



# Kewell

## 燃料电池电堆测试系统

- 版本号：V1.0
- 部门：产品部
- 日期：2021年3月8日



# 目录

.....	1
前言.....	2
1 范围.....	3
2、引用标准.....	3
3 定义.....	3
4、型号.....	3
5、要求.....	3
5.1 外形尺寸.....	3
5.2 外观和结构检查.....	3
5.3 主要技术指标和功能.....	4
6 实验方法.....	8
6.1 外观和结构检查.....	8
6.2 系统组成.....	8
6.3 气密性检测功能.....	8
6.4 绝缘性能检测功能.....	8
6.5 气体质量流量控制精度和动态特性测试.....	9
6.6 露点温度、气体温度控制精度和动态特性测试.....	9
6.7 压力控制精度和动态特性测试.....	9
6.8 水流量控制精度和动态特性测试.....	9
6.9 水冷系统温控调试.....	9
6.10 电堆测试系统尾排功能验证.....	9
6.11 安全保护测试.....	9
6.12 电子负载测试.....	10
6.13 低压电源测试.....	10
6.14 整机检验.....	11
6.15 包装.....	11
7 检验规则.....	12
7.1 产品应由质量部逐台检验合格后方可提交客户；.....	12
7.2 检验分为出厂检验和型式检验（周期检查）.....	12
7.3 出厂检验.....	12
7.4 型式检验（周期检查）.....	12
8、标志、包装、运输、储存.....	13
8.1 标志.....	13
8.2 包装.....	13
8.3 运输.....	13
8.4 贮存.....	13



## 前言

本标准的技术指标和测试方法引自 GB/T20042.2-2008 质子交换膜燃料电池、电堆通用技术条件；GB/T 29838-2013《燃料电池模块》；GB/T 33978-2017《道路车辆用质子交换膜燃料电池模块》；GB/T 38914-2020《车用质子交换膜燃料电池堆使用寿命测试评价方法》；T/CAAMTB 12—2020《质子交换膜燃料电池膜电极测试方法》。作为测试系统产品，为了保护人身财产安全，该标准采用了 GB/T 36288-2018《燃料电池电动汽车燃料电池堆安全要求》、GB/T 18384.3-2001 电动汽车安全要求第 3 部分：人员触电防护。本标准编写格式符合 GB/T1.1-2009《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写》。

本标准由科威尔电源系统股份有限公司提出；

本标准由科威尔电源系统股份有限公司研发部负责起草；

本标准主要起草人：刘威、罗小鹏、屠思远。

本标准于 2021 年 03 月 08 日首次发布。

本标准有效期限为三年。



## 1 范围

本标准规定了燃料电池电堆测试系统（以下简称测试系统）的型号、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、储存。

