



中华人民共和国煤炭行业标准

MT/T 1178—2019

矿用防爆高压变频器

Mine explosion-proof high voltage frequency converter

本文件由矿山安全标准服务平台免费向社会提供，更多标准文件请关注矿山安全标准化技术委员会公众号，或通过国家矿山安全监察局-服务互动-矿山安全标准服务平台获取

根据国家矿山安全监察局公告（2026年 第2号），
自2026年4月21日起标准号变更为：KA/T 1178—2019。

2019-11-28 发布

2020-06-01 实施

国家煤矿安全监察局 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语与定义 2

4 型式、型号编制与基本参数..... 2

5 技术要求 4

6 试验方法..... 13

7 检验规则..... 19

8 标志、包装和贮存 21

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》进行编写。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国煤炭工业协会提出。

本标准由煤炭行业煤矿专用设备标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：中煤科工集团上海有限公司、安标国家矿用产品安全标志中心有限公司、华夏天信智能物联股份有限公司、中信重工开诚智能装备有限公司、卧龙电气集团辽宁荣信电气传动有限公司、上海煤科检测技术有限公司、煤科集团沈阳研究院有限公司。

本标准主要起草人：张建、王秋敏、张勇、宋玉斌、陆文涛、阎鑫昌、傅林、王帅、蔡利新。

本标准为首次发布。

矿用防爆高压变频器

1 范围

本标准规定了矿用防爆高压变频器(以下简称变频器)的术语与定义、型式、命名与基本参数、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装和贮存。

本标准适用于煤矿额定输入频率为 50 Hz、额定输出电压范围为 3.3 kV~10 kV 的三相交流电源供电的高压变频器。

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 156 标准电压
- GB/T 191 包装储运图示标志
- GB/T 311.1 绝缘配合 第 1 部分:定义、原则和规则
- GB/T 1094.3 电力变压器 第 3 部分:绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空气间隙
- GB/T 2423.4 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)
- GB 3836.1—2010 爆炸性环境 第 1 部分:设备 通用要求
- GB 3836.2—2010 爆炸性环境 第 2 部分:由隔爆外壳“d”保护的設備
- GB 3836.3—2010 爆炸性环境 第 3 部分:由增安型“e”保护的設備
- GB 3836.4—2010 爆炸性环境 第 4 部分:由本质安全型“i”保护的設備
- GB/T 8286—2017 矿用隔爆型移动变电站
- GB/T 10111—2008 随机数的产生及其在产品质量抽样检验中的应用程序
- GB/T 11022 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求
- GB/T 12325 电能质量 供电电压偏差
- GB/T 12668.3—2012 调速电气传动系统 第 3 部分:电磁兼容性要求及其特定的试验方法
- GB/T 12668.4—2006 调速电气传动系统 第 4 部分:一般要求 交流电压 1 000 V 以上但不超过 35 kV 的交流调速电气传动系统额定值的规定
- GB/T 12668.6 调速电气传动系统 第 6 部分:确定负载工作制类型和相应电流额定值的导则
- GB 14048.1—2012 低压开关设备和控制设备 第 1 部分:总则
- GB/T 14549 电能质量 公用电网谐波
- GB/T 15543 电能质量 三相电压不平衡
- GB/T 15945 电能质量 电力系统频率偏差
- GB/T 16927.1—2011 高电压试验技术 第 1 部分:一般定义及试验要求
- GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
- GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验

GB/T 17626.6 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度
AQ/T 1043 矿用产品安全标志标识
JB/T 501—2006 电力变压器试验导则
MT/T 661—2011 煤矿井下用电器设备通用技术条件

3 术语与定义

GB/T 12668.3、GB/T 12668.4 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高压变频器 high voltage frequency converter

通过改变输出频率和输出电压(或电流)来控制高压交流三相异步电动机运行的设备。

3.2

输出额定功率 out rated power

在规定的额定参数下运行时变频器拖动电动机轴上的输出功率。

3.3

额定频率 rated frequency

变频器输出最大功率时的最低频率。

3.4

频率分辨率 frequency resolution

变频器输出频率可调变化的最小级差。

3.5

输出频率范围 the output frequency range

变频器控制电动机在规定的负载条件下稳定运行时输出的频率范围。

3.6

效率 efficiency

电动机轴上输出额定功率时,变频器输出功率与从输入侧吸取的总功率之比,通常用百分比表示。

$$\eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

P_{out} ——变频器输出功率,单位为千瓦(kW);

P_{in} ——电源侧输入功率,包括辅助电源的输入功率,单位为千瓦(kW)。

4 型式、型号编制与基本参数

4.1 型式

4.1.1 按防爆型式分

按照 GB 3836 系列标准的规定,煤矿井下用变频器应制成隔爆型或隔爆兼本质安全型,其防爆型式分别为 Exd I Mb 或 Exd[ib] I Mb。

4.1.2 按结构型式分

4.1.2.1 一体式

变频器各组成部分均安装在同一壳体内,或外壳通过法兰型式连接在一起的形式。

4.1.2.2 分体式

变频器由 2 个及以上具有独立外壳的各部分组成,任何单独部分均不能独立运行。

4.1.3 按储能方式

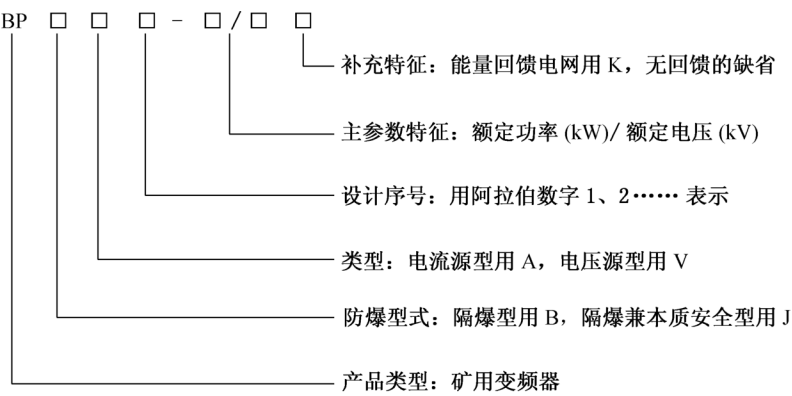
按储能方式分为电流源型和电压源型。

4.1.4 按运行特性

按运行特性分为二象限和四象限。

4.2 型号编制

变频器的型号编制方法如下:



