中 6.4.1 规定的试验方法试验。

变频调速控制器的绝缘电阻和工频耐压试验结果应符合表 4 的规定。

6.2.2 交变湿热试验

变频调速控制器应按照 GB/T 2423.4—2008 的试验方法进行 12 周期 $(+40^{\circ}\text{C})$ 的湿热试验。试验后,在 2 h 内进行工频耐压试验和绝缘电阻的测量,应符合表 4 的要求。

6.2.3 轻载试验

变频调速控制器在额定电压下输出频率为 50 Hz 时带相应功率的电机空载运行 2 h,运行正常。

6.2.4 温升试验

在额定工况下,加载至额定负载,测量变频调速控制器内部各关键部位的温度。温升应符合表 2、表 3 中的规定。

6.2.5 转矩特性试验

在额定电源条件下,变频调速控制器分别在 10 Hz、20 Hz、30 Hz、40 Hz、50 Hz 频率下运行,测量变频调速控制器的输入输出电压、电流、功率以及转速和转矩。试验内容如下:

- 恒转矩特性试验:按恒转矩特性加载,测量变频调速控制器输出转矩在 0~50 Hz 频率范围内,具有恒转矩特性,输出转矩不低于额定转矩的 95%。
- 变转矩特性试验:在 0~50 Hz 频率范围内,具有平方率转矩特性。转速和转矩的关系符合式(1)。

6.2.6 速度稳定精度试验

可以和温升试验同时进行,额定负载时,测量电机转速,计算所得的速度稳定精度不大于 5%。

6.2.7 压频比试验

输入额定电压,并且加载至额定负载在不同频率测量变频调速控制器的输出电压。50 Hz 时输出电压应不低于 95%输入电压。

6.2.8 电压波动试验

在额定负载下,输入电源电压为 $85\%U_e\sim 110\%U_e$ 范围时变频器调速控制器能正常运行。

6.2.9 电磁辐射

EMC 电磁辐射骚扰试验和传导骚扰试验按 GB 12668.3—2003 的规定进行。

6.2.10 电能质量

公用电网谐波试验按 GB/T 14549—1993 的规定进行。

6.3 保护及控制功能试验

6.3.1 过载保护

正常条件下,当变频调速控制器输出频率为 50 Hz 时,将负载增大至 1.2 倍额定负载,5 m 内变频调速控制器应能自动停机,并有过载故障显示。

正常条件下,当变频调速控制器输出频率为 50 Hz 时,将负载增大至 1.5 倍额定负载,2 m 内变频调速控制器应能自动停机,并有过载故障显示。

6.3.2 瞬时断电保护

变频调速控制器正常运行时,人为中断输入电源,然后再送电,变频调速控制器不应损坏。

6.3.3 断相保护

变频调速控制器输出端断相,目测变频调速控制器是否能工作,有无故障显示。

6.3.4 加、减速时间连续可调试验

变频调速控制器从 0~50 Hz 的加速时间要求在 60 s 之内。

变频调速控制器从 50 Hz~0 的减速时间要求在 50 s~60 s 之间。

注:由于变频调速控制器是两象限运行,如果减速时间小于 50 s,通风机的电机在减速时处于发电状态,会导致中间直流电压升高可能会出现过压保护故障。

用秒表测量变频调速控制器的加、减速时间,目测是否能连续可调,是否符合加减速时间要求。

6.3.5 过、欠压保护试验

将变频调速控制器输入电压调高至 110% U_e ,目测变频调速控制器是否保护动作,有无故障显示。
将变频调速控制器输入电压调低至 85% U_e ,目测变频调速控制器是否保护动作,有无故障显示。

6.3.6 频率分辨率

变频调速控制器正常运行时,手动调节变频调速控制器的给定频率,变频调速控制器输出频率连续变化,频率变化不大于 0.1 Hz。

6.3.7 正、反相序功能

空载条件下,改变变频调速控制器的转向设置,验证变频调速控制器是否具有正、反相序功能。

6.3.8 风机通风功能试验

风机通风功能试验应符合附录 B 通风控制功能及以下的规定:

