

智能变电站户外控制柜环境控制系统技术规范

The technical specification for environmental control system of outdoor control cabinet in Smart Substation

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 总则	2
5 技术要求	2
5.1 环境条件	2
5.2 柜体技术要求	3
5.3 环境控制装置基本要求	3
5.4 控制组件技术要求	4
5.5 调节组件技术要求	5
5.6 空调技术要求	5
5.7 机械性能	5
5.8 安全防护要求	6
5.9 绝缘性能	6
5.10 电磁兼容性能	7
6 试验方法	9
6.1 试验条件	9
6.2 外观检查	9
6.3 基本功能检查	9
6.4 环境控制系统调节性能试验	10
6.5 空调性能试验	10
6.6 耐候性能试验	11
6.7 机械性能试验	11
6.8 安全防护试验	12
6.9 绝缘性能试验	12
6.10 电磁兼容试验	12
6.11 噪声试验	13
7 检验规则	13
7.1 检验分类	13
7.2 出厂检验	13
7.3 型式检验	16
7.4 检验报告	17

8 标志、包装、运输和贮存	17
8.1 标志	17
8.2 出厂文件	17
8.3 包装	17
8.4 运输和贮存	18
9 质量保证期限	18
附录 A（资料性） 环境控制系统相关示意图	19

前 言

本文件按照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。

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专利的责任。

本文件由中国电器工业协会提出。

本文件由全国量度继电器和保护设备标准化技术委员会(SAC/TC154)归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

引 言

智能变电站保护和测控装置及智能电子组件就地化应用已成规模,大量电子设备就地安装在户外控制柜内,为确保智能变电站户外柜内二次设备的运行环境稳定、可靠,特制定本标准。

为提高智能变电站户外柜内环境控制系统产品质量,统一产品技术要求、试验方法、检验规则、规范设计、生产制造、设备选型、试验等工作,制定智能变电站户外柜环境控制系统的技术要求。

智能变电站户外控制柜环境控制系统技术规范

1 范围

本文件规定了智能变电站户外控制柜环境控制系统的技术要求、试验方法、检验规则、产品标志、包装、运输、贮存等内容。

本文件适用于智能变电站户外控制柜的环境控制系统，发电厂、新能源场站户外控制柜及室内GIS等控制柜的环境控制系统可参照执行。

2 规范性引用文件

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，仅该日期对应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 191 包装储运图示标志
- GB/T 2423.1 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 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 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验
- 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（12h+12h循环）
- GB/T 2423.17 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 2423.22 环境试验 第2部分：试验方法 试验N：温度变化
- GB/T 2900.17 电工术语 量度继电器
- GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）
- GB/T 4798.1 环境条件分类 环境参数组分类及其严酷程度分级 第1部分：贮存
- GB 6388 运输包装收发货标志
- GB/T 7261—2016 继电保护和安全自动装置基本试验方法
- GB/T 7725—2022 房间空气调节器
- GB/T 11287—2000 电气继电器 第21部分：量度继电器和保护装置的振动、冲击、碰撞和地震试验 第1篇：振动试验（正弦）
- GB/T 11804 电工电子产品环境条件 术语
- GB 12348—2008 工业企业厂界环境噪声排放标准
- GB/T 13306 标牌
- GB/T 14537—1993 量度继电器和保护装置的冲击与碰撞试验
- GB/T 14598.26—2015 量度继电器和保护装置 第26部分：电磁兼容要求
- GB/T 14598.27—2017 量度继电器和保护装置 第27部分：产品安全要求
- 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
 GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验
 GB/T 17626.10 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡磁场抗扰度试验
 GB/T 17626.11 电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验
 GB/T 34125—2017 电力系统继电保护及安全自动装置户外柜通用技术条件
 DL/T 1881 智能变电站智能控制柜技术规范
 HG/T 4341 金属表面用热反射隔热涂料

3 术语和定义

GB/T 2900.17、GB/T 11804、GB/T 7725—2022、HG/T 4341界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

智能变电站户外控制柜 outdoor control cabinet of smart substation

一种为智能变电站户外安装的保护装置、测控装置及智能电子组件等提供工作环境和安全防护的柜体。

3.2

环境控制装置 environmental control device

一种安装在智能变电站户外控制柜上，实现柜内环境（温、湿度）调节及控制的装置，装置包含温湿度调节组件和控制组件。

3.3

户外控制柜环境控制系统 environmental control system of outdoor control cabinet

一种用于智能变电站户外控制柜的环境控制系统，包含隔热柜体和环境控制装置。

3.4

空调型环境控制装置能效比(EER) air conditioning type device of energy efficiency ratio

空调型环境控制装置，在任何给定的工况和规定条件下，进行制冷运行时，制冷量与有效输入电功率之比，其数值单位用 W / W 表示。

4 总则

4.1 智能变电站户外控制柜环境控制系统（简称环境控制系统）应为智能变电站户外柜内保护装置、测控装置及智能电子组件等就地运行的二次设备提供适宜运行环境。

4.2 环境控制系统包含柜体及柜内环境控制装置，柜体应具备良好的隔热性能，环境控制装置（简称装置）应具有调节控制柜内温湿度的功能，应满足运行可靠、节能和环保的要求。环境控制系统示意图见附录 A 图 A.1，环境控制装置示意图见附录 A 图 A.2。

5 技术要求

5.1 环境条件

5.1.1 正常工作大气条件

环境控制系统正常工作环境条件要求如下：

a) 环境温度： $-25\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；

- b) 相对湿度：5%~95%RH；
- c) 大气压力：80 kPa~110 kPa；

5.1.2 运输中的环境条件

环境控制系统在运输中允许的环境温度为-40℃~+70℃，相对湿度不大于95%RH。

5.1.3 贮存中的环境条件

环境控制系统在贮存中允许的环境温度为-25℃~+55℃，相对湿度不大于85%RH。

5.1.4 周围环境条件

环境控制系统安装地点周围环境要求如下：

- a) 安装地点宜在通风散热的场所；
- b) 安装地点不出现超过 GB/T 11287-2000 中规定的严酷等级为 1 级的振动；运输、贮存过程不
- c) 出现超过 GB/T 14537-1993 规定的严酷等级为 1 级的冲击和碰撞；
- d) 安装场所无易燃、易爆品存在，周围介质中不应含有能腐蚀金属、破坏绝缘和表面镀覆及涂敷层的介质及导电介质，不允许有明显的水汽，不允许有严重的霉菌存在；
- e) 安装使用场所应提供良好的电气接地条件。