本标准适用于科威尔电源系统股份有限公司生产的燃料电池电堆测试系统。

## 2、引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用下列标准的各方应探讨使用下列标准最新版本可能性。

GB/T156-2007 标准电压

GB/T191-2008 包装储存图示标志

GB2894-2008 安全标志及其使用导则

GB/T 20042.2-2008 《质子交换膜燃料电池电堆通用技术条件》

GB/T 29838-2013 《燃料电池模块》

GB/T 33978-2017 《道路车辆用质子交换膜燃料电池模块》

GB/T 38914-2020 《车用质子交换膜燃料电池堆使用寿命测试评价方法》

T/CAAMTB 12—2020 《质子交换膜燃料电池膜电极测试方法》

GB/T 36288-2018 《燃料电池电动汽车燃料电池堆安全要求》

GB/T 24549-2009 燃料电池电动汽车安全要求

GB/T 24548 燃料电池电动汽车术语

GB/T 18384.3-2001 电动汽车安全要求第3部分：人员触电防护

GB4208 外壳防护等级（IP 代码）

## 3 定义

参见标准中术语与定义

## 4、型号

FCTS-S-6、FCTS-S-10、FCTS-S-12、FCTS-S-30、FCTS-S-60、FCTS-S-80、FCTS-S-100、FCTS-S-120、FCTS-S-150、FCTS-S-200

## 5、要求

### 5.1 外形尺寸

本公司产品外观尺寸与客户技术协议约定一致。

### 5.2 外观和结构检查

#### (1) 外观



测试系统机壳平整、无变形，喷涂均匀，无明显塑粉堆积，焊接无粗糙焊点；无破损、无划痕、掉漆、无色差。

### (2) 标识

各类标识完整、正确、字迹清晰，丝印无掉漆剥落等异常，粘贴标识应牢固可靠。标识无污迹等。

### (3) 安装

机内无杂物，各部件安装牢固、无松动歪斜，电气连接可靠，有足够的绝缘间距及爬电间隙。

各开关、旋钮、按键便于操作、灵活、可靠。

## 5.3 主要技术指标和功能

### 5.3.1 指标

#### (1) 短堆测试系统：

燃料电池短堆测试系统				
回路	参数	规格		
		FCTS-S-6	FCTS-S-10	FCTS-S-12
气体质量流量控制	阳极流量范围	3-150 SLPM	5-250SLPM	6-300SLPM
	流量控制精度	$\leq \pm (0.8\%Rdg+0.2\%F.S)$		
	响应时间	$\leq 100ms$		
	阴极流量范围	8-400 SLPM	15-750SLPM	18-900SLPM
	流量控制精度	$\leq \pm (0.8\%Rdg+0.2\%F.S)$		
	响应时间	$\leq 100ms$		
	氮气吹扫	具备测试前后氮气吹扫、以及氮气保护		
气体压力控制	入口背压控制范围	$(\text{电堆自然压损}+15kPa) \sim 300kPa.g$		
	背压控制精度	$\pm 2KPa$ (稳态, 无氢循环脉冲排放)		
	脉冲排氢	$\pm 5kPa$		
	脉冲电磁阀流通直径	开启时间可调, 最小 0.2s, 可常开		
气体加湿控制	加湿方式	Kewell-BS 加湿器		
	露点温度范围	40~80℃ (操作压力 $\geq 0.2$ bar)		
		40~85℃ (操作压力 $\geq 1.0$ bar)		
		40~90℃ (操作压力 $\geq 1.5$ bar)		
露点温度测量围	-20 ... +100 ℃			
露点温度控制精度	$\pm 1^\circ C$			
干气旁通	干气旁通及干活化功能	具备		
气体保温/加热控制	保温/加热方式	气体加热器+伴热带, 增加保温材料		
	温度控制范围	40~95℃		
	温度控制方式	PID 控制		
	温度控制精度	$\pm 1^\circ C$ (稳态)		
	温度检测精度	$\pm 0.5^\circ C$		
电堆冷却系统	冷却方式	水冷循环		
	冷却介质	去离子水		



	冷却回路检测	电堆入口压力/温度检测、电堆出口压力/温度检测、冷却回路流量检测、电导率检测		
	流量检测范围	35L/min (max)	55L/min (max)	70L/min
	流量检测精度	≤1%FS		
	温度控制范围	40~95℃		
	温度控制精度	±1℃ (稳态)		
	压力控制范围	(电堆自然压损+15) kPa~300kPa.g		
	压力控制精度	±3kPa (稳态)		
	补水功能	自动补水+排气		
排水功能	具备自动排水			
单体电池电压巡检	检测通道	48		
	测量范围	(-5~5) VDC		
	测量分辨率	±1mV@ (-2~2) VDC		
	记录周期	10Hz (max)		
保护/告警	可设置报警限值, 以及设置电池电压差值告警和保护			
尾气控制	氢循环功能	预留接口, 选装回流泵		
	尾气排气	具有水气分离器		
交流内阻检测	实时检测	具备 (选配)		
保护功能	氢气泄漏检测	1000~40000ppm (报警限值可设)		
	绝缘阻抗检测	阻抗保护限值可设		
	硬件保护	压力开关 (可控制泄压保护); 温度开关; 急停开关;		
	软件保护	氢气泄漏、绝缘阻抗过低、过温保护、过压保护、欠压保护、流量过低保护、电子负载故障保护等		
在线绝缘仪	实时绝缘阻抗检测			
电子负载	功率	最大 12kW	最大 18kW	最大 18kW
	电压	150V	150V	150V
	电流	最大 1200A	最大 1200A	最大 1200A
	工作模式	恒压、恒流、恒功率、可编程自动运行		

(2) 大功率电堆:

回路	参数	指标						
		FCTS-S-30	FCTS-S-60	FCTS-S-80	FCTS-S-100	FCTS-S-120	FCTS-S-150	FCTS-S-200
气体流量控制	阳极流量范围	10-1000 SLPM	15-1500 SLPM	20-2000 SLPM	25-2500 SLPM	30-3000 SLPM	40-4000 SLPM	50-5000 SLPM
	流量控制精度	± (0.8%Rdg+0.2%F.S)						
	响应时间	100ms						
	阴极流量范围	30-3000 SLPM	45-4500 SLPM	60-6000 SLPM	80-8000 SLPM	100-10000 SLPM	120-12000 SLPM	150-15000 SLPM
	流量控制精度	± (0.8%Rdg+0.2%FS)						
	响应时间	100ms						



气体 压力 控制	氮气吹扫	具备测试前后氮气吹扫、以及氮气保护						
	背压控制 范围	(电堆阻力+15) kPa~300kPa. g						
	背压控制 精度	±2kPa (稳态、无氢循环、无脉冲排放)						
	压力检测	氢气源端压力检测、氮气源端压力检测、空气源端压力检测、电堆入口氢气/空气压力检测；电堆出口氢气/空气压力检测；						
	压力检测 精度	<0.5%FS						
气体 加湿 控制	加湿方式	鼓泡+喷淋						
	露点温度 范围	40~80℃ (操作压力≥0.2bar) 40~85℃ (操作压力≥1bar) 40~90℃ (操作压力≥1.5bar)						
	露点温度 测量范围	-20 ... +100 °C						
	露点温度 控制精度	±1℃						
气体 加热 控制	加热方式	板换加热						
	温度控制 范围	40~95℃						
	温度控制 精度	±1℃ (稳态)						
	温度检测 精度	±0.3%FS						
电堆 冷却 系统	冷却方式	水冷循环+二次水冷散热						
	冷却介质	去离子水						
	冷却回路 检测	电堆入口压力/温度检测、电堆出口压力/温度检测、冷却回路流量检测、电导率检测						
	流量检测 精度	±1%FS						
	温度控制 范围	40~95℃						
	温度控制 精度	±1℃ (稳态)						
	温度测量 精度	±0.5℃						
	补水功能	自动补水+排气						
电子 负载	额定功率	50kW	80kW	100kW	150kW	150kW	200kW	300kW
	电压范围	24~800V						
	电流范围	0~600A	0~600A	0~800A	0~1000A	0~1000A	0~1000A	0~1000A
交流 内阻	实时检测	具备 (选配)						



单体 电池 电压 巡检	检测通道	最大 800 （根据实际需求选配）
	测量范围	(-5~5) VDC
	测量精度	± 1mV@(-2~2VDC)
	保护/告警	可设置报警限值，以及设置电池电压差值告警和保护
保护 功能	氢气泄漏 检测	1000~4000ppm（报警限值可设）
	绝缘阻抗 检测	阻抗保护限值可设
	硬件保护	压力开关（可控制泄压保护）；温度开关；急停开关
	软件保护	氢气泄漏、绝缘阻抗过低、过温保护、过压保护、欠压保护、流量过低保护、电子负载故障保护等

### 5.3.2 功能

#### (1) 测试项目

- 燃料电池电堆极化曲线测试
- 燃料电池电堆敏感性测试
- 燃料电池电堆中各单体的工作特性一致性监控分析
- 燃料电池电堆起动性能测试
- 燃料电池电堆稳态工况测试
- 燃料电池电堆动态工况测试
- 燃料电池电堆活化测试
- 燃料电池电堆耐久性测试
- 燃料电池电堆系统绝缘性测试
- 实时监控和异常报警

#### (2) 其他功能

- 干气旁通功能，尾排单独排放，具备水汽分离功能；
- 冷却系统具备流量控制、温差控制模式；水冷压力及阴/阳极气体压力跟随；
- 安全具备氢泄漏检测、氢气安全泄放回路、单体电压巡检、绝缘监测、安全 PLC、测试区自锁、急停等；
- 软件中英文可切换；测试具备手动自动双模式；
- LUT 功能，从电堆测试参数设置可以通道查表直接导入；



