



Elektro-Automatik



手册

EA-PUL 10000 6U

具有能量回馈功能的可编程直流电子负载

目录

1. 概述		
1.1 手册介绍	4	
1.1.1 保留与使用	4	
1.1.2 版权	4	
1.1.3 有效性	4	
1.1.4 手册中的标志和警告	4	
1.2 保修	4	
1.3 责任限制	4	
1.4 设备处置	5	
1.5 产品编码规则	5	
1.6 预期用途	6	
1.6.1 设备上的标志和警告	6	
1.7 安全	7	
1.7.1 安全警示	7	
1.7.2 操作方的责任	8	
1.7.3 对用户的要求	8	
1.7.4 用户的责任	8	
1.7.5 报警信号	9	
1.7.6 功能性测试	9	
1.8 技术数据	10	
1.8.1 允许的操作条件	10	
1.8.2 一般技术数据	10	
1.8.3 特定技术数据	11	
1.8.4 视图	14	
1.8.5 控制部件	17	
1.9 结构与功能	18	
1.9.1 概述	18	
1.9.2 原理图	18	
1.9.3 标准配置清单	19	
1.9.4 配件	19	
1.9.5 选件	19	
1.9.6 USB 端口 (后置)	21	
1.9.7 接口模块插槽	21	
1.9.8 模拟量接口	22	
1.9.9 “共享总线”连接器	22	
1.9.10 “感测”连接器 (远程感测)	22	
1.9.11 主从总线	23	
1.9.12 Ethernet 端口	23	
1.9.13 水冷	23	
2. 安装和调试		
2.1 运输与储存	24	
2.1.1 运输	24	
2.1.2 包装	24	
2.1.3 储存	24	
2.2 开箱与目检	24	
2.3 安装	24	
2.3.1 安装使用前的安全规格	24	
2.3.2 准备	25	
2.3.3 安装设备	27	
2.3.4 连接供水系统 (水冷型设备)	28	
2.3.5 连接交流供电	30	
2.3.6 连接直流电源	32	
2.3.7 直流端子的接地	33	
2.3.8 远程感测端的连接	33	
2.3.9 接口模块安装	34	
2.3.10 模拟量接口的连接	35	
2.3.11 共享总线的连接	35	
2.3.12 连接 USB 端口	35	
2.3.13 初始调试	35	
2.3.14 固件更新或长时间未使用后的调试	35	
3. 操作与应用		
3.1 重要说明	36	
3.1.1 人身安全	36	
3.1.2 概述	36	
3.2 操作模式	36	
3.2.1 电压调节/恒压	36	
3.2.2 电流调节/恒流/限流	37	
3.2.3 功率调节/恒功率/功率限制	37	
3.2.4 内阻调节/恒阻	37	
3.2.5 动态特性和稳定性标准	37	
3.3 报警条件	38	
3.3.1 电源故障	38	
3.3.2 过温	38	
3.3.3 过压保护	38	
3.3.4 过流保护	38	
3.3.5 过功率保护	38	
3.3.6 共享总线故障	39	
3.4 手动操作	40	
3.4.1 启动设备	40	
3.4.2 设备关闭	40	
3.4.3 打开或关闭直流输入	40	
3.5 远程控制	41	
3.5.1 概述	41	
3.5.2 通过数字接口进行远程控制	41	
3.5.3 接口监控	42	
3.5.4 通过模拟量接口进行远程控制	43	
3.6 警报和监控	47	
3.6.1 术语定义	47	
3.6.2 设备警报和事件处理	47	
3.7 其他应用	49	
3.7.1 主从 (MS) 模式下并联运行	49	
3.7.2 串联	53	

4.	检修与维护	
4.1	维护/清洁	54
4.1.1	电池更换	54
4.2	故障查找/诊断/维修	54
4.2.1	固件更新	54
4.2.2	排除设备问题	55
5.	联系与支持	
5.1	维修/技术支持	56
5.2	联系信息	56

注意! 本手册中涉及控制面板功能处理的部分仅适用于固件为“KE: 3.06”、“HMI: 2.05”以及“DR: 1.0.2.20”或更高版本的设备。

1. 概述

1.1 手册介绍

1.1.1 保留与使用

应将本手册置于设备附近位置，便于后期参考和提供设备操作说明。当设备的使用地点和/或用户发生更改时，应将手册随设备一并交付并妥当保存。

可登录我公司网址获得本手册的最新版本。

1.1.2 版权

禁止出于其他目的修改、部分或全部使用本 PDF 文档，否则可能导致法律后果。





1.1.3 有效性

本手册适用于下列设备及其各种型号：

型号	型号	型号
EA-PUL 10360-480 4U	EA-PUL 10920-250 4U	EA-PUL 12000-80 4U
EA-PUL 10500-360 4U	EA-PUL 11000-160 4U	
EA-PUL 10750-240 4U	EA-PUL 11500-120 4U	

1.1.4 手册中的标志和警告

本手册中的警告和安全警示及一般注意事项用带边框的标志表示，如下所示。这些符号也可用于标记设备上的特定位置：

	危及生命的危险标志 (触电危险)
	风险标志 (设备损坏)。如果设备上贴有上述标志，则要求用户在开始任何操作前务必阅读相关指示信息。
	一般安全警示 (须知及危害防护禁令) 或重要操作信息标志
	一般注意事项标志

1.2 保修

EA Elektro-Automatik 保证应用技术的功能性质及规定的性能参数。保修期从设备无缺陷交付之日起计算。

保证条款包含在 EA Elektro-Automatik 的一般条款和条件 (TOS) 中。

1.3 责任限制

本手册中的所有声明和说明均建立在现行规章制度、最新技术及我公司的长期知识和经验积累的基础上。对于以下原因造成的损失，制造商概不承担责任：

- 将其用于设计目的以外的目的
- 由未经培训的人员使用
- 客户对设备进行了改装
- 技术变更
- 使用未授权备件

由于存在最新技术革新或定制型号 (包含额外订购选项) 等情况，实际交付的设备可能与本手册中的说明和图表所示设备存在差异。

1.4 设备处置

根据欧洲法律法规 (ElektroG, WEEE), 除非操作该设备的人员或其他授权人员正在进行报废处置, 否则必须将预报废处置的设备返回制造商处进行报废。我们的设备符合这些规定, 因此标有以下标志:



该设备包含锂电池。电池处置需遵循上述规定或特定的本地法规。

1.5 产品编码规则

解读标签上的产品说明, 示例如下:

EA-PUL 10360 - 480 6U xxx

	选件和特殊版本: WC = 已安装水冷模块
	结构 (仅在型号标签上注明): 6U = 6U 高的 19" 机架
	设备最大电流 (以安培为单位)
	设备的最大电压 (以伏特为单位, "10360" = 360 V)
	系列: 10 = 10000 系列
	类型标识: PUL = Power Unit Load (作为单个电源的电子负载)

1.6 预期用途





该设备仅用作可变电电压源和电流源，或仅用作可变电流吸收源。此外，只能在合适的设备（19" 机架或类似设备）中安装和操作，配套刚性、不可伸缩交流供电线。

电压源的典型应用是为任何相关用户提供直流电源，例如，用作电池充电器为不同类型的电池充电；针对电流吸收源，通过使用可调电子直流负载替换欧姆电阻器，实现任何类型的相关电压及电流源的加载。



- 就因预期用途之外的使用而造成的损害，我方概不接受任何形式的损害索赔
- 所有因预期用途之外的使用而造成的损害，应由操作方承担全部责任

1.6.1 设备上的标志和警告

标牌	说明
 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>⚠ DANGER</p> <p>RISK OF ELECTRIC SHOCK</p> <p>Disconnect all sources of supply prior to servicing.</p> </div>	该警告主要与直流端子上设备的重新配置有关，出于安全考量，还要求切断设备与交流供电的连接（外部总开关）。这一要求对交流端的断开与重连接同样适用。
 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>⚠ DANGER</p> <p>Capacitors on DC, storing voltage! Discharge for 10 sec then ground before working.</p> </div>	即使在直流端与外部电源断开连接后，直流接线端子极之间和/或直流电与外壳之间仍可能存在危险的电压电位。为安全起见，电容器放电后，直流端子必须短路，并且必须接地，即连接到 PE。
 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>⚠ WARNING</p> <p>ELECTRICAL HAZARDS</p> <p>Authorized personnel only.</p> </div>	电气设备的金属材质、可公开接触部件上始终存在电压电位，尽管电压水平可能并不会造成危害。仍建议您谨慎操作，因为这些电位仍有可能引起轻微电击或火花。
 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>⚠ WARNING</p> <p>Read and understand the operating guide before using this device. Non-adherence of the instructions in the operating guide can result in serious injury or death.</p> </div>	在使用设备过程中，请务必遵循。

致命危险 - 危险电压



- 电气设备的运行表明，可在设备外部接触的某些部件可能存在高压危险。因此，在操作过程中，所有带电部件必须带保护盖！基本上适用于所有型号。
- 直流端子与交流输入相互隔离，内部不接地。因此，直流极和 PE 之间可能存在危险电位，例如，由连接的外部源引起的电位。由于电容器带电，在直流输入或设备已关闭的情况下，这种情况很可能会发生。
- 请勿将任何零件（尤其是金属件）插入通风孔内！
- 每次对交流或直流端子（特别是可能具有危险电压电位的端子）进行重新配置时，必须将设备与交流供电的连接完全切断（交流电缆远端的总开关）；仅关闭前面板的电源开关还不够。
- 操作电气设备时，必须遵守 5 项安全规则：
 - 完全断开
 - 防止重连
 - 确认系统已完全停止运行
 - 执行接地和短路操作
 - 保护相邻带电部件



- 避免在设备附近使用任何液体。保护设备免受湿气、潮湿和冷凝环境影响。
- 切勿将外部电源正负极反接到直流端子上！即使完全断电，这也会导致设备受损。
- 禁止将可能会产生高于设备额定电压的外部电源连接至直流端子！
- 切勿将连接到其他 Ethernet 或其组件的网络电缆插入设备背面的主从控制插座！



- 设备仅用于预期设计用途
- 该设备仅获批准在产品标签上规定的连接限值范围内使用
- 在将接口卡或模块插入相应孔位时，必须遵循防静电规定
- 设备关闭后，方可拔插接口卡或模块。该操作无需打开设备
- 针对目标应用需要的敏感负载，应始终配置过流、过压等各种保护功能！
- 务必确保能量回馈装置能够反馈逆变能量，并且不会切换到隔离运行状态。在隔离运行的情况下，必须安装监控装置（电网保护）
- 不得将设备连接到发电机或 UPS 等交流供电设备上工作。必须直接连接电网！

1.7.2 操作方的责任

操作方是指使用设备或将设备委托给第三方使用的自然人或法人, 在设备使用期间对用户、其他人员或第三方的安全负责。该设备已投入工业生产。因此, 操作方必须遵守安全法规。除了本手册中的警告和安全警示外, 还必须遵循相关的安全、事故预防和环境法规。特别是, 操作方必须做到以下几点

- 熟悉相关的作业安全要求
- 通过风险评估确定工作区特定使用条件可能产生的其他危险
- 针对当地情况在操作程序中引入必要步骤
- 定期更新操作程序
- 必要时更新操作程序, 反映法规、标准或操作条件的变化
- 明确确定设备的操作、维护和清洁责任
- 确保所有使用设备的员工均已阅读并理解本手册的内容。此外, 用户应定期接受有关设备操作及可能存在的危险的相关培训
- 向所有设备操作人员提供指定和建议安全设施

此外, 操作方有责任确保设备的技术性能始终符合使用要求。

1.7.3 对用户的要求

涉及使用此类设备的任何作业活动, 必须由能够正确可靠工作并符合作业要求的人员负责。

- 反应能力受到毒品、酒精或药物等不良影响的人员, 严禁操作本设备
- 必须时刻遵循作业现场适用的年龄限制或作业要求规定



不合格用户的风险

操作不当会造成人员或设备损坏。只有经过必要培训、具有必要知识和经验的人员才能使用该设备。

另外, 允许符合以下条件的人员操作本设备:

委托人员: 对这些人已就其任务及可能存在的危险进行了适当、明确的说明。

合格人员: 这些人员能够通过培训、知识储备和经验积累以及对具体要求的了解来执行所有规定任务, 识别危险并避免人身及其他风险。

1.7.4 用户的责任

该设备已投入工业生产。因此, 操作方必须遵守安全法规。除了本手册中的警告和安全警示外, 还必须遵循相关的安全、事故预防和环境法规。特别是设备用户:

- 必须知晓相关的作业安全要求
- 必须按照规定的责任要求完成设备操作、维护和清洁
- 在开始任何工作之前, 必须阅读并理解本操作手册中的相关内容

1.7.5 报警信号

该设备提供了各种发出报警条件信号的方式,但不涵盖危险情况。信号包括光信号(通过控制面板上的 LED 指示灯)或电子信号(模拟量接口的状态输出和数字可读状态位)。所有警报都会导致设备关闭直流输入。有关各类报警的详细信息,请参见“3.3. 报警条件”部分。

不同信号的含义如下:

OT 信号 (过温)	<ul style="list-style-type: none">• 设备过热• 将关闭直流输入• 非严重信号
OVP 信号 (过压)	<ul style="list-style-type: none">• 由于设备上的电压过高而导致直流输入过压关断• 严重信号! 设备和/或电源可能遭到损坏
OCP 信号 (过流)	<ul style="list-style-type: none">• 因超过预设限值, 直流输入关闭• 非严重信号, 防止电源馈入电流过大
OPP 信号 (过功率)	<ul style="list-style-type: none">• 因超过预设限值, 直流输入关闭• 非严重信号, 防止电源馈入功率过大
PF 信号 (电源故障)	<ul style="list-style-type: none">• 因交流欠压或交流部分故障, 导致直流输入关闭• 过压时严重! 交流电路部分可能损坏
MSP 信号 (主从控制保护)	<ul style="list-style-type: none">• 主从总线上存在通信问题, 导致直流输入关闭• 非严重信号
SF 信号 (共享总线故障)	<ul style="list-style-type: none">• 共享总线上的信号失真, 导致直流输入关闭• 非严重信号

1.7.6 功能性测试

设备操作方必须决定何时检查设备功能的正确性,由谁检查以及检查频次。“具体时间”可以在每次使用之前,或者在其转移位置或重新配置之后,亦或是按照规定间隔周期。



如果设定值无法按照如下说明进行调整,则可能只是因调整限值的干扰导致。当达到限值时,设备无法发出调整值信号。在远程控制中,无效值将被拒绝,并伴有错误信息。

一般测试程序如下:

1. 断开所有电缆(感测、共享总线、模拟量接口、USB 线),交流电缆除外。
2. 连接一个外部直流电源,其电流和电压至少与被测设备(DUT)的额定值相同,并将其设置为 DUT 的 10% U_{Nom} 电压和满电流。
3. 将一个合适的电流表(分流器、电流换能器)与其中一根直流电缆对齐或围绕其中一根电缆放置。
4. 启动设备。通过前置或后置 USB 端口使用远程控制,在电压设定值设为 0 和功率设定值设为最大值的情况下,调节 10% I_{Nom} 的电流。然后接通直流输入端,用电流表测量电流,确认调整后的电流正在流动。同时将其与通过远程指令查询读取的实际电流值进行比较。
5. 在 100% U_{Nom} 的电压下,重复相同操作。
6. 如果外部直流电源的电流可调,则将电流限制在 DUT 的 90% I_{Nom} ,同时将电压设置为 DUT 的 102% U_{Nom} 。在直流输入端增加一个电压万用表。
7. 在被测设备上,调整 10% U_{Nom} ,并用万用表测量直流输入,以验证是否符合调整后的电压。同时将其与通过远程指令查询读取的实际电压值进行比较。
8. 在 90% 或 100% U_{Nom} 的电压下,重复相同操作。

仅当设备提供的电流和电压在 0-100% FS 范围内可调时,设备才能被视为全面运行。

1.8 技术数据

1.8.1 允许的操作条件

1.8.1.1 环境条件

允许运行的环境温度范围为 0 °C (32 °F) 至 50 °C (122 °F)。在储存或运输过程中, 允许的温度范围可放宽至 -20 °C (-4 °F) 至 70 °C (158 °F)。如果在运输过程中出现水冷凝情况, 在运行前必须至少预留 2 小时让设备适应环境, 最好选择在空气流通良好的位置。

本设备设计适用于在干燥的室内操作。不得将设备暴露于灰尘过多、空气湿度高、有爆炸危险及存在污染空气的腐蚀性化学物质中, 或在这种环境下操作。操作位置并非随意确定 (参见“2.3.3. 安装设备”), 但无论位置如何, 都必须保证良好的空气流通。该设备可以在 2000 m (约 6560 ft) 的海拔高度下运行。在给出公差的情况下, 技术规格 (在本手册中: 额定值) 适用于在环境温度为 23 °C (73 °F) 的条件下至少已经预热 30 分钟的设备。未给定公差的规格表示一般设备的标准值。

1.8.1.2 冷却

在设备内部耗散的功率会使气流升温。风冷式设备的气流通道末端装有一个风扇, 内部放置有冷却块, 可驱动空气穿过设备。进气口设在前面, 排气口在背面。风扇转速会根据内部温度变化自动进行高低调节。鉴于设备怠速时有一些内部元件仍会发热, 因此会维持在特定最低转速。

空气中的灰尘长期积累形成灰尘层会阻碍空气流动, 因此至少应在设备外风扇后面留出足够的空间, 保证气流畅通无阻。风扇通常安装在机柜内部, 因此要求选用网格式柜门。

同时, 通过外部干预措施 (例如空调), 将环境温度维持在较低水平。如果设备内部发热, 且冷却块温度超过 80 °C (160 °F), 设备将自动关闭功率级来防止自身过热。冷却一段时间后, 方可继续操作并启动功率级供电模组。

对于水冷式电源设备, 水作为主要冷却介质, 流经内部各冷却块。在近乎密封的主体内, 空气在风扇的带动下开始循环流动, 对冷却块上部件之外的剩余部件进行冷却, 但随着时间推移温度仍会升高。

1.8.2 一般技术数据

显示: 6 个不同颜色的 LED 灯

控件: 1 个按钮

1.8.3 特定技术数据

一般规格	
交流输入	
电压, 相位	380 V - 480 V \pm 10%, 3ph AC
频率	45-65 Hz
功率因数	大约 0.99
漏电流	<10 mA
相电流	\leq 110 A @ 400 V AC
过压类别	3
静态直流输入	
负载调整率 CV	\leq 0.05% FS (0 - 100% 负载, 恒定交流输入电压和恒定温度)
线性调整率 CV	\leq 0.01% FS (380 V - 480 V \pm 10% 交流输入电压, 恒定负载与恒定温度)
稳定性 CV	\leq 0.02% FS (经过 30 分钟的预热, 在 8 小时运行时间内保持恒定交流输入电压、负载和温度)
温度系数 CV	\leq 30 ppm/ $^{\circ}$ C (经过 30 分钟预热后)
补偿电压 (远程感测)	\leq 5% $U_{Nominal}$
负载调整率 CC	\leq 0.1% FS (0 - 100% 负载, 恒定交流输入电压和恒定温度)
线性调整率 CC	\leq 0.01% FS (380 V - 480 V \pm 10% 交流输入电压, 恒定负载与恒定温度)
稳定性 CC	\leq 0.02% FS (经过 30 分钟的预热, 在 8 小时运行时间内保持恒定交流输入电压、负载和温度)
温度系数 CC	\leq 50 ppm/ $^{\circ}$ C (经过 30 分钟预热后)
负载调整率 CP	\leq 0.3% FS (0 - 100% 负载, 恒定交流输入电压和恒定温度)
负载调整率 CR	\leq 0.3% FS + 0.1% FS 电流 (0 - 100% 负载, 恒定交流输入电压和恒定温度)
防护功能	
OVP	过压保护, 可调节 0 - 110% $U_{Nominal}$
OCP	过流保护, 可调节 0 - 110% $I_{Nominal}$
OPP	过功率保护, 可调节 0 - 110% $P_{Nominal}$
OT	过热保护 (冷却不充分的情况下会关闭直流输入)
动态直流输入	
上升时间 10 - 90% CC	\leq 2 ms
下降时间 90 - 10% CC	\leq 2 ms
绝缘耐压	
交流输入至直流输入	3750 Vrms (1 分钟, 爬电距离 >8 mm)
交流输入至外壳 (PE)	2500 Vrms
直流输入至外壳 (PE)	取决于型号。请参见型号表
直流输入至接口	1000 V DC (输出电压小于等于 360 V 的型号), 1500 V DC (输出电压大于等于 500 V 的型号)
数字接口	
标配的电隔离接口	通讯用 USB、Ethernet (100 MBit)、USB 前面板端口
可选, 电隔离	CAN、CANopen、RS232、ModBus TCP、Profinet、Profibus、EtherCAT、Ethernet
模拟量接口	
标配的电隔离接口	15 针 D-Sub 接口
信号范围	0 - 10 V 或 0 - 5 V (可切换)
输入	U、I、P、R、遥控开/关、直流输入开/关、内阻模式开/关
输出	显示器 U 和 I、报警、基准电压、直流输入状态、CV/CC 调节模式
精度 U/I/P/R	0-10 V: \leq 0.2%, 0-5 V: \leq 0.4%
设备配置	
并联运行	10000 系列中高达 64 台任何功率等级的设备 (从 5 kW 开始), 采用主从总线和共享总线
安全与 EMC	