示例: BPJV1-1250/3.3K 表示第 1 次设计 1250kW、3.3 kV 具有能量回馈电网功能、电压源型矿用隔爆兼本质安全型高压变频器。

4.3 基本参数

4.3.1 额定电压

变频器以输出电压为额定电压,优先采用 3.3 kV、6 kV 和 10 kV,并符合 GB/T 156 的规定。

4.3.2 额定功率

变频器以拖动电动机轴上的输出额定功率为标称的额定功率,功率应与电动机的一致。

4.3.3 额定频率

通常为 50 Hz 频率点。

4.3.4 输出频率范围

由变频器和电动机的稳定运行转速范围决定,通常为 0 Hz~60 Hz。

4.3.5 额定工作制

变频器在规定的负载条件下允许的循环时间,应符合 GB/T 12668.6 的规定。

4.3.6 四象限运行

具有四象限运行的变频器,应标明回馈状态下的基本参数。

4.3.7 变流变压器

变流变压器应标明下列参数：

- a) 输入侧额定电压、输出侧额定电压；
- b) 输出侧每相具有的绕组个数和移相角度；
- c) 额定容量；
- d) 绝缘等级；
- e) 工作制。

4.3.8 辅助设备和控制回路

变频器的各种辅助设备和控制回路的电压应单独标明。

5 技术要求

5.1 正常使用条件

变频器在下列条件下应能正常运行：

- a) 环境空气温度为 $0\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 海拔高度不超过 $1\ 000\text{ m}$ ；
- c) 周围空气相对湿度不大于 95% ($+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时)；
- d) 在有瓦斯、煤尘爆炸性气体混合物的环境中；
- e) 在无破坏绝缘的气体或蒸汽的环境中；
- f) 能防止滴水的地方；
- g) 冷却水进水温度在 $+5\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间。

5.2 结构要求

变频器应按照经规定程序由国家指定的检验单位审查批准的图样和技术文件制造，并取得检验单位发放的防爆合格证。

5.2.1 隔爆结构

5.2.1.1 外壳材质要求

隔爆外壳材质应符合 GB 3836.1—2010 中 8 和 GB 3836.2—2010 中附录 F 的规定。

5.2.1.2 隔爆参数

隔爆外壳接合面配合间隙、宽度和表面粗糙度应符合 GB 3836.2—2010 中 5 的规定。

5.2.1.3 外壳抗冲击试验

外壳应能承受 GB 3836.1—2010 中表 12 和 26.4.2 规定的冲击试验。

5.2.1.4 外壳静压试验

隔爆外壳应能承受 GB 3836.2—2010 中规定的静压试验，隔爆接合面应无永久变形或外壳损坏。

5.2.1.5 外壳耐压试验和内部点燃不传爆试验

外壳应能承受 GB 3836.2—2010 中 15 规定的外壳耐压试验和内部点燃不传爆试验，试验中不得

失爆,试验后不得产生影响隔爆性能的变形和损坏。

5.2.1.6 电缆引入装置的夹紧、密封及机械强度试验

电缆引入装置的夹紧、密封和机械强度应符合 GB 3836.1—2010 中附录 A 和 GB 3836.2—2010 中第 13 条与附录 C 的有关规定。

5.2.1.7 观察窗透明件

观察窗的结构应符合 GB 3836.1—2010 和 GB 3836.2—2010 中的相关要求,透明件应能承受 GB 3836.1—2010 中 26.4.2 和 26.5.2 规定的抗冲击试验和热剧变要求。

5.2.1.8 电缆引入装置密封圈的热稳定性试验和耐化学试剂试验

电缆引入装置密封圈的热稳定性和耐化学试剂试验应符合 GB 3836.1—2010 中 7.2.1 和 26.11 的规定。

5.2.1.9 接地要求

内外保护接地端子应符合 GB 3836.1—2010 中 15 的规定,并在附近设接地标志,此标志应在整个使用期间不易磨灭。

5.2.1.10 绝缘套管的扭转试验

作为连接件使用的绝缘套管,在接线和拆线过程中应安装牢固,保证所有部件不转动,并能承受 GB 3836.1—2010 中 11 规定的扭转试验。

5.2.1.11 紧固件防松措施

所有的紧固件均应有防止自行松脱的措施。

5.2.1.12 快开门结构要求和警示标志

采用快开门结构形式的设备应有可靠的联锁装置,外壳门、盖上应设有“严禁带电开盖”和“断电后,应放电××分钟方可开盖”等相关警示标志,并在警示语句下标注隔爆面紧固件的抗拉强度。

5.2.1.13 储能元件的放电

装有储能元件的变频器,打开(门)盖时应具有强制放电功能,开(门)盖时储能元件的残余能量应不大于 GB 3836.1—2010 中 6.3 的规定,允许开盖时间不低于 2 倍实际放电时间。

5.2.2 电气间隙与爬电距离

变频器接线腔内的电气间隙与爬电距离应符合 GB 3836.3—2010 中 4.3、4.4 的规定,高压部分还应满足 GB/T 11022 和 GB/T 311.1 的规定。