- a) 可用信号发生器给定型号来模拟瓦斯浓度;
- b) 用瓦斯浓度传感器,将传感器零点调偏模拟瓦斯浓度;
- c) 试验结果符合 B.3.2.4 规定。

6.3.9 风电闭锁功能试验

风电闭锁功能试验应符合附录 C 中对风电闭锁、瓦斯电闭锁及双风机双电源切换功能的规定。

用万用表电阻挡测量风电闭锁节点,应符合表 10 的规定。

表 10 变频调速控制器风电闭锁节点状态

风电闭锁节点断开、闭合的条件	风电闭锁节点状态
变频调速控制器得电 1 min 内	断开
变频调速控制器得电 1 min 后	闭合
变频调速控制器输出频率低于 15 Hz	断开

6.3.10 瓦斯、电闭锁功能试验

瓦斯、电闭锁功能试验应符合附录 C 中对风电闭锁、瓦斯电闭锁及双风机双电源切换功能的规定。用万用表电阻挡测量风电闭锁节点,应符合表 C.1 的规定。

7 检验规则

7.1 检验规则

验证变频调速控制器是否符合本标准的检验分为:

- a) 型式试验;
- b) 出厂检验。

7.2 型式试验

型式试验是全面考核产品性能和质量,验证产品是否符合技术要求的一种检验。

7.2.1 下列情况应进行型式试验:

- 试制新产品;
- 当产品在结构、材料、工艺有较大改变且可能影响性能时;
- 批量生产的产品,每隔一定时间进行一次抽试,具体期限由分类标准规定;
- 停产半年,恢复生产时;
- 国家质量监督部门或国家煤矿安全监察部门提出进行试验要求时。

型式试验项目见表 11。

表 11 出厂检验与型式试验项目

试 验	型式试验	出厂检验	试验方法
外观检查	√	√	施工图样
隔爆外壳水压试验	√	√	GB 3836.2—2010
隔爆腔耐压和内部不传爆试验	√		GB 3836.2—2010
隔爆面参数检查	√	√	GB 3836.2—2010
电源变压器耐压试验	√	√	GB 3836.2—2010
透明件冲击试验	√		GB 3836.2—2010
电缆和导线引入装置夹紧试验与密封试验	√		GB 3836.2—2010
连接件扭转试验	√		GB 3836.2—2010
橡胶密封件老化试验	√		GB 3836.1—2010

表 11 (续)

试 验	型式试验	出厂检验	试验方法
交变湿热试验	√		6.2.2
本质安全电路结构与参数检验	√		GB 3836.4—2010
本质安全电路检测	√	√	GB 3836.4—2010
绝缘耐压试验	√		6.2.10
温升试验	√	√	6.2.4
轻载试验	√	√	6.2.3
过载试验	√	√	6.3.1
过、欠压保护试验	√	√	6.3.5
瞬时断电保护	√	√	6.3.2
输出断相保护	√		6.3.3
频率分辨率	√	√	6.3.6
正、反相序功能	√	√	6.3.7
转矩特性试验	√		6.2.5
电压波动试验	√		6.2.8
压频比试验	√	√	6.2.7
速度稳定精度试验	√	√	6.2.6
电能质量试验	√		6.2.10
EMC 电磁辐射骚扰试验	√		6.2.9
风电闭锁功能试验	√	√	6.3.9
瓦斯、电闭锁功能试验	√	√	6.3.10
风机通风功能试验	√	√	6.3.8

7.2.2 用作型式检验的变频调速控制器应是出厂检验合格的样品,检验样品不少于1台。其抽样规则按《防爆电气产品生产许可证实施细则》中5.4.1.1的规定执行。型式检验中对不构成威胁安全或严重降低性能指标的项目如有失误,只要制造商能提供充分证据,说明该失误并不是设计上的固有缺陷,而是由于个别样品所致,则允许按原试样数量复试,只要复试合格,则仍可认为试验合格。