一般规格	
安全	EN 61010-1 IEC 61010-1 UL 61010-1 CSA C22.2 No 61010-1 BS EN 61010-1
EMC 电磁兼容	EN 55011, A 级, 1 组 CISPR 11, A 级, 1 组 FCC 47 CFR 第 15B 部分, 无意辐射体, A 级 EN 61326-1 包含遵循以下标准的测试: - EN 61000-4-2 - EN 61000-4-3 - EN 61000-4-4 - EN 61000-4-5 - EN 61000-4-6
安全防护等级	1
防护等级	IP20
环境条件	
工作温度	0 - 50 °C (32 - 122 °F)
储存温度	-20-70 °C (-4-158 °F)
湿度	≤80% 相对湿度, 非冷凝
海拔	≤2000 m (≤6,600 ft)
污染等级	2
机械结构	
冷却	前后强制对流 (温控风扇), 选件: 水冷装置
尺寸 (宽 x 高 x 深)	外壳: 19" x 6U x 668 mm (26.3 in)
重量	76 kg (168 lb)
重量 (带水冷装置)	82 kg (180 lb)

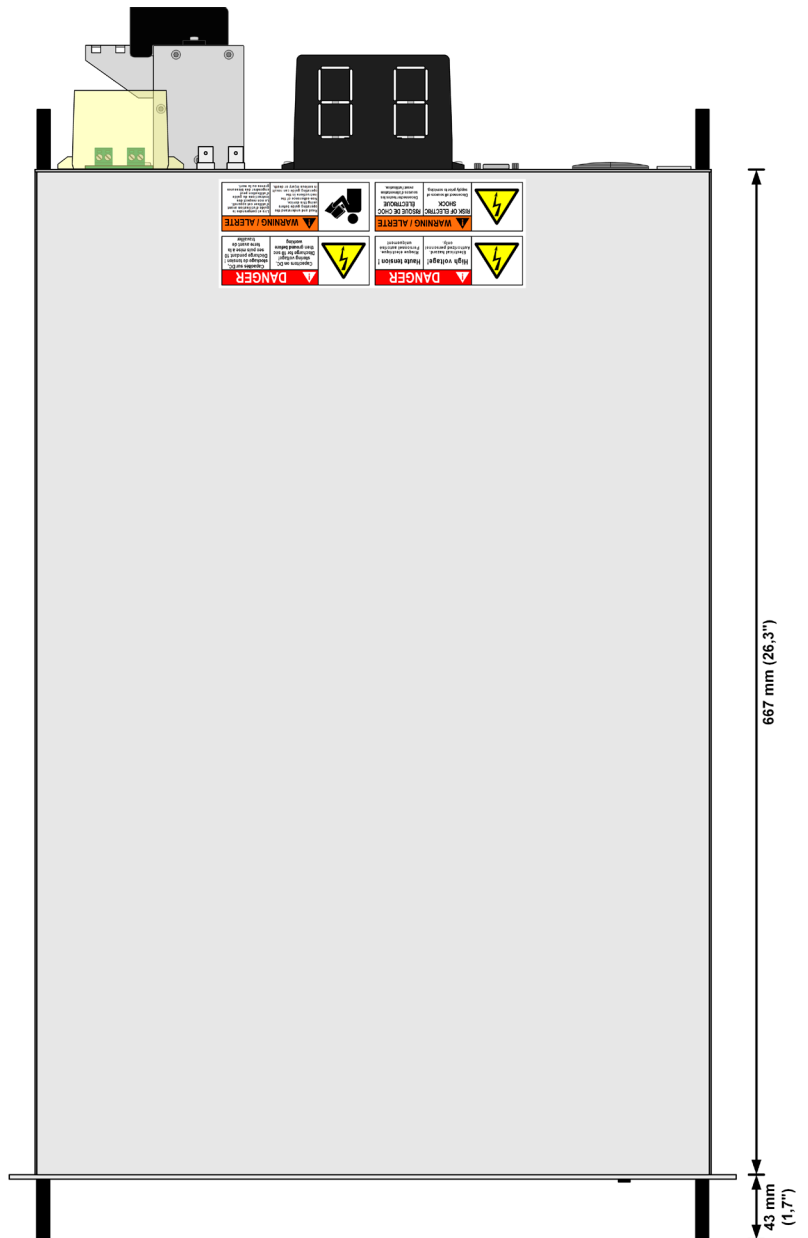
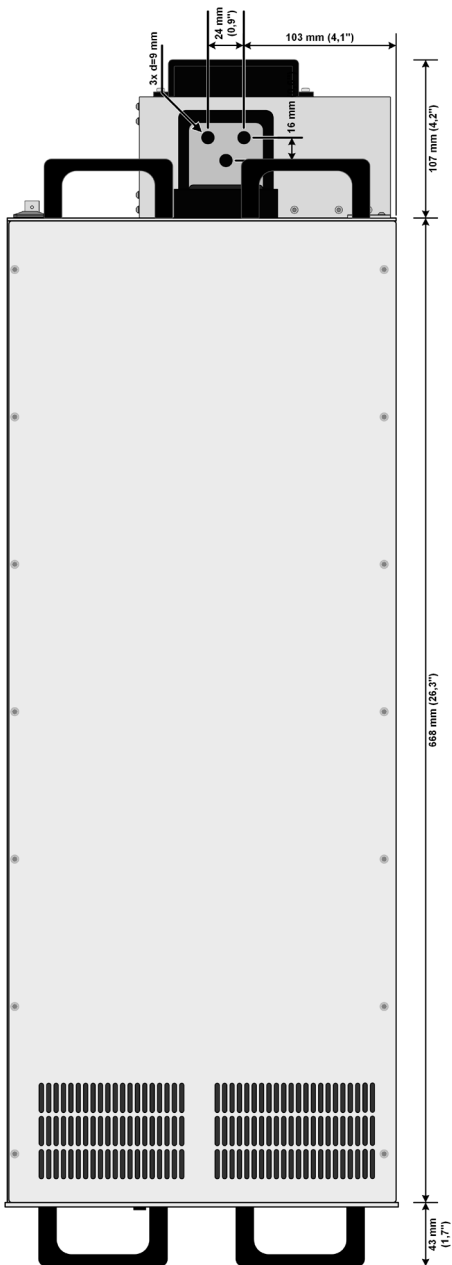
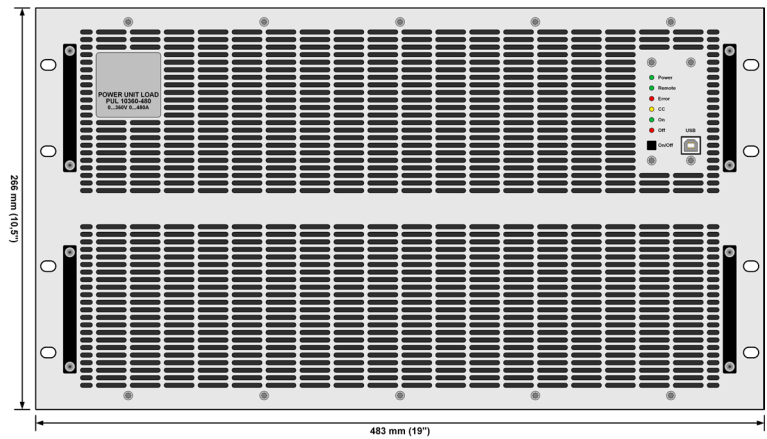
技术规格	PUL 10360-480	PUL 10500-360	PUL 10750-240	PUL 10920-250
直流输出				
电压范围	0-360 V	0-500 V	0-750 V	0-920 V
CV 纹波 (rms)	≤55 mV (BWL 300 kHz)	≤70 mV (BWL 300 kHz)	≤200 mV (BWL 300 kHz)	≤250 mV (BWL 300 kHz)
CV 纹波 (pp)	≤320 mV (BWL 20 MHz)	≤350 mV (BWL 20 MHz)	≤800 mV (BWL 20 MHz)	≤1200 mV (BWL 20 MHz)
I _{Max} (灌电流) 时的 U _{Min}	2.5 V	1.1 V	1.2 V	2 V
电流范围	0 - 480 A	0 - 360 A	0-240 A	0 - 250 A
功率范围	0 - 60000 W	0 - 60000 W	0 - 60000 W	0 - 60000 W
电阻范围	0.025 Ω - 45 Ω	0.04 Ω - 85 Ω	0.1 Ω - 185 Ω	0.125 Ω - 275 Ω
输出电容	3480 μF	1560μF	765 μF	465 μF
灌电/拉电效率 (最高值)	95.8% *1	96.5% *1	96.5% *1	96.5% *1
绝缘耐压				
直流负极 <-> PE	±1000 V DC	±1500 V DC	±1500 V DC	±1500 V DC
直流正极 <-> PE	+1000 V DC	+2000 V DC	+2000 V DC	+2000 V DC
产品编号				
标准	01133009	01133010	01133011	01133012
标准 + 水冷	01663001	01663002	01663003	01663004

*1 在 100% 功率和 100% 输入电压条件下
BWL = 带宽限制

技术规格	PUL 11000-160	PUL 11500-120	PUL 12000-80	
直流输出				
电压范围	0-1000 V	0-1500 V	0-2000 V	
CV 纹波 (rms)	≤300 mV (BWL 300 kHz)	≤400 mV (BWL 300 kHz)	≤500 mV (BWL 300 kHz)	
CV 纹波 (pp)	≤1600 mV (BWL 20 MHz)	≤2400 mV (BWL 20 MHz)	≤3000 mV (BWL 20 MHz)	
I _{Max} (灌电流) 时的 U _{Min}	3.4 V	3.2 V	3.7 V	
电流范围	0 - 160 A	0-120 A	0-80 A	
功率范围	0 - 60000 W	0 - 60000 W	0 - 60000 W	
电阻范围	0.2 Ω - 325 Ω	0.4 Ω - 750 Ω	0.85 Ω - 1350 Ω	
输出电容	387 μF	173 μF	85 μF	
灌电/拉电效率 (最高值)	95.8% *1	96.5% *1	96.5% *1	
绝缘耐压				
直流负极 <-> PE	±1500 V DC	±1500 V DC	±1500 V DC	
直流正极 <-> PE	+2000 V DC	+2000 V DC	+2000 V DC	
产品编号				
标准	01133013	01133014	01133015	
标准 + 水冷	01663005	01663006	01663007	

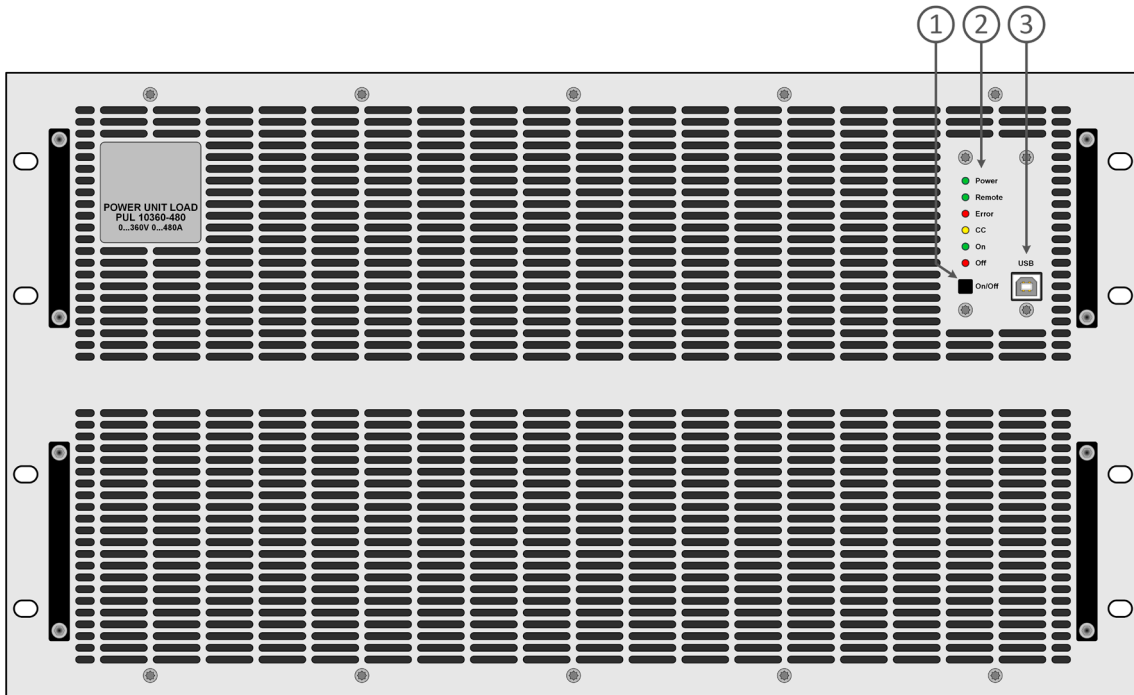
*1 在 100% 功率和 100% 输入电压条件下
BWL = 带宽限制

1.8.4 视图
 1.8.4.1 PUL 10000 6U 技术图纸



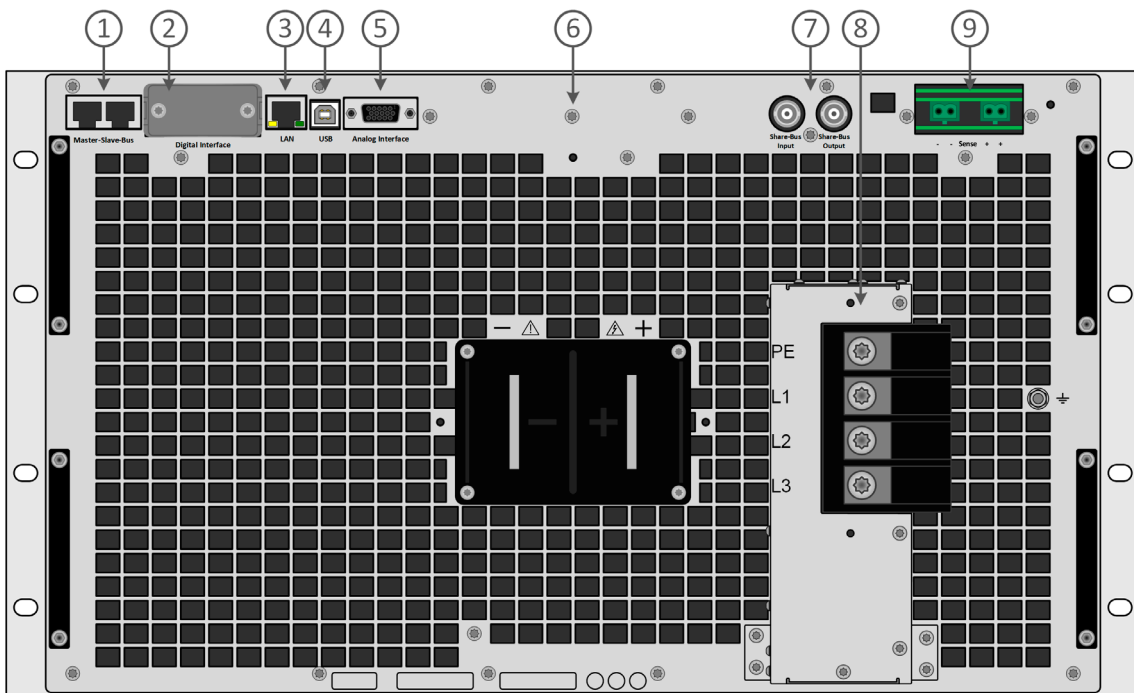
所示为风冷型设备的侧视图

1.8.4.2 PUL 10000 6U 前面板视图



1. 直流开/关按钮
2. LED 状态指示灯
3. USB 接口

1.8.4.3 PUL 10000 6U 后面板视图



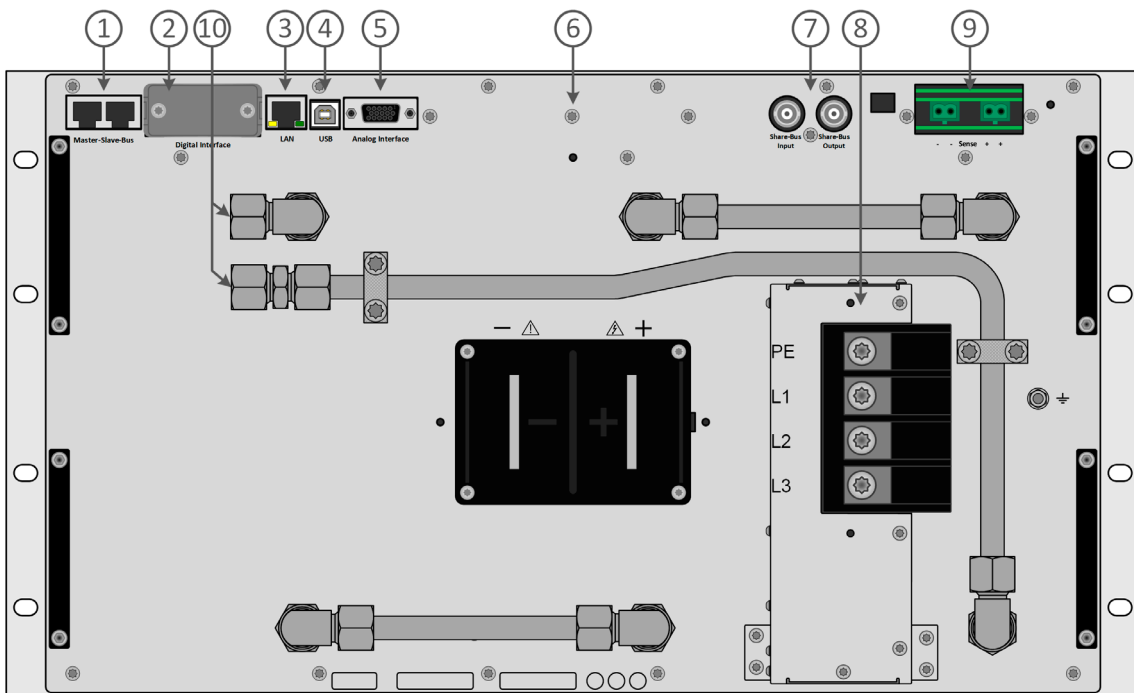
1. 用于设置并联系统的主从总线连接器
2. 可选接口插槽
3. Ethernet 接口
4. USB 接口 n
5. 用于编程、监控等功能的隔离模拟量接口连接器 (DB15 母头)
6. 直流输入端子 (铜片)
7. 用于设置并联系统的共享总线连接器
8. 交流输入连接器
9. 远程感测连接器

1.8.4.4 配有 PUL 10000 6U WC (水冷选项) 的前面板视图



1. 直流开/关按钮
2. LED 状态指示灯
3. USB 接口

1.8.4.5 配有 PUL 10000 6U WC (水冷选项) 的后面板视图



1. 用于设置并联系统的主从总线连接器
2. 可选接口插槽
3. Ethernet 接口
4. USB 接口 n
5. 用于编程、监控等功能的隔离模拟量接口连接器 (DB15 母头)
6. 直流输入端子 (铜片)
7. 用于设置并联系统的共享总线连接器
8. 交流输入连接器
9. 远程感测连接器
10. 进水口和出水口

