

T/CAICI

中国通信企业协会团体标准

T/CAICI 2021—××××

智慧灯杆 支撑子系统 第1部分：供电子系统

Smart light pole Support subsystem Part 1: Power Supply subsystem

(征求意见稿)

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中国通信企业协会 发布

目 次

目次	I
前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 系统架构	2
5 负荷分级	3
6 技术要求	3
6.1 环境性能	3
6.2 电气性能	4
6.3 安全性能	7
6.4 外观、结构要求	9
6.5 电能计量	9
6.6 容量要求	9
6.7 智能管理	10
6.8 蓄电池技术要求	11
7 测试方法	12
7.1 环境性能试验	12
7.2 电气性能试验	13
7.3 安全性能试验	18
7.4 智能监控试验	21
7.5 铅酸蓄电池试验	21
7.6 磷酸铁锂电池试验	22
8 检验规则	23
8.1 检验分类	23
8.2 出厂检验	23
9 标志、包装、运输和贮存	25
9.1 标志	25
9.2 包装	25
9.3 运输	25
9.4 贮存	25

前 言

本文件按GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件所属标准体系如下：

总规范：

《智慧灯杆总规范 第1部分：框架、场景和总体要求》

《智慧灯杆总规范 第2部分：协议和接口要求》

《智慧灯杆总规范 第3部分：安全要求》

.....

支撑子系统：

《智慧灯杆支撑子系统 第1部分：供电子系统》

《智慧灯杆支撑子系统 第2部分：通信子系统》

.....

应用子系统：

《智慧灯杆应用子系统 第1部分：照明子系统》

.....

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

本文件由中国通信企业协会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

引 言

为补充细化《智慧灯杆总规范 第1部分：框架、场景和总体要求》，满足各地智慧灯杆供电子系统建设需求，统一建设规范，编制本文件。

据《智慧灯杆总规范 第1部分：框架、场景和总体要求》中规定，智慧灯杆由支撑子系统和应用子系统组成。支撑子系统和应用子系统形成分规范。

本文件属于支撑子系统分规范，与其他部分形成并列关系。

本文件内容分为范围、规范性引用文件、术语及定义、系统架构、负荷分级、技术要求、测试方法、检测规则以及标志、包装、运输储存。

智慧灯杆 支撑子系统

第 1 部分：供电子系统

1 范围

本文件规定了智慧灯杆供电子系统的系统架构、技术要求、测试方法、检验规则和包装储运规范。本文件适用于智慧灯杆上搭载各类通信、监控、服务类设备的综合供电子系统。

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。

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期的版本适用于本文件；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 2423.1-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温

GB/T 2423.2-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温

GB/T 2423.3-2016 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验

GB/T 2423.10-2019 环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动（正弦）

GB/T 2423.17-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ka：盐雾

GB/T 2423.24-2013 环境试验 第2部分：试验方法 试验Sa：模拟地面上的太阳辐射及其试验导则

GB/T 2828.1-2012 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划

GB/T 2829-2002 周期检验计数抽样程序及表（适用于对过程稳定性的检验）

GB/T 3859.2-2013 半导体变流器 通用要求和电网换相变流器 第1-2部分：应用导则

GB/T 3873 通信设备产品包装通用技术条件

GB/T 4208-2017 外壳防护等级（IP代码）

GB 4797.4-2019 环境条件分类 自然环境条件 太阳辐射与温度

GB/T 4797.5-2008 电工电子产品环境条件分类 自然环境条件 降水和风

GB/T 4797.6-2013 环境条件分类 自然环境条件 尘、沙、盐雾

GB 4943.1-2011 信息技术设备 安全 第1部分：通用要求

GB/T 4980-2003 容积式压缩机噪声的测定

GB/T 18380.12-2008 电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第12部分：单根绝缘电线电缆火焰垂直蔓延试验 1kW预混合型火焰试验方法

GB 50052 供配电系统设计规范

YD/T 282-2000 通信设备可靠性通用试验方法

YD/T 799-2010 通信用阀控式密封铅酸蓄电池

YD/T 944-2007 通信电源设备的防雷技术要求和测试方法

YD/T 983-2018 通信电源设备电磁兼容性要求及测量方法

YD/T 1363.3-2014 通信局（站）电源、空调及环境集中监控管理 第3部分：前端智能设备协议》

YD/T 1436-2014 室外型通信电源系统

YD/T 2321-2020 通信用变换稳压型太阳能电源控制器技术要求和试验方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

最大功率跟踪maximum power point tracking (MPPT)

在直流稳压工作模式下，运用设置在系统输入端的一套功率比较电路，在负载需要大功率输出时，自动跟踪太阳能电池的最大功率工作点，使系统达到最大输出功率。

3.2

最大功率跟踪精度maximum power point tracking accuracy

在MPPT模式下，持续追踪光伏电池最大功率输出的精准度，其数值为一段时间内光伏电池方阵的实际输出电能与光伏电池方阵在相同条件下最大功率点输出功率在该段时间内积分之比。

3.3

削峰填谷peak cut

是调整用电负荷的一种措施。根据不同用户的用电规律，合理地、有计划地安排和组织各类用户的用电时间。以降低负荷高峰，填补负荷低谷。减小电网负荷峰谷差，使发电、用电趋于平衡。

4 系统架构

4.1 供电子系统可根据就近独立供电或拉远集中供电两种场景分为独立供电架构及集中供电架构。

4.1.1 独立供电架构

架构如图1所示，供电子系统位于智慧灯杆内部，由交流市电及新能源发电（风电供电或光伏发电）作为用电输入，输出可根据挂载设备的供电要求包括220V/380V交流设备、-48V/24V/12V直流设备，同时搭载配套储能设备。