测试前自检、负载参数设置、工艺管理、数据自动记录并生成曲线、报表设置与生成、紧急停机与正常停机、测试报告生成、项目管理、Debug 等功能；

## 6 实验方法

### 6.1 外观和结构检查

#### 6.1.1 外观检查

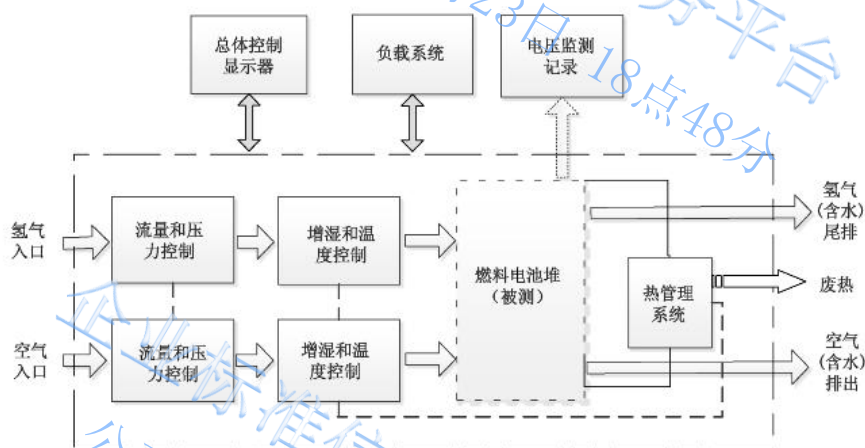
测试系统处于非工作状态，用目测或手感方法检查，机器外观符合本标准 5.3 中的规定。

#### 6.1.2 结构检查

测试系统处于非工作状态，用目测或手感方法检查，机器外观符合本标准 5.3 中的规定。

### 6.2 系统组成

#### 6.2.1 系统组成



图一 燃料电池测试系统组成框图

### 6.3 气密性检测功能

#### 6.3.1 测试方法：

利用氢气和氮气气源，通入燃料电池测试系统的气体管路中，通过涂抹防漏液，观察有无明显泄漏点。若无明显泄漏点，观察各个压力传感器示数，并于 12 小时后再次查看。

#### 6.3.2 测试技术要求

12 小时后压力与 12 小时前压力差值在 2Kpa（氢气）4Kpa（氮气）内，表明被测管路气密性良好。

### 6.4 绝缘性能检测功能

#### 6.4.1 测试方法

利用电子负载和外接电阻，检测并记录在输出 50V、100V、150V、200V、300V 等不同电压段下，燃料电池测试系统电子负载连接输出端口正负极对地的阻抗值变化，判断绝缘检测仪显示精度（误差）及响应时间是否符合绝缘测试要求。



## 气体质量流量控制精度和动态特性测试

### 6.5.1 测试方法

有质量流量计的管路，短接，分别给定规条件的流量点  $Q$ ，采集流量曲线图，取最大波动值  $Q'$ 。计算  $(Q' - Q) / Q$  的值，若小于  $\pm 0.1\%FS \pm 0.5\%RD$ ，则符合精度要求。

## 6.6 露点温度、气体温度控制精度和动态特性测试

### 6.6.1 测试方法

对阴阳极两路气体管路短接，并设置气体流量、背压保持恒定，改变露点温度和气体温度，测量稳态过程中 4 个温湿度测量点实际反馈的波动及流量调整过程中超调。

## 6.7 压力控制精度和动态特性测试

### 6.7.1 测试方法

压力精度测试：短接气路，对氢气路、空气路设置其压力范围内一个固定压力值  $P$ ，观察其精度范围波动曲线图，观察稳态波动，若波动小于  $\pm 0.02\text{bar}$ ，则气路压力精度符合要求。

压力动态特性测试：短接气路，对氢气路、空气路设置其压力范围内一个固定压力值  $P$ ，再更改压力值，观察动态波动，若波动小于  $\pm 0.1\text{bar}$ ，则气路压力精度符合要求。

## 6.8 水流量控制精度和动态特性测试

### 6.8.1 测试方法

水路外部短接，分别给定规条件的流量点，再逐步增加流量，观察其精度范围波动曲线图，观察稳态波动，若波动小于  $\pm 0.25\%FS$ ，则水路精度符合要求。

## 6.9 水冷系统温控调试

### 6.9.1 测试方法

连接外部电堆等效模拟热源，测试燃料电池测试系统的水冷控制单元在恒定外部热源、外部热源渐变式变化、外部热源突变式变化下的温控效果，同时测试单组冷却单元的温控效果和多组冷却单元并联同步控制下，记录不同温度控制点的温控效果，通过调试温控参数，满足稳态下温度控制精度  $\pm 1^\circ\text{C}$  范围内。