1.8.5 控制部件

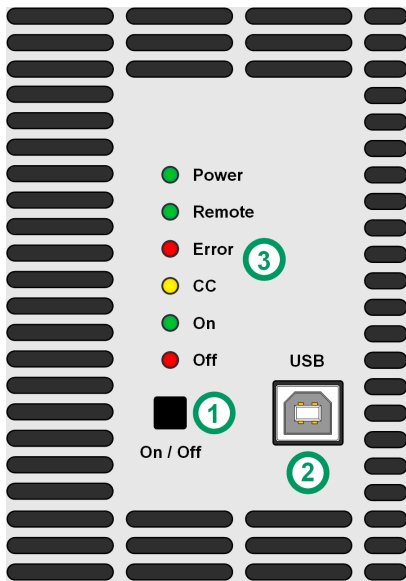



图 1- 控制面板

控制面板上的部件概述

详细说明见“控制面板 (HMI)”部分。

(1)	<p>On/Off 按钮 LED“远程”熄灭时, 可用于在手动操作时打开或关闭直流输入</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;">  <p>当模拟量接口上的REM-SB引脚设置为要求关闭直流的逻辑电平时, 可通过该按钮阻止打开直流。</p> </div>
(2)	<p>USB 端口 当设备处于非主从模式时, 可快速方便地访问最重要的直流输入相关值。与后置端口相比, 该端口的功能有所减少。</p>
(3)	<p>状态指示灯 (LED) 这六个彩色 LED 灯显示设备状态。</p>

1.9 结构与功能

1.9.1 概述

PUL 10000 6U 系列设备是 ELR 10000 4U 系列的配套型号。它们可作为电源扩展模块，用于构建总功率更大的主从系统。ELR 10000 4U 系列的设备（配有彩色触摸显示屏）可作为主机，但如果仅进行远程控制，所有 PUL 10000 4U 也可作为其他 10000 系列电子负载的主机。

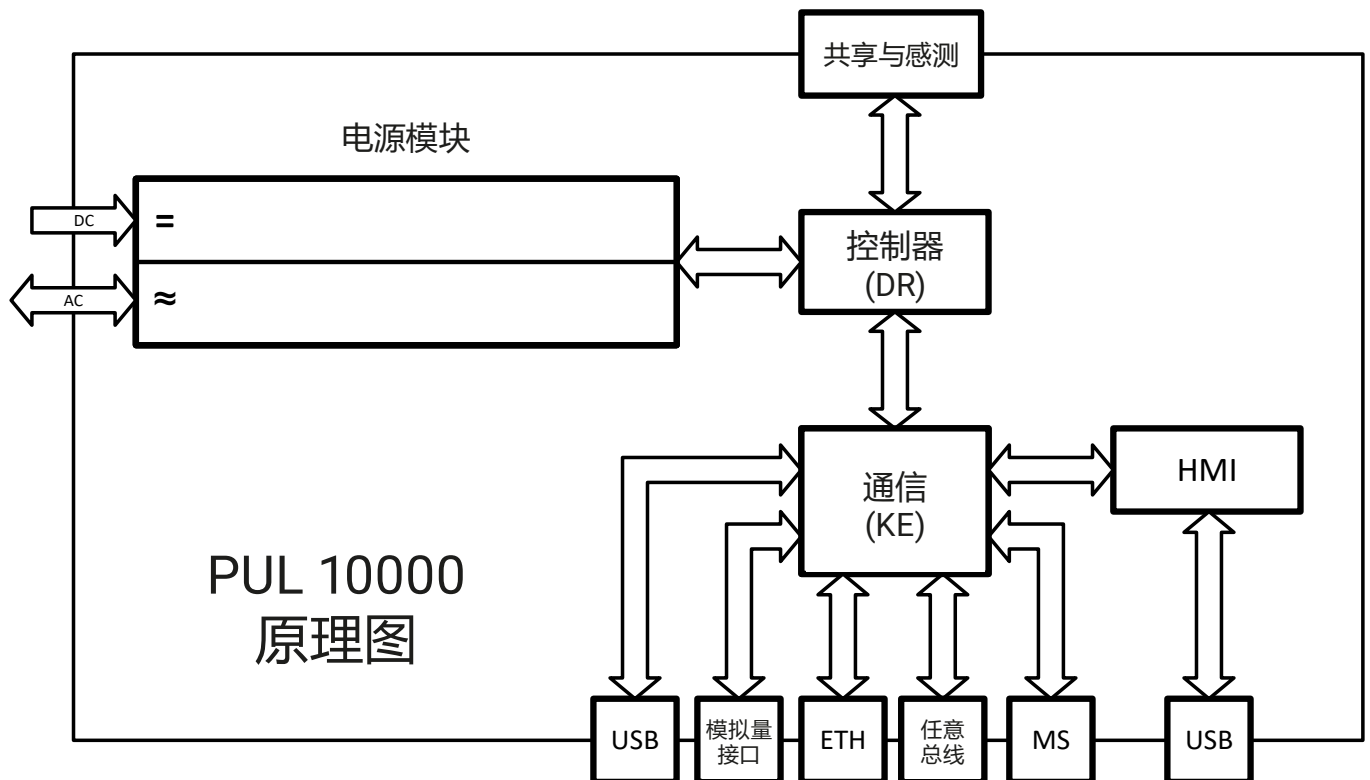
该系列设备在背面标配 USB 和 Ethernet 端口，以及电隔离模拟量接口，可实现远程控制。此外，还可通过选配插入式接口模块添加其他数字接口，例如 RS232、Profibus、ProfiNet、ModBus TCP、CAN、CANopen 或 EtherCAT。通过上述端口，设备只需更换或增加一个小模块，即可将这些设备连接到标准工业总线。

除了风冷式设备外，还有水冷式设备，水冷设备通常配置在机柜系统内，内部分布了完整的水冷线路。也可以按需定制客户要求的水冷系统。

1.9.2 原理图

原理图中显示了设备内部的主要组件及它们之间的关系。

其中，数字式微处理器控制组件 (KE、DR、HMI) 用于固件升级。




1.9.3 标准配置清单

- 1 x 电子负载设备
- 2 x 远程感测插头
- 1 x 1.8 m (5.9 ft) USB 线
- 1 x 直流端子罩
- 1 x 感测端子盖
- 1 x 存放文档和软件的 U 盘
- 1 x 交流端子罩
- 1 x 交流电缆轴衬套件 (支架和电缆扎带)

1.9.4 配件

该系列的所有型号都有以下硬件配件:

IF-AB 接口模块	可提供适用于 RS232、CANopen、Profibus、ProfiNet、ModBus TCP、EtherCAT 或 CAN 的插拔式可替换型数字接口模块。有关接口模块的详细信息, 以及配备此类接口的设备编程详细信息, 可另外参见单独文件。这些文件通常存放在设备附带的 U 盘内, 或者可登录制造商网站下载 PDF 文档。
LIZENZFG 函数发生器许可证	该许可证可将设备升级为 ELR 10000 系列所提供的全功能函数发生器。通过固件更新安装, 通常在购买后通过电子邮件发送给客户, 并随附相关文件 (ModBus 寄存器列表作为参考) 和更多信息。
许可证 软件许可证	该系列的所有设备均随附免费的 Windows 远程控制软件, 名为 EA Power Control 。除了免费使用的应用程序外, 该软件还有其他一些应用程序, 如多重控制、图表和函数发生器, 可通过购买许可证代码解锁。这三个应用程序合并并在“多重控制”许可证下。每台 PC 需要一个许可证。有单个许可证和包含 5 个许可证的许可证包可供选择, 还可根据要求获得 14 天试用许可证。更多信息请参阅本软件的用户手册或我们的网站。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> 该系列 PUL 10000 本身不带函数发生器, EA Power Control 中的函数发生器应用也需要设备本身解锁的函数发生器。见上文 LIZENZFG。</div>

1.9.5 选件

这些选件都是设备永久内置或在制造过程中预先配置的, 因此通常随设备一并订购。

电源机架 19" 机架	各种配置 (最高 42U) 的机架可以用作并联系统, 或与电子负载设备一起组成测试系统。更多信息, 请访问我们的网站或向我们索取。
WC 水冷	将内部电源模块的标准冷却块更换为三个互连的水冷块, 设有两个外接水龙头用于供水。该选配有助于避免因一定的功耗导致的热空气耗尽而使环境升温。 此外, 这种冷却方式还能降低噪声。

控制面板 (HMI)

HMI (人机界面) 由六个彩色 LED 灯、一个按钮和一个 B 型 USB 端口组成。

1.9.5.1 状态指示灯 (LED)

正面的六个彩色 LED 灯指示设备的各种状态:

LED	颜色	亮起时表示什么?
Power/电源	橙色/绿色	橙色 = 设备处于启动阶段或发生内部错误 绿色 = 设备已准备好运行
Remote/远程	绿色	主从或任意控制接口的远程控制处于激活状态。在这种情况下, 使用开/关按钮的手动控制被锁定。
Error/错误	红色	至少有一个未确认的设备警报处于激活状态。LED 发出“3.6. 警报和监控”中所列的所有警报信号。
CC	黄色	恒流调节 (CC) 已激活。这意味着, 如果 LED 不亮, 则表示处于 CV、CP 或 CR 模式。另请参见“3.2. 操作模式”。
On/开	绿色	直流输入已开启
Off/关	红色	直流输入已关闭

1.9.5.2 前置 USB 端口

前置 USB 端口比后置 USB 端口更易于访问, 用于快速设置与直流输入相关的值和设置。只有在以下两种情况, 才有必要和可能访问前置 USB 端口执行操作:

1. PUL 10000 6U 目前不受主机控制。
2. 由于缺乏合适的 ELR 10000 4U 主机, PUL 10000 6U 应成为其他 PUL 10000 6U 设备的主机。

这两种情况都是次要的, 因为 PUL 10000 6U 的主要和正常功能是作为主从系统中的从机, 从主机分配所有所需的设置和值。当运行上述任何一种情况时, 前置 USB 端口适用于以下情况:



- 用于主从配置、设定值 (U、I、P、R) 和保护 (OVP、OCP、OPP) 的精简指令设置。有关指令设置的详细信息, 请参见“3.5. 远程控制”。
- 只有在设备与主机不联机的情况下, 才能接管远程控制以更改配置, 这就需要暂时停用主机上的主-从功能或关闭主机。
- 前置 USB 与其他远程控制接口相比没有优先级

1.9.5.3 “On/Off” 开关按钮

在手动控制过程中, 该按钮可用于打开或关闭直流输入, 即设备不受主机或任意 USB 端口的远程控制 (“远程”LED = 关), 但前提是直流输入未被引脚 REM-SB (模拟量接口) 阻止。



一旦按下后开启直流输入, 设备就会将其调节到其存储的最后一个值。由于未显示所有与直流输入相关的数值, 因此操作该按钮时必须小心谨慎。

此外, 该按钮还可用于在无需电脑的情况下将设备快速转入从属模式。按住按钮至少 10 秒钟即可完成。“Error/错误”LED 灯亮起, 确认切换到“从属”模式, 表示 MSP 报警 (有关该报警的更多信息, 请参见第“3.6. 警报和监控”部分), 这对于尚未初始化的从机属于正常现象。

1.9.6 USB 端口 (后置)

设备后置的 USB-B 接口, 用于设备通信和固件更新。随附的 USB 线可用于将设备连接到 PC (USB 2.0 或 3.0)。驱动程序随设备一起提供, 并安装有一个虚拟 COM 端口。有关远程控制的详细信息, 可参见制造商网站上的信息或随附的 U 盘。

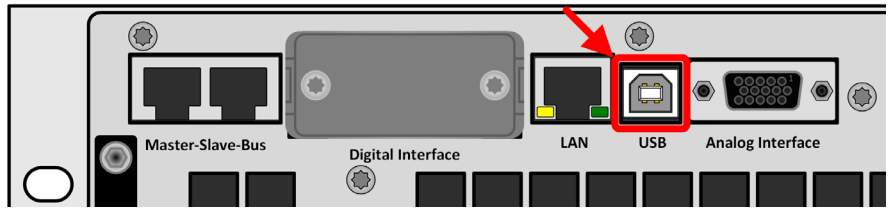


图 2 - USB 端口

设备可使用国际标准的 ModBus RTU 协议或 SCPI 语言, 通过该端口进行寻址。设备自动识别所使用的通信协议。

在应用远程控制进行操控时, USB 端口的优先级不高于可能已安装的接口模块 (见下文)、前置 USB 端口或模拟量接口, 因此它们之间可以交替使用。但是, 应保证监控始终有效。

1.9.7 接口模块插槽

该插槽位于设备背面, 能够安装各种 IF-AB 接口系列模块。下表列出了可选的接口类型。

用户可以自行安装和随时改装这些模块。设备可能需要进行固件更新, 以便识别和支持某些模块。

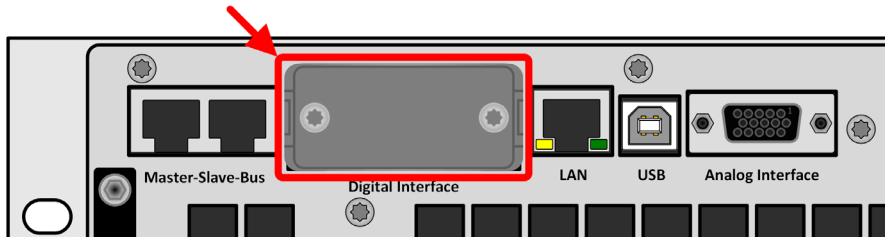


图 3 - 接口插槽

产品编号	名称	说明/连接器
35400100	IF-AB-CANO	CANopen, 1x DB9、公头
35400101	IF-AB-RS232	RS 232, 1x DB9、公头 (零调制)
35400103	IF-AB-PBUS	Profibus DP-V1 从机, 1x DB9、母头
35400104	IF-AB-ETH1P	Ethernet, 1x RJ45
35400105	IF-AB-PNET1P	ProfiNET IO, 1x RJ45
35400107	IF-AB-MBUS1P	ModBus TCP, 1x RJ45
35400108	IF-AB-ETH2P	Ethernet, 2x RJ45
35400109	IF-AB-MBUS2P	ModBus TCP, 2x RJ45
35400110	IF-AB-PNET2P	ProfiNET IO, 2x RJ45
35400111	IF-AB-CAN	CAN 2.0 A / 2.0 B, 1x DB9、公头
35400112	IF-AB-ECT	EtherCAT, 2x RJ45

用户完全可以自行安装并随时改装这些模块。设备可能需要进行固件更新, 以便识别和支持某些模块。



添加或移除模块前, 请关闭设备!

1.9.8 模拟量接口

15 针 Sub-D 插座位于设备背面, 可通过模拟或数字信号远程控制设备。

在应用远程控制进行操控时, 该模拟量接口只能与数字接口交替使用。但是, 应保证监控始终有效。

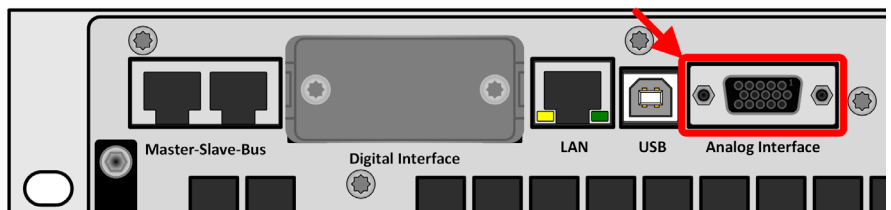


图 4 - 模拟量接口

设定值的输入电压范围和监控值的输出电压范围, 以及基准电压电平均可在可以在 0-5 V 和 0-10 V 之间的设置下切换, 每种情况下对应 0-100%。

1.9.9 “共享总线” 连接器

两个标记为“共享总线”的 BNC 插座 (50 Ω 型) 构成了一个数字直通式共享总线。该总线是双向的, 通过“共享总线输出端”将主机与下一个从机 (“共享总线输入端”) 等连接, 实现并联运行 (主从)。可通过我公司或电子产品商店购买长度适当的 BNC 电缆。

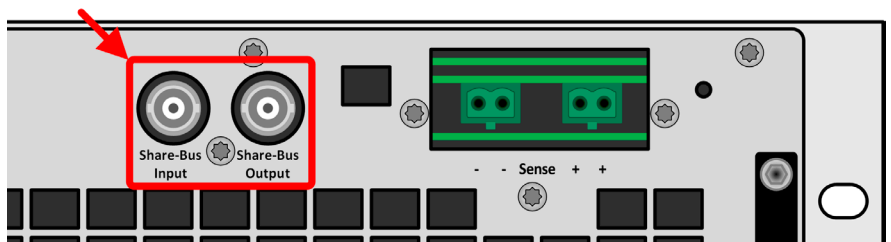


图 5 - 共享总线

基本上, 所有 10000 系列都能在此共享总线上兼容, 但只能连接相同类型的设备, 即主从设备支持电源与电源连接, 电子负载与电子负载连接。

对于 PUL 10000 系列设备, 相同的 PUL 10000 系列型号可用作从机。此外, PUL 10000 设备还可以是 ELR 10000 系列设备的从机或主机。

1.9.10 “感测” 连接器 (远程感测)

为了补偿直流电缆到外部电源的压降, 可将感测输入端 (设备交付时带 2 个插头, 正、负极各一个) 连接到外部电源的直流输出。技术规格中给出了最大可能补偿值。

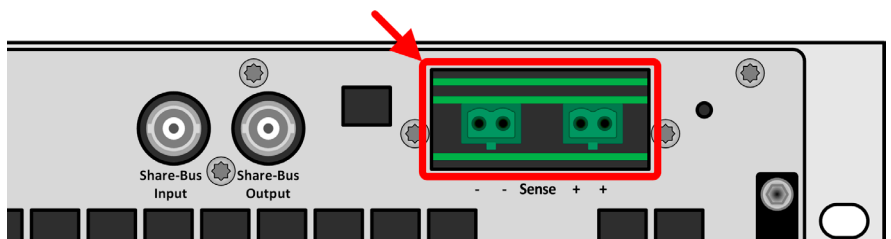


图 6 - 远程感测端子



在主从系统中, 会将远程感测仅连接到主机, 从而通过共享总线将补偿转发给从机。



感测线路上可能存在危险电压! 因此在操作过程中必须对端口安装保护盖。只有当设备与交流供电及所有直流电源断开时, 才可对感测端子进行重新配置!