5.1.5 特殊环境条件

当超出5.1.1~5.1.4规定的环境要求时，由用户与制造厂商定。

5.2 柜体技术要求

5.2.1 户外控制柜柜体通用要求

户外控制柜柜体材质、尺寸、结构等柜体技术指标应满足GB/T 34125—2017和DL/T 1881的相关要求。

5.2.2 柜体隔热要求

户外控制柜应具备隔热功能，宜采用表面涂层隔热或采用双层隔热设计。户外控制柜表面涂层宜选用具有阻燃、水性、反射型涂料，隔热涂料热反射性能应满足表1的要求。

表1 涂料热反射性能要求

序号	项 目	指 标	
1	太阳反射比	白色	≥0.80
		其他色	≥0.60
2	半球发射率	≥0.85	
3	近红外光反射比	≥0.60	
注：参照 HG/T 4341 试验方法获得以上指标。			

5.3 环境控制装置基本要求

- 5.3.1 装置控制和调节组件应采用模块化设计，主要部件、执行元件的电气连接宜采用具有防误插功能的快装连接器，降低更换主要部件过程中的误操作。
- 5.3.2 装置电气参数要求如下：
- 装置电源应为额定交流 220 V 或 380 V 供电，电源波动±10%内应可靠工作；
 - 装置额定电功率不大于 2 000 W，额定制冷量不大于 1 000 W；
 - 装置绝缘性能应满足 5.9 要求。
- 5.3.3 户外柜在正常工作温度环境下，装置通电后 30 min 内，装置应保证柜内温度控制在-10 ℃~+45 ℃范围内，湿度控制在 5%~85%RH 范围内。
- 5.3.4 装置工作过程中应确保柜内无凝露和结冰，装置送风不应带有水滴。
- 5.3.5 装置应有排除冷凝水能力，工作过程不允许对外排水，外表面不应有明显水珠滴落。
- 5.3.6 装置应能承受变电站运行产生的电磁干扰，装置所产生的电磁能量不对柜内其它设备产生严重干扰。装置骚扰度和抗扰度性能指标应符合 5.10 要求。
- 5.3.7 装置宜采用嵌入式安装的箱体结构，嵌入深度应小于 50 mm，应不影响柜内电气设备的装配。为变电站运维方便规定装置结构尺寸，装置开孔尺寸见表 2，开孔及安装尺寸见附录 A 图 A.3。

表2 环境控制装置开孔尺寸

环境控制装置 额定制冷量 (W)	尺寸 (mm)	
	宽 (w)	高 (h)
300~500	324	574
600~800	362	568
850 以上	451	751

- 5.3.8 装置外壳应进行防锈蚀处理，涂层牢固、外观良好，表面不应有明显的气泡、流痕、漏涂、底漆外露及不应有的皱纹和其他损伤，并满足 5.8.3 耐候性能的要求。
- 5.3.9 装置工作过程中噪音，应符合 GB 12348—2008 中规定的 3 类声环境功能区的噪声限值要求，最大噪声值应小于 65 dB。
- 5.3.10 装置整机寿命应不小于 40 000 h。

5.4 控制组件技术要求

- 5.4.1 控制组件应具备装置定期自检及自诊断功能，宜每 24 h 自检一次，自检发生异常，应及时发出告警或故障信号。
- 5.4.2 环境控制组件基本原理及功能配置见附录 A 图 A.4，温、湿度控制策略应满足 5.3.3 控制目标。
- 5.4.3 环境控制组件应配置如下保护：
- 风机堵转保护；
 - 过流保护；
 - 欠压保护；
 - 空调型装置压缩机的过热保护等。
- 5.4.4 控制组件应具备如下监控功能：
- 遥测：柜内温度、湿度的远程测量；
 - 遥信：风机、压缩机、加热器等工作状态，正常/故障状态的远程获取；

c) 遥调：启动和关机的远程控制及运行参数的远程设定。

5.4.5 控制组件应对装置主要部件，如温度、湿度传感器，风机、压缩机、电源等工作状态进行监测，并提供告警信号：

a) 故障告警信号：装置电源消失、压缩机故障、风机故障、传感器故障、柜内温度高、柜内温度低、柜内湿度高、保护动作等。

b) 异常告警信号：高温越限、高湿越限、低温越限等。

5.4.6 控制组件的显示操作界面应包括如下内容：

a) 参数显示：显示柜内温度、湿度、蒸发器温度和回风口温度等运行参数；

b) 告警信息显示：柜内的高温、低温、高湿和掉电告警等异常和故障报警信息等；

c) 参数设定：通过界面手工修改参数预制值；

d) 所有操作的控制应在进行确认操作后才能生效。

5.4.7 控制组件输出接口要求如下：

a) 具备 RS485 通信接口；

b) 提供“装置电源消失”、“装置故障”、“装置异常”、“保护动作”告警干接点输出；

c) 提供柜内温度、湿度的 4 mA~20 mA 直流量输出；

5.5 调节组件技术要求

5.5.1 调节组件具备调节柜内温、湿度功能，根据变电站所处气候条件可选用空调、热交互器、风扇和加热器等温湿度调节器件，可参照 GB/T 34125—2017 附录 A。

5.5.2 调节组件主参数配置应满足柜内设备运行环境调节制冷量、制热量的需求，调节性能满足 5.3.3 要求；并具有温度均衡措施，柜内上部、中部及下部温差不大于 10 °C。

5.5.3 调节组件应具备防凝露设计，确保柜内装置表面无凝露和结冰。

5.5.4 调节组件如配置加热器，通电后其表面温度不高于 85 °C，柜内装置及其它电器部件与加热器之间的距离不应小于 80 mm。

5.5.5 调节组件各零部件的安装应牢固可靠，管路间或管路与零部件不应相互摩擦或碰撞。

5.5.6 智能变电站户外柜放置合并单元、智能组件、保护装置、测控装置以及通讯设备时，调节组件宜选用空调。

5.6 空调技术要求

5.6.1 空调应满足 GB/T 7725—2022 中性能要求，制冷系统各部件不应有制冷剂泄漏。

5.6.2 空调铭牌的参数，按照 GB/T 7725—2022 的试验方法，其制冷量应不小于 95% 标称值，制热量应不小于 95% 标称值，制冷功率应不大于 110% 标称值，制热功率在标称值的 90%~105% 范围内。