型式试验中如出现涉及安全和重大性能指标的项目不合格,则判定本批产品全部不合格。

7.3 出厂检验

为了考核产品的性能,保证产品符合有关标准和型式检验的相关要求,每台变频调速控制器应逐一进行出厂检验。

出厂检验的项目应按照表11中出厂检验的规定在每一台上逐一进行。出厂检验不通过的产品不允许出厂。

8 标志、包装、运输及贮存

8.1 标志

- 8.1.1 标志应符合 GB 3836.1—2010 第 29 章及 GB 3836.4—2010 第 12 章的规定。
- 8.1.2 变频调速控制器外壳的明显处应设置防爆标志牌 Exd[ib] I。
- 8.1.3 变频调速控制器外壳的明显处应设置“严禁带电开盖”和断电后开盖的延时时间标识。
- 8.1.4 在产品的正面明显处应设置厚度不小于 1 mm 的铜质或不锈钢铭牌,铭牌的内容应包括:
- a) 产品型号和名称;
 - b) 制造商名称;
 - c) 防爆标志 Exd[ib] I;
 - d) 防爆合格证号;
 - e) 产品编号;
 - f) 生产日期;
 - g) 主要参数(含本质安全参数);
 - h) 产品标准编号;
 - i) 产品重量。

8.2 包装、运输、贮存

- 8.2.1 包装、运输、贮存应符合 GB/T 6388—1996 的规定。
- 8.2.2 变频调速控制器的包装,应能防止产品在运输过程中遭受损坏和雨水的侵蚀,并适合水路运输及装载的要求。
- 8.2.3 随同产品出厂的技术文件有:
- 装箱清单;
 - 产品合格证;
 - 产品出厂检验报告;
 - 防爆合格证复印件;
 - 使用说明书(包括设备的接线图)。
- 8.2.4 在运输和贮存过程中,不得倒置、斜放。产品应放在没有雨雪侵入,空气流通,环境温度不高于 40℃、不低于-20℃,相对湿度不大于 $(90\pm3)\%(+25\text{℃})$,以及不含有破坏金属和绝缘的腐蚀性气体的仓库中。

附录 A
(资料性附录)

变频调速控制器组成框图

煤矿通风机用隔爆兼本质安全型变频调速控制器由散热器、整流器、直流电路、逆变器、显示单元、控制系统、本质安全电源、信号检测单元、键盘(操作按钮)及隔爆外壳等组成。设备组成框图见图 A.1，虚线框内是变频调速控制器的组成部件。本框图可供生产变频调速控制器厂家参考。