1.9.11 主从总线

设备背面设置有一组连接器，包括两个 RJ45 插座，允许通过数字总线 (RS485) 连接多个兼容设备形成主从系统。使用标准 CAT 5 类电缆进行连接。

建议尽可能缩短连接线，并在必要时终止总线。

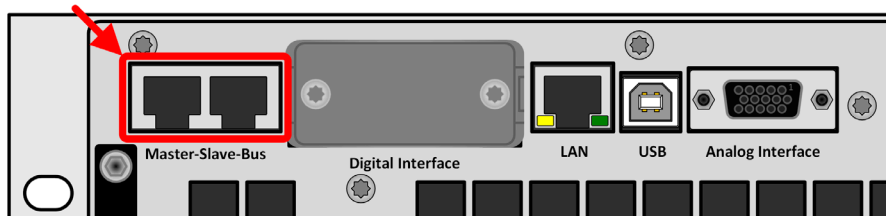


图 7 - 主从总线端口

可以通过 SCPI 或 ModBus 指令以及 **EA Power Control** 的“设置”应用远程控制数字开关进行终止。

1.9.12 Ethernet 端口

设备背面配有 RJ45 LAN/Ethernet 端口，用于与设备进行远程控制或监控通信。用户基本上有两种访问方式：

1. 网站 (HTTP, 端口 80)，可通过设备的 IP 或主机名在标准浏览器中访问。

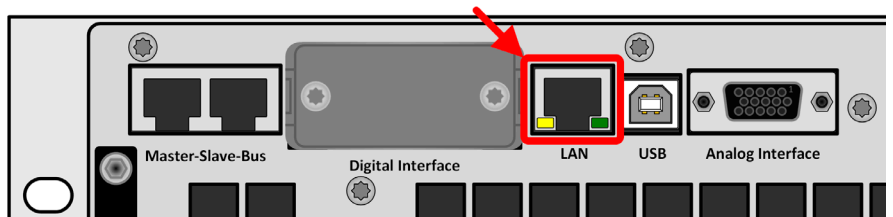


图 8 - LAN 端口

该网站上有一个网络参数配置页面，以及一个 SCPI 指令输入框，手动输入指令即可远程控制设备。

2. 通过自由选择端口 (80 及其他保留端口除外) 进行 TCP/IP 访问。该设备的标准端口为 5025。通过 TCP/IP 和选定端口，可使用大多数常见的编程语言与设备建立通信。

借助该 LAN 端口，即可通过 SCPI 或 ModBus RTU 协议的指令控制设备，同时自动检测消息类型。

通过 ModBus TCP 协议进行访问，只能经选购单独的 ModBus TCP 接口模块完成。参见“1.9.7. 接口模块插槽”。

可手动或通过 DHCP 完成网络设置。传输速度和双工模式均为自动模式。

在应用远程控制进行操控时，Ethernet 端口与任何其他接口无优先级区分，因此它们之间可以交替使用。但是，应保证监控始终有效。

1.9.13 水冷

可选择使用水冷型号来代替默认的风冷型号。水冷选件是在制造过程中内置的，因此无法改装。用水冷代替风冷方式进行设备冷却有几个优点：

- 密封外壳减少了设备产生的环境噪声
- 在环境温度较高的情况下冷却效果更好
- 热量不会直接散失到设备环境中

然而，这种方式也存在一定的缺点：

- 无活动水流的情况下，设备不允许带负载运行
- 电子设备内部的水流具有高损坏风险，这是由于泄漏或空气湿度（结露）引起的冷凝所导致

水龙头位于设备后侧，请参见 1.8.4. 部分的后视图。有关水冷的连接、要求和使用的详情，请参见 2.3.4. 部分。

2. 安装和调试

2.1 运输与储存

2.1.1 运输



- 设备前后两侧的把手**不适合**搬运！其使用目的是将设备移入或移出机柜位。
- 考虑到设备重量，应尽量避免人工运输。如果必须采用人工运输，则只能握住外壳，切不可握住外部部件（如把手、直流端子、旋钮）。
- 请勿在设备开启或通电的情况下进行运输！
- 转移设备时，建议使用原包装
- 应始终保持水平搬运和安装设备
- 搬运设备时应穿着合适的防护服（特别是劳保鞋），因为设备重量较大，如发生坠落，将造成严重后果。

2.1.2 包装

建议在设备使用寿命内保留完整的运输包装材料，方便后期设备转移或返回制造商处维修。或者，应以环保的方式处理包装。

2.1.3 储存

设备如需长期储存，建议使用原包装或类似包装。设备应储存在干燥的室内。如果可以，应采用密封包装，避免设备内部元器件因潮湿而发生腐蚀。

2.2 开箱与目检

每次运输后（不论有无包装），或开始调试前，应参考交货单和/或部件清单（参见“1.9.3. 标准配置清单”部分）目视检查设备是否损坏及其完整性。在任何情况下，明显损坏的设备（如内部零件松动、外部损坏）都不得投入运行。

2.3 安装

2.3.1 安装使用前的安全规格



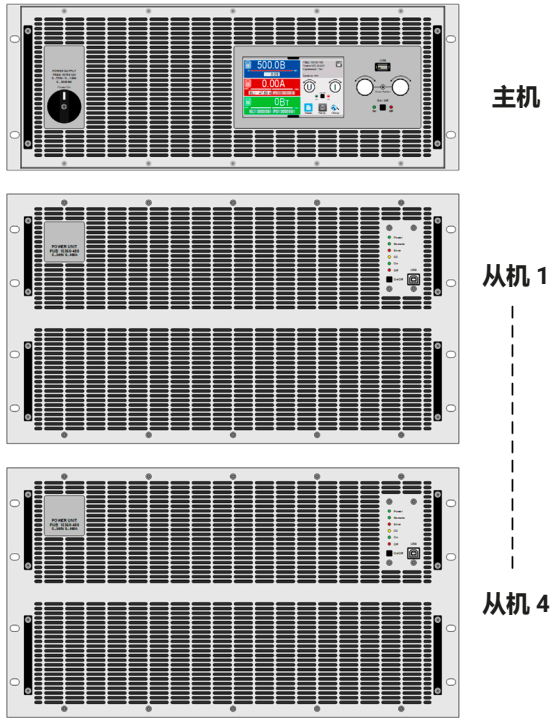
- 该设备相当重。因此，设备（桌面、机柜、货架、19"机架）的预期摆放位置必须能够充分支撑其重量。
- 如使用 19" 机架，应使用与外壳宽度及设备重量相当的导轨（参见“1.8. 技术数据”）
- 连接电源之前，需确保电源电压符合产品标签上的电压值。交流供电过压将导致设备损坏。
- 该系列设备具有能量回馈功能，类似于太阳能设备，将能量反馈到当地或公共电网。如未遵守当地能源供应公司指令，则不得将电能反馈到公共电网，必须在安装前，至少在首次调试前调查清楚，是否需要安装电网保护装置！

2.3.2 准备

2.3.2.1 规划主从系统

由于 PUL 10000 系列设备的主要用途是作为主从系统中的从机，因此在进一步规划安装和布线之前，建议先确定主从系统的配置方式。使用带显示屏的主机时，最小的设置包括 1 台 ELR 10000 和 1 台 PUL 10000，或 2 台 PUL 10000。

主机和从机的电压等级必须相同，电流和功率最好也相同。标准型号和电源有多种可能的组合：

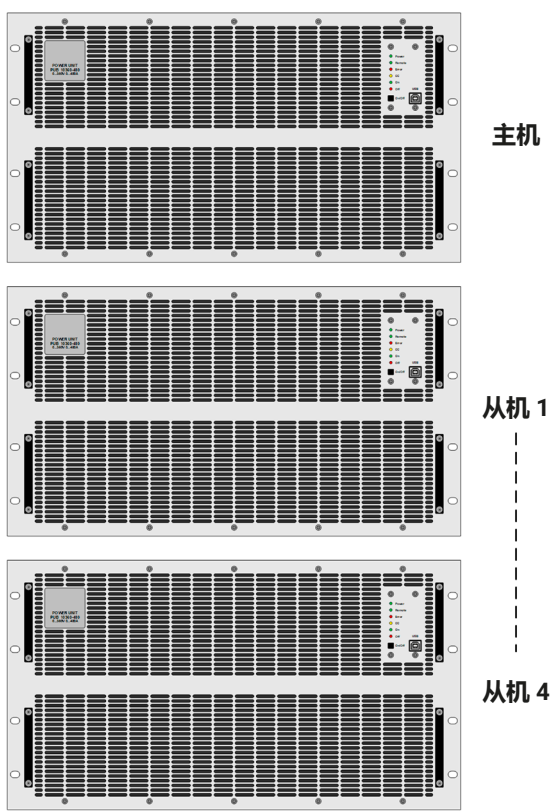


组合 1： 一台 4U 主机配一台或多台 PUL 10000 6U 作为从机

这是一个非常合适的组合，因为它允许主机在其显示屏上汇总所有数值。四台从机加上 4U 主机的总高度为 28U，非常适合安装在 38U 机柜/机架中。

这种组合的优点：与所有设备都配有显示屏的系统相比，成本更低。6U 的额定功率翻倍，但高度仅增加 50%，为系统带来了更大的优势。这种类型的主机配有一个 USB 主机端口，除了进行远程控制，可用于将数据记录到 U 盘，或快速加载配置文件或函数发生器设置。

这种组合的缺点是：如果主机出现故障，则整个系统将无法工作，或者至少不能再使用函数发生器。可以通过软件和远程控制将任意从机重新配置为主机，之后，系统可以继续运行，但功能有所减少，没有数值显示。不过，也可以通过软件进行远程控制。



组合 2： 多台 PUL 10000 6U

配有 PUL 10000 6U 的现有 MS 系统将被增加一台或多台 PUL 10000 6U 设备，或者构建一个新系统。通常选择一台相同的设备作为主机并进行相应的配置。这种组合最有可能节省成本，是仅通过远程控制使用的大型系统的理想选择。在一个 42U 机柜/机架中可以安装五台这样的设备。

这种组合的优点是：节省成本和空间，在与组合 1 相同的高度内可提供更大的功率。

这种组合的缺点：更改配置要求通过前置或后置 USB 端口访问 PC。

2.3.2.2 选择电缆

这些设备所需的交流供电连接为硬接线。通过设备背面的 4 孔交流连接器 (交流滤波盒) 来接入。插头的接线必须是横截面适当的 4 根导线 (3x L, PE)。

有关电缆横截面的建议, 请参见“2.3.5. 连接交流供电”。电源的直流接线尺寸必须符合以下内容:



- 电缆的横截面至少应符合设备的最大电流要求。
- 在允许的极限值下连续运行会产生热量, 必须将热量消除。而且受电缆长度和发热影响, 会导致电压损失。为了降低这些影响, 应增加电缆的横截面, 同时缩短电缆长度。

2.3.2.3 能量回馈设备的其他措施

该系列的所有型号都是所谓的回收装置。在这种模式下, 他们将特定量的能量反馈到本地或公共电网。如果没有这项功能, 设备根本无法运行。目标是在公司或工厂的本地电网中完全消耗回收的能量。如果回收的能量多于消耗的能量, 多余的能量将被送回公共电网, 而如果没有进一步的预防措施, 通常不允许这样操作。

设备操作方必须根据具体情况与当地电力公司联系, 说明允许的范围以及是否需要安装所谓的网络和系统防护装置。有许多不同的国际规定或标准 (如德国的 VDE-AR-N 4105/4110 或英国的 ENA EREC G99) 对这种情况进行了规定。

该装置本身可提供基本保护, 并在无法工作的情况下关闭能量回馈, 但只有通过这种 NS 防护装置才能实现对频率偏移或电压偏差的完全保护, 它还将防止隔离操作。

我们提供 NS 防护解决方案。它们已经符合德国 AR-N 4105 和 4410 标准, 以及意大利 CEI 0-21 或英国 G59/G98/G99 标准。

NS 防护系统的概念:

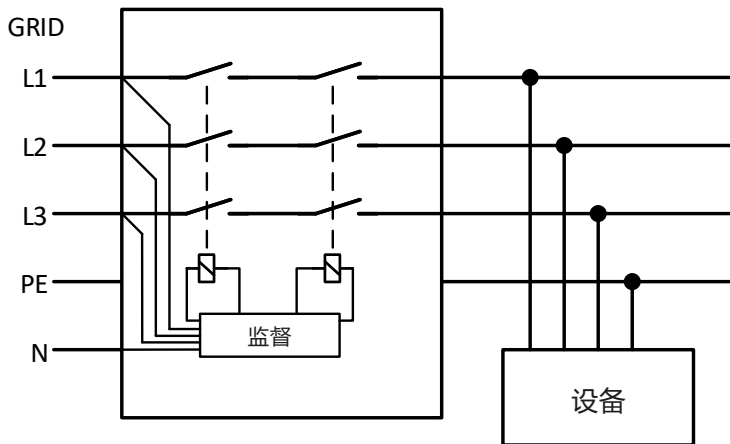


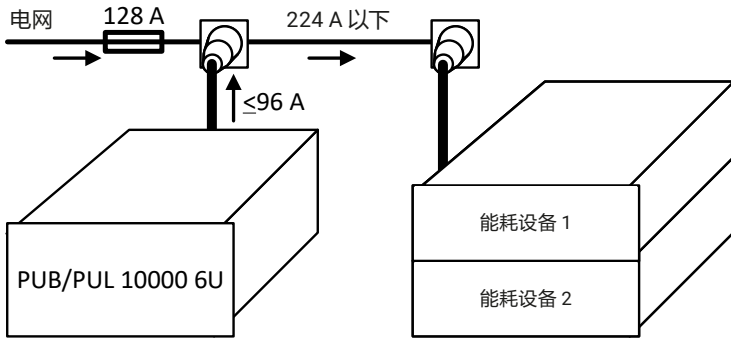
图 9 - NS 防护网络的原理

2.3.2.4 能量回馈设备的安装理念

作为一种电子负载, PUL 10000 设备可回收能量, 并将其馈送回公司或大型发电厂的本地电网。回收的电流会增加电网电流 (见下方示意图), 这可能会导致现有电力设施过载。考虑到任意两个插座, 无论它们是什么类型, 中间通常不会安装额外的保险丝。在任何耗电设备的交流部分出现缺陷 (即短路) 的情况下, 或者当连接了多个可能需要更高功率的设备时, 总电流可能会流经未针对该高电流布置的线路 (即连接线不能承受这么大电流)。这可能会导致电线或连接点损坏甚至起火。

为了避免损坏和事故, 在安装此类回收设备之前, 必须考虑现有的安装布局。

带 1 台回馈设备和能耗设备的示意图：



如果在同一供电段上运行更多的回收设备，即能量回馈设备，每相的总电流也会相应增加。

2.3.3 安装设备



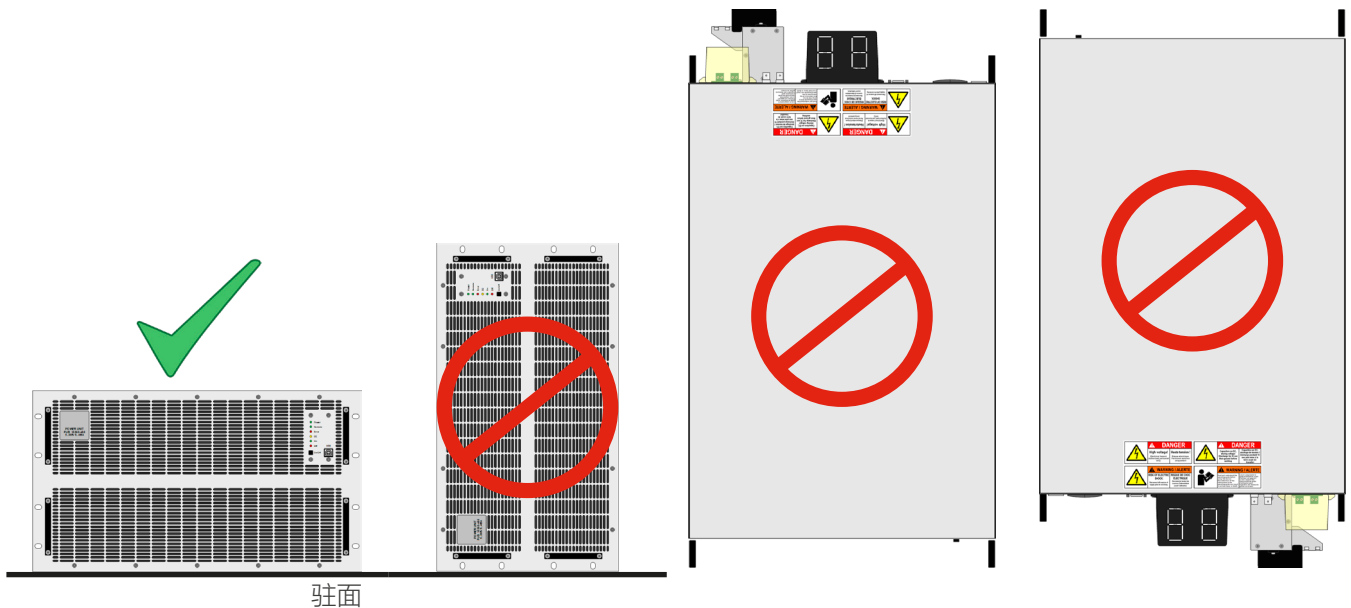
- 选定设备位置时，应保证到电源的接线越短越好。
- 在设备背面留出至少 30 cm (1 英尺) 的充足空间用于通风（仅针对标准风冷型设备）。
- 在交流连接器上无适当的触摸保护的情况下，不得操作设备。通过将设备安装在带有可锁门的 19" 机架/机柜中或采取进一步措施（使用附加盖等方式）即可实施触摸保护。

该系列的所有型号都需要安装在封闭的设备（如机柜）中运行。此外，还必须安装刚性交流端。不允许在桌面或类似位置进行开放式操作。

19" 外壳中的设备通常会架设在合适的轨道上，然后安装在 19" 的机架或机柜内。必须考虑设备的深度及其重量。前把手仅用于将设备滑进和滑出机柜。前板上设置有固定设备（未随附锁紧螺丝）用的槽位。

下图所示的不可接受位置，同样适用于将设备垂直安装在墙上（室内或机柜内）。所需的空气流量可能不足。

可接受和不可接受的安装位置（风冷或水冷，下图所示为风冷型）：



2.3.4 连接供水系统 (水冷型设备)

如有供水系统, 在接通设备的交流供电 (更不用说设备上电) 之前, 应连接供水系统, 以及执行与水冷设备安装相关的任何其他措施。应由操作方或最终用户全权负责正确安装和连接、**水密性测试**及后期操作。

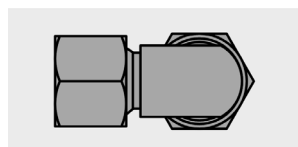
2.3.4.1 要求

本系列所有型号应使用相同水管结构, 但由于额定电流及内部冷却块内每分钟的散热量不同, 必须满足不同型号对水和环境的要求:

型号	360 V - 2000 V
内部水流:	连续
环境温度:	最高 + 50 °C (122 °F)
进水温度 (最低):	见下文所示露点表
进水温度 (最高):	+26 °C (91 °F)
流量:	最小 7 l/min (1.85 gal/min)
防腐措施:	乙二醇
水硬度:	软 (碳酸钙 < 2 mmol/l)
水压:	最小 1 bar (14 psi), 最大 4 bar (58 psi)

2.3.4.2 连接点

该设备内部有三个独立的冷却块, 每个冷却块配有单独的水管。所有水管均引出并连接到设备外部。水流经所有三根串联的管道。设备背面设两个接水的水龙头 (三通管):



龙头: 10 mm 软管, M19 螺母

两个水龙头可任意用作进/出水。在后期使用中后, 必须保证有足够的水流经管道, 同时保证一定的进水温度。

使用公制螺纹, 或软管尾部旋转接头 (例如 Schwer Fittings 公司的 SA-DKL90 软管接头), 可直接在三通或端件上完成软管连接。该旋转接头在安装时已使用 24° 金属锥进行密封处理。软管的外径要求为 9 mm 至最大 10 mm。

2.3.4.3 操作与监督

水冷型设备完成安装并投入运行后, 还需对一个主要值进行永久监督, 即所谓的“露点”。根据进水温度、环境空气的湿度及设备内的空气状况, 水会发生凝结, 即设备内形成露水。任何情况下都必须避免这种现象发生! 这意味着可能需要对水冷系统进行调节, 以便应对不同的环境状况。

多个标准 (如 DIN 4108) 中都给出了露点的定义。下表定义了在一定环境温度和空气湿度下的露点 (空气湿度与水的比值) **上表中单位为 °C, 下表中单位为 °F**。进水温度必须始终高于露点温度:

环境	相对空气湿度 (%)										
	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%
14°C	2.2	3.76	5.1	6.4	7.58	8.67	9.7	10.71	11.64	12.55	13.36
15°C	3.12	4.65	6.07	7.36	8.52	9.63	10.7	11.69	12.62	13.52	14.42
16°C	4.07	5.59	6.98	8.29	9.47	10.61	11.68	12.66	13.63	14.58	15.54
17°C	5	6.48	7.92	9.18	10.39	11.48	12.54	13.57	14.5	15.36	16.19
18°C	5.9	7.43	8.83	10.12	11.33	12.44	13.48	14.56	15.41	16.31	17.25
19°C	6.8	8.33	9.75	11.09	12.26	13.37	14.49	15.47	16.4	17.37	18.22
20°C	7.73	9.3	10.72	12	13.22	14.4	15.48	16.46	17.44	18.36	19.18
21°C	8.6	10.22	11.59	12.92	14.21	15.36	16.4	17.44	18.41	19.27	20.19
22°C	9.54	11.16	12.52	13.89	15.19	16.27	17.41	18.42	19.39	20.28	21.22
23°C	10.44	12.02	13.47	14.87	16.04	17.29	18.37	19.37	20.37	21.34	22.23
24°C	11.34	12.93	14.44	15.73	17.06	18.21	19.22	20.33	21.37	22.32	23.18
25°C	12.2	13.83	15.37	16.69	17.99	19.11	20.24	21.35	22.27	23.3	24.22
26°C	13.15	14.84	16.26	17.67	18.9	20.09	21.29	22.32	23.32	24.31	25.16
27°C	14.08	15.68	17.24	18.57	19.83	21.11	22.23	23.31	24.32	25.22	26.1