5.6.3 空调调节柜内温度宜控制在 5 °C~45 °C 范围内，相对湿度宜控制在 5%~80%RH 的范围内。

5.6.4 按照 GB/T 7725—2022 中 6.3.2~6.3.5 试验方法，获取的空调能效比应不低于 1.8。

5.6.5 柜内温湿度调控参数可根据用户需求设置，设置范围如下：

a) 制冷：启动温度设置值在 16 °C~38 °C 范围；停止温度与启动温度偏差值在 3 °C~10 °C 范围；

b) 制热：启动温度设置值在 -15 °C~+15 °C 范围；停止温度与启动温度偏差值在 3 °C~10 °C 范围；

c) 除湿启动湿度宜为 65%~90%RH。

5.6.6 空调出风口应避免直吹二次元器件及线槽，以减少中间及柜底区域冷气聚集量，减小温差效应。

5.6.7 确保柜内送风不应带有水滴，柜内设备表面无凝露。

5.6.8 应具有排除冷凝水能力，并且不应有水从中溢出或吹出，不应有明显水珠滴落。

5.6.9 最大运行制冷要求如下：

- a) 按照 6.5.7 方法试验时, 空调应能正常运行, 无零部件损坏;
 - b) 空调在第 1 h 连续运行期间, 其电机过载保护器不应跳开。
- 5.6.10 最小运行制冷要求如下:
- a) 按照 6.5.8 方法试验时, 空调在 10 min 启动期间及启动后的 4 h 运行中保护不动作, 装置不应跳开。
 - b) 空调蒸发器的迎风表面如有凝结冰霜, 其面积不应超过蒸发器迎风面积的 50%。
- 5.6.11 应具备上电自检和定时自检两种模式, 主要元器件故障时应触发告警。
- 5.6.12 制冷系统承压零部件的材料, 应能在制冷剂、润滑油和其他混合物的作用下, 不产生劣化且保证整机正常工作。
- 5.6.13 空调保温层应有良好的保温性能和阻燃性、且无毒无异味。

5.7 机械性能

5.7.1 振动

装置的振动性能应能满足如下要求:

- a) 振动响应: 装置应能承受 GB/T 11287—2000 中规定的严酷等级为 1 级的振动响应试验, 试验后, 设备各项功能和性能均应符合 5.3.3 的规定。
- b) 振动耐久: 装置应能承受 GB/T 11287—2000 中规定的严酷等级为 1 级的振动耐久试验, 试验后, 设备各项功能和性能均应符合 5.3.3 的规定。

5.7.2 冲击和碰撞

装置的冲击和碰撞性能应能满足如下要求:

- a) 冲击响应: 装置应能承受 GB/T 14537—1993 中规定的严酷等级为 1 级的冲击响应试验。试验后, 设备各项功能和性能均应符合 5.3.3 的规定。
- b) 冲击耐久: 装置应能承受 GB/T 14537—1993 中规定的严酷等级为 1 级的冲击耐久试验。试验后, 设备各项功能和性能均应符合 5.3.3 的规定。
- c) 碰撞: 装置应能承受 GB/T 14357—1993 中规定的严酷等级为 1 级的碰撞试验, 试验后, 设备各项功能和性能均应符合 5.3.3 的规定。

5.8 安全防护要求

5.8.1 接地

装置的外壳接地导线采用多股铜线连接到控制柜内的接地铜排, 其截面不小于 4 mm^2 , 并可靠连接。

5.8.2 防护等级

装置外壳应符合 GB/T 4208 中规定的外壳防护等级 IP54 的要求;

5.8.3 耐候性能

装置耐候性能应满足 5.1 的环境温湿度要求, 同时满足如下特殊气候要求:

- a) 恒定湿热: 装置应能承受 GB/T 2423.3 规定的试验温度 $(40 \pm 2) ^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $(93 \pm 3) \% \text{RH}$ 、持续时间为 48 h 的恒定湿热试验。试验期间及试验后装置应能正常工作, 装置内部控制组件和调节组件不应有锈蚀现象。
- b) 耐盐雾: 装置应能承受 GB/T 2423.17 规定的耐盐雾试验, 试验后装置应能正常工作, 不应有锈蚀现象, 涂层表面应无明显的粉化和裂纹。

5.9 绝缘性能

5.9.1 绝缘电阻

在正常运行条件下，装置应符合GB/T 14598.27—2017中10.6.4.4绝缘电阻要求。装置非电气连接的两个独立回路之间，各带电回路与金属外壳之间的绝缘电阻试验参数及验收准则见表3所示。

表3 绝缘电阻

额定绝缘电压 U_i (V)	绝缘试验电压 (V)	绝缘电阻要求 (M Ω)
$0 < U_i \leq 60$	250V 兆欧表	≥ 100
$60 < U_i \leq 500$	500V 兆欧表	≥ 100

5.9.2 介质强度

在正常工作环境下，装置应符合GB/T 14598.27—2017中10.6.4.3介质电压试验要求。装置非电气连接的独立回路之间，各带电回路与金属外壳之间的介质强度应能承受表4要求的50 Hz交流试验电压1 min的绝缘强度试验，无击穿、无闪络现象。

表4 绝缘强度

额定绝缘电压 U_i (V)	试验电压有效值 (V)
$0 < U_i \leq 60$	500
$60 < U_i \leq 500$	2000

5.9.3 冲击电压

在正常工作环境下，装置应符合GB/T 14598.27—2017中10.6.4.2冲击电压试验要求。装置交流电源或直流电源输入连接的电路试验电压为5 kV，其他电路试验电压为1 kV。试验后，装置元器件应无损坏，装置各项功能正常。

5.10 电磁兼容性能

装置应满足GB/T 14598.26—2015电磁兼容要求，装置电磁发射限值不超过表5和表6的规定，同时应能承受表7中各类电磁干扰要求。

5.10.1 发射

5.10.1.1 外壳发射

装置外壳发射，在各试验频段内发射值应小于表5的限值。

表5 发射试验—外壳端口

试验项目	频率范围	限值	试验过程
------	------	----	------

辐射发射 (30 MHz~ 1 GHz)	30 MHz~230 MHz	40 dB(μ V/m) 准峰值 (10 m处) 50 dB(μ V/m) 准峰值 (3 m处)	GB/T 14598.26—2015中 7.1.2
	230 MHz~1000 MHz	47 dB(μ V/m) 准峰值 (10 m处) 57 dB(μ V/m) 准峰值 (3 m处)	
注1: 辐射发射 (低于 1 GHz) 测量限值的标称距离为 3 m 或 10 m, 选一种标称距离测试即可。 注2: 在过渡频率处应采用较低的限值。			

5.10.1.2 电源发射

装置电源端发射值应不超过表6中传导发射频段的限制。

表6 发射试验—电源端子

试验项目	频率范围	限值	试验过程
传导发射	0.15 MHz~0.50 MHz	79 dB(μ V) 准峰值 66 dB(μ V) 平均值	GB/T 14598.26—2015中 7.1.3
	0.50 MHz~30 MHz	73 dB(μ V) 准峰值 60 dB(μ V) 平均值	
注1: 在过渡频率处应采用较低的限值。 注2: 在电源端子骚扰电压 B 级限值中 0.15 MHz ~0.50 MHz 频率范围内, 限值随频率的对数呈线性减小。			