## 6.10 电堆测试系统尾排功能验证

### 6.10.1 测试方法

通过在尾排冷凝单元正反向通入压力水，检验尾排冷凝单元是否具备单向定量排水的功能。

## 6.11 安全保护测试

### 6.11.1 测试方法

在燃料电池测试系统的氢气回路通入压力气体，手动设定压力保护值，观察氢气回路是否泄压，同时触发报警，记录各阀门的动作状态；

在燃料电池测试系统的冷却回路中正常运行并加热到一定温度下，手动设定压力保护值，观察上位机是否触发报警，同时记录水泵、阀门、加热棒等执行单元的工作状态；

在燃料电池测试系统的上位机正常通电情况下，手动改动氢气泄漏检测的保护值，观察系统是否触发报警，同时记录各执行单元的工作状态；

在燃料电池测试系统的上位机正常通电情况下，手动拍下急停开关，观察系统是否触发报警，同时记录各执行单元的工作状态；



在燃料电池测试系统的上位机正常通电情况下，在燃料电池测试系统的上位机正常通电情况下，观察是否触发报警，同时记录各执行单元的工作状态；

在燃料电池测试系统的上位机正常通电情况下，更改 H2 与 AIR 的电导率保护值，观察系统是否触发报警，同时记录各执行单元的工作状态；

在燃料电池测试系统的上位机正常通电情况下，更改 H2 与 AIR 入堆压差保护值，观察系统是否触发报警，同时记录各执行单元的工作状态。

## 6.12 电子负载测试

### 6.12.1 测试方法

#### 1) 额定容量测试

负载接在高精度直流电源上，使输入电压在负载的工作电压范围内，改变负载的负载设定值，读取测量仪器的功率显示值。

#### 2) 额定电流测试

负载接在高精度直流电源上，使输入电压在负载的工作电压范围内，改变负载的负载设定值，读取电压、电流测量仪器的显示值。

#### 3) 电压精度测试

负载接在高精度直流电源上，使输入电压和工作电流分别置于产品规定的范围内，改变输入电压，读取测量仪器和负载上的输入电压显示值。在规定的输入电压范围的上限、下限及中间值（最少取 3 点）进行测试，取其中误差最大的进行计算，以确定其精度。

其精度由下式求得：

$$\delta u = (U_0 - U_1) / U_{\text{额}} \times 100\%$$

式中： $\delta u$ ——电压精度；

$U_1$ ——电压测量值，V；

$U_0$ ——负载显示值，V；

以上方法测得的输出电压精度应符合本标准的规定。

#### 4) 电流精度测试

负载接在高精度直流电源上，使输入电压和工作电流分别置于产品规定的范围内，改变负载电流设定值，读取测量仪器和负载上的电流显示值。在规定的电流范围的上限、下限及中间值（最少取 3 点）进行测试，取其中误差最大的进行计算，以确定其精度。

其精度由下式求得：

$$\delta i = (I_0 - I_1) / I_{\text{额}} \times 100\%$$

式中： $\delta i$ ——电压精度；

$I_1$ ——电压测量值，A；

$I_0$ ——负载显示值，A；

以上方法测得的电流精度应符合本标准的规定。

## 6.13 低压电源测试

### 6.13.1 测试方法

#### 1) 额定容量测试

电源连接阻性负载柜，逐步加载负载功率达到低压电源的额定功率。

#### 2) 额定电流测试

电源连接阻性负载柜，逐步加载负载功率达到低压电源的额定电流，读取电压、电流测量仪器的显示值。



## 6.14 整机检验

### 6.14.1 外观检验

检查各气路管路外观是否有明显压扁、扭结、凹陷的部位；检查各气路管路接口卡套是否有松动现象、是否有拧紧标识；检查管路水平度、接线工艺规范、以及核心部件的连接方向是否正确。