环境	相对空气湿度 (%)										
	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%
28°C	14.96	16.61	18.14	19.38	20.86	22.07	23.18	24.28	25.25	26.2	27.18
29°C	15.85	17.58	19.04	20.48	21.83	22.97	24.2	25.23	26.21	27.26	28.18
30°C	16.79	18.44	19.96	21.44	23.71	23.94	25.11	26.1	27.21	28.19	29.09
32°C	18.62	20.28	21.9	23.26	24.65	25.79	27.08	28.24	29.23	30.16	31.17
34°C	20.42	22.19	23.77	25.19	26.54	27.85	28.94	30.09	31.19	32.13	33.11
36°C	22.23	24.08	25.5	27	28.41	29.65	30.88	31.97	33.05	34.23	35.06
38°C	23.97	25.74	27.44	28.87	30.31	31.62	32.78	33.96	35.01	36.05	37.03
40°C	25.79	27.66	29.22	30.81	32.16	33.48	34.69	35.86	36.98	38.05	39.11
45°C	30.29	32.17	33.86	35.38	36.85	38.24	39.54	40.74	41.87	42.97	44.03
50°C	34.76	36.63	38.46	40.09	41.58	42.99	44.33	45.55	46.75	47.9	48.98

2.3.4.4 注意

- 水流应在设备通电前启动，至少也须在直流输入接通之前启动

2.3.5 连接交流供电



- 到交流供电的接线必须由合格人员执行，且设备必须始终在电网供电下直接运行，而不得由发电机或不间断供电 (UPS) 设备供电！
- 电缆横截面必须符合设备的最大输入电流要求！参见下表。此外，应根据额定电流和电缆横截面在设备外部安装保险丝。
- 确保已考虑并遵从设备运行和能量回收设备与公共电网连接的所有规定！
- 水冷型号：出于安全考虑，建议为每台水冷设备（水冷为选配型号）安装一个 30 mA 漏电保护器，或每三台设备至少安装一个
- 该系列设备没有电源开关，因此必须通过外部方式通电，如接触器或总开关，或直接通过外部三相断路器通电。
- 在每个机柜有 1-5 台设备的机柜系统中，当通过外部开关装置同时为机柜中的所有设备供电时，可能会出现非常大的浪涌电流。外部开关装置必须能够承受浪涌电流！

2.3.5.1 交流供电要求

无论设备是哪一种型号，标准、水冷或从机型，型号标签上的额定交流供电电压表示决定性电压。这些型号均使用常规三相电源，不带 N 线。

额定直流功率	交流端子上的输入端	供电类型	配置
60 kW	L1、L2、L3、PE	三相 (3P)	Delta



PE 导线必不可少，必须始终连接到交流插头上！

2.3.5.2 电缆横截面

在选择合适的电缆横截面时，设备的额定交流电流和电缆长度应视为决定性因素。根据**单台设备**的连接情况，下表列出了每个相位的最大输入电流和推荐的最小横截面。选择哪个值也在很大程度上取决于可用的电缆类型。由于该系列设备的交流电流较大，横截面最小为 16 mm² (特殊电缆，如 NSGAÖU) 或 35 mm² (标准电缆)：

Power/电源	L1		L2		L3		PE
	∅	I _{max}	∅	I _{max}	∅	I _{max}	∅
380/400/480 V 时 60 kW	≥16 mm ²	110 A	≥16 mm ²	110 A	≥16 mm ²	110 A	≥16 mm ²

2.3.5.3 交流端子、交流电缆和连接

交流端子为螺纹型，设计用于环形或叉式电缆接线片。2.3.5.2 中规定了电缆的最低要求，而最大可用横截面则取决于所选的接线片。由于交流接线端子的结构，接线片本身被限制用于 M6，其最大宽度为 15 mm。

连接电缆越长，电缆电阻造成的电压损失越大。因此，应尽量缩短主电缆的长度，或采用比要求更大的横截面。4 相 (3x L 加 PE) 中的每个相都需要一根导线。

操作设备时，应始终安装随附的交流端子罩。为了消除由粗大电线引起的应力，已经在交流滤波盒的侧面安装了支架。标准配置清单包括用于固定电线的扎带。参见“2.3.5.4. 安装固定支架”部分。

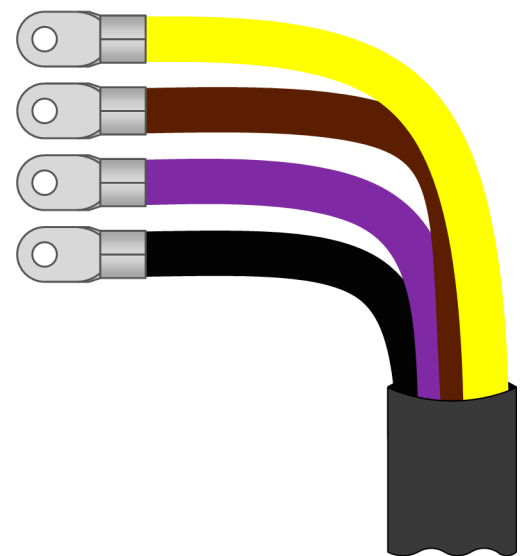


图 10 - 交流电缆示例 (电线捆绑)

2.3.5.4 安装固定支架

所有型号和衍生型号的标准配置清单中均包括交流电缆固定支架。除非要求使用另一种固定支架, 否则建议安装人员使用这种固定支架。安装步骤:

1. 如下图 11 所示, 将通向交流端子的电线水平排列在预装支架前方。
2. 用一条或两条扎带分别固定两根电缆 (推荐)。
3. 放置交流电罩。所需的螺丝已预先安装在交流滤波盒外壳上。

如果需要将设备从安装位置 (机柜或其他地方) 移除, 固定支架可以继续绑在导线上, 因为它可以从交流滤波盒的侧面卸下 (4 个螺丝)。剩下的工作就是拧下带有接线片的四根交流电缆末端。

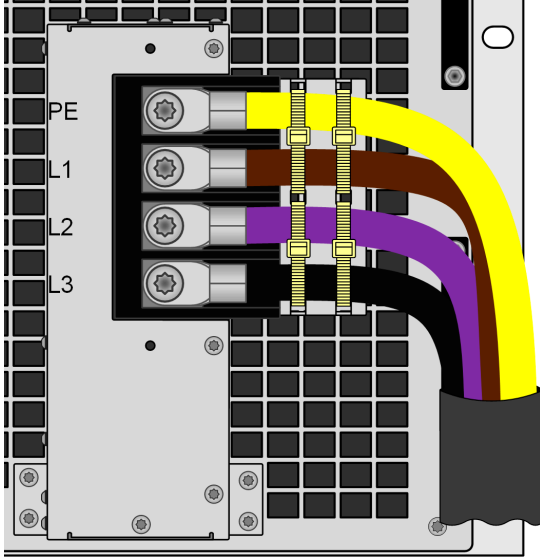


图 11 - 完整安装的固定支架

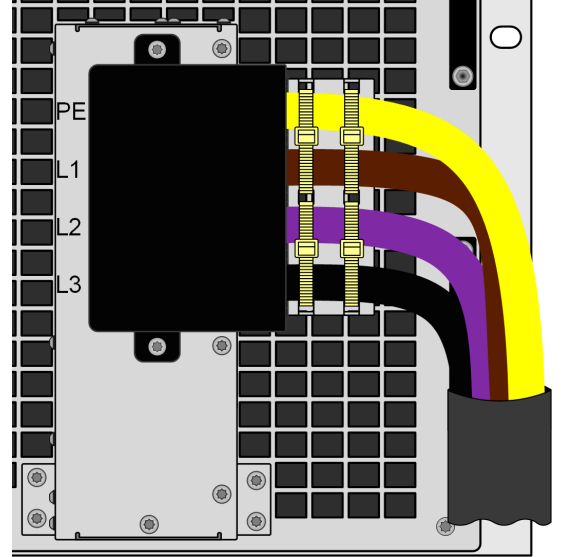


图 12 - 完整的交流端

2.3.5.5 外壳接地

所有设备的背板上都有一个接地点, 如右图所示

考虑到设备操作人员的安全, 除其他措施外, 还需将泄漏电流保持尽可能低, 除了交流输入接地外, 外壳还可以在这里接地。需要提供一条单独的保护地线 (PE), 与接地点相连。该导线的横截面应至少等同于交流供电线的接地导线横截面。

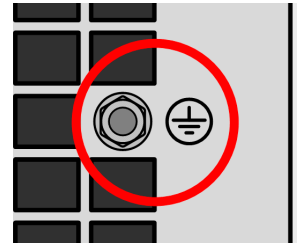


图 13 - 接地点

2.3.6 连接直流电源



- 如果使用的型号具有高标称直流电流，则直流连接电缆较粗重，接线时需要考虑电缆的重量及直流接线端承受的应变。特别是当安装在 19" 机柜或类似位置时，电缆会挂在直流端子上，这时应使用应变缓解器。
- 对于直流电缆，除了要考虑合适的横截面外，还必须考虑电缆是否具有合适的耐电强度（耐压）。



内部不存在反极性保护! 当连接错误极性的电源时, 设备会损坏, 在设备未通电的情况下也是如此!



当连接到直流输出时, 即使设备未通电, 外部电源也会为直流端子上的内部电容充电。直流端子上可能存在危险电压水平, 即使外部电源断开后仍然存在。

直流端子位于设备的背面，**未**安装保险丝。连接电缆的横截面取决于电流损耗、电缆长度及环境温度。

如果电缆长度在 **5 m (16.4 ft)** 以下、平均环境温度不超过 **30 °C (86 °F)**，我们建议：

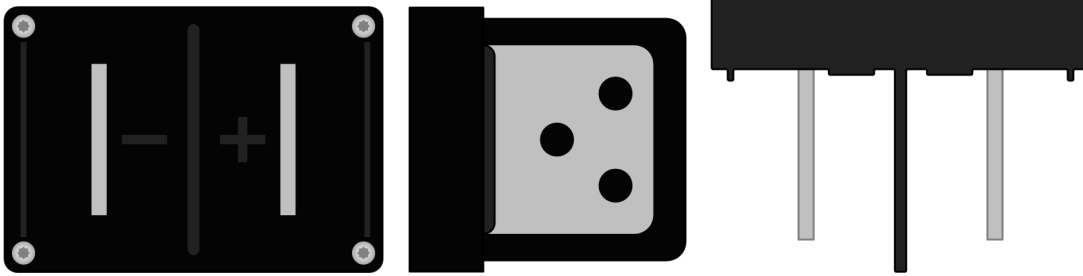
高达 80 A ：	16 mm ²	高达 120 A ：	35 mm ²
高达 160 A ：	50 mm ²	高达 240 A ：	95 mm ²
高达 360 A ：	2x70 mm ²	高达 480 A ：	2x 95 mm ²

每个连接极（多导线、绝缘、敞开悬挂）。例如，70 mm² 的单根电缆可以用 2 x 35 mm² 等替代。如果电缆较长，则必须加大横截面，以避免电压损失和过热。

2.3.6.1 直流端子

下表给出了各种直流端子的概况。建议直流电缆的接线始终使用带环型接线片的柔性电缆。

所有型号

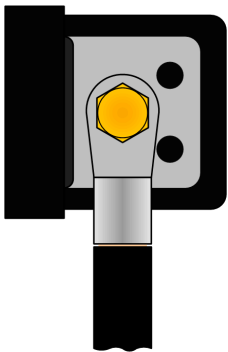


金属导轨上的 M8 螺栓

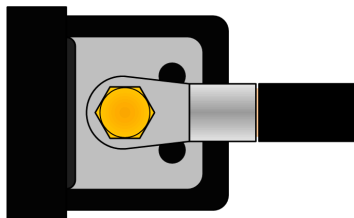
建议：空穴环形凸耳用于 M8 或类似产品

2.3.6.2 电缆引线及塑料罩

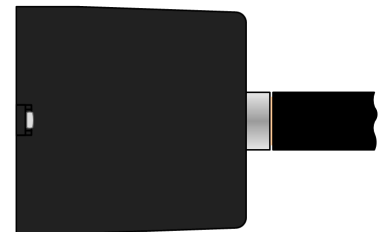
在交付设备时，还包括一个用于接触保护的塑料盖。应始终安装塑料罩。应设有分线点，允许直流电缆向不同的方向敷设。示例：



- 上或下 90°
- 节约径深空间
- 无弯曲半径



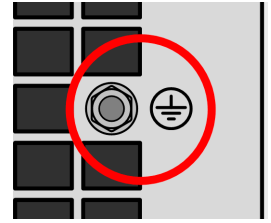
- 水平引线
- 节约纵向高度空间
- 大弯曲半径



2.3.7 直流端子的接地

如右图所示，后板上的额外接地点可用于将任何直流端子极接地。这样做会导致 PE 的相反极上的电位偏移。由于绝缘的原因，允许的最大电位偏移（尤其是直流端子负极的电位偏移）是有限的，这也取决于设备的型号。有关电平请参阅“1.8.3. 特定技术数据”。

直流端子两端均为浮动电极，可视作对人身安全的一种基本保护。任何直流端子接地都会造成这种基本保护失效。



任何直流极接地的情况下，设备操作方必须通过安装适当的外部设备（例如，在直流端子的电位连接处加装防护罩）来恢复对人身安全的基本保护。

2.3.8 远程感测端的连接



- 远程感测仅在恒压运行条件 (CV) 下有效，在其他调节模式下，连接远程感测通常会增加发生振荡的几率，因此应尽可能断开感测输入
- 感应电缆横截面不是很重要。对于长度 5 m (16.4 ft) 以下的电缆，建议横截面不小于 0.5 mm²
- 感测电缆不应缠绕在一起，而应靠近直流电缆铺设，即感应电缆应靠近电源等的直流电缆，以抑制或避免可能出现的振荡。如有必要，应在负载/电源设备处增设额外的电容器以消除振荡
- 感测线跟电源之间要 + 与 +，- 与 - 相连。否则，会损坏设备的感测输入。请参见以下图 14 的示例
- 在主从控制操作中，远程感测线应只连接主机
- 感测导线的介电强度必须始终至少与直流额定电压匹配！



感测端子上有危险电压！必须始终安装保护罩。

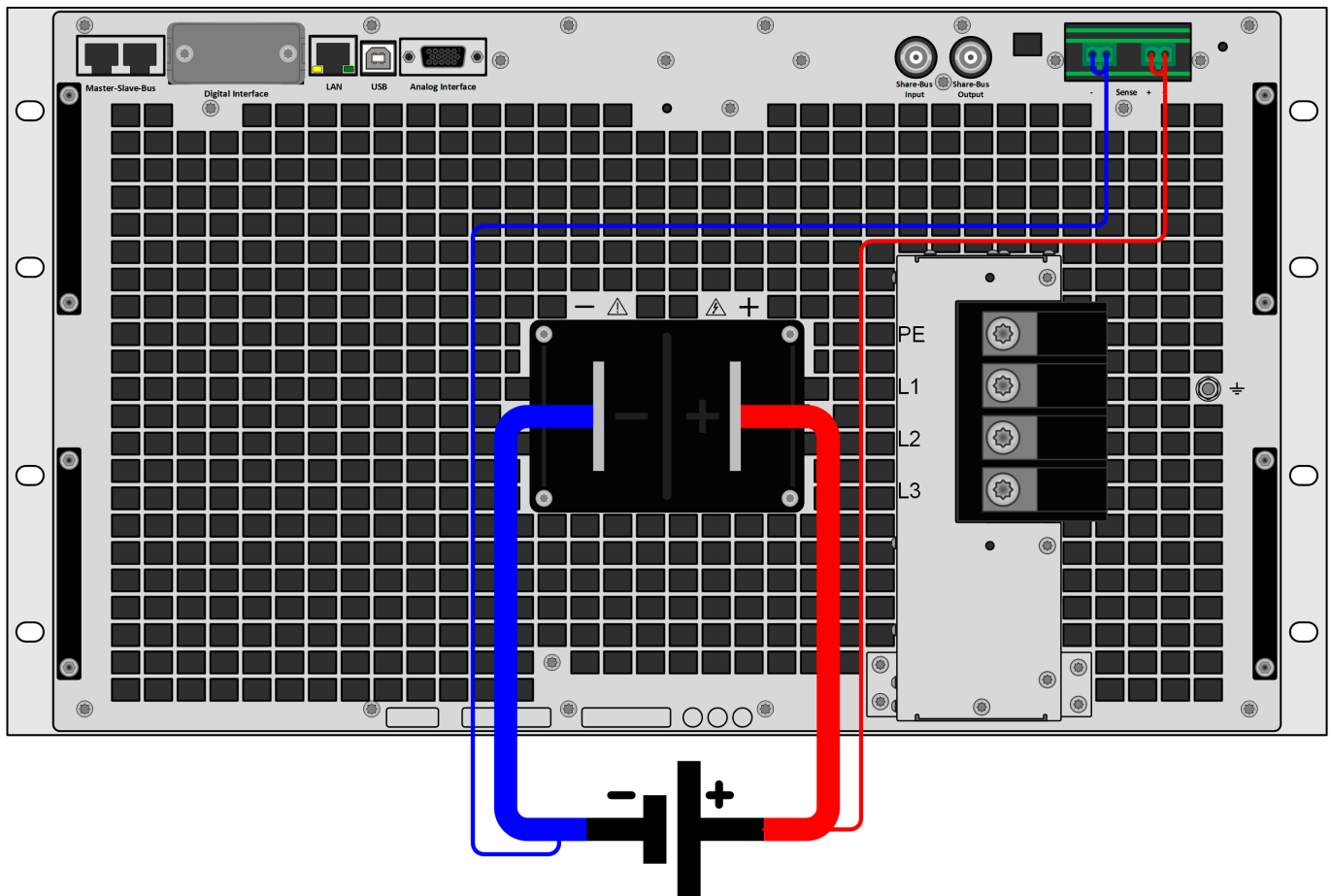
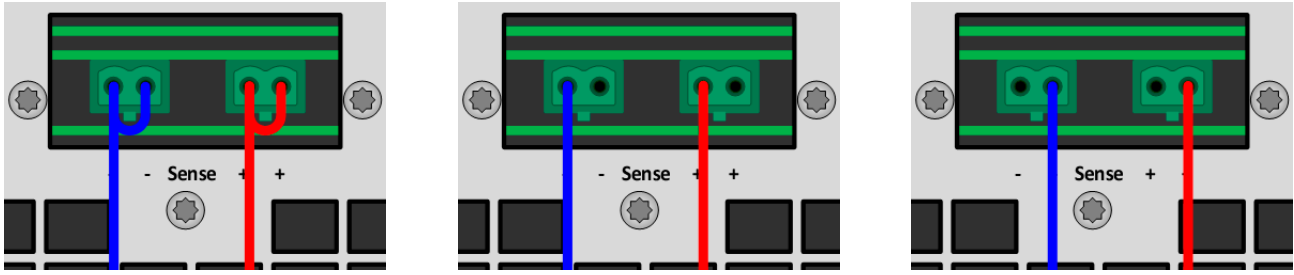