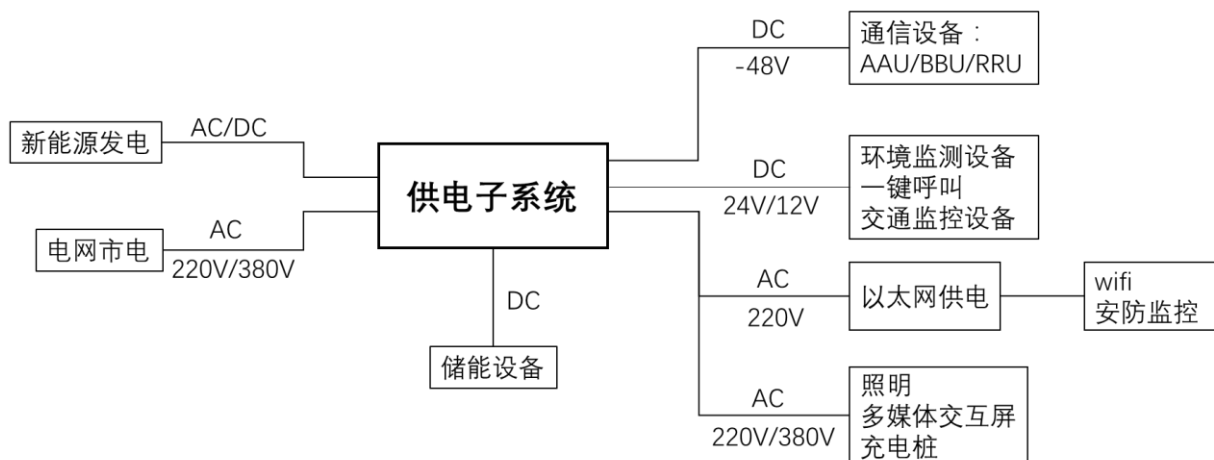


图1 独立供电架构

4.1.2 集中供电架构

架构如图2所示，局端供电子系统位于智慧灯杆外部的室外综合柜，同时为若干灯杆供电，灯杆上通过远端供电子系统为各类设备进行直接供电，挂载设备同图1。

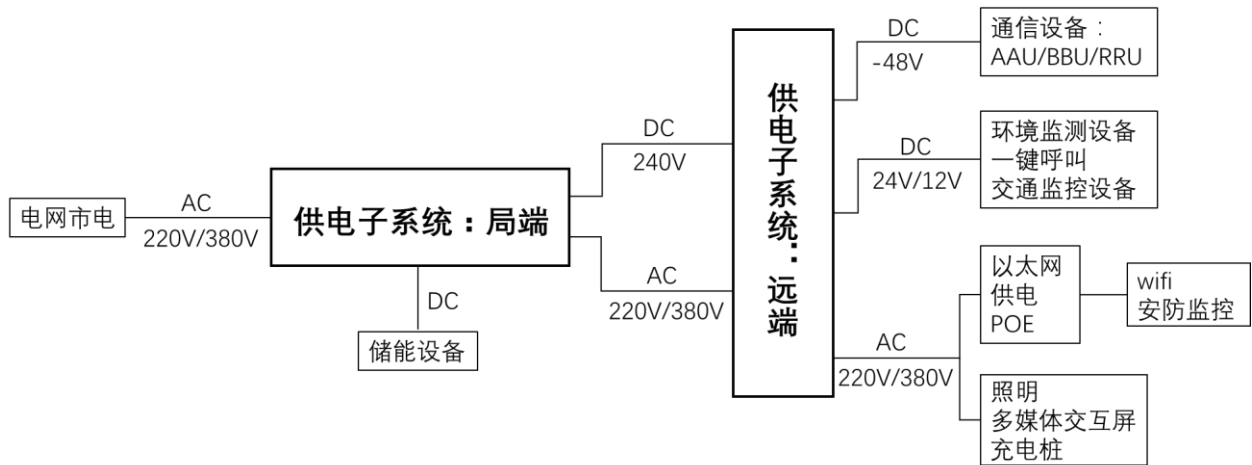


图2 集中供电架构

5 负荷分级

一般道路的智慧灯杆电力负荷应为三级负荷，重要道路、交通枢纽及人流集中的广场等区段应为二级负荷，不同等级负荷的供电要求应符合GB 50052的规定。

6 技术要求

6.1 环境性能

6.1.1 储存温度

-40℃~+70℃。

6.1.2 工作温度

-40℃~+55℃。

6.1.3 相对湿度

工作相对湿度：≤90%（不结露）。

贮存相对湿度：≤95%（不结露）。

6.1.4 大气压力

70kPa~106kPa。

6.1.5 海拔高度

海拔高度应不超过2000m，若超过2000m时应按照GB/T 3859.2-2013的规定降容使用。

6.1.6 振动

供电子系统应能承受频率为10Hz~55Hz，振幅为0.35mm正弦扫频振动。

6.1.7 防晒保护

供电系统机柜外表面应具有防晒隔热措施，产品经受GB 4797.4-2019中描述的1120W/m²等级太阳辐射后，供电系统可以正常工作。

6.1.8 IP 等级

系统机柜外壳防尘防水保护应符合GB/T 4208-2017中IP65要求。

6.1.9 三防（防潮湿、防霉变、防盐雾）保护

供电系统内印刷线路板、接插件等电路应具有防潮湿、防霉变、防盐雾处理，其中防盐雾腐蚀能力应满足GB/T 4797.6-2013表9的要求，使产品能在室外潮湿、含盐雾的环境下正常运行。

6.1.10 防锈（防氧化）保护

供电系统铁质外壳和暴露在外的铁质支架，零件应具有双层防锈措施，非铁质的金属外壳，也应具有防氧化保护膜或防氧化处理。

6.1.11 防异物入侵保护

通风型供电系统机柜在通风口要有过滤网，通风口所加过滤网要避免虫子入侵、灰尘的堵塞。过滤网应能方便清洁。

6.1.12 防风保护

安装在平台上的设备，以及暴露在外的部件，应能承受GB/T 4797.5-2008标准4.4规定的不同地区不同高度处的相对风速的侵袭。

6.1.13 防盗保护

供电系统机柜外壳门应具有防盗装置，固定产品的螺栓必须是在打开产品外壳的门才能安装或拆卸。

6.1.14 抗震性能

供电系统应能承受8、9烈度地震，地震对系统正常运行无影响。

6.2 电气性能

6.2.1 输入电压范围

风电供电：当输入电压在在配套风力发电机组输出电压范围变化时，系统应能正常工作。

光伏直流输入电压范围应符合YD/T 2321-2020中5.2要求，即在额定输入电压的85%~130%范围内变化时，供电子系统应能正常工作。

市电交流输入电压范围应满足在额定值的85%~110%范围内，供电子系统应能正常工作。

6.2.2 交流输入频率范围

市电交流输入频率在50×(1±5%)Hz范围内，供电子系统应能正常工作。

6.2.3 交流输入电压波形畸变率

市电交流输入时，输入电压波形畸变率应不大于5%。

6.2.4 交流输入功率因数

市电供电时，输入功率因数应满足表1要求。

表1 输入功率因数

	1级	2级	3级
100%额定负载	≥ 0.99	≥ 0.96	≥ 0.94
50%额定负载	≥ 0.98	≥ 0.95	≥ 0.92
30%额定负载	≥ 0.97	≥ 0.94	≥ 0.90

6.2.5 交流输入电流谐波成分

市电供电时，输入电流谐波成分（3~39次）应满足表2的要求。

表2 交流供电部分输入电流谐波成分

	1级	2级	3级
100%非线性负载	$\leq 5\%$	$\leq 8\%$	$\leq 15\%$
50%非线性负载	$\leq 8\%$	$\leq 15\%$	$\leq 20\%$
30%非线性负载	$\leq 12\%$	$\leq 22\%$	$\leq 25\%$

6.2.6 直流输出电压标称值

直流输出电压的标称值为-48V，24V，36V，12V，5V。

6.2.7 交流输出频率

在电池逆变状态下，交流输出频率应不宽于（ 50 ± 0.5 ）Hz。

6.2.8 交流输出电压波形失真度

交流输出电压波形失真度应符合表3的要求。

表3 交流输出电压波形失真度

	技术要求		
	1级	2级	3级
100%阻性负载	$\leq 1\%$	$\leq 2\%$	$\leq 4\%$
100%非线性负载	$\leq 3\%$	$\leq 5\%$	$\leq 7\%$

6.2.9 直流输出电压可调节范围

在输出额定电流的状态下，其直流输出电压应能由监控单元在其标称输出电压的90%~120%之间连续可调。

6.2.10 直流输出负载效应（负载调整率）

不同负载情况下的直流输出电压与输出电压整定值的差值应不超过输出电压整定值的 $\pm 0.5\%$ 。

6.2.11 直流输出源效应

不同输入电压情况下的直流输出电压与输出电压整定值的差值应不超过输出电压整定值的 $\pm 0.1\%$ 。

6.2.12 稳压精度

新能源输入时，不同输入电压与负载进行组合，各种情况下的直流输出电压与输出电压整定值的差值应不超过输出电压整定值的 $\pm 0.6\%$ ；

市电输入时，不同输入电压与负载进行组合，各种情况下的输出电压与电压整定值的差值应满足表4范围要求。

表4 市电输入稳压精度

技术要求		
1级	2级	3级
$\pm 1\%$	$\pm 1.5\%$	$\pm 2\%$

6.2.13 温度系数

相对于 20°C 环境温度情况下，温度每变化 1°C 时的输出电压与输出电压整定值的差值应不超过输出电压整定值 $\pm 0.02\%$ 。

6.2.14 负载效应恢复时间（动态响应）

对于直流负载部分，由于负载的阶跃变化（突变）引起的直流输出电压变化后的恢复时间应不大于 $200\mu\text{s}$ ，其超调量应不超过输出电压整定值的 $\pm 5\%$ 。

对于交流负载部分，动态电压瞬变范围应 $\leq 5\%$ ，且电压瞬变恢复时间应符合表5要求。

表5 交流负载部分电压瞬变恢复时间

技术要求		
1级	2级	3级
$\leq 20\text{ms}$	$\leq 40\text{ms}$	$\leq 60\text{ms}$

6.2.15 启动冲击电流（浪涌电流）

由于启动引起的输入冲击电流应不大于额定输入电压条件下最大稳态输入电流峰值的 150% 。

6.2.16 电话衡重杂音电压

直流输出端的电话加权衡重杂音电压应不大于 2mV 。

6.2.17 峰峰值杂音电压

直流输出端在 $0\text{MHz}\sim 20\text{MHz}$ 频带内的峰峰值杂音电压应不大于 200mV 。

6.2.18 效率（不含加热、制冷功耗）

效率应满足表6要求。

表6 效率

	1级	2级	3级
100%阻性负载	$\geq 95\%$	$\geq 92\%$	$\geq 89\%$
50%阻性负载	$\geq 96\%$	$\geq 92\%$	$\geq 89\%$
30%阻性负载	$\geq 93\%$	$\geq 86\%$	$\geq 83\%$