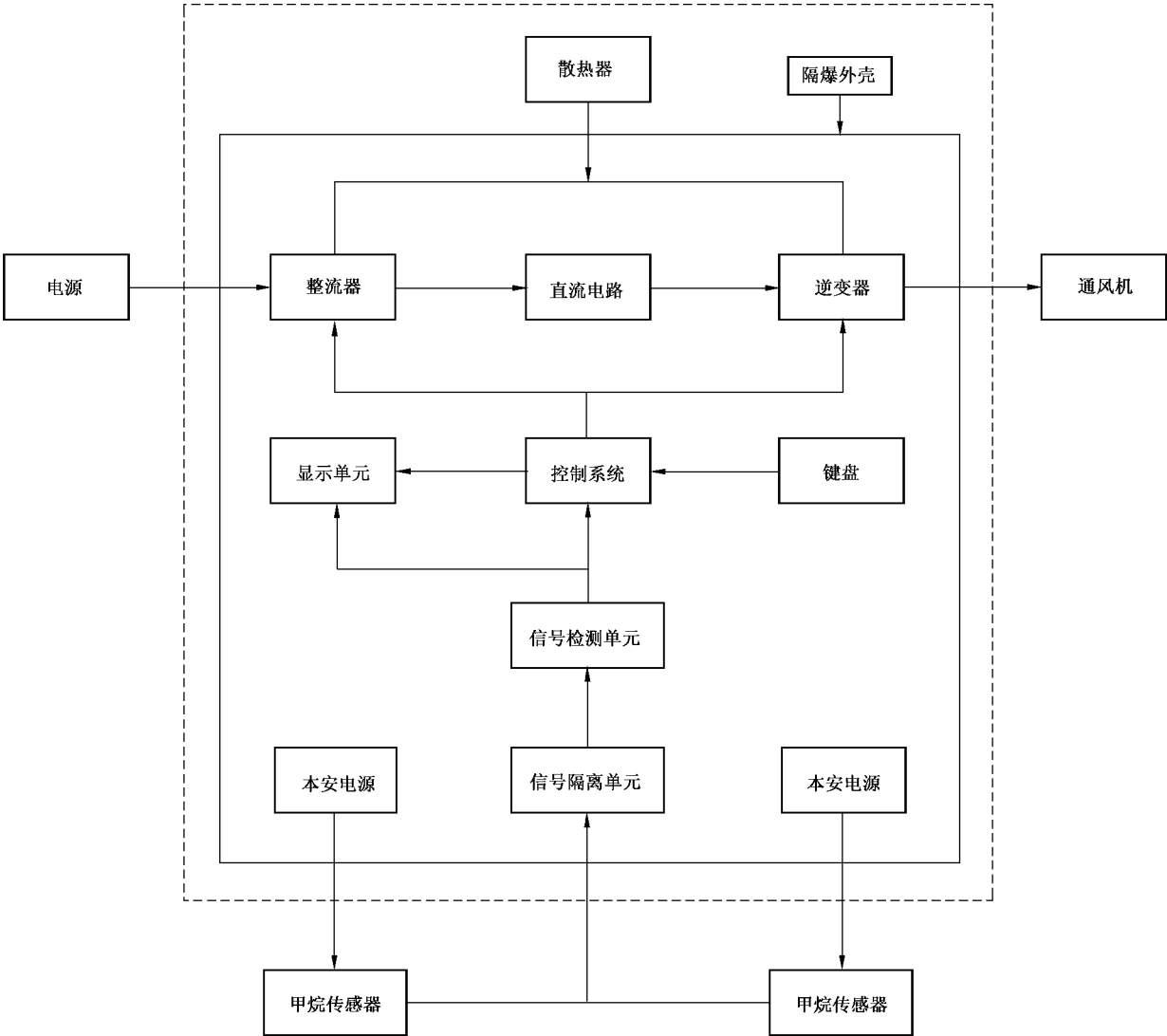


图 A.1 变频调速控制器组成框图

附 录 B

(规范性附录)

通风机控制功能

B.1 引言

本附录规定了“煤矿通风机用隔爆兼本质安全型变频调速控制器”的通风机控制功能。用于控制煤矿井下局部通风机的变频调速控制器应符合本附录规定。

B.2 变量定义

T_1 : 掘进巷道工作面瓦斯浓度实际值。

T_{1set} : 掘进巷道工作面瓦斯浓度设定值。

T_2 : 掘进巷道回风流瓦斯浓度实际值。

T_{2set} : 掘进巷道回风流瓦斯浓度设定值。

T_3 : 掘进巷道全风压汇合风流处瓦斯浓度实际值。

T_{3set} : 掘进巷道全风压汇合风流处瓦斯浓度设定值。

F_{max} : 变频调速控制器输出频率上限值(简称上限频率)。

F_{min} : 变频调速控制器输出频率下限值(简称下限频率)。

F : 变频调速控制器实际输出频率(简称输出频率)。

注: 上述变量的设定应符合《煤矿安全规程》的规定。

B.3 通风机控制功能

B.3.1 变频调速控制器的运行模式

变频调速控制器的运行模式分为以下三种:

- 自控通风模式;
- 自控排放瓦斯模式;
- 手控频率运行模式。

B.3.2 自控通风模式

B.3.2.1 自控通风的概念

变频调速控制器设定为自动运行模式,当掘进巷道全风压汇合风流处瓦斯浓度不超过设定值时,变频调速控制器的运行模式。

注: 自控通风状态下,变频调速控制器依据工作面瓦斯浓度自动调节通风机电机转速,从而改变通风机输出风量,起到节能通风的作用。

B.3.2.2 自控通风的频率设定

下限频率 F_{min} 、上限频率 F_{max} 设定应根据实际控制通风机的功率,满足工作面风量需求。

B.3.2.3 自控通风的瓦斯浓度设定

自控通风模式下应给出 $T_{1\text{set}}$ 、 $T_{2\text{set}}$ 、 $T_{3\text{set}}$ 的设定范围,设定值应在符合《煤矿安全规程》规定的前提下,结合本矿井实际情况来设定。设定完后应能够记忆。

注 1: 制造商出厂设定值也应符合《煤矿安全规程》的规定。

注 2: $T_{1\text{set}}$ 、 $T_{2\text{set}}$ 和 $T_{3\text{set}}$ 值设定时可以考虑加密码,防止在井下随意改变设定值(由制造商和用户协商)。

B.3.2.4 自控通风功能

自控通风功能如下:

- T_1 设定范围;
- T_2 设定范围;
- T_3 设定范围;
- F_{max} 设定范围 20 Hz~50 Hz;
- F_{min} 设定范围 20 Hz~50 Hz。

注: F_{min} 设定值应小于等于 F_{max} 。

——自控通风模式下变频调速控制器调速范围:在下限频率的设定值和上限频率的设定值之间调速运行。

——在 $T_3 < T_{3\text{set}}$ 的条件下,当 $T_1 < T_{1\text{set}}$ 且 $T_2 < T_{2\text{set}}$ 时, $F = F_{\text{min}} \pm 0.2 \text{ Hz}$ 。

——在 $T_3 < T_{3\text{set}}$ 的条件下,当 $T_1 \geq T_{1\text{set}}$ 或 $T_2 \geq T_{2\text{set}}$ 时, F 从 F_{min} 升至 F_{max} 。

B.3.2.5 自控通风和自控排放瓦斯运行模式自动转换功能

在自控通风模式下,当 $T_3 \geq T_{3\text{set}}$ 时,变频调速控制器自动转入自控排放瓦斯的运行模式。

B.3.3 自控排放瓦斯

B.3.3.1 自控排放瓦斯的概念

变频调速控制器设定为自动运行模式,当掘进巷道全风压汇合风流处瓦斯浓度超过设定值时,变频器调速控制器的运行模式。

注: 自控排放瓦斯状态下,变频调速控制器依据全风压汇合风流处瓦斯浓度自动调节通风机电机转速,从而改变通风机输出风量,起到安全排放瓦斯的作用。

B.3.3.2 自控排放瓦斯最小运行频率

自控排放瓦斯模式下,变频调速控制器运行的最小频率为 $(10 \pm 0.5) \text{ Hz}$ 。

B.3.3.3 自控排放瓦斯功能

在自控排放瓦斯模式下应具备下列功能:

a) 在 $T_{3\text{set}} \leq 1.5\%$ 的条件下,符合下述要求:

- 当 $T_{3\text{set}} \leq T_3 < 1.5\%$ 时,变频调速控制器的输出频率 F 从当前的频率降至 $(10 \pm 0.5) \text{ Hz}$ 。
- 当 $1.5\% \leq T_3 < 1.8\%$ 时,变频调速控制器的输出频率 F 先降至 $(10 \pm 0.5) \text{ Hz}$,持续 3 m 若 T_3 浓度没有下降则 F 降至 0 停机。当 T_3 浓度低于设定值时,变频调速控制器会自动启动运行。
- 当 $T_3 \geq 1.8\%$ 时,输出频率 F 先降至 $(10 \pm 0.5) \text{ Hz}$ 并在 1 m 内下降至 0 停机。当 T_3 浓度低于设定值时变频调速控制器会自动启动运行。
- 由于 T_3 浓度超限变频调速控制器停机后,当 T_3 浓度低于设定值,设备自动启动运行,在