5.2.3 本质安全电路

本质安全电路应符合 GB 3836.1—2010 和 GB 3836.4—2010 的规定。

5.3 性能要求

5.3.1 各类元件要求

本文件未涉及的各类开关元器件、控制变压器等应符合各自相关标准的要求。

5.3.2 电气使用条件

5.3.2.1 正常电气使用条件

除非另有说明,变频器应能在 GB/T 12668.4—2006 中表 2 规定的电气使用条件下运行。

5.3.2.2 非正常电气使用条件

非正常电气使用条件须经用户和制造商双方协商确定。

5.3.3 绝缘性能

5.3.3.1 绝缘电阻

变频器内彼此无电气连接的电路之间、电路与机壳之间的绝缘电阻应符合表 1 的要求。

表 1 绝缘电阻

环境条件	绝缘电阻值 MΩ						
电压范围	≤60 V	60 V~380 V	660 V	1 140 V	3 300 V	6 000 V	10 000 V
常温:(20±5)℃ 相对湿度:50%~70%	≥2	>20	>50	>100	>500	—	—
湿热试验后	1	1.5	2.0	2.5	4	—	—
注 1: 湿热试验后的数据,应作为合格与否的判断依据,3 300 V 以上不作绝缘电阻考核,只考核介电性能。 注 2: 常温下的数据,可作为出厂检验数据,型式试验时不作为合格判别依据。 注 3: 大于 3 300 V 的电器绝缘电阻可参照 1 kΩ/V 作为判断绝缘良好的依据。							

5.3.3.2 介电性能

变频器部分的额定短时工频耐受电压与额定雷电冲击耐受电压应符合表 2 的要求,变流变压器的介电性能应符合 GB/T 1094.3 的要求。

表 2 介电性能

额定绝缘电压(U_i) V	额定短时工频耐受电压(有效值,历时 1 min) kV	额定雷电冲击耐受电压(峰值) kV
$U_i \leq 60$	1.0	—
$60 < U_i \leq 300$	2.0	—
$300 < U_i < 660$	2.5	—
$660 \leq U_i \leq 800$	3.0	—
$800 < U_i \leq 1\ 200$	4.2	—
3 600	25	40
7 200	30	60
12 000	42	75

5.3.4 轻载试验

变频器在轻载条件下应能连续运行,以验证电路各个环节和冷却系统、辅助设备和主电路其他元器件间的相互协调性,以保障正常工作。

5.3.5 温升试验

5.3.5.1 额定温升限值

变频器在额定状况下运行至各部分温度稳定,各部位温升不应超过表 3 的规定;变流变压器线圈温升限值按绝缘材料的耐热等级确定,并应符合表 4 的规定。

表 3 变频器各部位温升限值

部件和部位	材料	温升限值 K
主电路半导体器件与 导体的连接处	裸铜	45
	铜镀锡	55
	铜镀银	70
母排(非连接处)	铜	35
	铝	25

表 4 变流变压器的温升限值

部位	耐热等级	额定电流下绕组平均温升限值 K
绕组(用电阻法测量的温升)	130(B)	80
	155(F)	100
	180(H)	125
	200	135
	220	150
铁芯表面	—	不损伤相邻绝缘材料

5.3.5.2 最高表面温度

在最不利的运行条件下,变频器各组成部分的最高表面温度不应超过 150℃。

5.3.6 效率

当变频器拖动电动机运行时,在输出额定电压、额定电流、额定频率条件下,额定功率 630 kW 及以下设备的效率不小于 93%,630 kW~2 000 kW 设备(含 2 000 kW)的效率不小于 95%,2 000 kW 以上设备的效率不小于 96%。

5.3.7 电源电压波动

输入电源在 85%~110%额定电压范围内波动时,变频器应能正常工作。

5.3.8 额定输出性能

变频器的输出特性应在各自的技术文件中规定,并与拖动负载特性相符。具有四象限功能的变频器,应规定制动输出特性曲线。

5.3.9 过载能力

变频器在 1.2 倍额定负载可正常工作 30 min,或 1.5 倍额定负载可正常工作 1 min。

5.3.10 速度稳定精度

在 95%~105%额定电压和规定的调速范围内输出额定转矩时,速度稳定精度不大于 1%。

$$\delta = \frac{2 \times (n_{\max} - n_{\min})}{n_{\max} + n_{\min}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

δ ——速度稳定精度,用百分比表示(%);

$n_{\max}$ ——测量周期内转速最大值,单位为转/分钟(r/min);