图 14 - 远程感测接线示例（为了清晰展示接线，不使用直流端子和感应端子罩）

允许的连接方案：



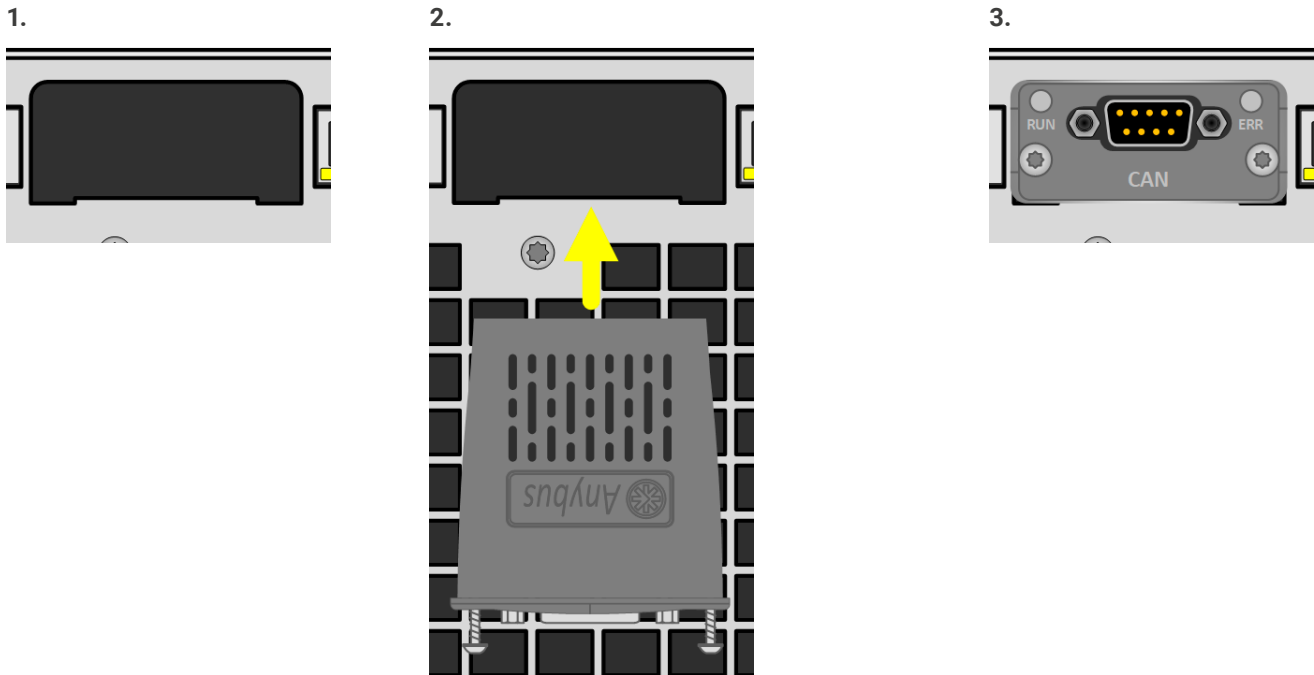
2.3.9 接口模块安装

可选接口模块允许用户自行改装，模块还可以相互替换。当前已安装的模块设置有所差异，需进行检查。必要时，需在初始安装和模块替换后进行更正。



- 插入、替换模块时，需按照一般的防静电程序操作
- 插入/取下模块前，必须先关闭设备电源
- 不得将接口模块以外的其他硬件插入槽内
- 如果未使用模块，建议安装槽盖，防止设备内部脏污及气流变化（带风冷模块的型号）

安装步骤：



取下槽盖。如果需要，允许使用螺丝刀拆卸。

将接口模块插入槽位。插槽形状可保证正确对齐。

插入时，请注意尽可能保持与设备后壁成 90° 角。在开口插槽位置可看到绿色 PCB 板，可将此作为引导。其端部有用于安装模块的插座。

模块底部有两个塑料尖端，必须将其插入绿色 PCB 板内，这样模块就与设备后壁正确对齐。

随附的螺丝 (Torx 8) 用于固定模块，应完全拧入并锁紧。安装完成后，模块即可随时使用和连接。

拆除过程应遵循上述相反的程序。使用螺丝协助取出模块。

2.3.10 模拟量接口的连接

背面的 15 针连接器 (类型: D-sub、VGA) 为模拟量接口。如需将其连接到控制硬件 (PC, 电子电路), 需使用标准插头 (未包含在本产品的标准配置清单中)。通常建议在连接或断开该连接器之前, 彻底关停设备, 至少要关闭直流端子。

2.3.11 共享总线的连接

背面的“共享总线”连接器 (2x BNC 型) 可用于连接至其他设备的共享总线端口。共享总线的主要目的是在并联操作中平衡多台设备的电压, 尤其是在使用主机的内置函数发生器时。有关并联运行的更多信息, 请参阅“3.7.1. 主从 (MS) 模式下并联运行”部分。

2.3.12 连接 USB 端口

要通过两个 USB 端口 (前置和后置) 远程控制设备, 请使用随附的 USB 电缆将设备与电脑连接, 然后打开设备。

2.3.12.1 驱动程序的安装 (Windows)

与 PC 进行初始连接时, 操作系统会将该设备识别为新硬件, 并尝试安装驱动程序。所需的驱动程序适用于通信设备类 (CDC) 器件, 通常集成在当前操作系统中, 例如 Windows 7 或 Windows 10。但强烈推荐使用并安装附带的驱动程序安装工具 (存放在 U 盘上), 保证设备与我们软件充分兼容。

2.3.12.2 驱动程序安装 (Linux、MacOS)

我们未提供适用于这些操作系统的驱动程序或安装说明。最好通过在线搜索确定是否有合适的驱动程序。

2.3.12.3 可选驱动程序

如果上文所述的 CDC 驱动程序不适用于您的系统, 或者因某些原因无法正常运行, 可向产品供应商寻求帮助。通过关键词“cdc driver windows”或“cdc driver linux”或“cdc driver macos”在线检索供应商。

2.3.13 初始调试

设备安装并首次启动时, 需执行以下程序:

- 确认要使用的连接电缆横截面符合要求!
- 检查设定值、安全和监控功能及通信的出厂设置是否适合您设备的预期应用, 如有需要可按照手册要求进行调整!
- 如需通过 PC 进行远程控制, 请阅读有关接口和软件的附加文档说明!
- 如需通过模拟量接口进行远程控制, 请阅读本手册中有关模拟量接口的部分!

2.3.14 固件更新或长时间未使用后的调试

如果有固件更新, 修理设备返回或位置/配置更改的情况下, 应采取与初始启动类似的措施。请参阅“2.3.13. 初始调试”。

只有按上述步骤成功检查设备后, 方可正常操作本设备。

3. 操作与应用

3.1 重要说明

3.1.1 人身安全



- 为了保证设备使用安全，设备操作人员必须充分了解相关安全措施并接受过在危险电压下操作设备时所需安全措施的培训。
- 对于通过接触或连接可能产生危险电压的型号，必须始终使用随附的直流端子罩或同等装置。
- 阅读并遵守 1.7.1 部分的所有安全警告！

3.1.2 概述



- 在源模式下运行设备时，不会将空载运行视为正常运行模式，因此可能导致错误测量，例如在校准设备时
- 电压和电流在额定值的 50%-100% 之间为设备的最佳工作条件。
- 为了确保满足纹波和瞬态时间等技术值要求，建议不要让设备在低于 10% 的电压和电流条件下运行

3.2 操作模式

设备内部由不同的控制或调节电路进行控制，这些电路应使电压、电流和功率达到调整值，并尽可能保持恒定。这些电路遵循控制系统工程的一般规律，因此会产生不同的操作模式。每种操作模式都有其各自的特点，具体参见下文的简要说明。

3.2.1 电压调节/恒压

电压调节也称为恒压运行 (CV)。

设备直流输入的电压在调整值上保持恒定，除非 $P = U_{DC} * I_{IN}$ 时的电流或功率达到调节电流或功率限值。在这两种情况下（无论哪种先发生），设备会自动切换到恒流或恒功率运行。之后，电压无法再保持恒定，而是上升至按照欧姆定律得出的值。

当直流输入打开且恒压模式激活时，状态 CV 将在模拟量接口上显示为信号，也可通过数字接口读取状态。

3.2.1.1 电压调节峰值

在恒压调节 (CV) 模式下运行时，当设备需要对外部电源引起的直流输入电压变化做出反应时，负载需要较短的瞬态时间来稳定电压。负载的正向阶跃，即低电压到高电压，会导致电压在短时间内发生过冲，直到由调压器给予补偿。稳定电压所需的时间会受到设置的电压调节速度“慢速”、“正常”和“快速”的影响，其中默认为“正常”。这可以在 **EA Power Control** 的“设置”应用中完成。

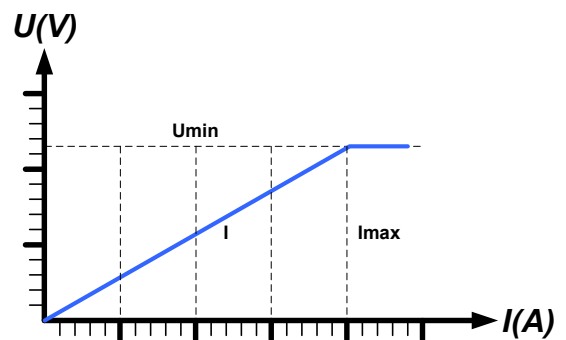
设置慢速会导致瞬态时间增加，偏离设定值的程度加大，而快速则相反，会缩短峰值。调节器设置为快速时的另一个影响是，负载对 HF 耦合的反应会更快，振荡趋势也会更高，尤其是在使用远程感测时。因此，选择哪种设置取决于具体情况。在使用远程感测时，一般建议设置慢速，或者在由于某些原因需要快速的情况下，暂时或永久断开远程感测终端。

3.2.1.2 最大电流时的最小输入电压

由于技术原因，该系列的所有型号都有一个最小内阻，需要提供特定的最小输入电压 (U_{MIN})，设备才能承受其额定电流 (I_{MAX})。

该最低输入电压因型号而异，并在 1.8.3 部分的技术规格中注明。如果电压小于 U_{MIN} ，则负载按比例吸取的电流会减少，计算简单。

参见右侧的原理图。



3.2.2 电流调节/恒流/限流

电流调节也称为限流或恒流模式 (CC)。

一旦负载消耗的电流达到调整后的限值, 设备直流输入的电流就会保持恒定。然后设备自动切换为 CC。只要输入电流低于电流调节限制, 设备就会处于恒压或恒功率模式。但是, 如果功耗达到设定的最大功率值, 设备将自动切换到功率限制模式, 并根据 $P = U * I$ 设置电压和电流。

当直流输入打开且恒流模式激活时, 状态 CC 将通过“CC”LED 灯显示在前端控制面板上, 也可通过数字接口读取状态。

3.2.3 功率调节/恒功率/功率限制

功率调节也称为功率限制或恒功率 (CP), 当直流输入电流与直流输入电压的关系达到根据 $P = U * I$ 所调整的限值时, 可保持直流功率恒定。

功率限制基于自动量程原理工作, 电压越低, 电流越大, 反之亦然, 始终将恒定功率保持在范围 P_N 内 (见右图)。

当直流输入开启且恒功率模式激活时, 只能通过数字接口读取状态 CP 的状态。

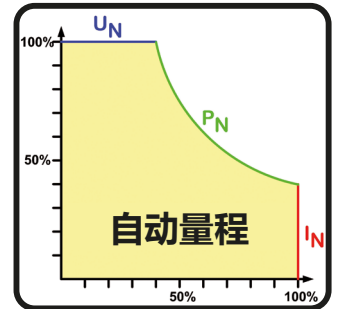


图 15 - 功率范围

3.2.4 内阻调节/恒阻

电子负载的工作原理以可变内阻为基础, 恒阻模式 (CR) 几乎是电子负载的天然特性。根据欧姆定律推导出的公式 $I_{IN} = U_{IN} / R_{SET}$, 负载根据输入电压确定输入电流, 从而尝试将内阻设置为用户定义的值。内阻自然受限在几乎为零和最大值之间 (电流调节的分辨率太不准确)。由于内阻值不可能为零, 因此下限被定义为可达到的最小值。这确保了电子负载在非常低的输入电压下可以消耗来自电源的高输入电流, 可达到最大值。

当直流输入开启且恒阻模式激活时, 只能通过数字接口读取状态 CR 的状态。

3.2.5 动态特性和稳定性标准

该设备是一种电子负载, 其特点是电流上升和下降时间短, 通过内部调节电路的高带宽来实现。

如果被测源自带调节电路, 例如电源, 可能会出现调节不稳定的情况。如果整个系统 (馈电源和电子负载) 在某些频率下的相位和增益裕度太小, 就会导致这种不稳定性。放大倍数 > 0 dB 时的 180° 相移会引起振荡, 可导致不稳定。当使用无自身调节电路的被测源 (如电池) 时, 以及当连接高电感或电感电容式电缆时, 也会发生同样的情况。

不稳定性不是由负载故障造成的, 而是由整个系统的运行导致。改进相位和增益裕度可以解决这个问题。实际操作中, 主要是通过切换内部电压调节器的动态响应模式慢速、快速和正常来实现。只能在 **EA Power Control** 的“设置”应用中找到该开关。用户只能尝试不同的设置来查看是否达到了预期效果。如果由于上述某项设置而有所改善, 但振荡依然存在, 则可采取另一项措施, 即直接在直流输入端安装电容, 如果连接了电源, 也可在远程感测输入端安装电容。尚未确定实现预期结果的电容值, 必须加以明确。我们建议:

360 V 型号: 100 uF...470 uF

750/920/1000 V 型号: 22 uF...100 uF

500 V 型号: 47 uF...150 uF

1500/2000 V 型号: 4.7 uF...22 uF

3.3 报警条件



本部分仅概述了设备报警。如果您的设备显示了“3.6. 警报和监控”部分中描述的报警情况，该如何应对？

报警条件来自设备硬件。基本原理是，所有报警条件都通过光学信号（正面的 LED 指示灯，采集错误）、数字接口上的可读状态和模拟量接口上的信号（采集错误）发出信号。模拟量接口上的指示器默认配置为仅发送 OT 和 OVP 信号，但也可以调整为发出其他信号，而不是每个报警都可用作单个指示。一旦发生采集错误，只能通过数字接口获取具体警报。为了获取和统计已发出的警报，可通过显示屏或数字接口读取警报计数器。

3.3.1 电源故障

电源故障 (PF) 表示一种报警状态，可能由多种原因引发：

- 运行期间交流输入电压过低（市电欠压、市电故障）
- 输入电路 (PFC) 缺陷

一旦发生电源故障，设备将停止灌电并关闭直流输入。如果发生电源欠压故障且随后消失，设备可以继续如故障前一般正常工作。这取决于在 PF 报警后，在 **EA Power Control** 的“设置”应用中的**其他 -> DC 输入/输出状态**或 ModBus/SCPI 指令中可用的设置。默认设置将使直流输入保持“关”状态，并在前面板上留下报警通知。



设备断电与交流供电中断较难区分，因此设备每次实际断电时都会发出 PF 警报

3.3.2 过温

设备内部温度过高会导致过温警报 (OT)，并暂时关闭直流输出。这通常是由于环境温度超过了设备规定的工作温度范围所导致。冷却后，设备会自动重新开启直流输出。可通过 **EAPower Control** 的“设置”应用中的**“其他” -> “OT 报警后的直流输入/输出状态”**或 ModBus/SCPI 指令进行设置。

3.3.3 过压保护

过压报警 (OVP) 将导致直流输入关闭，通常在以下情况下发生：

- 所连接的电源为直流输入提供的电压高于过压报警阈值 (OVP, 0...110% U_{NOM}) 的设定值

该功能的作用是通过“Error”LED 灯向用户发出可视警告，说明设备可能遇到了外部过压，可能会损坏设备。



设备未安装外部过压保护，即使不通电的情况下也可能受损

3.3.4 过流保护

过流报警 (OCP) 将导致关闭直流输入，通常在以下情况下发生：

- 直流输入的电流达到调整后的 OCP 限值

该功能用于保护所连接的外部电源，使其不会因电流过大而发生过载和可能的损坏。

3.3.5 过功率保护

过功率报警 (OPP) 将导致直流输入关闭，通常在以下情况下发生：

- 直流输入的电压和电流的乘积，达到调整后的 OPP 限值

该功能用于保护所连接的外部电源，使其不会因功率过大而发生过载和可能的损坏。

3.3.6 共享总线故障

共享总线故障警报 (简称: SF) 与物理共享总线 (设备后侧的连接器) 以及是否与至少一台其他设备连接有关。报警还与主从模式的配置有关。

根据具体情况, 必须连接或断开相关设备的共享总线, 否则可能发生报警, 从而无法打开直流输入。如果报警发生在正常操作过程中, 它将关闭直流输入。SF 报警的可能原因:

- 设备通电后和/或初始化主从操作前: 见下表
- 主从初始化后和运行中: 共享总线电缆存在物理缺陷

设备通电后或更改配置后可能出现的情况:

主从模式	共享总线电缆	结果	必要操作
关	断开	主从模式之外的正常状态。运行不受限制。	无
关	已连接	共享总线上连接的每个设备都将发出 SF 报警	断开共享总线电缆并清除报警
主机	断开	主机上无 SF 报警。主机将初始化 MS 系统, 但如果检测到至少一台有 SF 报警的从机, 则主机将发出该报警信号, 阻止直流输入接通。	在共享总线上连接 MS 系统中的所有设备, 并初始化 MS 系统
主机	已连接	鉴于系统中只有 1 台主机和 x 台从机, 因此不应该出现 SF 报警	无
从机	断开	发生 SF 报警且无法清除。主机将初始化系统, 但系统无法打开直流输出端, 因为从机会向主机报告其 SF 报警。	在共享总线上连接 MS 系统中的所有设备, 并初始化 MS 系统
从机	已连接	鉴于系统中只有 1 台主机和 x 台从机, 而且所有设备都安装了相同版本的固件, 因此在启动时以及随后主机自动尝试初始化 MS 系统时, 所有相关设备上都不应该出现 SF 报警。如果稍后才初始化系统, 从机将发出 SF 信号。	无

必须在报警原因消除后再确认报警。

3.4 手动操作

3.4.1 启动设备

设备机身上没有电源开关或类似装置。它用于安装在由手动总开关或其他开关设备 (如接触器) 供电的机架或机柜中。这意味着, 无论作为独立设备还是主从系统的一部分运行, 都必须始终有一个外部电源开关。

如果设备是主从系统的一部分, 通常安装在机柜中, 一般会通过总开关同时为所有相关设备供电。如果有可能 (主题: 浪涌电流), 那么主机将等待一段时间, 等待从机完成启动, 然后再开始初始化系统。

开机后, 设备正面的“Power”LED 灯为橙色, 指示启动阶段。一旦完成启动并准备好运行, “Power”LED 灯将变为绿色。

有一个可配置的选项, 用于确定开机后直流输入的状态。此处的出厂设置为“关”。将其更改为“恢复”将使设备恢复上次关闭时的直流输入状态, 即开启或关闭。

在主-从操作模式下, 当设备处于从属状态时 (本系列型号的默认操作模式), 所有数值和状态均由主机存储和恢复, 并在初始化时覆盖从机的设置。



在开始阶段, 模拟量接口可以发出信号来指示其数字输出处于未定义状态。在设备完成启动并准备工作之前, 必须忽略此信号。

3.4.2 设备关闭

关机时, 将保存最后的直流输入状态和最近的设定值。此外, 将通过“Error”LED 灯发出 PF 报警 (电源故障) 信号, 但可忽略该报警。

直流输入立即关闭, 过一会儿风扇关闭, 再过几秒钟设备将完全断电。

3.4.3 打开或关闭直流输入

只要该设备不是从机, 并且由主机或通过 USB 接口的软件进行远程控制, 就可以通过正面的“开/关”按钮手动打开或关闭直流输入。这适用于设备需要独立运行或替代故障主机或主机丢失的情况。在同样的情况下, 还可以通过前置 USB 端口访问所有与直流输入相关的参数。该按钮还可用于确认“Error”LED 灯发出的设备警报。

通过其中一个 USB 端口进行的参数配置被视为远程控制, 因此在3.5中进行了说明。

3.5 远程控制

3.5.1 概述

在操作该系列设备时,远程控制必不可少,例如在主从操作过程中。此外,还可以通过任何内置控制接口(USB、模拟、Anybus)进行远程控制。其中一种数字接口是主从总线。重要的是,该设备可以通过用户直接访问的接口或主机进行远程控制。这意味着,如果在主从模式运行时试图通过数字接口切换到远程控制,设备将通过数字接口报错。反之,主机无法初始化USB远程控制的从机。不过,在这两种情况下,都可以通过任何一个USB端口进行状态监测和数值读取。