20 m 后会自动转入自动通风状态。

- b) 在 $T_{3\text{set}} \geq 1.5\%$ 时,当 $T_3 \geq T_{3\text{set}}$ 时,变频调速控制器的输出频率 f 从当前的频率降至 $(10 \pm 0.5)\text{Hz}$,即使 T_3 浓度继续增大,变频调速控制器始终运行在 $(10 \pm 0.5)\text{Hz}$ 。

B.3.4 手动调节频率

B.3.4.1 变频调速控制器应具备手动调节频率功能。

B.3.4.2 在手动调节频率模式下,输出频率应和设定频率一致,误差不应超过 $\pm 0.2\text{Hz}$ 。

B.3.4.3 在手动调节频率模式下,输出频率不受瓦斯浓度传感器 T_1 、 T_2 、 T_3 浓度的控制。

附 录 C
(规范性附录)

风电闭锁、瓦斯电闭锁及双风电双电源切换功能

C.1 引言

根据《煤矿安全规程》第3章通风安全监控的规定,安全监控设备应具备风电闭锁和瓦斯电闭锁功能。变频调速控制器根据瓦斯浓度控制通风机的转速,所以应具备风电闭锁和瓦斯电闭锁功能。

C.2 风电闭锁

C.2.1 风电闭锁指局部通风机停止运转或风筒风量低于规定值时,控制局扇的变频调速控制器应能够切断所控制区域的全部非本质安全型电气设备的电源并闭锁。

C.2.2 通风机用隔爆兼本质安全型变频调速控制器应具有风电闭锁功能,当变频调速控制器启动运行1 min后风电闭锁接点动作,变频调速控制器所控制区域的全部非本质安全型电气设备的电源开关可以送电。

C.2.3 通风机用隔爆兼本质安全型变频调速控制器输出频率低于 (15 ± 0.5) Hz时,变频调速控制器应能够切断所控制区域的全部非本质安全型电气设备的电源并闭锁。

C.2.4 风电闭锁接点应具有常开和常闭两组接点。

C.3 瓦斯电闭锁

C.3.1 瓦斯电闭锁指当掘进工作面瓦斯浓度超限时,控制局扇的变频调速控制器应能够切断所控制区域的全部非本质安全型电气设备的电源并闭锁。

C.3.2 变频调速控制器运行时,当 $T_1 \geq 1.5\%$ 或 $T_2 \geq 1.0\%$ 或 $T_3 \geq 1.5\%$ 时,变频调速控制器应能够切断所控制区域的全部非本质安全型电气设备的电源并闭锁。当 $T_1 \leq 1.0\%$ 、 $T_2 \leq 0.9\%$ 、 $T_3 \leq 1.0\%$ 三种情况同时降低到规定限度以下时,方可恢复供风巷道中动力电源。见表C.1。

表 C.1 瓦斯电闭锁功能

T_1 、 T_2 、 T_3 值	瓦斯电闭锁节点状态
$T_1 \geq 1.5\%$ 或 $T_2 \geq 1.0\%$ 或 $T_3 \geq 1.5\%$	断开
$T_1 \leq 1.0\%$ 且 $T_2 \leq 0.9\%$ 且 $T_3 \leq 1.0\%$	闭合

C.4 双风机双电源自动切换

C.4.1 变频调速控制器应符合《煤矿安全规程》双风机双电源要求,应能够和备用风机电源开关实现自动切换。切换的条件是当时瓦斯浓度不超限。

C.4.2 当主通风机用变频调速控制器控制,备用风机用普通电源开关控制时,变频调速控制器运行时

应控制备用风机电源开关不能启动;变频调速控制器停止运行或故障时应能自动启动备用通风机电源开关。

C.4.3 当主通风机和备用通风机都用变频调速控制器控制时,控制主风机的变频调速控制器和控制备用通风机的变频调速控制器之间应能实现自动切换。

C.4.4 双电源双变频调速控制器内部两台调速器之间能够实现自动切换。