5.10.2 抗扰度性能

装置电磁兼容抗扰度性能, 应符合表7中各类电磁干扰严酷等级的要求。

表7 环境控制装置的抗扰度要求

序号	试验项目	严酷等级	基础标准	合格准则
1	静电放电抗扰度	3 级	GB/T 17626.2	表 8: B
2	射频电磁场辐射抗扰度	3 级	GB/T 17626.3	表 8: A
3	电快速瞬变脉冲群抗扰度	3 级	GB/T 17626.4	表 8: B
4	浪涌冲击抗扰度	3 级	GB/T 17626.5	表 8: B
5	射频场感应的传导骚扰抗扰度	3 级	GB/T 17626.6	表 8: A
6	工频磁场抗扰度	4 级	GB/T 17626.8	表 8: A
7	阻尼振荡磁场抗扰度	4 级	GB/T 17626.10	表 8: A
8	电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度	3 类	GB/T 17626.11	表 8: B

5.10.3 抗扰度性能验收准则

装置电磁兼容抗扰度性能试验的验收准则见表8。

表8 抗扰度试验验收准则

准则	功能	验收条件
A	保护	试验中和试验后, 在规定限值内性能正常。
	命令与控制	试验中和试验后, 在规定限值内性能正常。
	测量	试验期间没有性能下降。
	人机接口和可视报警	试验期间没有性能下降或功能丧失, 存储数据不丢失。
	数据通信 ^b	误码率可能增加, 但传输数据不丢失。
	开关量输入、开关量输出和输出触点	试验期间不允许有不需要的状态改变 ^a 。
B	保护	试验中和试验后, 在规定限值内性能正常。
	命令与控制	试验中和试验后, 在规定限值内性能正常。
	测量	试验期间暂时性能下降, 试验后自行恢复, 存储数据不丢失。
	人机接口和可视报警	试验期间暂时性能下降或功能丧失, 试验后自行恢复, 存储数据不丢失。
	数据通信 ^b	误码率可能增加, 但传输数据不丢失。
	开关量输入、开关量输出和输出触点	试验期间不允许有不需要的状态改变 ^a 。
C	保护	暂时丧失功能, 功能可自行恢复。 应无误动作出现。
	命令与控制	暂时丧失功能, 功能可自行恢复。 应无误动作出现。
	测量	暂时丧失功能, 功能可自行恢复。
	人机接口和可视报警	暂时丧失功能, 功能可自行恢复。
	数据通信 ^b	暂时丧失功能, 功能可自行恢复, 可能丢失传输数据。
	开关量输入、开关量输出和输出触点	试验期间不允许有不需要的状态改变 ^a 。
如果制造厂在试验期间或试验后使用了比本标准要求的规范, 此规范应在用户可获得的产品文档中体现。		
^a 为了试验成功, 制造厂应声明开关量输入的最小滤波值。		
^b 保护或控制功能通信端口除外。那些验收标准见保护或命令与控制。		

6 试验方法

6.1 试验条件

试验条件要求如下:

- 除另有规定外, 各项试验均在 5.1.1 规定的正常工作环境下进行;
- 被试验装置和测试仪表应良好接地, 并考虑周围环境电磁干扰对测试结果的影响;

- c) 测量仪表准确度等级要求: 测量仪表的基本误差应不大于被测量准确等级的 1/4, 条件允许时, 测量仪表的基本误差应不大于被测量准确等级的 1/10。

6.2 外观检查

装置结构应符合5.3.1要求, 外观及尺寸应符合5.3.1、5.3.7、5.3.8要求, 铭牌标识应符合8.1.1要求。

6.3 基本功能检查

6.3.1 电源稳定性检测

装置铭牌工作电源电压应符合5.3.2 a) 的要求, 在额定电压波动±10%范围内, 装置应正常工作。

6.3.2 功耗检测

在额定工作电压下, 装置在最大运行制冷和制热工况下监测其消耗电功率, 应在5.3.2 b) 的要求。

6.3.3 基本操作

操作装置面板, 进行参数修改、状态量调用等, 操作界面满足5.4.6要求。

6.3.4 保护功能

检查保护功能配置应满足5.4.3要求。模拟装置异常或故障, 保护功能正常。

6.3.5 监控功能

按照5.4.4要求检查遥测、遥信、遥控的功能, 并检查输出接口满足5.4.7要求。

6.3.6 告警功能检查

模拟柜内温度、湿度传感器及控制器执行元件等异常情况, 异常状态告警信息应满足5.4.5要求。

6.3.7 自检功能检查

应具备上电自检和定时自检两种模式, 当自检出错时应有出错信息, 并触发告警。

6.4 环境控制系统调节性能试验

6.4.1 环境控制系统置于温度 55 °C 的试验环境, 柜内有 200 W 热源, 试验持续 72 h, 户外控制柜还应再加 1 120 W/m² 模拟太阳辐射, 每间隔 16 h 辐射 8 h, 监测柜内温度应低于 5.3.3 中 45 °C 的要求; 若采用热交互器、风扇和加热器等温湿度调节器件, 可将环境温度降低为 45 °C 进行试验。

6.4.2 环境控制系统置于温度-25 °C 的试验环境, 试验持续 24 h, 监测柜内最低温度应不低于 5.3.3 中-10 °C 的要求。

6.4.3 环境控制系统置于交变湿热试验环境, 按 GB/T 2423.4 中规定的试验方法施加最高温度为 55 °C、循环次数为 1 次的交变湿热试验环境, 装置调节组件回差设置不低于 10 °C。试验后柜内装置、端子等表面应无凝露, 应符合 5.3.4 和 5.3.5 的要求。

6.4.4 在 6.4.1 和 6.4.2 两项试验过程中, 应对柜内顶面下方 10 cm~20 cm 与距四周内壁不小于 10 cm 围成的区域、柜内 1/2 高度±10 cm 与距四周内壁不小于 10 cm 围成的区域、柜内底面上方 10 cm~20 cm 与距四周内壁不小于 10 cm 围成的区域进行温度监测, 温度平衡后, 柜内温差应不小于 10 °C。