$n_{\min}$ ——测量周期内转速最小值,单位为转/分钟(r/min)。

5.3.11 频率分辨率

在规定的输出频率范围内应连续可调,频率分辨率不大于 0.1 Hz。

5.3.12 加、减速时间调节

变频器控制电动机起动和停止时间应能连续可调,调节上限值不低于 1 min。

5.3.13 正反相序控制

变频器应能方便地改变输出相位,控制电动机正转或反转。

5.3.14 保护功能

5.3.14.1 过、欠压保护

当输入电压高于 110%额定电压时,变频器应能自动切断输出;当输入电压低于 85%额定电压时,变频器应能自动切断输出,并有过压、欠压故障信息显示。

5.3.14.2 过载保护

当负载超过 1.2 倍额定负载时,变频器在 20 min 内应能保护动作;超过 1.5 倍额定负载时,变频器应能在 1 min 内保护动作。

5.3.14.3 短路保护

当变频器的输出侧有短路故障时,应能自动切断输出。

5.3.14.4 断相保护

当变频器的输出侧有断相故障时,应能自动切断输出。

5.3.14.5 过热保护

5.3.14.5.1 变流变压器绕组过热保护

变流变压器绕组中应预先埋置温度传感器,当绕组过热时,变频器应能切断输出。

5.3.14.5.2 电力电子功率器件过热保护

电力电子功率器件应设置过热保护,并在技术文件中规定具体保护动作值。

5.3.14.6 漏电闭锁

3.3 kV 变频器主电路对地绝缘电阻降低到表 5 规定的动作值时,应能实现主电路漏电闭锁;当对地绝缘电阻上升到动作值的 1.5 倍时,应能解除主电路漏电闭锁。

表 5 主电路漏电闭锁

主电路额定电压 kV	单相漏电闭锁整定值 kΩ	动作值允许误差 %
3.3	120	+20

5.3.14.7 绝缘监视功能

主电路电压高于 3.3 kV 时,应具有对地绝缘监视功能,且满足表 6 的规定。

表 6 绝缘监视保护

保护工作状态	可靠动作	允许动作	不允许动作
监视线与地线之间回路电阻 kΩ	>1.5	0.8~1.5	<0.8
监视线与地线之间绝缘电阻 kΩ	<3.0	3.0~5.5	>5.5
动作时间 s	—	<0.1	—

5.3.14.8 瞬时断电保护

在工作状态下断电又恢复供电时,变频器可根据负载类型设置是否自行起动功能;拖动风机、水泵类大惯量负载时,可设置为瞬时断电自起动,间隔时间可调;拖动恒转矩负载类型时,不可自行起动。

5.3.14.9 保护接地

可能触及的金属部件与外壳接地点处的电阻应不大于 0.1 Ω,且有明显的接地标志,接地线截面应能满足表 7 的规定。

表 7 接地线规定

主导线截面积 mm ²	接地点应有的截面积 mm ²
≤ 16	等于主导线的截面积
> 16	最小为主导线截面积的 50%,但不小于 16

5.3.14.10 冷却回路保护

5.3.14.10.1 内水冷保护

电力电子功率器件采用内水冷方式散热的变频器,应具有水压保护、水温保护和水离子浓度保护,当水压过低、水温过高或水离子浓度超标时,变频器应能不起动或切断输出。

5.3.14.10.2 外循环水冷保护

采用外循环水冷却方式散热的变频器,应具有断水闭锁功能。

5.3.14.10.3 风冷方式散热保护

采用风冷方式散热的变频器,应具有风扇故障闭锁功能。

5.3.14.11 辅助电源故障保护

辅助电源系统出现故障时,变频器应能停止输出。

5.3.14.12 过程控制通信故障保护

过程控制通信出现故障时,变频器应能停止输出。

5.3.14.13 分体式多电平高压变频器结构的特殊保护

分体式多电平高压变频器除具有上述各种保护外,变压器二次输出侧还应具有过载、短路、漏电等保护功能,并能实时监测变压器内部温度,具有超温报警和跳闸功能。

5.3.15 显示和记忆功能

变频器应有显示窗口,显示当前运行参数和各种故障信息的功能,宜具有运行信息和故障记忆功能。

5.3.16 交变湿热试验

变频器应能承受严酷等级为+40℃、周期为21d的交变湿热试验,试验后其绝缘电阻应不低于表1的要求,并能承受5.3.3.2条规定的额定短时工频耐受电压试验,其中变流变压器部分的耐受电压值为规定值的85%,隔爆面不应有锈蚀现象。

5.3.17 电能质量

5.3.17.1 谐波电压限值

变频器运行中对电网产生的谐波电压(相电压)限值应符合表8的规定。

表 8 谐波电压限值

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
3.3	4.0	3.2	1.6
6.0			
10.0			

5.3.17.2 谐波电流允许值

变频器运行中对电网产生的谐波电流允许值应符合表 9 的规定。

表 9 谐波电流允许值

标准 电压 kV	基准 短路 容量 MV·A	谐波次数及谐波电流允许值 A																							
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
3.3	100	43	34	21	34	14	24	11	11	8.5	16	7.1	13	6.1	6.8	5.3	10	4.7	9	4.3	4.9	3.9	7.4	3.6	6.8
6.0																									
10.0		26	20	13	20	8.5	15	6.4	6.8	5.1	9.3	4.3	7.9	3.7	4.1	3.2	6	2.8	5.1	2.6	2.9	2.3	4.5	2.1	4.1

5.3.17.3 电压允许偏差

变频器运行中对三相供电电压产生的偏差不超过系统标称电压的 $\pm 7\%$ 。

5.3.17.4 三相电压允许不平衡度

变频器运行中对电网电压产生的不平衡允许值为 2% ，短时不超过 4% 。

5.3.17.5 频率运行偏差

变频器运行中在电网接入侧对频率产生的最大偏差允许值为 $\pm 0.2\text{ Hz}$ 。

5.3.18 电磁兼容

5.3.18.1 静电放电抗扰度

变频器的机壳端口应能承受表 10 规定的静电放电抗扰度试验，试验中变频器的功能应正常。

表 10 静电放电抗扰度

单位为千伏

接触放电试验电压	空气放电试验电压
8	15

5.3.18.2 射频电磁场辐射抗扰度

变频器的机壳端口应能承受频率范围为 $80\text{ MHz}\sim 1\,000\text{ MHz}$ 、场强为 10 V/m 的射频电磁场辐射抗扰度试验，其功能应正常。

5.3.18.3 电快速瞬变脉冲群抗扰度

变频器的电源、接地、信号和控制端口应能承受表 11 规定的电快速瞬变脉冲群试验，试验中变频器的功能应正常。

表 11 电快速瞬变脉冲群抗扰度

开路输出试验电压和脉冲的重复频率			
在供电电源端口，保护接地		在 I/O(输入/输出)信号、数据和控制端口	
电压峰值 kV	重复频率 kHz	电压峰值 kV	重复频率 kHz
4	5/100	2	5/100(容性钳)