### 6.14.2 IO口调试

核对每路IO口输出对应接线端子线标的位置，并通过24V供电外传限流电阻，检测每路IO接口的读取响应是否正常。

### 6.14.3 通讯调试

核对PLC主控程序和上位机程序版本。检查上位机系统各传感器信号读取是否正常，系统自检是否出错。

### 6.14.4 流量计本体校准

按照流量计本体操作规范进行出厂前的校零。

### 6.14.5 保护功能调试

#### 1) 急停功能验证：

当拍下急停按钮后，观察系统软件是否会自动切断所有气路电磁阀及停止水冷系统运行并给电子负载下发停机指令。

#### 2) 三色灯调试说明：

- (1) 正常上电后，三色灯白灯常亮，表明系统已带电。
- (2) 当系统有故障出现如急停、低液位报警等，三色灯红灯闪烁报警。
- (3) 当系统正常自动加载运行后，三色灯绿灯常亮，停止自动运行绿灯灭。

#### 3) 水冷系统保护功能验证：

检验水冷系统过压保护、液位持续过低保护、阀门异常保护等操作，记录上位机的故障信息和系统其他单元的工作状态。

### 6.14.6 安全 PLC 保护功能测试

通过模拟功能，验证上位机异常关闭、下位机心跳异常、PLC通讯中断、电子负载通讯中断、PLC检测三级故障、PLC程序死循环、自动测试时关闭程序、非自动测试时关闭的测试，验证上位机是否能够触发异常保护，同时验证测试台架三级故障后禁止通过上位机控制电子负载开启或吸合接触器测试，以及电子负载故障复位的功能验证。

## 6.15 包装

按 SJ/T 10463-93 规定进行。



7.1 产品应由质量部逐台检验合格后方可提交客户；

7.2 检验分为出厂检验和型式检验（周期检查）

7.3 出厂检验

7.3.1 出厂检验应逐台进行。

7.3.2 出厂检验项目（见表）

表一 检验项目

序号	检验项目	技术要求	实验方法	型式检验	出厂检验
1	外观和结构检查	5.2	6.1	√	√
2	气密性检测功能	5.3	6.3	√	√
3	绝缘性检测功能	5.3	6.4	√	√
4	气体质量流量控制精度和动态特性测试	5.3	6.5	√	√
5	露点温度、气体温度控制精度和动态特性测试	5.3	6.6	√	√
6	压力控制精度和动态特性测试	5.3	6.7	√	√
7	水流量控制精度和动态特性测试	5.3	6.8	√	√
8	水冷系统温控调试	5.3	6.9	√	√
9	电堆测试系统尾排功能验证	5.3	6.10	√	√
10	安全保护测试	5.3	6.11	√	√
11	电子负载测试	5.3	6.12	√	√
12	低压电源测试	5.3	6.13	√	√
13	整机检验	5.3	6.14	√	√

7.3.3 所检项目均应合格

产品应按本标准表中的出厂检验项目逐台进行检验，检验合格后发给产品合格证，若在检验中有一项不合格，经返工后检验合格，方可发给合格证。

7.4 型式检验（周期检查）

7.4.1 在下列情况之一时，应进行检验（周期检查）。

- 1) 新产品投产前；
- 2) 间隔一年以上在投产时；
- 3) 设计、结构或工艺有较大变动可能影响性能时；
- 4) 正常生产中每年不少于一次；
- 5) 国家质量监督机构提出进行周期检查要求时。

7.4.2 型式检验（周期检查）从出厂合格品中随机抽取一台。



7.4.3 型式检验（周期检查）应包括本标准中所有检验项目。

7.4.4 所检项目均应合格。。

## 8、标志、包装、运输、储存

### 8.1 标志

每台机器应在适当的明显位置固定产品铭牌，铭牌上应包括下列内容：

- 1) 产品型号；
- 2) 生产厂名；
- 3) 机器编号；
- 4) 产品的主要参数；

### 8.2 包装

8.2.1 包装箱内应有下列文件：

- 1) 产品合格证；
- 2) 检验报告单；
- 3) 产品使用说明书。

8.2.2 运输包装应当有下列内容：

- 1) 产品名称；
- 2) 产品型号；

### 8.3 运输

机器在运输中不可受雨、雪直接侵袭，不得有剧烈振动和冲击。

### 8.4 贮存

8.4.1 贮存环境

机器应在环境温度 25℃空气干燥、流通，无酸、碱及其他腐蚀性气体的仓库内贮存。

8.4.2 保质期

正常使用状况下，一年以内因制程上的疏失或组件劣化而故障者，科威尔电源系统股份有限公司负完全免费之售后服务责任。