6.5 空调性能试验

6.5.1 制冷系统密封性能试验

按GB/T 7725—2022中6.3.1制冷系统密封性能试验方法，应符合5.6.1要求。

6.5.2 制冷量试验

按GB/T 7725—2022中6.3.2制冷量试验及计算方法，满足5.6.2要求。

6.5.3 制冷消耗功率试验

按GB/T 7725—2022中6.3.3制冷消耗功率试验试验及计算方法，满足5.6.2要求。

6.5.4 电热装置制热消耗功率试验

按GB/T 7725—2022中6.3.6电热装置制热消耗功率试验及计算方法，满足5.6.2要求。

6.5.5 凝露试验

按GB/T 7725—2022中6.3.12凝露和凝结水排除试验方法，满足5.6.7要求。

6.5.6 凝结水排除能力试验

按GB/T 7725—2022中6.3.12凝露和凝结水排除试验方法，满足5.6.8要求。

6.5.7 最大运行制冷试验

按GB/T 7725—2022中5.2.7最大制冷运行试验方法进行，满足5.6.9要求。

6.5.8 最小运行制冷试验

按GB/T 7725—2022中5.2.8最小制冷运行试验方法进行，满足5.6.10要求。

6.6 耐候性能试验

6.6.1 低温试验

按GB/T 2423.2中规定的试验方法进行，按5.1.1要求装置应能承受最低工作温度，低温-25℃持续时间为16 h的低温试验。试验期间及试验后装置应能正常工作。

6.6.2 高温试验

按GB/T 2423.2中规定的试验方法进行，按5.1.1要求装置应能承受最高工作温度，高温55℃持续时间为16 h的高温试验。试验期间及试验后装置应能正常工作。

6.6.3 恒定湿热试验

按GB/T 2423.3中规定的试验要求和方法进行，应能承受试验温度 $(40\pm 2)^\circ\text{C}$ ，相对湿度 $(93\pm 3)\%\text{RH}$ ，持续时间为48 h的恒定湿热试验。试验期间装置能正常启停，试验后应符合5.8.3 a) 要求。

6.6.4 盐雾试验

装置外露部分按GB/T 2423.17中规定的试验方法进行，持续时间为48 h。试验后，用清水冲掉残留在表面上的盐分，检查装置腐蚀情况符合5.8.3 b) 要求。

6.7 机械性能试验

6.7.1 振动试验

振动响应试验和振动耐久试验按GB/T 11287—2000规定的试验要求和方法，试验严酷等级按1级进行，试验后装置应能正常工作。

6.7.2 冲击和碰撞

冲击响应试验和冲击耐久试验按GB/T 14537—1993规定的的试验要求和方法，试验严酷等级按1级进行，试验后装置应能正常工作。

碰撞试验按GB/T 14537—1993规定的试验要求和方法，试验严酷等级按1级进行，试验后装置应能正常工作。

6.8 安全防护试验

6.8.1 接地检查

检查装置接地，应符合5.8.1要求。

6.8.2 防护等级

按照GB/T 4208中规定的试验要求和方法进行，环境控制装置柜外部分应符合外壳防护等级IP54的要求。

6.9 绝缘性能试验

6.9.1 绝缘电阻试验

正常工作环境下，按GB/T 7261—2016中绝缘电阻试验方法进行。试验电压及测试结果应符合表3要求，试验后装置应能正常工作。

注：在试验整机对地绝缘电阻时，应拔出装有半导体器件（光耦器件除外）的印制板。

6.9.2 介质强度试验

正常工作环境下，按GB/T 7261—2016中介质强度试验方法进行，施加试验电压按表4要求，历时1 min。试验期间应无击穿、无闪络现象，试验后装置应能正常工作。

6.9.3 冲击电压试验

正常工作环境下，按GB/T 7261—2016中冲击试验方法进行。装置交流电源或直流电源输入连接的电路试验电压为5 kV，其他电路试验电压为1 kV，正负极性下各施加5次，两个脉冲之间间隔不小于5 s。试验期间不应出现破坏性放电（火花、闪络或击穿），未造成击穿的电气间隙的局部放电可被忽略。试验后装置应能正常工作。

6.10 电磁兼容试验

6.10.1 发射试验

装置外壳发射试验按照GB/T 14598.26—2015中7.1.2的试验方法进行，测量装置外壳辐射值不超过表5限值要求。

装置电源传导发射试验按照GB/T 14598.26—2015中7.1.3的试验方法进行，测量装置电源回传导发射值不超过表6限值要求。

6.10.2 静电放电抗扰度试验

被测装置正常工作状态下，按照GB/T 17626.2中的规定试验方法进行。试验部位为外壳端口，试验严酷等级及性能应满足表7要求，验收准则满足表8中“准则B”的要求。

6.10.3 射频电磁场辐射抗扰度试验

被测装置正常工作状态下，按照GB/T 17626.3中的规定试验方法进行。被测装置放置表7要求的射频电磁场中，试验严酷等级及性能应满足表7要求，验收准则满足表8中“准则A”的要求。

6.10.4 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

被测装置正常工作状态下，按照GB/T 17626.4中的规定试验方法进行。被测装置相关回路按要求施加电快速瞬变脉冲群抗扰波，试验严酷等级及性能应满足表7要求，验收准则满足表8中“准则B”的要求。

6.10.5 浪涌冲击抗扰度试验

被测装置正常工作状态下，按照GB/T 17626.5中的规定试验方法进行。被测装置相关回路按要求施加浪涌干扰波，试验严酷等级及性能应满足表7要求，验收准则满足表8中“准则B”的要求。

6.10.6 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验

被测装置正常工作状态下，按照GB/T 17626.6中的规定试验方法进行。被测装置相关回路按要求施加射频场感应的传导骚扰抗扰波，试验严酷等级及性能应满足表7要求，验收准则满足表8中“准则A”的要求。

6.10.7 工频磁场抗扰度试验

被测装置正常工作状态下，按照GB/T 17626.8中的规定试验方法进行。被测装置放置表7要求的工频磁场中，试验严酷等级及性能应满足表7要求，验收准则满足表8中“准则A”的要求。

6.10.8 阻尼振荡磁场抗扰度试验

被测装置正常工作状态下，按照GB/T 17626.10中的规定方法进行。被测装置放置表8要求震荡波磁场中，试验严酷等级及性能应满足表7要求，验收准则满足表8中“准则A”的要求。

6.10.9 电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验

被测装置正常工作状态下，按照GB/T 17626.11中的规定试验方法进行。被测装置电源按要求叠加“电压暂降、短时中断和电压变化”，试验严酷等级及性能应满足表7要求，验收准则满足表8中“准则B”的要求。