5.3.18.4 浪涌(冲击)抗扰度

变频器的电源端口和过程测量控制线端口应能承受表 12 规定的浪涌(冲击)试验,试验中变频器的功能应正常。

表 12 浪涌(冲击)抗扰度

单位为千伏

试验部位	试验等级
线—线	4.0
线—地	4.0

5.3.18.5 射频场感应的传导骚扰抗扰度

变频器应能承受表 13 规定的射频场感应传导骚扰试验,试验中变频器的功能应正常。

表 13 射频场感应的传导骚扰抗扰度

试验部位	电压 V	频率范围 MHz
电源端口	10	0.15~80
信号接口	3	
过程测量控制线端口	10	

5.3.18.6 电磁辐射

变频器工作时产生的电磁辐射应不超过表 14 的规定,测量距离为 10 m。

表 14 电磁辐射限值

频带 MHz	准峰值 dB(μ V/m)
30~230	50
230~1 000	60

5.3.18.7 骚扰电压

变频器主回路和低压辅助及控制电源端的骚扰电压应符合表 15 的规定。

表 15 骚扰电压

电流值 A	频带 MHz	准峰值 dB(μ V)	平均值 dB(μ V)
$I \leq 100$	$0.15 \leq f < 0.50$	100	90
	$0.50 \leq f < 5.0$	86	76
	$5.0 \leq f < 30.3$	90(90 随频率的对数下降到 70)	80(80 随频率的对数下降到 60)
$I > 100$	$0.15 \leq f < 0.50$	130	120
	$0.50 \leq f < 5.0$	125	115
	$5.0 \leq f < 30.3$	115	105
注: 这些限值不适用于电压为 3.3 kV 以上运行的电源端口。			

6 试验方法

6.1 隔爆结构

6.1.1 隔爆参数检查

外壳隔爆接合面配合间隙、宽度和表面粗糙度,采用游标卡尺、千分尺、塞尺、表面粗糙度比较样块等量具,依据审查合格图纸进行检查。

6.1.2 外壳抗冲击试验

按 GB 3836.1—2010 中 26.4.2 的规定进行。

6.1.3 外壳静压试验、耐压试验和内部点燃不传爆试验

外壳静压试验按 GB 3836.2—2010 中 15.1.3 和 16 的规定进行,耐压试验和内部点燃不传爆试验按照 GB 3836.2—2010 中 15 的规定进行。

6.1.4 电缆引入装置的夹紧、密封及机械强度试验

电缆引入装置的夹紧、密封和机械强度试验,按 GB 3836.1—2010 中附录 A 和 GB 3836.2—2010 中附录 C 的规定进行。

6.1.5 观察窗透明件

透明件的冲击试验,按 GB 3836.1—2010 中 24.6.2 的规定进行,热剧变试验按 GB 3836.1—2010 中 26.5.2 的规定进行。

6.1.6 电缆引入装置密封圈的热稳定性试验和耐化学试剂试验

电缆引入装置密封圈的热稳定性试验和耐化学试剂试验,按 GB 3836.1—2010 中 26.8、26.9 和 26.11 的规定进行。

6.1.7 接地要求

接地保护标志及防蚀、防松、辅助接地要求,用目测检查。

6.1.8 绝缘套管的扭转试验

按 GB 3836.1—2010 中 26.6 的规定进行。

6.1.9 紧固件防松措施

目测检查。

6.1.10 快开门结构要求和警示标志

联锁装置需手动检查机电联锁功能,其余目测检查。

6.1.11 储能元件的放电

电容在充满电荷后断开输入电压,开始计时直至降到电容总能量低于 0.2 mJ 对应的电压为止的时间即为电容器的放电时间。

6.2 电气间隙与爬电距离

用适合的量具按 GB 3836.3—2010 中 4.3 和 4.4 的规定测量。

6.3 本质安全电路

按 GB 3836.1—2010 和 GB 3836.4—2010 的规定检验。

6.4 性能要求

6.4.1 测量仪表要求

6.4.1.1 电量测量仪器仪表

6.4.1.1.1 输入侧电量测量仪器仪表

变频器输入侧电量测量,应采用精度等级不低于 0.2 级的仪器仪表测量用互感器和数字式测量仪表。

6.4.1.1.2 输出侧电量测量仪器仪表

应采用测量电流、电压有效值的仪表和有功功率仪表。考虑到谐波含量较多,测量用电流互感器基本精度小量程的(40 A 以下)不低于 2 级,大量程的不低于 1 级(40 A 以上),电压互感器的精度不低于 0.2 级,仪表的基本测量精度不低于 0.1 级,频响范围 f_r 应满足:

对六阶梯波变频器: $f_r = 10f_1$

对 PWM 变频器,最高为 100 kHz: $f_r = 6f_p$

式中:

f_1 ——最高额定频率;

f_p ——最高脉冲频率(载波频率)。

6.4.1.2 转矩转速仪

选取的转矩转速仪标称转矩应不超过加载电动机额定输出转矩的 2 倍,转矩测量精度不低于 0.5 级,转速测量精度不低于 0.1 级。

6.4.1.3 温度测量仪表

温度测量仪表的最大允许误差为 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。

6.4.1.4 变流变压器测量仪表

符合 JB/T 501 的相关规定。

6.4.1.5 绝缘监视测量仪表

可变电阻的精度不低于 1%,最小电阻值不大于 0.1 k Ω ;电秒表测量误差不低于 $\pm 2\text{ ms}$ 。

6.4.2 绝缘性能

6.4.2.1 试验前的准备

试验前应进行下列准备:

a) 如果必要,应短接端子、开关的常开触点和半导体阀器件等,以便构成闭合回路。试验前,可

将电路中的半导体器件及其他易损部件断开或端子短接,以避免在试验期间的损坏;