6.2.19 最大功率跟踪功能

当输入为光伏直流电时，供电系统应具有最大功率点跟踪功能，稳态下的最大功率点跟踪精度应不低于97%。

6.2.20 传导骚扰限值

供电系统的传导骚扰限值应符合YD/T 983-2018中8.1要求。

6.2.21 辐射骚扰限值

供电系统的辐射骚扰限值应符合YD/T 983-2018中8.2要求。

6.2.22 抗扰性

针对供电系统外壳表面的抗扰性有静电放电抗扰性和辐射电磁场抗扰性。系统在进行以上抗扰性试验中或试验后应符合YD/T 983-2018中9.2.1的要求；

针对供电系统直流输出端口的抗扰性有电快速瞬变脉冲群抗扰性和射频场感应的传导骚扰抗扰性。系统在进行以上抗扰性试验中或试验后应符合YD/T 983-2018中9.2.5的要求。

6.2.23 音响噪声

音响噪声应不大于45dB（A）。

6.2.24 可靠性指标

平均无故障时间（MTBF） $\geq 5 \times 10^4$ h。

6.3 安全性能

6.3.1 输入过/欠电压保护

输入电压高于输入电压保护值时，应能关机保护。光伏输入时，直流输入过压保护值不应低于额定直流输入电压的130%；市电输入时，交流输入过压保护值应不低于交流输入电压变动范围上限值的105%。当输入电压恢复正常时，应能自动/手动恢复。

输入电压低于输入电压保护值时，应能降容或关机保护。光伏输入时，直流输入欠压保护值不应高于额定直流输入电压的85%；市电输入时，交流输入欠压保护值应不高于交流输入电压变动范围下限值的95%。当输入电压恢复正常时，应能自动恢复正常工作。

6.3.2 输出过/欠电压保护

输出电压过高时，应能自动告警并关机保护，故障排除后，应能人工或自动恢复工作。

输出电压过低时，应能自动告警，故障排除后，应能自动恢复工作。

6.3.3 输出电流限制或输出功率限制保护

应具有输出电流限制或功率限制功能，当输出电流达到输出限流值时控制器应进入限流状态，其输出电流不继续增大；当输出功率达到输出限功率值时应进入限功率状态，其输出功率不继续增大。

输出限流值应在其额定电流的105%~110%之内，输出限功率应不小于额定输出功率。

6.3.4 输出短路保护

应具有短路自动保护功能，故障排除后应能自动或人工恢复正常工作。

6.3.5 蓄电池组反向放电保护

应具有防止蓄电池组通过光伏组件反向放电的保护功能。

6.3.6 过温保护

当供电系统工作温度超过过温保护点时，应自动降额输出或退出；当温度下降到恢复点后，系统应能自动恢复正常输出。

6.3.7 告警性能

供电系统在各种保护功能动作的同时，应能自动发出相应的声光告警，应能通过通信接口将告警信号传送到近端、远端监控设备上，部分告警可通过相应的通信接口将告警信号送至机外告警设备，所送的告警信号应能区分故障的类别。

6.3.8 绝缘电阻

在环境温度为15℃~35℃，相对湿度为90%，试验电压为直流500V时，应符合以下规定：

各独立电路与地（即金属框架）之间的绝缘电阻不小于2MΩ；

无电气联系的各电路之间的绝缘电阻不小于2MΩ。

6.3.9 抗电强度

输入电路对地、输出电路对地应能承受50Hz、电压幅值为表7绝缘试验的耐压交流电压相应的等级电压或采用试验电压为表7绝缘试验的耐压等级的1.4倍直流电压等级电压，历时1min，不应出现击穿与飞弧现象。

表7 抗电强度试验的试验电压

系统输入	测试点	测试电压值（V）
交流输入	直流输出对地	500V _{ac} 或 707V _{dc}
	交流输入对直流输出	3000V _{ac} 或 4242V _{dc}
	交流输入对地	2000V _{ac} 或 2828V _{dc}
直流输入	直流输出对地	500V _{ac} 或 707V _{dc}
	交流输出对地	2000V _{ac} 或 2828V _{dc}
	直流输入对直流输出	500V _{ac} 或 710V _{dc}
	直流输入对交流输出	1500V _{ac} 或 2120V _{dc}
	直流输入对地	1500V _{ac} 或 2120V _{dc}

6.3.10 保护接地

保护接地点应有明显的标志；

外壳及所有可触及的不带电金属零部件与保护接地点的电阻应不大于0.1Ω。

6.3.11 防雷要求

直流输入端应装有浪涌保护装置，应符合YD/T 944-2007的要求。

交流输入应配置浪涌保护器，浪涌保护器应满足以下要求：

应能根据用户要求配置不同最大流通容量的B级浪涌保护器，浪涌保护器前端应设置一个极限分断能力不小于10kA的保护器件；

浪涌保护器应为3+1保护模式的一端口浪涌保护器；

交流浪涌保护器的最大流通容量应符合表8的要求。

表8 交流浪涌保护器最大流通容量

气象及环境因素		雷暴日（日/年）		
		<25	25~40	≥40
城区	有不利因素	60kA	80kA	
	无不利因素	60kA		
郊区	有不利因素	80kA		100kA
	无不利因素	60kA		
山区	有不利因素	100kA	120kA	
	无不利因素	80kA		

6.3.12 接触电流

应≤3.5mA，如超过3.5mA，应按GB 4943.1-2011标准要求，在输出接线处加贴相应的标示。

6.3.13 材料阻燃性能

系统所用PCB的阻燃等级应达到GB 4943.1-2011中规定的V-0要求，绝缘电线的阻燃等级应达到GB/T 18380.12-2008中规定的要求，其他绝缘材料的阻燃等级应达到GB 4943.1-2011中规定的V-1要求。

6.4 外观、结构要求

6.4.1 结构要求

供电系统必须装有带锁的门，应做到不开门就不能对产品做任何操作，操作所用开关、按钮应灵活可靠；

机柜结构应具有散热效应，散热方式可采取如：通风散热、热交换散热等方式；

蓄电池放置位置应方便更换操作；

系统外接的接线端口（包括输入端和输出端、信号端）应有妥善的连接固定方式，并同外壳防护等级相适配。

6.4.2 外观要求

机柜结构稳固，漆面或镀层均匀，无剥落、锈蚀及裂痕等现象；

机柜表面平整，所有标牌、标记、文字符号应清晰、正确、整齐。

6.5 电能计量

照明、充电桩、通信及监控设备等宜分别设置专用供电线路，分开计量，当条件有限时，可合用供电干线，且负载类型不宜多于两类。

6.6 容量要求

6.6.1 配电单元的接口要求

配电单元应设置数量合适的负载分路，每个负载分路应配置合适容量的熔断器或断路器；

蓄电池端子应配置合适容量的熔断器或断路器，所有蓄电池端子的熔断器或断路器的总容量应不小于额定输出总电流的125%。

6.6.2 容量参考

单个智慧灯杆挂载用电设备的参考功率见表9，实际应用应根据具体情况及设备数量需求进行适当调整。

表9 智慧灯杆挂载设备参考功率

设备名称	参考功率	电缆线路及材质
照明设备	100W-350W	主线电缆规格宜选用 2×1.5mm ² 、2×2.5mm ² 、3×1.5mm ² 或 3×2.5mm ² 、铜芯电缆
视频采集	60W	主线电缆规格宜选用 3×0.5mm ² 或 3×0.75mm ² 带屏蔽铜芯电缆
移动通信	1200W（宏基站） 300W-600W（微基站）	主线电缆规格宜选用 2×1.5mm ² 铜芯电缆
环境、气象、交通监测	60W	
一键呼叫	15W	
多媒体交互	36W	
交流充电桩	7000W	主线电缆规格宜选用 4*10mm ² 铜芯电缆
直流充电桩	20kW~40kW	
信息发布屏	900W-1200W/m ²	主线电缆规格宜选用 4*6mm ² 铜芯电缆