6.11 噪声试验

依据GB 12348—2008规定的方法对装置运行噪音进行检测，最大噪声值应满足5.3.9的要求。

7 检验规则

7.1 检验分类

装置的检验分出厂检验和型式检验两种。

7.2 出厂检验

每台装置出厂前应由制造商的检验部门进行出厂检验，检验项目见表9。出厂检验在5.1.1规定的正常大气条件下进行试验。

表9 环境控制装置检验项目

序号	检验项目名称		出厂检验项目	型式检验项目	技术要求章节号	试验方法章节号
1	外观检查		√	√	5.3.1、5.3.7、 5.3.8、8.1.1	6.2
2	基本功能检查	电源稳定性检测	√	√	5.3.2a)	6.3.1
		功耗检测	√	√	5.3.2 b)	6.3.2
		基本操作	√	√	5.4.6	6.3.3
		保护功能	√	√	5.4.3	6.3.4
		监控功能	√	√	5.4.7	6.3.5
		告警功能检查	√	√	5.4.5	6.3.6
		自检功能检查	√	√	5.4.1	6.3.7
3	环境控制系统调节性能试验		—	√	5.3.3、5.3.4、 5.3.5	6.4
4	空调性能试验 ^a	制冷系统密封性能试验	—	√	5.6.1	6.5.1
		制冷量试验	—	√	5.6.2	6.5.2
		制冷消耗功率试验	—	√	5.6.2	6.5.3
		电热装置制热消耗功率试验	—	√	5.6.2	6.5.4
		凝露试验	—	√	5.6.7	6.5.5
		凝结水排除能力试验	—	√	5.6.8	6.5.6

序号	检验项目名称	出厂检验项目	型式检验项目	技术要求章节号	试验方法章节号	
	最大运行制冷试验	—	√	5.6.9	6.5.7	
	最小运行制冷试验	—	√	5.6.10	6.5.8	
5	装置环境适应性试验	低温试验	—	√	5.1.1	6.6.1
		高温试验	—	√	5.1.1	6.6.2
		恒定湿热试验	—	√	5.8.3 a)	6.6.3
		盐雾试验	—	√	5.8.3 b)	6.6.4
6	机械性能试验	振动试验	—	√	5.7.1	6.7.1
		冲击和碰撞	—	√	5.7.2	6.7.2
7	安全防护试验	接地检查	—	√	5.8.1	6.8.1
		防护等级	—	√	5.8.2	6.8.2
8	电气绝缘试验	绝缘电阻试验	—	√	5.9.1	6.9.1
		介质强度试验	—	√	5.9.2	6.9.2
		冲击电压试验	—	√	5.9.31	6.9.3
9	电磁兼	发射试验	—	√	5.10.1	6.10.1
		静电放电抗扰度试验	—	√	5.10.2	6.10.2

序号	检验项目名称	出厂检验项目	型式检验项目	技术要求章节号	试验方法章节号	
	容 试 验	射频电磁场辐射抗扰度试验	—	√	5.10.2	6.10.3
	电快速瞬变脉冲群抗扰度试验	—	√	5.10.2	6.10.4	
	浪涌冲击抗扰度试验	—	√	5.10.2	6.10.5	
	射频场感应的传导骚扰抗扰度试验	—	√	5.10.2	6.10.6	
	工频磁场抗扰度试验	—	√	5.10.2	6.10.7	
	阻尼振荡磁场抗扰度试验	—	√	5.10.2	6.10.8	
	电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验	—	√	5.10.2	6.10.9	
10	噪声试验	—	√	5.3.9	6.11	
注：“√”为必做试验项目；“—”为可选试验项目。						
a 当采用“空调型环境控制装置”时进行此项目。						

7.3 型式检验

7.3.1 凡遇下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品研发或定型前；
- b) 产品正式投产后如遇设计、工艺、材料、元器件有较大改变，经评估影响装置性能或安全性时；
- c) 当装置软件有较大改动时，应进行相关的功能试验或模拟试验。

7.3.2 对系列产品中一个产品进行型式检验时，检验项目宜充分考虑能够覆盖整个产品系列，必要时应进行风险评估，以确定对整个产品系列有效的型式检验项目，以及系列产品中其余产品还需进行的型式检验项目。

7.3.3 如果装置已通过型式检验且设计、元器件、工艺材料或软件无变更，不宜重复型式检验。一旦前述内容出现改变，应进行风险评估，以确定仍然有效的型式检验项目，以及需要重新进行的型式检验项目。

7.3.4 新产品研发和定型前，应进行规定的全部试验，其中是否符合安全要求，可通过适当的试验、测量、目测或评估。其余目的的型式检验，可视情况和目的，经评估或协商确定试验项目。

7.3.5 型式检验项目见表9，型式检验在5.1.1规定的正常工作大气条件下进行。

7.3.6 装置的合格评定原则如下：

- a) 试品应为出厂检验合格的产品；
- b) 试品未发现主要缺陷的，则判定试品为合格；
- c) 对于装置安全性能的试验项目，只要有一个缺陷即为不合格。

注1：装置的主要缺陷是指需经更换重要元器件或对软件进行重大修改后才能消除，或一般情况下不可能修复的缺陷（易损件除外），其余的缺陷作为一般缺陷。

注2：安全性能的试验项目包括电气冲击电压、介质强度、绝缘电阻、IP 等级、材料和外壳的可燃性、单一故障试验。

7.4 检验报告

所出具的检验报告，应包含表9型式检验的全部项目。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

8.1.1 每台装置应在明显部位固定永久性铭牌，铭牌应符合 GB/T 13306 的规定。铭牌上应标示下列内容：

- a) 制造厂的名称；
 - b) 产品型号和名称；
 - c) 产品应有二维码标识，并通过二维码查询产品主要技术性能参数（电压、电流、频率、相数、额定功率、总功率、制冷量、制热量、能效比、制冷剂代号及其充注量、质量等级）；
- 注：若配备了辅助电加热器的热泵型环境控制装置，则在“制热量”和“总功率”数值的后面加一括号，在括号内标明电加热器的名义功率值；空调型环境控制装置需要标识制冷剂代码、能效比等。
- d) 产品出厂编号；
 - e) 制造年月。

8.1.2 装置上应有标明运行状态的标志，如通风机旋转方向的箭头、指示仪表和控制按钮的标记等。

8.2 出厂文件

每台装置应随带下列技术文件：

- a) 产品合格证内容应包括：产品型号和名称；产品出厂编号；检验员签字或印章；检验日期；
- b) 产品说明书内容应包括：产品型号和名称、适用范围、执行标准及主要技术参数；环境控制装置的结构示意图、开孔接线图；备件目录和必要的易损零件图；安装说明和要求；使用说明、维修和保养注意事项。
- c) 出厂试验报告
- d) 装箱单

8.3 包装

8.3.1 环境控制装置在包装前应进行清洁处理，各部件应清洁、干燥，易锈部件应涂防锈剂。

8.3.2 环境控制装置应外套塑料袋或防潮纸并应固定在箱内，以免运输中受潮和发生机械损伤。

8.3.3 环境控制装置包装箱上应有下列标志：

- a) 制造单位名称；
- b) 产品型号和名称；

- c) 净质量、毛质量；
- d) 外形尺寸；
- e) “小心轻放”、“向上”、“怕湿”和堆放层数等。有关包装、储运标志应符合 GB 6388 和 GB/T 191 的有关规定。