- b) 对形成受试绝缘部分的独立部件(如高频滤波器的电容器),不宜在试验前断开或短接,可采用直流试验电压;
- c) 如果受试设备的易触及表面全部或部分被不导电材料覆盖,应采用导电箔包裹施加试验电压的表面。如果使用金属箔不能完全覆盖设备外壳,应覆盖认为与保护有关的位置;
- d) 在交流或直流电压试验时,采用多极连接器的印刷电路板和模块可抽出或断开,或采用标准试验样件代替;
- e) 主电路的开关装置和控制装置应闭合或旁路,与主电路不存在导电连接的辅助装置(如系统控制设备、风机电动机),在试验时应与外壳连接。试验时外壳以绝缘材料构成的单元,应采用金属箔覆盖,金属箔视为外壳。

6.4.2.2 绝缘电阻

变频器电路部分绝缘电阻测量按 MT/T 661—2011 中 5.3.3.3 的规定进行;变流变压器部分按 JB/T 501—2006 中 6.2 的规定进行。

6.4.2.3 介电性能

低压电路部分按 GB 14048.1—2012 中 8.3.3.4 的规定进行;高压电路部分按 GB/T 16927.1—2011 中第 6 章和第 7 章的规定进行;变流变压器按 JB/T 501—2006 中第 11 章的规定进行。

6.4.3 轻载试验

输入端加额定电压,在全频段范围调节变频器,负载电流能满足轻载试验要求即可。

6.4.4 温升试验

6.4.4.1 变频部分的温度测量

在额定输入电压、额定输出频率和输出额定功率的状况下,按变频器规定的工作制运行至各部分热平衡达到稳定状态,即各点温度在 1 h 内变化不超过 1K,测量各部件的温度。

风冷式变频器环境温度的测量点应不少于 3 个,测量点距离变频器壳体表面 1 m、壳体高度的一半处。进风口和出风口的环境温度应分别测量。

水冷式变频器应增加冷却水温的测量,外水冷回路应分别测量进水和出水温度。

6.4.4.2 变流变压器的温升

对于式变流变压器,在通电前,应测量记录绕组冷态直流电阻和冷态温度及环境温度。

在额定输入电压、变频器输出额定频率和额定功率的状况下,运行至变流变压器热平衡达到稳定状态,即各点温度在 1 h 内变化不超过 1K,测量各部件的温度和绕组的热态电阻及环境温度,用电阻法计算绕组的温升。