6.6.3 总容量要求

供电子系统应综合考虑各挂载设备的用电负荷，单个智慧灯杆的总用电容量不宜低于实际预测计算容量的120%。

6.7 智能管理

6.7.1 蓄电池管理功能

应能对蓄电池充电电压进行温度补偿，补偿系数调节范围-（3~7）mV/°C/cell；

应能对蓄电池限流充电，限流值应可调节；

应具有蓄电池剩余电量计算功能；

应具有对蓄电池进行均充及浮充的自动转换功能；

应具有电池过放电保护功能，当电池放电电压达到预先设定的电压值时，关闭负载，避免电池过放电而损坏，当电池电压恢复到预先设定的恢复电压值时，应能自动重新接通负载。

6.7.2 四遥功能

应能实时监测供电系统工作状态；

应能采集和存储供电系统运行参数，告警记录可随时刷新，告警信息在系统断电状况下应继续保存，保存条目数量应不少于100条；

应能对外提供监控接口（如RS485），监控接口协议应符合YD/T 1363.3-2014的规定：

——遥测：输入电压、输入电流、输入频率、蓄电池电压、蓄电池充放电电流、蓄电池温度、负载电流、输出电流、输入/输出电量；

——遥信：蓄电池过/欠压告警、直流输出过流告警、熔断器/断路器告警、输入过/欠压、缺相、

输入过流（可选）、频率过高/过低（可选）、断路器/开关状态（可选）、过温、短路、防雷器故障；

——遥控：开关机状态转换、均/浮充转换（可选）、光伏方阵投入/撤出（可选）、定时下电（可选）、备电下电模式（可选：备电时长、电池电压、电池剩余电量）；

——遥调：开关温度告警点（可选）、母线接头温度告警点（可选）、过流告警点（可选）、输入过/欠压告警点、定时下电时间点（可选）、备电下电模式值（可选：备电时长、电池电压值、电池剩余电量值）

6.7.3 显示功能

监控单元应能显示：蓄电池电压、蓄电池充放电电流、系统输入电压/电流、负载电流、输出电流、系统温度、新能源累计发电量（可选）、负载累计用电量（可选）、蓄电池温度、蓄电池过/欠压告警、直流输出过流告警、熔断器/断路器告警、工作状态和故障、下电告警（可选）。

6.7.4 削峰填谷功能（可选）

供电子系统和储能系统宜具备信息互联互通功能，可根据电价进行削峰填谷，实现成本最优化。

6.8 蓄电池技术要求

6.8.1 铅酸蓄电池工作性能

6.8.1.1 基本技术要求

铅酸蓄电池的性能指标应满足YD/T 799-2010标准的规定。

6.8.1.2 高温性能

蓄电池在45℃的环境下，应能放出额定容量（ C_{10} ）的100%。

6.8.1.3 低温性能

蓄电池在-10℃的环境下，应能放出额定容量（ C_{10} ）的70%。

6.8.1.4 蓄电池恒压限流充电值

蓄电池在恒压条件下，最大充电电流可达到 $2.5I_{10}$ 。

6.8.1.5 蓄电池容量恢复性能

蓄电池经受短路循环5次后放电容量不低于额定容量（ C_{10} ）的90%。

6.8.1.6 蓄电池寿命

蓄电池循环寿命应不低于300次。

6.8.2 磷酸铁锂电池组工作性能

6.8.2.1 基本技术要求

磷酸铁锂电池组的性能指标应满足YD/T 2344.1-2011标准的规定。

6.8.2.2 高温性能

电池在45℃的环境下，应能放出额定容量（ C_{10} ）的100%；

电池在55℃的环境下，应能放出额定容量（ C_{10} ）的95%以上。

6.8.2.3 低温性能

电池在-10℃的环境下，应能放出额定容量（ C_{10} ）的60%。

6.8.2.4 蓄电池容量保存率

电池组充满电后，在环境温度为 $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的条件下将电池组开路静置28天，再以1.0I10A电流放电至终止电压，放电容量不低于额定容量（ C_{10} ）的95%。

6.8.2.5 电池寿命

电池组的循环寿命应不少于1000次。

7 测试方法

7.1 环境性能试验

7.1.1 低温储存试验

试验按GB/T 2423.1 - 2008中“试验 Ab”进行：

- 将无包装、不通电、处于室温的试验样品，按正常位置放入处于室温的试验箱(室)内；
- 箱(室)内温度以不大于 $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ (不超过5min时间的平均值)的变化率降至 $-40^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ，并使试验样品达到温度稳定后，开始计算低温储存时间，试验持续2h；
- 试验样品应在标准大气条件下、试验箱(室)内进行恢复直至解冻；
- 试验样品的恢复时间要足以使其达到温度稳定，最少为1h，一般不超过2h；
- 恢复后的试验样品，开机应工作正常。

7.1.2 高温储存试验

试验按GB/T 2423.8 - 2001中“试验 Bb”进行：

- 将无包装、不通电、处于室温的试验样品，按正常位置放入处于室温的试验箱(室)内；
- 箱(室)内温度以不大于 $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ (不超过5min时间的平均值)的变化率升至 $70^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，并使试验样品达到温度稳定后，开始计算高温储存时间，试验持续2h；
- 试验样品应在标准大气条件下、试验箱(室)内进行恢复至室温；
- 试验样品的恢复时间要足以使其达到温度稳定，最少为1h，一般不超过2h；
- 恢复后的试验样品，开机应工作正常。

7.1.3 低温工作试验

试验按GB/T 2423.1 - 2008中“试验 Ad”进行：

- 将无包装，不通电处于室温的试验样品，按正常位置放入处于室温的试验箱(室)内；
- 箱(室)内温度以不大于 $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ (不超过5min时间的平均值)的变化率降至 $-40^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ，并使试验样品达到温度稳定；
- 试验样品在满负载的条件下加电，同时开始计算低温工作时间；
- 低温持续时间2h；
- 低温持续时间2h后，系统应工作正常。

7.1.4 高温工作试验

试验按GB/T 2423.8-2001中“试验 Bd”进行：

- a) 将无包装，不通电处于室温的试验样品，按正常位置放入处于室温的试验箱(室)内；
- b) 箱(室)内温度以不大于 $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ (不超过 5min 时间的平均值)的变化率升至 $55^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，并使试验样品达到温度稳定；
- c) 试验样品在满负载的条件下加电，同时开始计算高温工作时间；
- d) 高温持续时间 2h；
- e) 高温持续时间 2h 后，系统应工作正常。

7.1.5 恒定湿热试验

试验按GB/T 2423.3-2016中“试验 Cab”进行：

- a) 在试验箱(室)和实验室的温、湿度一致的试验条件下，将相同温度的试验样品送入试验箱(室)内，试验样品应无包装，不通电，按正常位置放入试验箱(室)内；
- b) 将箱(室)内温度以不大于 $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ (不超过 5min 时间的平均值)的变化率调节到 $55^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ；
- c) 在 2h 内慢慢地将湿度调到 $93\% \pm 3\%$ ；
- d) 试验时间的计算应从规定的条件达到后算起，试验持续时间 2 天；
- e) 试验样品在标准大气条件恢复处理后，开机应工作正常。

7.1.6 振动试验

将无包装、不通电的设备按GB/T 2423.10-2008中“试验Fc”进行试验：频率为10Hz~55Hz，振幅为0.35mm，X、Y、Z 3个轴线各扫频循环20次。

7.1.7 防晒试验

试验方法按GB/T 2423.24-2013中试验程序A进行，1个循环（可以仅试验光照的8小时），在试验中，产品能以输入额定电压，满载的条件正常运行。

7.1.8 防尘试验

试验方法按GB/T 4208-2017中13.4和13.5进行，试验后应满足GB/T 4208-2017中表2的要求。

7.1.9 防水试验

试验方法按GB/T 4208-2017中14.2.5进行，试验后应满足GB/T 4208-2017中表3的要求。

7.1.10 防盐雾试验

试验方法按GB/T 2423.17-2008进行，试验时间48h。试验中，产品能以输入额定电压，满载的条件正常运行。试验后，试验品的支架、外壳等金属件应无面积超过 4mm^2 的锈迹。

7.1.11 抗震试验

试验方法按YD/T 5096-2016进行，试验后系统应正常运行无影响。

7.2 电气性能试验

7.2.1 输入电压范围试验

7.2.1.1 光伏输入电压范围试验

- a) 按图3接好试验电路及仪表，调节负载电流为50%额定值，以此时直流输出电压值作为整定值；

- b) 调节直流稳压可调电源，使输入电压为 130%额定值，直流输出电压为出厂整定值，负载电流为额定值，检查供电子系统应工作正常；
- c) 调节直流稳压可调电源，使输入电压为 85%额定值，直流输出电压为出厂整定值，负载电流为额定值，检查供电子系统应工作正常。