8.4 运输和贮存

8.4.1 环境控制装置在运输和贮存过程中不应碰撞、倾斜、雨雪淋袭。

8.4.2 环境控制装置的存贮环境条件应按 GB/T 4798.1 标准有关规定，应贮存在干燥通风良好的仓库中。周围应无腐蚀性有害气体。

9 质量保证期限

户外控制柜和环境控制装置厂商应提供有效的检测报告，并在约定的质量保质期内提供质量保证。

附录 A
(资料性)
环境控制系统相关示意图

A.1 智能变电站户外柜环境控制系统示意图



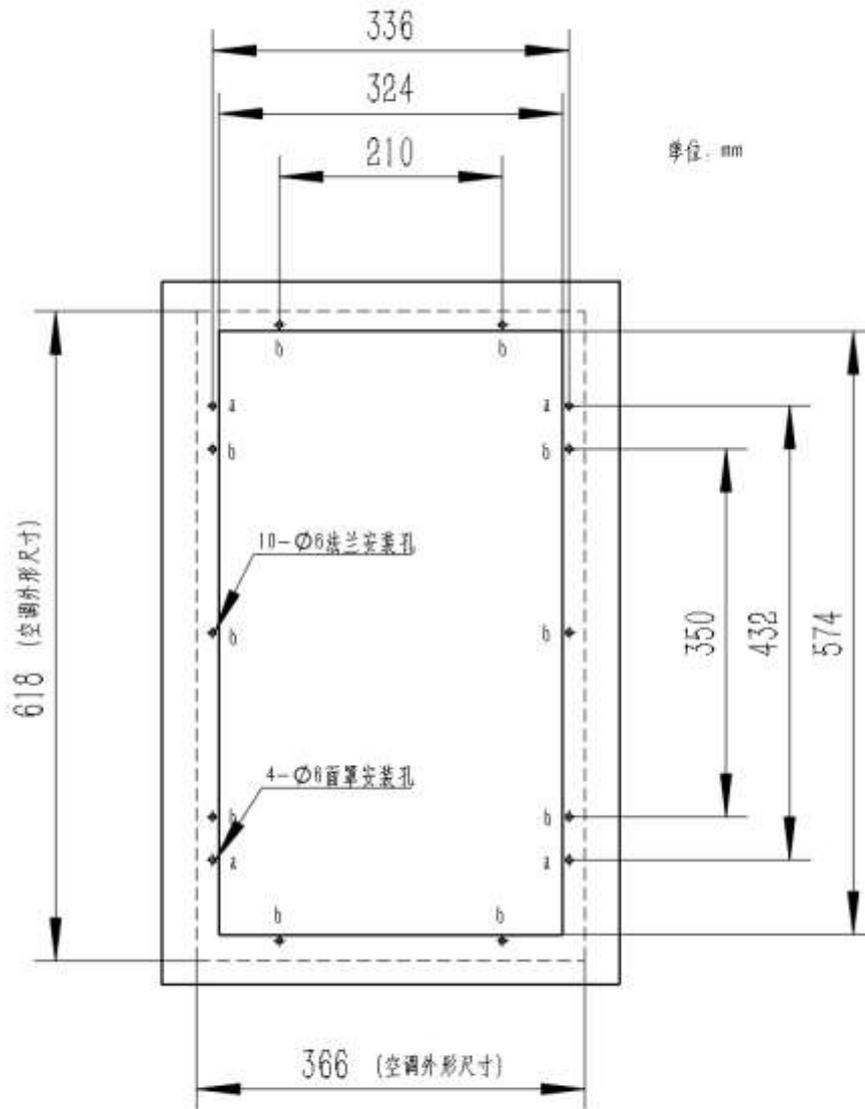