6.4.4.3 最高表面温度

输入电压为 90% 额定电压、变频器拖动电动机输出额定功率运行至各部分温度达到稳定状态,测量变频器外壳温度最高值。

6.4.5 效率

效率测量应在温升试验后进行,且所有部件的运行状态在稳定后测量。

变频器工作在额定状况下,测量输入功率 P_{in} 和输出功率 P_{out} ,按式(1)计算。

6.4.6 电源电压波动试验

调节变频器输入电源电压,分别在 85%额定电压和 110%额定电压下,加载至额定负载,查看变频器的操作和显示。

6.4.7 额定输出性能

在额定电压下,在规定的频率范围和运行象限内,按照规定的额定输出性能测量变频器的输出特性曲线。

6.4.8 过载能力

在额定电压下,变频器加载至 1.2 倍额定转矩,持续运行 30 min。

6.4.9 速度稳定精度

6.4.9.1 5 Hz 时速度稳定精度

在额定电压下,变频器输出频率 5 Hz,空载运行 30 min,测取至少 5 个点的转速值,按式(2)计算速度稳定精度。

6.4.9.2 额定频率下的速度稳定精度

在额定电压下,变频器输出额定频率,空载运行 30 min,测取至少 5 个点的转速值,按式(2)计算速度稳定精度。

6.4.9.3 最高频率下的速度稳定精度

在额定电压下,变频器输出技术文件中规定的最高频率,空载运行 30 min,测取至少 5 个点的转速值,按式(2)计算速度稳定精度。

6.4.10 频率分辨率

目测查看变频器连续调节输出频率的最小级差值。

6.4.11 加、减速时间调节

变频器拖动空载电动机,起动、停止电动机加、减速时间可调,且调节范围不小于 1 min。

6.4.12 正反相序控制

通过改变变频器输出相序来改变电动机运转方向。

6.4.13 保护功能

6.4.13.1 过、欠压保护

分别调节变频器的输入电压至 110%额定电压或 85%额定电压,观察变频器是否能自动切断输出,并在窗口显示故障信息。

6.4.13.2 过载保护

分别加载至 1.2 倍和 1.5 倍额定负载,观察变频器是否能在规定时间内保护动作,并在窗口显示故

障信息。

6.4.13.3 短路保护

通电前先短接变频器输出端,然后接入合适的输入电压,观察变频器是否能停止输出,并在窗口显示故障信息。

6.4.13.4 断相保护

通电前断开变频器输出侧的任一相,通电后观察变频器能否停止输出,并在窗口显示故障信息。

6.4.13.5 过热保护

根据不同部位温度传感器的输出参量,分别人为给定模拟温度动作值,观察变频器是否停止输出。

6.4.13.6 漏电闭锁

采用可变电阻箱单相模拟漏电阻阻值的方法进行。

6.4.13.7 绝缘监视功能

在继电保护线路侧施加三相对称交流电压,然后将终端元件分别短路和开路,测量动作值。

在监视回路中,与终端元件串联一可变电阻,由零逐步增加电阻值,直至绝缘监视保护电路动作,记录电阻值。

在监视回路中,与终端元件并联一可变电阻,由最大逐步降低电阻值,直至绝缘监视保护电路动作,记录电阻值。

6.4.13.8 瞬时断电保护

在额定工作状态下,突然切断电源,然后又接通电源,观察变频器的动作是否符合技术文件规定。

6.4.13.9 保护接地

测量前应将变频器与供电电网、负载断开,并清洁测量点的油污;测量时仪表的端子分别与接地端子和外壳应接地的导电金属件连接。

6.4.13.10 冷却回路保护

6.4.13.10.1 内水冷保护

可采用模拟方法验证水压、水温和水离子浓度保护动作。

6.4.13.10.2 外循环水冷却保护

关闭外循环水,观察变频器保护是否动作。

6.4.13.10.3 风冷方式散热保护

模拟风机故障,观察变频器能否正常开机运转。

6.4.13.11 辅助电源故障保护

模拟辅助电源故障,观察变频器是否立即停止工作。

6.4.13.12 过程通信故障保护

模拟过程通信故障,观察变频器是否停止工作。

6.4.13.13 分体式多电平高压变频器结构的特殊保护

分体式多电平高压变频器主要指变流变压器与变频部分不在同一壳体内部的结构,保护试验方法参照 GB/T 8286—2017 中 12.2.1.7 的规定。

6.4.14 显示和记忆功能

查看并记录显示窗口信息,观察显示信息是否与变频器运行状态和故障保护动作一致。

6.4.15 交变湿热试验

按 GB/T 2423.4 的规定进行。

6.4.16 电能质量

6.4.16.1 谐波电压与谐波电流限制值

按 GB/T 14549 的规定进行。

6.4.16.2 电压允许偏差

按 GB/T 12325 的规定进行。

6.4.16.3 三相电压允许不平衡度

按 GB/T 15543 的规定进行。

6.4.16.4 频率运行偏差

按 GB/T 15945 的规定进行。

6.4.17 电磁兼容

6.4.17.1 静电放电抗扰度

按 GB/T 17626.2 的规定进行。

6.4.17.2 射频电磁场辐射抗扰度

按 GB/T 17626.3 的规定进行。

6.4.17.3 电快速瞬变脉冲群抗扰度

按 GB/T 17626.4 的规定进行。

6.4.17.4 浪涌(冲击)抗扰度

按 GB/T 17626.5 的规定进行。

6.4.17.5 射频场感应的传导骚扰抗扰度

按 GB/T 17626.6 的规定进行。

6.4.17.6 电磁辐射、骚扰电压

按 GB/T 12668.3—2012 中 6.3 的规定进行。

7 检验规则

7.1 检验分类

变频器的检验分出厂检验和型式检验。

7.2 出厂检验规则和检验项目

按出厂检验项目,逐台逐项检验合格后才能出厂,检验项目见表 16。

7.3 型式检验规则和检验项目

7.3.1 型式检验规则

凡遇下列情况之一者,应进行型式检验:

- a) 新产品试制完成或老产品转厂时;
- b) 已定型的产品当设计、结构、关键材料、工艺有较大的变更,有可能影响产品性能时;
- c) 当出厂检验结果和以前进行的型式检验结果发生较大的偏差时;
- d) 当用户对产品性能、质量有重大异议,经双方协议须重新检验时;
- e) 正常生产时应定期抽试(周期可自定,但以不超过两年为宜);
- f) 产品长期停产后恢复生产时;
- g) 国家质量监督机构提出要求时。

7.3.2 检验项目

变频器的检验项目见表 16。

表 16 检验项目

序号	检验项目	技术要求	试验方法	型式检验	出厂检验
1	隔爆参数检查	5.2.1.2	6.1.1	√	√
2	外壳抗冲击试验	5.2.1.3	6.1.2	√	—
3	外壳静压试验	5.2.1.4	6.1.3	√	√ ^a
4	外壳耐压试验和内部点燃不传爆试验	5.2.1.5	6.1.3	√	—
5	电缆引入装置的夹紧、密封及机械强度试验	5.2.1.6	6.1.4	√	—
6	观察窗透明件	5.2.1.7	6.1.5	√	—
7	密封圈的热稳定性试验	5.2.1.8	6.1.6	√	—
8	接地要求	5.2.1.9	6.1.7	√	√
9	接线端子的扭转试验	5.2.1.10	6.1.8	√	—
10	紧固件防松措施	5.2.1.11	6.1.9	√	√
11	快开门结构要求和警示语句	5.2.1.12	6.1.10	√	√
12	储能元件的放电	5.2.1.13	6.1.11	√	√

表 16 检验项目 (续)