3.5.2 通过数字接口进行远程控制

3.5.2.1 后置USB

后置USB端口提供与ELR 10000系列设备相同的指令集,可视为带有显示屏和旋钮的标准设备。通过该USB端口访问PUL 10000系列设备时,可使用该系列指定的所有功能,包括将设备用作任何其他兼容从机的主机。

关于编程和远程控制,“SCPI和ModBus编程指南”文档以及相关的ModBus寄存器列表“Modbus_Register_PUL10000_KEx.xx+_EN.pdf”对用户有效。

3.5.2.2 前置USB

前置USB端口的主要用途是快速访问最重要的直流输入相关参数,如设定值和保护。可以随时读取数值和状态,但只有在设备不受主机或任何其他接口控制时才能进行设置。

除主-从模式外,还可通过**EA Power Control**软件或定制应用对设备进行远程控制。为此,设备随附U盘中有一份编程文件。

该USB端口的可用指令数量有限,但同时支持SCPI和ModBus RTU通信协议。作为编程文件的一部分,另外还有一份ModBus寄存器列表,名为Modbus_Register_PUx10000_Front_HMIx.xx+_EN.pdf。

编程指南中有一节介绍了通过后置USB端口支持的不同系列所支持的所有SCPI指令。如下图所示,前置USB端口的指令集有所减少。有关指令及其使用的详细信息,请参阅编程指南。

*IDN?	[SOURce:]RESistance?
*CLS	[SOURce:]RESistance:LIMit:HIGH
*RST	[SOURce:]RESistance:LIMit:HIGH?
*ESE	[SOURce:]VOLTage
*ESE?	[SOURce:]VOLTage?
*ESR	[SOURce:]VOLTage:LIMit:HIGH
*STB?	[SOURce:]VOLTage:LIMit:HIGH?
MEASure:[SCALar:]CURRent[:DC]?	[SOURce:]VOLTage:LIMit:LOW
MEASure:[SCALar:]POWer[:DC]?	[SOURce:]VOLTage:LIMit:LOW?
MEASure:[SCALar:]VOLTage[:DC]?	[SOURce:]VOLTage:PROTection[:LEVel]
INPut[:STATe]	[SOURce:]VOLTage:PROTection[:LEVel]?
INPut[:STATe]?	STATus:OPERation?
[SOURce:]CURRent	STATus:QUEStionable?
[SOURce:]CURRent?	SYSTem:ALARm:ACTion:PFAil
[SOURce:]CURRent:LIMit:HIGH	SYSTem:ALARm:ACTion:PFAil?
[SOURce:]CURRent:LIMit:HIGH?	SYSTem:ALARm:COUNt:OCURrent?
[SOURce:]CURRent:LIMit:LOW	SYSTem:ALARm:COUNt:OPOWer?
[SOURce:]CURRent:LIMit:LOW?	SYSTem:ALARm:COUNt:OTEMperature?
[SOURce:]CURRent:PROTection[:LEVel]	SYSTem:ALARm:COUNt:OVOLTage?
[SOURce:]CURRent:PROTection[:LEVel]?	SYSTem:ALARm:COUNt:PFAil?
[SOURce:]POWer	SYSTem:COMMunicate:TIMEout?
[SOURce:]POWer?	SYSTem:CONFig:MODE
[SOURce:]POWer:LIMit:HIGH	SYSTem:CONFig:MODE?
[SOURce:]POWer:LIMit:HIGH?	SYSTem:CONFig:OCD
[SOURce:]POWer:PROTection[:LEVel]	SYSTem:CONFig:OCD?
[SOURce:]POWer:PROTection[:LEVel]?	SYSTem:CONFig:OCD:ACTion
[SOURce:]RESistance	SYSTem:CONFig:OCD:ACTion?

SYSTem:CONFig:OPD	SYSTem:CONFig:UVD
SYSTem:CONFig:OPD?	SYSTem:CONFig:UVD?
SYSTem:CONFig:OPD:ACTion	SYSTem:CONFig:UVD:ACTion
SYSTem:CONFig:OPD:ACTion?	SYSTem:CONFig:UVD:ACTion?
SYSTem:CONFig:INPut:REStore	SYSTem:DEVice:CLAss?
SYSTem:CONFig:INPut:REStore?	SYSTem:ERRor:ALL?
SYSTem:CONFig:OVD	SYSTem:ERRor:NEXt?
SYSTem:CONFig:OVD?	SYSTem:ERRor?
SYSTem:CONFig:OVD:ACTion	SYSTem:LOCK
SYSTem:CONFig:OVD:ACTion?	SYSTem:LOCK?
SYSTem:CONFig:UCD	SYSTem:LOCK:OWNer?
SYSTem:CONFig:UCD?	SYSTem:NOMinal:CURRent?
SYSTem:CONFig:UCD:ACTion	SYSTem:NOMinal:POWer?
SYSTem:CONFig:UCD:ACTion?	SYSTem:NOMinal:RESistance:MAXimum?
SYSTem:CONFig:USER:TEXT	SYSTem:NOMinal:RESistance:MINimum?
SYSTem:CONFig:USER:TEXT?	SYSTem:NOMinal:VOLTage?

3.5.2.3 编程

有关通信协议等的编程细节可见随附 U 盘中提供的“ModBus 和 SCPI 编程指南”文件,也可从制造商网站下载。

3.5.3 接口监控

接口监控功能旨在监控 (或监督) 设备与上级控制单元 (如 PC 或 PLC) 之间的数字通信线路,并确保在通信线路出现故障时,设备不会继续不受控地工作。线路故障可能表示出现物理中断 (电缆损坏、接触不良、电缆被拔出) 或设备内部的接口端挂起。只能通过 **EA Power Control** 的“设置”应用配置监控功能。

激活监控后,它只对用于远程控制的接口有效,除非设备是主从系统中的从机。这样,只有主机才具备主动接口监控功能。不过,主从设备之间的连接也受到监控,如果该连接中断或出现其他故障,设备将进入 MSP (主从保护) 报警状态。

监控基于用户可定义的超时,如果在给定的时间范围内没有向设备发送至少一条消息,则超时将耗尽。每发送一条消息,又将再次启动超时,并在下一条消息传入时重置。如超时耗尽,则定义设备的以下反应:

- 退出远程控制
- 如果接通直流输入,它要么关闭,要么保持接通,具体取决于 **EA Power Control** 的设置 **其他 -> 远程控制后直流输入/输出状态**

操作注意事项:

- 监控超时可以通过远程控制随时更改;只有在当前超时结束后新值才会生效
- 接口监控不会停用 Ethernet 连接超时,因此这两个超时可能重叠

3.5.4 通过模拟量接口进行远程控制

3.5.4.1 概述

电隔离的 15 针模拟量接口位于设备背面, 内置在设备中, 下文简称为 **AI**, 可提供以下功能:

- 远程控制电流、电压、功率和内阻
- 远程状态监控 (CV、直流输入)
- 远程监控报警 (OT、OVP、PF、OCP、OPP)
- 远程监控实际值
- 直流输入的远程开/关

必须始终同时通过模拟量接口设置电压、电流和功率的设定值。这意味着, 例如, 无法通过 AI 调整电压, 而可以通过数字线路设置电流和功率, 反之亦然。内阻设定值可进行额外调整。

OVP 设定值和其他报警阈值无法通过 AI 设置, 因此在 AI 接管控制之前必须适应给定的情况。模拟设定值可以从外部电压源提供, 也可以从引脚 3 上的基准电压得出。

AI 可以在 0...5V 和 0...10V 的一般电压范围内工作, 这两个电压范围均代表额定值的 0...100%。电压范围的选择可通过 ModBus 寄存器、SCPI 指令或 **EA Power Control** 的“设置”应用中的一些设置来完成。相应地调整从引脚 3 (VREF) 发出的基准电压:

选择 **5 V** 设置: 基准电压 = 5 V, VSEL、CSEL、PSEL 和 RSEL 的 0...5 V 设定值信号对应 0...100% 标称值, 0...100% 实际值对应于实际值输出 CMON 和 VMON 的 0...5 V。

选择 **10 V** 设置: 基准电压 = 10 V, VSEL、CSEL、PSEL 和 RSEL 的 0...10 V 设定值信号对应 0...100% 标称值, 0...100% 实际值对应于实际值输出 CMON 和 VMON 的 0...10 V。

所有设定值总是被额外限制为相应的调整限值 (U-max、I-max 等), 这将阻止为直流输入设置过高的值。

在开始之前, 请阅读以下关于接口使用的重要说明:



在给设备供电后和启动阶段, AI 会在输出引脚上发出未定义状态的信号。在准备工作完成之前, 必须忽略这些信号。

- 必须首先通过切换引脚 REMOTE (5) 来激活设备的模拟远程控制。唯一的例外是 REM-SB 引脚, 该引脚可以独立使用
- 在与控制模拟量接口的硬件连接之前, 应确保其不能向引脚提供高于规定的电压
- 模拟远程控制期间, VSEL、CSEL、PSEL 和 RSEL (如果内阻模式被激活) 等设定值输入不得处于未连接 (即悬空) 状态。如果不使用任何设定值进行调整, 则可将其绑定到规定的电平或连接到引脚 VREF (焊桥或其他), 这样就能 100% 地显示出设定值

3.5.4.2 确认设备报警

在通过模拟量接口进行远程控制时, 如果设备报警, 直流输入将以与数字远程控制相同的方式关闭。设备正面的“错误”LED 灯将显示警报 (参见“3.6. 警报和监控”), 并在模拟量接口上发出信号。最终发出何种警报, 可通过远程控制 (指令或 **EA Power Control**) 在设备配置中进行设置。

必须确认 MSP、OVP、OCP 和 OPP 警报 (另请参见 3.6)。通过 REM-SB 引脚关闭和再次打开直流输入来进行确认, 这意味着高-低-高边沿 (低电平的最小时间为 50 ms), 设定 REM-SB 的默认逻辑电平。

如果相关 **EA Power Control** 设置其他 -> PF 报警后的直流输入/输出状态或其他 -> OT 报警后的直流输入/输出设置为关, 则 PF 和 OT 也需要相同设置。

3.5.4.3 模拟量接口规格

引脚	名称	类型 ⁽¹⁾	说明	默认电平	电气规格
1	VSEL	AI	电压设定值	0...10 V 或 0...5 V 对应 U_{Nom} 的 0..100%	精度 0-5 V 范围: <0.4 % ⁽⁵⁾
2	CSEL	AI	电流设定值 (源和汇)	0...10 V 或 0...5 V 对应 I_{Nom} 的 0..100%	精度 0-10 V 范围: <0.2 % ⁽⁵⁾ 输入阻抗 $R_i > 40\text{ k} \dots 100\text{ k}$
3	VREF	AO	基准电压	10 V 或 5 V	$I_{max} = +5\text{ mA}$ 时的公差 < 0.2% 防 AGND 短路
4	DGND	POT	所有数字信号的接地		用于控制和状态信号
5	REMOTE	DI	在手动和远程控制之间切换	远程 = 低, $U_{Low} < 1\text{ V}$ 手动 = 高, $U_{High} > 4\text{ V}$ 手动, 如果引脚未接线	电压范围 = 0...30 V 5 V 时 $I_{Max} = -1\text{ mA}$ $U_{Low\ to\ HIGH\ typ.} = 3\text{ V}$ 记录发送器: DGND 集电极开路
6	ALARMS 1	DO	过热/电源故障报警	报警 = 高, $U_{High} > 4\text{ V}$ 无报警 = 低, $U_{Low} < 1\text{ V}$	准开路集电极, 上拉至 V_{CC} ⁽²⁾ 引脚电压为 5 V 时, 最大流量 + 1 mA $U_{CE} = 0.3\text{ V}$ 时 $I_{Max} = -10\text{ mA}$ $U_{Max} = 30\text{ V}$ 防 DGND 短路
7	RSEL	AI	内阻值 (源和汇)	0...10 V 或 0...5 V 对应 $R_{Min} \dots R_{Max}$	精度 0-5 V 范围: <0.4 % ⁽⁵⁾
8	PSEL	AI	功率设定值 (源和汇)	0...10 V 或 0...5 V 对应 P_{Nom} 的 0..100%	精度 0-10 V 范围: <0.2 % ⁽⁵⁾ 输入阻抗 $R_i > 40\text{ k} \dots 100\text{ k}$
9	VMON	AO	实际电压	0...10 V 或 0...5 V 对应 U_{Nom} 的 0..100% ⁽⁵⁾	精度 0-5 V 范围: <0.4 % ⁽⁵⁾
10	CMON	AO	实际电流	0...10 V 或 0...5 V 对应 I_{Nom} 的 0..100% ⁽⁵⁾	精度 0-10 V 范围: <0.2 % ⁽⁵⁾ $I_{Max} = +2\text{ mA}$ 防 AGND 短路
11	AGND	POT	所有模拟量接口信号的接地		对于 xSEL、xMON、VREF
12	R-ACTIVE	DI	R模式开/关	关 = 低, $U_{Low} < 1\text{ V}$ 开 = 高, $U_{High} > 4\text{ V}$ 开, 如果引脚未接线	电压范围 = 0...30 V 5 V 时 $I_{Max} = -1\text{ mA}$ $U_{Low\ to\ HIGH\ typ.} = 3\text{ V}$ 记录发送器: DGND 集电极开路
13	REM-SB	DI	直流输入关闭 (直流输入开启) (ACK 报警 ⁽⁴⁾)	关 = 低, $U_{Low} < 1\text{ V}$ 开 = 高, $U_{High} > 4\text{ V}$ 开, 如果引脚未接线	电压范围 = 0...30 V 5 V 时 $I_{Max} = +1\text{ mA}$ 记录发送器: DGND 集电极开路
14	ALARMS 2	DO	过压报警 过流报警 过功率报警	报警 = 高, $U_{High} > 4\text{ V}$ 无报警 = 低, $U_{Low} < 1\text{ V}$	准开路集电极, 上拉至 V_{CC} ⁽²⁾ 引脚电压为 5 V 时, 最大流量 + 1 mA $U_{CE} = 0.3\text{ V}$ 时 $I_{Max} = -10\text{ mA}$, $U_{Max} = 30\text{ V}$ 防 DGND 短路
15	STATUS ⁽³⁾	DO	恒压调节激活 直流输入	CV = 低, $U_{Low} < 1\text{ V}$ CC/CP/CR = 高, $U_{High} > 4\text{ V}$ 关 = 低, $U_{Low} < 1\text{ V}$ 开 = 高, $U_{High} > 4\text{ V}$	

(1) AI=模拟输入, AO=模拟输出, DI=数字输入, DO=数字输出, POT=电位

(2) 内部 V_{CC} 约 10 V

(3) 只可能出现两种信号中的一种

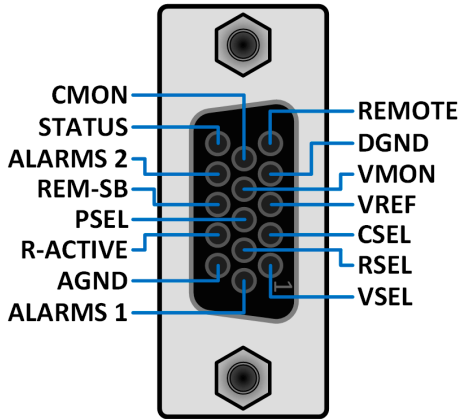
(4) 仅在远程控制期间

(5) 设定值输入误差与设备直流输入相关值的一般误差相加

3.5.4.4 分辨率

模拟量接口由数字微控制器进行内部采样和处理。这导致模拟步骤的分辨率有限。设定值 (VSEL 等) 和实际值 (VMON/CMON) 的有效分辨率相同。在 10 V 范围内工作时, 0...100% 的数值为 26214 步。在 5 V 范围内, 此分辨率减半。由于公差的原因, 真正可实现的分辨率可能略低。

3.5.4.5 D-sub 插座概览



3.5.4.6 各引脚的简化原理图

	<p>数字输入引脚 (DI)</p> <p>需要使用低电阻开关 (继电器、开关、断路器等), 以便向 DGND 发送清晰的信号。如果不是“集电极开路”类型, IC 或 PLC 的数字输出可能无法下拉输入。</p>		<p>模拟输入引脚 (AI)</p> <p>运算放大器电路的高电阻输入 (阻抗 > 40 kΩ)。</p>
	<p>数字输出引脚 (DO)</p> <p>使用一个准集电极开路, 通过对内部电源的高电阻上拉实现。在低电平状态下, 它不能驱动任何负载, 只能灌入小电流, 如图中的继电器示例。</p>		<p>模拟输出引脚 (AO)</p> <p>运算放大器电路的输出引脚, 低阻抗。请参见上面的规格表。</p>

3.5.4.7 应用示例

a) 用 REM-SB 引脚切换直流输入



PLC 的数字输出可能无法将引脚明显拉低, 因为其阻值不够低。检查控制应用的规格。另请参见上面的引脚图。

在模拟量接口远程控制中, REM-SB 引脚用于打开和关闭设备的直流输入。该功能也可在未激活模拟量接口远程控制的情况下使用, 一方面可以阻止在手动或数字远程控制中打开直流输入, 另一方面, 引脚可以打开或关闭直流输入, 但不能脱机打开或关闭。请参见下面的“远程控制尚未激活”。



紧急情况下, REM-SB 不能作为安全停止开关来确保停止直流输入! 为此, 需要一个外部急停系统。

建议使用开关、继电器或晶体管等低电阻触点将引脚切换到接地 (DGND)。

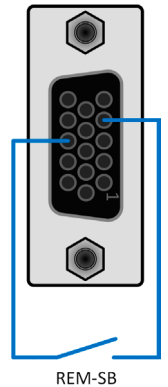
可能会出现以下情况:

• 远程控制被激活

通过模拟量接口进行远程控制时, 只有 REM-SB 引脚根据 3.5.4.3 中的电平定义决定直流输入的状态。通过 ModBus 寄存器或 SCPI 指令, 可在 **EA Power Control** 的“设置”应用中设置 **模拟量接口 -> REM-SB 电平**, 从而反转逻辑函数和默认电平。



如果引脚未连接或连接的触点断开, 引脚将为高电平。当“模拟量接口 -> REM-SB 电平”设置为“正常”时, 要求打开直流输入。因此, 当启动远程控制后, 直流输入将立即打开。



• 远程控制未激活

在此操作模式下, REM-SB 引脚可用作锁定, 防止通过任何方式打开直流输入。这可能导致以下情况:

直流端子	+	REM-SB 引脚电平	+	参数“REM-SB 电平”	→	动作
关	+	高	+	正常	→	直流输入未锁定。可通过前面板“开/关”按键打开或通过数字接口指令打开。
		低	+	反转		
	+	高	+	反转	→	直流输入已锁定。不能通过前面板“开/关”按键打开或通过数字接口指令打开。尝试打开设备时, 设备根本没有反应。
		低	+	正常		

如果直流输入已经打开, 切换引脚将关闭直流输入, 类似于模拟量接口远程控制中的做法:

直流端子	+	REM-SB 引脚电平	+	参数“REM-SB 电平”	→	动作
开	+	高	+	正常	→	直流输入保持打开, 无任何锁定。可以通过按键或数字指令打开或关闭。
		低	+	反转		
	+	高	+	反转	→	直流输入将被关闭并锁定。稍后可通过切换 REM-SB 引脚再次打开。
		低	+	正常		

b) 电流和功率的远程控制

需要激活远程控制 (引脚 REMOTE = 低)