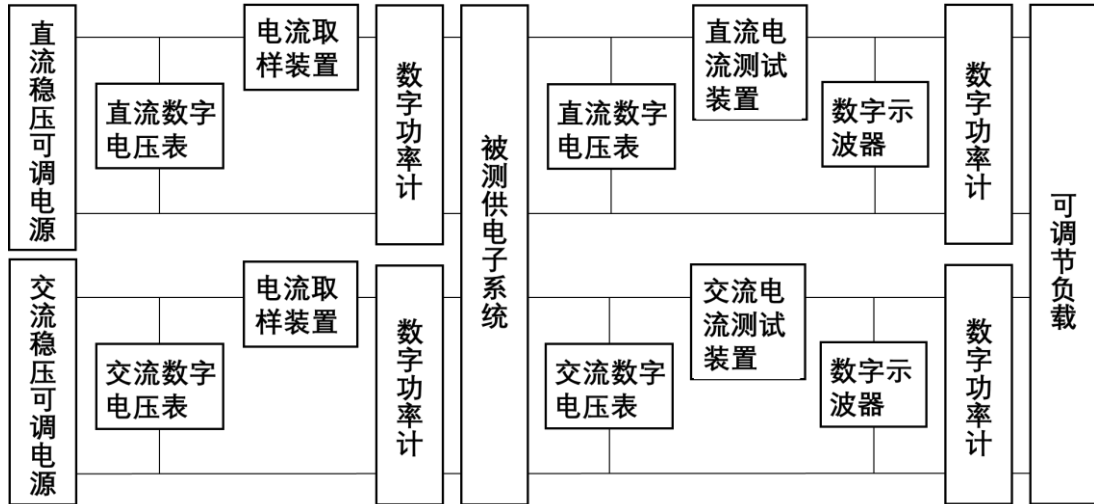


图3 试验接线示意图

7.2.1.2 风电输入电压范围试验

按图3接通试验电路及仪表，在配套风力发电机组输出电压范围内调节，检查系统是否正常工作。

7.2.1.3 市电输入电压范围试验

交流输入电压变动范围试验按以下步骤进行：

- a) 按图 3 接好试验电路；
- b) 调节交流输入电压为 120% 额定值，直流输出电压为出厂整定值，负载电流为额定值，检查系统应工作正常；
- c) 调节被测系统交流输入电压为 80% 额定值，直流输出电压为出厂整定值，负载电流为额定值，检查系统应工作正常。

7.2.2 交流输入频率范围试验

输入频率变动范围试验按以下步骤进行：

- a) 按图 3 接好试验电路；
- b) 调节输入频率为 52.5Hz，直流输出电压为出厂整定值，负载电流为额定值，检查系统应工作正常；
- c) 调节被测系统输入频率为 47.5Hz，直流输出电压为出厂整定值，负载电流为额定值，检查系统应工作正常。

7.2.3 交流输入电压波形畸变率试验

输入电压波形畸变率试验按以下步骤进行：

- a) 按图 3 接好试验电路；
- b) 当输入电压波形畸变率不大于 5%时，检查系统应工作正常。

7.2.4 交流输入功率因数试验

输入功率因数试验按以下步骤进行：

- a) 按图 3 接好试验电路（输入电压波形畸变率不大于 1%）；
- b) 调节交流输入电压为额定值，直流输出电压为出厂整定值，负载电流为 30%额定值、半载、满载；
- c) 读取功率因数应符合 6.2.4 的要求。

7.2.5 交流输入电流谐波成分试验

输入电流谐波成分试验按以下步骤进行：

- a) 按图 3 接好试验电路（输入电压波形畸变率不大于 1%）；
- b) 调节交流输入电压为额定值，直流输出电压为出厂整定值，负载电流为 30%额定值、半载、满载；
- c) 读取输入电流谐波成分应符合 6.2.5 的要求。

7.2.6 交流输出频率试验

在电池逆变工作模式下，输出接额定阻性负载，用电力谐波分析仪测量输出频率值应符合6.2.7要求。

7.2.7 交流输出电压波形失真度试验

测试电路如图3，输入电压波形失真度≤5%，输出分别接额定阻性负载与非线性负载，用电力谐波分析仪分别测量正常工作和电池逆变工作模式时，输出波形失真度应符合6.2.8要求。

7.2.8 直流输出电压可调节范围试验

直流输出电压可调节范围试验按以下步骤进行：

- a) 按图 3 接好试验电路；
- b) 调节交流输入电压为额定值，直流输出电压为出厂整定值，负载电流为额定值，调节输出电压至上限值；
- c) 负载电流为 5%额定值，调节输出电压至下限值，应符合 6.2.9 的要求。

7.2.9 负载效应、源效应、稳压精度试验（市电输入）

试验按以下步骤进行：

- a) 按图 3 接好试验电路；
- b) 启动被测整流器，调节交流输入电压为额定值、直流输出电压为出厂整定值，负载电流为 50%额定值，以此时直流输出电压值作为整定值；
- c) 调节交流输入电压分别为 85%、110%额定值，负载电流分别为 5%、100%额定值，对组合后 4 种状态下的直流输出电压分别进行测量、记录；
- d) 根据测试的记录数据按公式（1）计算出在以上各种条件下的负载效应，其中最差值应符合 6.2.10 的要求。

$$\text{负载效应} = \frac{V_{a1}(V_{a2}) - V_{a0}}{V_{a0}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

V_{a0} ——直流输出电压整定值，单位为V。

V_{a1} ——负载电流为5%额定值时的直流输出电压整定值，单位为V。

V_{a2} ——负载电流为100%额定值时的直流输出电压整定值，单位为V。

- e) 根据测试的记录数据按公式(2)计算出在以上各种条件下的源效应,其中最差值应符合 6.2.11 的要求。

$$\text{源效应} = \frac{V_{b1}(V_{b2}) - V_{b0}}{V_{b0}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

V_{b0} ----直流输出电压整定值,单位为V。

V_{b1} ----交流输入电压为85%额定值时的直流输出电压整定值,单位为V。

V_{b2} ----交流输入电压为110%额定值时的直流输出电压整定值,单位为V。

- f) 根据测试的记录数据按公式(3)计算出在以上各种条件下的稳压精度,其中最差值应符合 6.2.12 的要求。

$$\text{稳压精度} = \frac{V_{\max} - V_0}{V_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

V_0 ----直流输出电压整定值,单位为V。

V_{\max} ----所测出数据中与整定值偏差(正偏或负偏)最大的直流输出电压值,单位为V。

7.2.10 温度系数试验

试验按以下步骤进行:

- 供电子系统放置恒温箱中,按图3;
- 启动供电子系统,调节交流输入电压为额定值、直流输出电压为出厂整定值,负载电流为额定值,控制高、低温试验箱内温度恒温 $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 至被测样品平衡稳定工作后,测量并记录此时直流输出电压值为整定值;
- 控制高低温试验箱内温度变化至工作温度下限 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ (变化平均在 5min 内不大于 $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$),恒温 2h 至被测样品平衡稳定工作,恒温工作时间内间隔 15min,测量并记录被测样品直流输出电压值;
- 控制高低温试验箱内温度从下限上升(上升至 0°C 时保持 30min,变化平均在 5min 内不大于 $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$),变化至工作温度上限 $\pm 1^{\circ}\text{C}$,恒温 2h 至被测样品平衡稳定工作,恒温工作时间内间隔 15min 测量并记录被测样品直流输出电压;
- 按公式(4)计算出被测样品在温度下降与上升时的温度系数,计算结果应符合 6.2.13 的要求。

$$\begin{aligned} \text{温度系数(下降)} &= \frac{V_{t\text{下}} - V_{t0}}{V_{t0} \cdot (t_{\text{下}} - t_0)} \times 100\% \\ \text{温度系数(上升)} &= \frac{V_{t\text{上}} - V_{t0}}{V_{t0} \cdot (t_{\text{上}} - t_0)} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4) \end{aligned}$$

式中:

t_0 ---- 20°C 。

$t_{\text{下}}$ ----工作温度下限值 (-40°C),单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。

$t_{\text{上}}$ ----工作温度上限值 (-55°C),单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。