序号	检验项目	技术要求	试验方法	型式检验	出厂检验
13	电气间隙与爬电距离	5.2.2	6.2	√	√
14	本质安全电路	5.2.3	6.3	√	√ ^b
15	绝缘电阻	5.3.3.1	6.4.2.2	√	√
16	介电性能	5.3.3.2	6.4.2.3	√	√
17	轻载试验	5.3.4	6.4.3	√	√
18	温升试验	5.3.5	6.4.4	√	—
19	效率	5.3.6	6.4.5	√	—
20	电源电压波动	5.3.7	6.4.6	√	√
21	额定输出性能	5.3.8	6.4.7	√	√
22	过载能力	5.3.9	6.4.8	√	—
23	速度稳定精度	5.3.10	6.4.9	√	—
24	频率分辨率	5.3.11	6.4.10	√	√
25	加、减速时间可调	5.3.12	6.4.11	√	√
26	正反相序控制	5.3.13	6.4.12	√	√
27	过、欠压保护	5.3.14.1	6.4.13.1	√	√
28	过载保护	5.3.14.2	6.4.13.2	√	√ ^c
29	短路保护	5.3.14.3	6.4.13.3	√	√
30	断相保护	5.3.14.4	6.4.13.4	√	√
31	过热保护	5.3.14.5	6.4.13.5	√	√
32	漏电闭锁	5.3.14.6	6.4.13.6	√	√
33	绝缘监视功能	5.3.14.7	6.4.13.7	√	√
34	瞬时断电保护	5.3.14.8	6.4.13.8	√	√
35	保护接地	5.3.14.9	6.4.13.9	√	√
36	冷却回路保护	5.3.14.10	6.4.13.10	√	√
37	辅助电源故障保护	5.3.14.11	6.4.13.11	√	√
38	过程控制通信故障保护	5.3.14.12	6.4.13.12	√	√
39	分体式多电平高压变频器结构的特殊保护	5.3.14.13	6.4.13.13	√	√
40	显示和记忆功能	5.3.15	6.4.14	√	√
41	交变湿热试验	5.3.16	6.4.15	√	—
42	谐波电压限值	5.3.17.1	6.4.16.1	√	—
43	谐波电流允许值	5.3.17.2	6.4.16.1	√	—
44	电压允许偏差	5.3.17.3	6.4.16.2	√	—
45	三相电压允许不平衡度	5.3.17.4	6.4.16.3	√	—
46	频率运行偏差	5.3.17.5	6.4.16.4	√	—

表 16 检验项目 (续)

序号	检验项目	技术要求	试验方法	型式检验	出厂检验
47	静电放电抗扰度	5.3.18.1	6.4.17.1	√	—
48	射频电磁场辐射抗扰度	5.3.18.2	6.4.17.2	√	—
49	电快速瞬变脉冲群抗扰度	5.3.18.3	6.4.17.3	√	—
50	浪涌(冲击)抗扰度	5.3.18.4	6.4.17.4	√	—
51	射频场感应的传导骚扰抗扰度	5.3.18.5	6.4.17.5	√	—
52	电磁辐射	5.3.18.6	6.4.17.6	√	—
53	骚扰电压	5.3.18.7	6.4.17.6	√	—
注：“√”为需要检验的项目；“—”为不需要检验的项目。 ^a 工序间检验。 ^b 本安电路出厂检验项目为绝缘测试、工频耐压试验、本安参数测定、外观检查、电气间隙爬电距离检查。 ^c 出厂检验时可以采用模拟法进行。					

7.4 型式检验判定规则

型式检验样品应从出厂检验合格的样品中抽取,抽样程序采用 GB/T 10111—2008 中 5.2.2 和 5.2.3.1 的规定,取样 1 台。所有型式检验项目都合格则判定该产品为合格;若有不合格者,再加倍抽取试样进行检验;如仍有不合格者,则该批产品判定为不合格。

8 标志、包装和贮存

8.1 标志

8.1.1 变频器外壳的明显处有“Ex”凸纹标志,涂以红漆,并有符合 AQ 1043 规定的安全标志牌“MA”。

8.1.2 变频器的接地螺钉处应有接地标志,此标志应在整个使用时期内不易磨灭。

8.1.3 铭牌采用黄铜或不锈钢制造,其字迹在整个使用时期内应不易磨灭。

8.1.4 铭牌应牢固地固定在变频器外壳的明显位置,至少应标明下列项目:

- a) 制造厂名;
- b) 防爆标志;
- c) 额定输入电压(kV);
- d) 额定输入频率(Hz);
- e) 额定输出功率(kW);
- f) 额定输出电压(kV);
- g) 额定输出频率(Hz);
- h) 输出频率范围(Hz);
- i) 运行象限;
- j) 工作制;
- k) 防护等级;
- l) 产品编号;

- m) 出厂日期;
- n) 防爆合格证号;
- o) 安全标志编号;
- p) 质量(或外形尺寸);
- q) 冷却水流量;
- r) 冷却水压力。

8.1.5 变频器输入、输出接线端子上应有相应的标志,其字迹在使用期内应不易磨灭。

8.2 包装

8.2.1 变频器的包装应能保证自发货之日起一年内、在正常的贮存条件下,不致因包装不善而导致受潮与损坏。

8.2.2 随同产品供应的技术文件应包括:

- a) 装箱单、主要元器件清单、备件清单;
- b) 产品合格证;
- c) 使用维护说明书、保修卡;
- d) 专用工具(必要时)。

8.2.3 变频器的包装箱外壁文字和标志应清晰整齐,内容如下:

- a) 发货站和制造厂的名称;
- b) 收货站和收货单位名称;
- c) 变频器型号和出厂编号;
- d) 变频器净重和毛重;
- e) 包装箱的尺寸;
- f) 在包装箱的适当位置应标有“小心轻放”“怕湿”“禁止滚动”等字样及符号,其图形应符合 GB/T 191 的规定。

8.3 贮存

变频器应存放在空气流通、干燥的地点,防止受潮、受腐蚀及其他损坏。

MT/T 1178—2019

中 华 人 民 共 和 国 煤 炭
行 业 标 准
矿用防爆高压变频器
MT/T 1178—2019

*
应急管理出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
网址:www.cciph.com.cn
北京建宏印刷有限公司 印刷
全国新华书店 经销

*
开本 880mm×1230mm 1/16 印张 1 3/4
字数 43 千字
2020 年 4 月第 1 版 2020 年 4 月第 1 次印刷
15 5020 • 1029

社内编号 20193523 定价 25.00 元
版权所有 违者必究
本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换