图A.1 智能变电站户外柜环境控制系统配置示意图

A.2 户外环境控制装置示意图

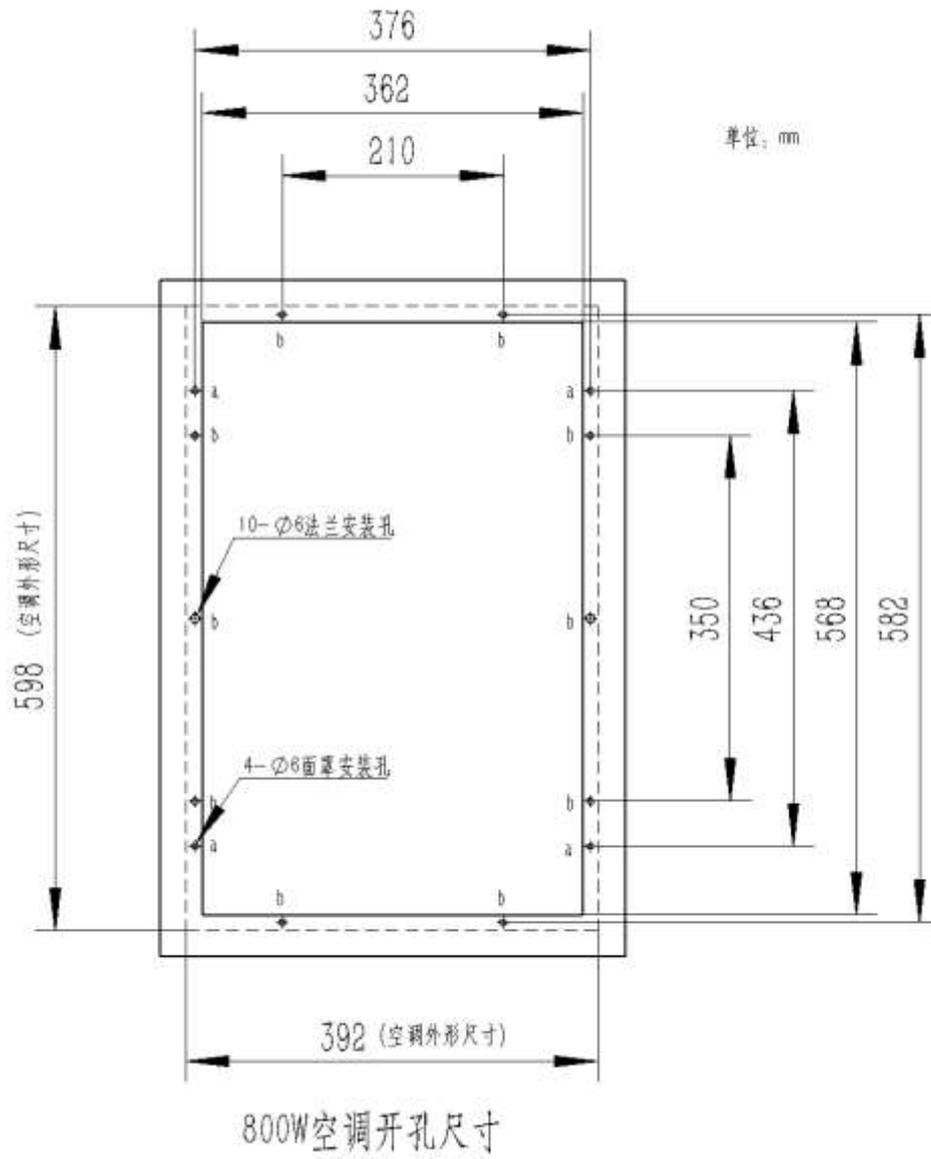


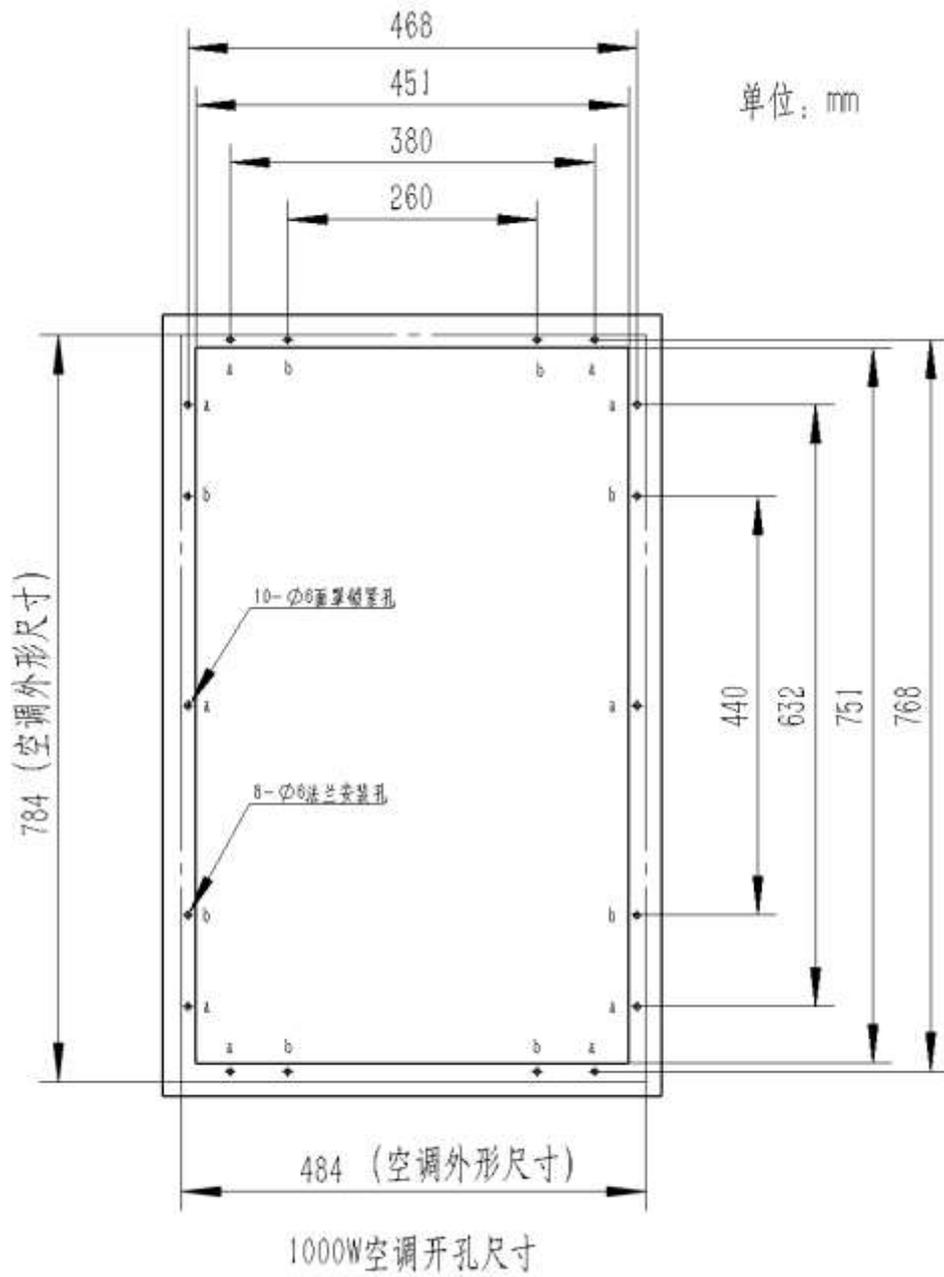
图A.2 户外柜环境控制装置配置示意图

A.3 环境控制装置开孔及安装尺寸图



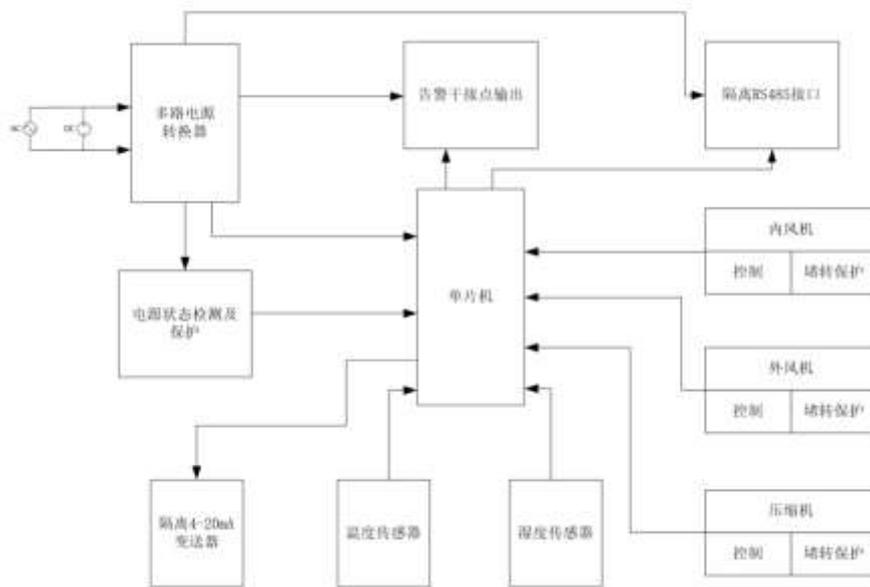
500W空调开孔尺寸





图A.3 环境控制装置开孔安装尺寸图

A.4 控制组件基本配置示意图



图A.4 控制组件基本配置示意图