V_{t0} ----直流输出电压整定值,单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。

$V_{t\text{下}}$ ----工作温度下限时的直流输出电压整定值,单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。

$V_{t\text{上}}$ ----工作温度上限时的直流输出电压整定值,单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。

7.2.11 负载效应恢复时间（动态响应）试验

7.2.11.1 直流负载效应恢复时间试验

试验按以下步骤进行：

- a) 按图 3 接好试验电路；
- b) 启动被测样品，调节交流输入电压为额定值，直流输出电压为出厂整定值，负载电流为 50%额定值；
- c) 突变负载电流，使负载电流从额定值的 25%→50%→25%和 50%→75%→50%进行阶跃式变化，用数字存储示波器的适当量程观察被测样品直流输出电压的时间变化波形，从中计算电压幅度变化量、超调量及恢复时间，计算结果应符合 6.2.14 的要求。

7.2.11.2 交流负载效应恢复时间试验

测试电路如图3，正常工作模式，输出接阻性负载，用断路器或接触器使输出电流由零突加至额定值，再由额定值突减至零。用存储示波器分别测量两次电流突变时输出电压峰峰值的瞬变值，该瞬变值与稳定时的输出电压峰峰值之比应符合6.2.14中的规定。

7.2.12 启动冲击电流（浪涌电流）试验

试验按以下步骤进行：

- a) 按图 3 接好试验电路；
- b) 启动被测样品，调节交流输入电压为额定值，直流输出电压为出厂整定值，负载电流为额定值；启动被测样品时用存储示波器配合电流取样装置分别测量交流输入冲击电流峰值与稳定工作后的交流输入电流峰值；
- c) 对被测样品反复进行 4 次启动，相临两次间隔 2min，启动冲击电流最大值应符合 5.2.15 的要求。

注：由于EMI电路所产生的 μs 级冲击电流不考虑。

7.2.13 杂音电压试验

系统杂音电压试验按以下步骤进行：

- a) 按图 3 接好试验电路。在被测系统直流输出端连接杂音计，测试电话衡重杂音电压；连接 20MHz 示波器，测试峰-峰值杂音电压；
- b) 调节交流输入电压为额定值，直流输出电压为出厂整定值，负载电流为额定值；
- c) 用杂音计中电话衡重加权测量模式，选择 600 Ω 或 75 Ω 输入阻抗，并选择适当量程，读取并记录电话衡重杂音电压，应符合 6.2.16 的要求；
- d) 选择示波器适当量程，扫描速度低于 0.5s，读取并记录最大峰-峰值，应符合 6.2.17 的要求。

7.2.14 效率（不含加热、制冷功耗）试验

系统效率试验按以下步骤进行：

- a) 按图 3 接好试验电路；
- b) 系统在普通工作模式下，调节输入电压为额定值，输出电压为出厂整定值，风扇为额定工作状态，负载电流为 30%额定值、半载、70%额定值、满载；
- c) 读取被测系统的输出有功功率；
- d) 读取被测系统的输入有功功率，按公式(5)计算出效率，应符合 6.2.18 的要求。

$$\text{效率} = \frac{P_0}{P_i} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

式中：

P₀——输出有功功率。

P_i——输入有功功率。

7.2.15 最大功率跟踪功能试验

试验按以下步骤进行：

- a) 如图 3 所示连接电路，接入光伏模拟器；
- b) 设置光伏方阵模拟器的 I-V 曲线使其最大功率点电压等于控制器的额定输入电压，最大功率点功率等于控制器的额定输出电压乘以 75%额定输出电流，最大功率为 P_m；
- c) 打开被测样品，调整负载为光伏模拟装置所设定的最大功率点功率，稳定工作 3 分钟后，启动模拟器的跟踪效率测量功能并持续测量 10 分钟，获取此时光伏模拟器实际输出的电能值 W_{m2}，并且计算最大功率点对应的电能 W_{m1}；计算跟踪精度 $\eta = W_{m2}/W_{m1}$ ；
- d) 试验结果应符合 6.2.19 的要求。

7.2.16 传导骚扰限值试验

供电系统的传导骚扰测试按照 YD/T 983-2018 中 8.1 要求进行。

7.2.17 辐射骚扰限值试验

供电系统的辐射骚扰测试按照 YD/T 983-2018 中 8.2 要求进行。

7.2.18 抗扰性试验

供电系统的静电放电抗扰性和辐射电磁场抗扰性测试按照 YD/T 983-2018 中 9.2.1.1 及 9.2.1.2 的要求进行；

供电系统电快速瞬变脉冲群抗扰性和射频场感应的传导骚扰抗扰性测试按照 YD/T 983-2018 中 9.2.2.1、9.2.3.1、9.2.4.1、9.2.5.1、9.2.2.2、9.2.3.2 和 9.2.4.2 的要求进行。

7.2.19 音响噪声试验

试验按以下步骤进行：

- a) 按图 3 接好试验电路；
- b) 启动被测样品，调节输入电压为额定值，输出电压为出厂整定值，调节负载电流分别为 50% 和 100% 额定值；
- c) 用声级计在被测样品正面 1m、设备的二分之一高度处进行测量，测量结果应符合 6.2.23 的要求。

注：测试现场的被测噪声与本底噪声的差应不小于 7dB，否则，测量数据应按照 GB/T 4980-2003 要求进行修正。

7.2.20 可靠性指标试验

按 YD/T 282-2000 中第 6 章相关要求进行。

7.3 安全性能试验

7.3.1 输入过/欠电压保护试验

7.3.1.1 交流输入过/欠电压保护试验

调节交流输入电压，使其逐步升高或降低，系统应按6.3.1的要求动作。

7.3.1.2 直流输入过/欠电压保护试验

测试电路如图3，将可调阻性负载调到额定值，将直流稳压电源的电压调至过压保护点以上，设备应自动告警并保护，电压下降到设定值后，应能自动或人工恢复工作；将可调阻性负载调到额定值，将直流稳压电源的电压调至欠压限功率点以下，设备应降容工作；将直流稳压电源的电压调至欠压限功率点以下，设备应自动保护并告警；将电压回调到恢复点，设备应能自动恢复工作。

7.3.2 输出过/欠电压保护试验

测试电路如图3，用一可调稳压电源代替电池。将可调阻性负载调到额定值，将可调稳压电源的电压调至过压保护点以上，设备应自动告警并保护，电压下降到设定值后，应能人工恢复工作；将可调阻性负载调到额定值，然后将直流稳压电源的电压调至欠压保护点以下，设备应告警；将电压回调到恢复点，设备应能自动恢复正常。

7.3.3 输出电流限制或输出功率限制保护试验

试验按以下步骤进行：

- a) 按图3接好试验电路；
- b) 启动被测设备，调节输入电压为额定值，输出电压值为出厂整定值，负载电流50%额定值；
- c) 调节负载电流至限流点或输出功率至恒功率值，检查设备是否符合6.3.3的要求；
- d) 减小负载电流恢复至额定值范围内，检查设备能否回复。结果应符合6.3.3的要求。

7.3.4 输出短路保护试验

试验按以下步骤进行：

- a) 按图3接好试验电路；
- b) 接通稳压电源，启动系统，使设备短路；
- c) 试验结果应符合6.3.4的要求。

7.3.5 蓄电池组反向放电保护试验

试验按以下步骤进行：

- a) 按图4接好试验电路；
- b) 调节可调电阻，检查A2有无电流流过。若A2电流读数为0，则设备具有反向放电保护功能；
- c) 试验结果应符合6.3.5的要求。

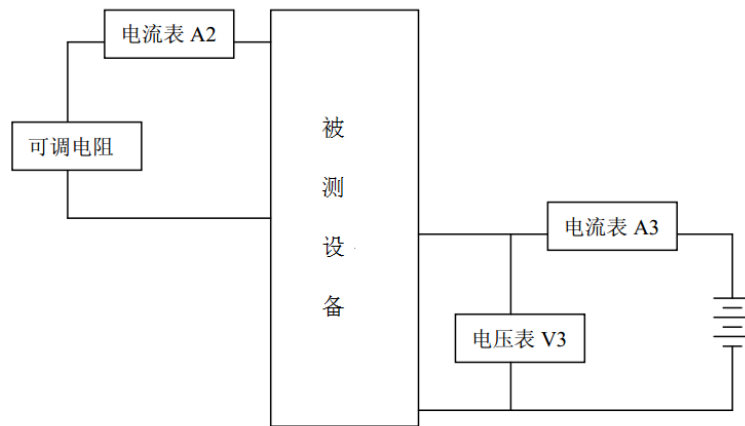


图4 蓄电池组反向放电保护试验接线

7.3.6 过温保护试验

模拟环境温度超过系统设定值，系统应按6.3.6的要求动作。

7.3.7 告警性能试验

检查任一保护功能动作时，系统应能发出可见可闻告警信号，应符合6.3.7的要求。

7.3.8 绝缘电阻试验

用绝缘电阻测试仪直流500V的测试电压，对被测系统的输入对地、输出对地、输入对输出进行测试，测试结果应符合6.3.8要求。

7.3.9 抗电强度试验

抗电强度试验按以下步骤进行：

- 被测系统必须是在进行完绝缘电阻试验并符合要求后才能进行抗电强度的试验；
- 对被测系统的输入对地、输出对地、输入对直流输出施加 6.3.9 规定的试验电压；
- 试验电压从小于一半最高幅值处逐步升高，达到规定电压值时持续 1min，漏电流应不大于 30mA，抗电强度应符合 6.3.9 要求。

注：抗电强度试验前应断开跨接在测试点之间的所有防雷/防浪涌装置，且不安装任何监控单元等。

7.3.10 保护接地试验

接地性能试验按以下步骤进行：

- 被测系统应与输入电路、输出电路、监控设备及所有外部电路完全断开；
- 按GB 4943.1-2011中2.6.3.4规定的方法依次测试外壳、前、后可活动的门（板）、及其门（板）的拉手、门锁等外表面可能触及的金属部件与接地点之间的连接电阻值，应符合6.3.10的要求。

7.3.11 防雷要求试验

按YD/T 944-2007中第6章规定的方法进行。

7.3.12 接触电流试验

调节交流输入电压、负载电流为额定值，输出电压为出厂整定值。按GB4943.1-2011中图5A、图5B要求连接测试仪表，测量被测电源系统交流输入电源(相线、零线)对保护接地端的漏电流，应符合6.3.12的要求。

7.3.13 材料阻燃性能试验

材料阻燃性能试验按以下步骤进行：

- a) 进行本试验时可能会冒出有毒的烟雾，在适用的情况下，试验可以在通风柜中进行，或者在通风良好的房间内进行，但是不能出现可能使试验结果无效的气流；
- b) 试验火焰应利用本生灯获得，本生灯灯管内径为 $9.5\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$ ，灯管长度从空气主进口处向上约为 100mm 。本生灯采用甲烷气或热值约为 $37\text{MJ}/\text{m}^3$ 的天燃气。本生灯处于垂直位置，调节燃气和空气的供给量，使蓝色火焰的总高度为 $20\text{mm} \pm 2\text{mm}$ 。火焰顶端应与样品接触，烧 30s ，然后移动火焰停烧 60s ，再在同一部位烧 30s ；
- c) 在试验期间，当试验火焰第二次撤离后，样品延续燃烧不应超过 1min ，且样品不应完全烧尽，试验结果应符合 6.3.13 的要求；
- d) 绝缘电线的阻燃性能试验按照 GB/T 18380.12-2008 中第 5 章进行，试验结果应符合 6.3.13 的要求。

7.4 智能监控试验

7.4.1 蓄电池管理功能试验

通过操作监控单元等方式，检查系统的蓄电池管理功能应符合6.7.1的要求。

7.4.2 四遥功能试验

检查系统的遥测、遥信、遥控及遥调功能和通信协议应符合6.7.2的要求。

7.4.3 显示功能试验

检查系统的显示功能应符合6.7.3的要求。

7.5 铅酸蓄电池试验

7.5.1 铅酸蓄电池容量试验

试验方法按YD/T 799-2010中7.7进行，试验结果应符合6.9.1.1的要求。

7.5.2 铅酸蓄电池高温性能试验

- a) 容量测试合格的蓄电池，按规定方法充电，充电后在 $45^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$ 的温度环境中静置 $6\sim 8\text{h}$ ；
- b) 然后在 $45^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$ 温度条件下以 $1\text{I}10$ 放电至 $1.80\text{V}/\text{Cell}$ ，试验结果应符合 6.9.1.2 的要求。

7.5.3 铅酸蓄电池低温性能试验

容量测试合格的蓄电池，按规定方法充电，充电后在 $-10^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$ 的温度环境中静置 24h ，然后在 $-10^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$ 温度条件下以 $1\text{I}10$ 放电至 $1.80\text{V}/\text{Cell}$ ，试验结果应符合6.9.1.3的要求。

7.5.4 铅酸蓄电池容量恢复性能试验

- a) 蓄电池在充足电后以 10h 率放电电流放电至接近于 0V 后短接蓄电池正负极 24 小时；
- b) 将蓄电池充足电后继续以 a) 进行放电及短路，如此循环 5 次；

- c) 蓄电池按规定方法进行充电，充电后蓄电池以 $1I_{10}$ 放电至 $1.80V/Ce11$ ，试验结果应符合 6.9.1.5 的要求。

7.5.5 铅酸蓄电池充电方法

除特别说明外，铅酸蓄电池充电方法为：在 $20^{\circ}C \sim 25^{\circ}C$ 环境中，蓄电池以恒压 ($2.40V/Ce11$) 限流 ($2.5I_{10}$) 方式充电 24h。

7.5.6 铅酸蓄电池寿命试验

按 7.5.1 条测试合格的蓄电池以 7.5.5 条规定的方法进行充电，然后按下述方法进行连续充放电循环：

- a) 蓄电池以 $2.0I_{10}$ (A) 的恒定电流放电 2h；
- b) 蓄电池以供应商规定的浮充电压 (限流 $2.5I_{10}A$) 充电 22h。

经过 50 次这样的循环之后，蓄电池不再充电，按 7.5.1 条进行 10h 率容量试验。计算放电容量 $C_a(25^{\circ}C)$ 。当放电容量 C_a 不低于 $0.80C_{10}$ 时，蓄电池经完全充电后进行下一个 50 次充放电循环。

当放电容量 C_a 低于 $0.80C_{10}$ 时，再进行一次 10h 率容量放电试验验证，如果验证结果 C_a 不低于 $0.80C_{10}$ ，则蓄电池以 6.5.5 条规定的方法进行充电后继续转入下一 50 次充放电循环；如果验证结果 C_a 仍低于 $0.80C_{10}$ ，则寿命试验终止，此 50 次循环不计入浮充电循环总数。

7.6 磷酸铁锂电池试验

7.6.1 磷酸铁锂电池容量试验

试验方法按 YD/T 2344.1-2011 中 6.6.1 进行，试验结果应符合 6.9.2.1 的要求。

电池组按规定充满电后静置 0.5h~1h，在环境温度 $25^{\circ}C \pm 2^{\circ}C$ 的条件下，分别以 $1.0I_{10}A$ 、 $3.3I_{10}A$ 、 $10I_{10}A$ 电流放电至终止电压，电池组的放电容量应符合 YD/T 2344.1-2011 中 5.4.3 的要求。

7.6.2 磷酸铁锂电池高温性能试验

40℃ 放电：

电池组按 YD/T 2344.1-2011 中 6.3.1 规定充满电后，将其放入 $40^{\circ}C \pm 2^{\circ}C$ 的高温箱中静置 4h 后，以 $10I_{10}A$ 电流放电至终止电压，电池组的放电容量、外观应符合 YD/T 2344.1-2011 中 5.4.3 的要求。

55℃ 放电：

电池组按 YD/T 2344.1-2011 中 6.3.1 规定充满电后，将其放入 $55^{\circ}C \pm 2^{\circ}C$ 的高温箱中静置 4h 后，以 $10I_{10}A$ 电流放电至终止电压，电池组的放电容量、外观应符合 YD/T 2344.1-2011 中 5.4.3 的要求。

7.6.3 磷酸铁锂电池低温性能试验

电池组按 YD/T 2344.1-2011 中 6.3.1 规定充满电后，将其放入 $-10^{\circ}C \pm 2^{\circ}C$ 的低温箱中静置 6h 后，以 $1.0I_{10}A$ 电流放电至终止电压，电池组的放电容量、外观应符合 YD/T 2344.1-2011 中 5.4.3 的要求。

7.6.4 磷酸铁锂电池容量恢复性能试验保存率

电池组按 YD/T 2344.1-2011 中 6.3.1 规定充满电后，在环境温度为 $25^{\circ}C \pm 2^{\circ}C$ 的条件下将电池组开路静置 28 天，再以 $1.0I_{10}A$ 电流放电至终止电压，其容量应符合 YD/T 2344.1-2011 中 5.5 的要求。

7.6.5 磷酸铁锂电池寿命试验

在环境温度 $25^{\circ}C \pm 2^{\circ}C$ 的条件下，以 $0.2C_{10}A$ 充电，当电池组电压达到充电限制电压时，改为恒压充电，直到充电电流小于或等于 $0.05C_{10}A$ 。

电池组按YD/T 2344.1-2011中6.3.1规定充满电后静置0.5h~1h,以5I₁₀A电流放电至终止电压,再静置0.5h后进行下一个充放电循环,直至连续3次放电容量小于其额定值的80%,则认为寿命终止,电池组的循环寿命应符合YD/T 2344.1-2011中5.6的要求。

在环境温度25℃±2℃的条件下,以1C₁₀A充电,当电池组电压达到充电限制电压时,改为恒压充电,直到充电电流小于或等于0.05C₁₀A。

电池组按YD/T 2344.1-2011中6.3.1规定充满电后静置0.5h~1h,以10I₁₀A电流放电至终止电压,再静置0.5h后进行下一个充放电循环,直至连续3次放电容量小于其额定值的80%,则认为寿命终止,电池组的循环寿命应符合YD/T 2344.1-2011中5.6的要求。

8 检验规则

8.1 检验分类

产品检验分为出厂检验和型式检验。出厂检验分100%检验和抽检两种,可根据情况任选一种,检验合格后填写检验记录并发给合格证方能出厂。

8.2 出厂检验

8.2.1 100%检验

每台设备出厂时均进行老化后的出厂检验。有一项性能指标不符合要求,即为不合格,应返修复试。复试再不合格,则不能发给合格证。

100%检验的检验项目、要求及试验方法见表10。

表10 检验项目内容及判定

序号	项目	不合格判定		出厂检验		型式检验	要求	试验方法
		B	C	100%	抽样			
1	储存温度		0	√		√	6.1.1	7.1.1 7.1.2
2	工作温度	0		√	√	√	6.1.2	7.1.3 7.1.4
3	相对湿度	0		√		√	6.1.3	7.1.5
4	振动	0		√	√	√	6.1.6	7.1.6
5	防晒保护	0		√	√	√	6.1.7	7.1.7
6	IP等级	0		√	√	√	6.1.8	7.1.8 7.1.9
7	三防(防潮湿、防霉变、防盐雾)保护		0	√		√	6.1.9	7.1.10
8	防异物入侵保护		0	√			6.1.11	目测
9	防风保护		0	√			6.1.12	目测
10	防盗保护		0	√			6.1.13	目测
11	抗震性能		0	√		√	6.1.14	7.1.11
12	输入电压范围	0		√	√	√	6.2.1	7.2.1
13	交流输入频率范围	0		√	√	√	6.2.2	7.2.2
14	交流输入电压波形畸变率	0		√	√	√	6.2.3	7.2.3
15	交流输入功率因数	0		√	√	√	6.2.4	7.2.4
16	交流输入电流谐波成分	0		√	√	√	6.2.5	7.2.5
17	交流输出频率	0		√	√	√	6.2.7	7.2.6

18	交流输出电压波形失真度	0		√	√	√	6.2.8	7.2.7
19	直流输出电压可调节范围	0		√	√	√	6.2.9	7.2.8
20	直流输出负载效应（负载调整率）	0		√	√	√	6.2.10	7.2.9
21	直流输出源效应	0		√	√	√	6.2.11	7.2.9
22	稳压精度	0		√	√	√	6.2.12	7.2.9
23	温度系数		0	√	√	√	6.2.13	7.2.10
24	负载效应恢复时间（动态响应）	0		√	√	√	6.2.14	7.2.11
25	启动冲击电流（浪涌电流）	0		√	√	√	6.2.15	7.2.12
26	电话衡重杂音电压	0		√	√	√	6.2.16	7.2.13
27	峰峰值杂音电压	0		√	√	√	6.2.17	7.2.13
28	效率（不含加热、制冷功耗）	0		√	√	√	6.2.18	7.2.14
29	最大功率跟踪功能	0		√	√	√	6.2.19	7.2.15
30	传导骚扰限值		0	√		√	6.2.20	7.2.16
31	辐射骚扰限值		0	√		√	6.2.21	7.2.17
32	抗扰性		0	√		√	6.2.22	7.2.18
33	音响噪声		0	√		√	6.2.23	7.2.19
34	输入过/欠电压保护	0		√	√	√	6.3.1	7.3.1
35	输出过/电电压保护	0		√	√	√	6.3.2	7.3.2
36	输出电流限制或输出功率限制保护	0		√	√	√	6.3.3	7.3.3
37	输出短路保护	0		√	√	√	6.3.4	7.3.4
38	蓄电池组反向放电保护	0		√	√	√	6.3.5	7.3.5
39	过温保护	0		√	√	√	6.3.6	7.3.6
40	告警性能	0		√	√	√	6.3.7	7.3.7
41	绝缘电阻	0		√	√	√	6.3.8	7.3.8
42	抗电强度	0		√	√	√	6.3.9	7.3.9
43	保护接地	0		√	√	√	6.3.10	7.3.10
44	防雷要求	0		√	√	√	6.3.11	7.3.11
45	接触电流	0		√	√	√	6.3.12	7.3.12
46	材料阻燃性能	0		√	√	√	6.3.13	7.3.13
47	结构要求		0	√	√	√	6.4.1	目测
48	外观要求		0	√	√	√	6.4.2	目测
49	电能计量		0	√	√		6.5	目测
50	配电单元的接口要求		0	√	√	√	6.6.1	实际测算
51	总容量要求		0	√	√	√	6.6.3	实际测算
52	蓄电池管理功能	0		√	√	√	6.7.1	7.4.1
53	四遥功能	0		√	√	√	6.7.2	7.4.2
54	显示功能	0		√	√	√	6.7.3	7.4.3
55	铅酸蓄电池工作性能	0		√	√	√	6.8.1	7.5
56	磷酸铁锂电池组工作性能	0		√	√	√	6.8.2	7.6

8.2.2 抽样检验

抽样检验按逐批检验进行，其检验水平按GB/T 2828.1-2012中的一般检验水平II，抽样方案按GB/T 2828.1-2012中的正常检验一次抽样方案。产品的质量以不合格数表示；产品的不合格分为B类和C类。

接收质量限（AQL）分别为：B类6.5；C类15。根据AQL在GB/T 2828.1-2012表2-A中查出抽样所需样本量n、接收数（Ac）和拒收数（Re）。B类：n=3，Ac=0，Re=1；C类：n=3，Ac=1，Re=2。

抽样检验应按GB/T 2828.1-2012中13.3执行转移规则；抽样检验后的处置应按GB/T 2828.1-2012中 第7条执行。

抽样检验的检验项目、要求及试验方法见表10。

8.2.3 型式检验

型式检验按周期进行，一般1年进行一次，具有下列情况之一的均需做型式检验：

- a) 产品停产一个周期以上又恢复生产；
- b) 转厂生产再试制定型；
- c) 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变；
- d) 产品投产前签定或质量监督机构提出。

型式检验按GB/T 2829-2002进行，采用判别水平 II 的一次抽样方案，产品质量以不合格数表示。产品的不合格类型分为B类和C类，产品不合格质量水平（RQL）见表11。

表11 RQL 值

不合格类别	RQL值
B类	50 (3; 0, 1)
C类	120 (3; 2, 3)

9 标志、包装、运输和贮存

9.1 标志

在产品的适当位置必须有标志，包括产品型号、名称、生产厂家等内容，安全标识应符合GB 4943.1-2011标准中1.7的要求。

9.2 包装

产品包装应防潮、防振，并应符合GB/T 3873规定。

产品随带文件：

- a) 产品合格证；
- b) 产品说明书；
- c) 装箱清单；
- d) 其他技术资料。

9.3 运输

产品在运输中，应有遮篷，不应有剧烈振动、撞击等。

9.4 贮存

产品贮存应符合GB/T 3873的规定。