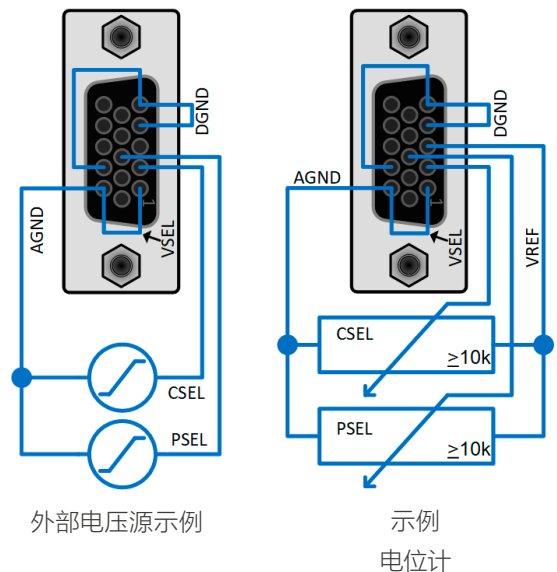
设定值 PSEL 和 CSEL 由基准电压 VREF 等生成, 并分别使用电位计。因此, 电源可选择性地在电流限制或功率限制模式下工作。根据规格, VREF 最大输出 5 mA 负载, 必须使用至少 10 kΩ 的电位计。

电压设定值 VSEL 直接连接到 AGND, 因此不会干扰恒流或恒功率运行。R-ACTIVE 与 DGND 连接, 因此内阻模式关闭。

如果控制电压是从外部电源输入的, 则有必要考虑设定值的输入电压范围 (0...5 V 或 0...10 V)。

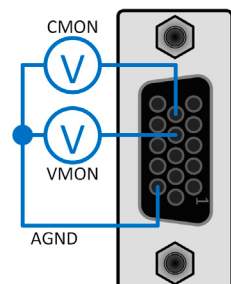


当电压范围为 0...5 V 时, 设定值和实际值的有效分辨率减半。



c) 读取实际值

通过模拟量接口可以监控直流输出的电流与电压值。可以使用标准万用表或类似仪器读取这些数据。



3.6 警报和监控

3.6.1 术语定义

设备警报 (参见“3.3. 报警条件”) (如过压保护 OVP 或过热保护 OT) 与用户定义事件 (如 OVD (过压检测)) 之间存在明显区别。设备警报只能关闭直流输出, 而用户定义的事件则作用更多。在设置动作 = 报警时, 它们也会关闭直流输出, 但在设置“信号”或“警告”时则不会。用户可通过 SCPI 指令或 ModBus 寄存器访问远程控制选择由用户定义事件驱动的操作。还可在 **EA Power Control** 的“设置”应用中进行配置。可进行以下事件操作:

操作	影响和信号
无	用户定义的事件已禁用。
信号/ 警告	在没有显示屏的设备上, 信号 和 警告 操作之间没有区别, 因此在这里它们会导致相同反应。当达到触发事件的条件时, 信号 或 警告 操作会让前面板上的“错误”LED灯亮起。无法通过任何接口读取该状态
报警	当达到触发事件的条件时, 报警 操作将使前面板上的“错误”LED 灯持续亮起。此外, 关闭直流输入。可通过数字接口查询状态。

3.6.2 设备警报和事件处理

设备报警事件通常会导致直流输入关闭, 并通过前面板上的“错误”LED 灯和模拟量接口上的任何报警引脚显示出来, 还可通过数字接口存储为可读状态。必须始终确认报警。

► 如何确认前面板上的报警 (手动控制时)

- 按一下“开/关”按钮进行确认。“错误”LED 灯应熄灭。这也意味着所有报警均已清除, 只需再次按下按钮即可打开直流输入。如果 LED 灯没有熄灭, 则说明在第二次按下按钮接通直流电源后, 至少仍有一个报警存在或立即发生了新报警。这可能是由于错误的监控设置 (OVP、OVD 等) 造成的。

► 如何在数字远程控制时确认报警

- 使用基于 ModBus 的接口时, 通过写入线圈, 特别是寄存器 411。使用 SCPI 时, 则使用标准错误查询 SYST:ERR:ALL? 指令。


► 如何在模拟量接口远程控制时确认报警

- 参见“3.5.4.2. 确认设备报警”。

一些设备警报是可配置的 (通过常规方式进行数字远程控制):

简称	全称	说明	范围	指示位置
OVP	过压保护	当直流输入电压达到规定的阈值时触发报警。将关闭直流输入。	$0\text{ V} \dots 1.1 \cdot U_{\text{Nom}}$	LED、模拟量接口和数字接口
OCP	过流保护	当直流输入电流达到规定的阈值时触发报警。将关闭直流输入。	$0\text{ A} \dots 1.1 \cdot I_{\text{Nom}}$	LED、模拟量接口和数字接口
OPP	过功率保护	一旦输入功率达到定义的阈值, 就会触发报警。将关闭直流输入。	$0\text{ W} \dots 1.1 \cdot P_{\text{Nom}}$	LED、模拟量接口和数字接口

此类设备基于硬件, 以下报警信息无法配置:

简称	全称	说明	指示位置
PF	电源故障	交流供电过压或欠压。如果交流电源超出规格或设备切断交流电源, 则触发报警。将关闭直流输入。临时 PF 报警后的直流输入状态可通过 EA Power Control 的设置 其他 -> PF 报警后的直流输入/输出状态 或通过直接远程控制指令 (SCPI、ModBus) 确定。	LED、模拟量接口和数字接口
		 在运行期间, 只能在报警原因消失约 15 秒后确认 PF 报警。再次打开直流输入需要大约 5 秒的等待时间。	

简称	全称	说明	指示位置
OT	过温	如果内部温度达到一定的极限, 将触发报警。将关闭直流输入。冷却后的直流输入状态可以通过 EA Power Control 的设置 其他 -> OT 报警后的直流输入/输出状态 或通过直接远程控制指令 (SCPI、ModBus) 确定。	LED、模拟量接口和数字接口
MSP	主从保护	如果主机与任意从机失去联系, 则触发报警。将关闭直流输入。可以通过重新初始化主从系统来清除报警。	LED, 数字接口
SF	共享总线故障	由于 BNC 电缆错误或者受损 (短路) 导致共享总线信号阻尼过大的情况下, 或至少有一个共享总线连接器连接到另一个设备, 而报警设备未配置为主从操作时, 可能会发生该故障报警。有关详细信息, 请参见 3.3.6。	LED, 数字接口

3.6.2.1 用户定义的事件

可针对用户定义的事件配置设备的监控功能。默认情况下, 事件已停用 (操作设置为无)。与设备报警相反, 事件仅在直流输入开启时才起作用。例如, 这意味着在关闭直流输入后, 您无法再检测到欠压 (UVD), 电源可能会降低电压。

可通过远程控制指令对下列事件进行独立配置:

事件	含义	说明	范围
UVD	欠压 检测	如果直流电压低于定义的阈值, 则触发事件	$0 V \dots U_{Nom}$
OVD	过压 检测	如果直流电压高于定义的阈值, 则触发事件	$0 V \dots U_{Nom}$
UCD	欠流 检测	如果直流电流低于定义的阈值, 则触发事件	$0 A \dots I_{Nom}$
OCD	过流 检测	如果直流电流高于定义的阈值, 则触发事件	$0 A \dots I_{Nom}$
OPD	过功率 检测	如果直流功率高于定义的阈值, 则触发事件	$0 W \dots P_{Nom}$



这些事件不应与 OT 和 OVP 等用于设备保护的报警相混淆。不过, 如果将用户定义的事件设置为“报警”操作, 则可以关闭直流输入, 从而像敏感的电子应用一样保护电源。

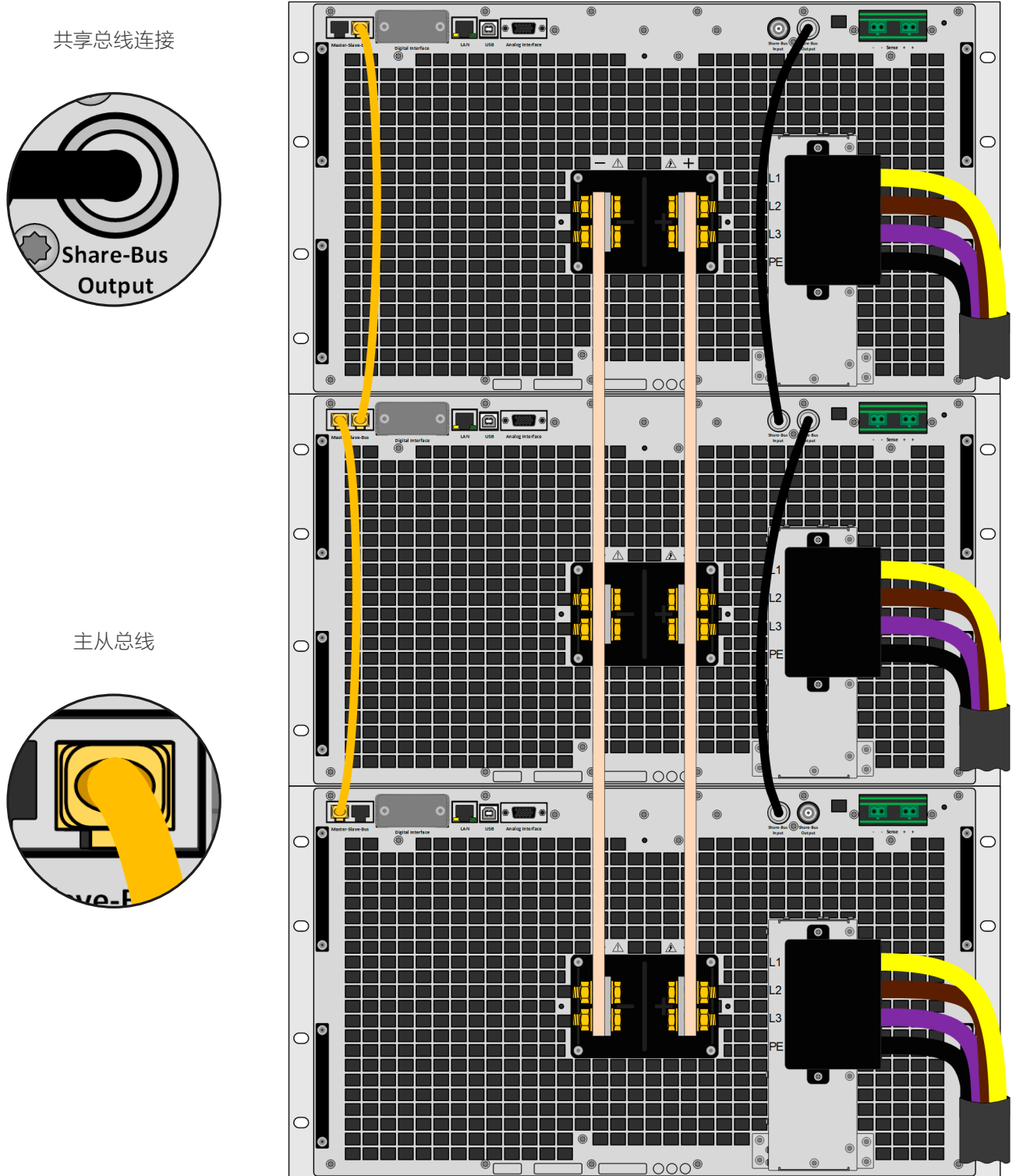
3.7 其他应用

3.7.1 主从 (MS) 模式下并联运行

该系列的主要和预期操作形式是作为主系统中的从机。

同一设备类型的多台设备, 即电源、电子负载或双向电源可以并联连接, 以创建具有更高总电流并因此具有更高功率的系统。在进行主从模式下的并联操作时, 设备通常连接在其直流输入端、共享总线和主从总线上, 主从总线是一种使系统在调整值、实际值和状态方面作为一个大型设备工作的数字总线。

共享总线旨在动态平衡直流输入端的电压, 即在 CV 模式下, 该模式并不是电子负载的主要运行方式。共享总线主要用于主机运行函数的情况。为了使该总线正确工作, 至少必须连接所有主从设备的直流负极, 因为直流负极是共享总线的基准。原理图 (无电源):



3.7.1.1 限制

与单一设备的正常操作相比，主从操作存在一些限制：

- 主从系统在报警情况下的反应稍有不同（参见下文 3.7.1.8）
- 虽然共享总线能使系统尽可能地动态响应，但它仍然不如单机运行那样动态
- 支持与其他系列的相同型号连接，但仅限于 ELR 10000 系列，它们可作为主机或从机使用

3.7.1.2 直流输入的接线

并联连接下，要根据机柜系统总电流采用合适横截面的连线或铜条，将每台产品的直流输入按照正确极性接到下一台，用线尽可能短，这样其电感值会尽可能低。

3.7.1.3 共享总线端的接线

用长度为 0.5 m (1.64 ft) 或类似的标准 BNC 线 (同轴线, 50 Ω 型)，将设备之间用共享总线连接。两个插座内部相连，并无特别的输入或输出。标签仅用于定向。



- 通过共享总线最多可连接 64 台设备
- 如果在设备配置为主机或从机之前连接共享总线，将出现 SF 报警

3.7.1.4 数字式主从总线的接线和设置

主从总线连接器为内置型，可通过网络电缆 (≥CAT3, 接插电缆) 进行连接。在此之后，可手动或通过远程控制配置主从模式。以下情况适用：

- 最多可通过总线连接 64 台设备：1 台主机可与最多 63 台从机相连。
- 仅在同类设备之间进行连接，即电子负载和电子负载之间连接；允许并支持不同电源等级的连接，但有一些限制（参见下面的 3.7.1.5 部分）
- 总线末端的设备必须终止（详情见下文），否则主从初始化将失败



主从总线不得使用交叉电缆进行接线！

主从系统的后期操作包括：

- 主机通过远程控制查询（而不是通过每个接口）提供整个系统的汇总实际值和状态。举例来说，这意味着只有在使用 SCPI 时，300 kW 的系统才能将查询到的实际功率返回为“300.0 kW”，但在所有其他接口上，该值将是系统总功率的百分比值，并且必须由远程控制软件进行正确转换
- 主机的设定值、调整限值、保护值（OVP 等）的设定范围要符合系统内所有设备的数量。
- 在受主机控制期间，从机不可单独操作
- 主机尚未初始化的从机将显示 MSP 警报和“错误”LED 灯。主从总线错误时会发出相同的报警信号。

3.7.1.5 混合系统

对于混合系统，可理解为：

- 在一个主从系统内可提供不同的功率等级，如 15 kW、30 kW 或 60 kW（要求至少安装固件 KE 3.02）
- 不同系列设备，特别是与 ELR 10000 系列连接的 PUL 10000 系列（要求至少安装固件 KE 3.02）

当连接具有不同功能集的设备时，应选择具有最佳配置的设备作为主机。采用不同的功率等级组合可能会产生意外副作用，例如初始化后的总功率达不到预期，而是更低了。这取决于选择何种设备和功率等级作为主机。在这种情况下有一条黄金法则：始终选择额定功率最高的设备作为主机。

示例：您想连接一台 60 kW 的设备和一台 3 kW 的设备，以获得 63 kW 的功率。一般来说，额定电压必须匹配，但额定电流和功率可以不同。因此，额定功率起着决定性作用。使用 3 kW 设备作为主机时，系统总功率只有 51 kW，甚至低于单台 60 kW 设备所能提供的功率。但是，当将 60 kW 设备作为主机时，系统的总功率将达到 63 kW。

无论功率等级如何, 10000 系列均可相互兼容 (日期 2023-03) :

	PS	PSI	PU	ELR	PUL	PSB	PSBE	PUB
PS	X	X	X (*)	—	—	—	—	—
PSI	X	X	X (*)	—	—	—	—	—
PU	X (*)	X (*)	X (*)	—	—	—	—	—
ELR	—	—	—	X	X (*)	—	—	—
PUL	—	—	—	X (*)	X (*)	—	—	—
PSB	—	—	—	—	—	X	X	X (*)
PSBE	—	—	—	—	—	X	X	X (*)
PUB	—	—	—	—	—	X (*)	X (*)	X (*)

(* 要求所有相关设备至少安装 KE 3.06 固件)

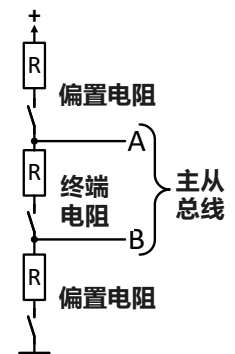
3.7.1.6 配置主从操作

如果系统的主从配置以后不再更改, 则只需进行一次配置。设备将存储其设置, 每次启动后, 主机将自动尝试初始化所有从机。如果主机带有显示屏, 则可以使用触摸屏进行手动配置和初始化。

► 如何使用 EA Power Control 将设备配置为从机或主机以实现主从操作

1. 使用前置或后置 USB 端口将设备连接到 PC
2. 启动 **EA Power Control**, 让其找到设备。如果有多台设备连接到 PC, 请选择合适的设备并将其标志拖到**设置**应用上。
3. 在“设置”应用中, 导航至**主从组**, 并将**主从模式**设置为**从机或主机**。
4. 正确设置终端。实际的总线端接是通过内部电子开关完成的, 这些开关通过指令进行控制。该操作可在将每台设备设置为主机或从机的过程中完成, 但应在将设备设置为该设备之前完成, 因为该操作会立即触发总线初始化。在设置**主从组**时, 可以分别设置 BIAS 和总线本身的终端电阻器 (TERM, 见右图)。主从总线上设备的终端设置:

设备位置	终端设置
主机 (在总线端部)	偏置电阻器 = 开 + 终端电阻器 = 开
主机 (在总线中部)	偏置电阻器 = 开
从机 (在总线端部)	终端电阻器 = 开
从机 (在总线中部)	偏置电阻器 = 关 + 终端电阻器 = 关



5. 保存设置并离开应用。



只要主从模式保持激活状态, 每次主机通电时, 主从系统均会重复初始化过程。也可以随时通过 EA Power Control 中的“设置”应用、“主从”组或使用主从操作相关指令的自定义软件手动重复初始化。

3.7.1.7 操作主从系统

在成功配置和初始化主机和从机后, 重点将放在主机上。如果主机是本系列的型号, 则无法通过 LED 在正面显示主机状态, 但可以通过 **EA Power Control** 或定制软件随时从主机查询 MS 的运行状态。带显示屏的主机也可在显示屏上显示所有状态。

从此时起, 从机均无法通过模拟量接口或数字接口进行手动或远程控制。如有需要, 可通过这些接口读取实际值和状态, 对其进行监控。

初始化后, 主机将重新配置, 并且所有设定值均将重置。对于控制软件而言, 主机可通过可读形式表示其所有值, 并适用于现在定义的系统, 但只有在使用 SCPI 或 LabVIEW 时才能这样做, 因此限制了对 LAN 或 USB 接口的选择。根据设备数量的不同, 可调电流和功率范围将成倍增加, 而电阻范围将减小。对于任何其他可用接口, 必须由软件完成数值转换。

以下内容普遍适用:

- 以主机为代表的系统可以被视为一个独立单元
- 主机在从机之间共享设定值等, 并对其进行控制
- 主机可通过模拟量或数字接口进行远程控制
- 主机设定值 U、I、P 和 R 的所有设置, 以及来自监控、限值等的所有相关值, 均应适应新的总值
- 所有初始化的从机均会将任何限值 (U_{Min} 、 I_{Max} 等)、监控阈值 (OVP、OPP 等) 和事件设置 (UCD、OVD 等) 重置为默认值, 因此这些不会干扰主机的控制。一旦在主机上修改了上述数值, 其就会以 1:1 的比例传输到从机。稍后, 在操作过程中, 由于电流不平衡或反应稍快, 可能会出现从机比主机更早发出报警或事件的情况。
- 如果一台或多台从机报告设备报警, 主机也将通过“Error”LED 灯发出信号, 则无论采用何种可用方式, 必须在主机上进行确认, 以便从机可以继续运行。由于报警通常会导致直流输入关闭, 并且只能在 PF 或 OT 报警后自动恢复开/关状态, 对报警的反应可配置, 因此在这种情况下, 操作员或远程控制软件可能需要采取行动。
- 作为一项安全措施, 与任何从机的连接断开都会导致所有直流输入关闭, 设备会在其前面板上亮起“错误”LED 灯以显示这一情况, 主机也会提供一个可读的警报状态 MSP (“主从保护”)。然后, 主从系统必须重新初始化, 无论是否事先已重新建立与断开设备的连接。
- 包括从机在内的所有设备, 均可以使用模拟量接口的 REM-SB 引脚对其直流输入进行外部切断。该操作可以用作一种“紧急关闭”, 此处通常将触点 (接通器或断路器) 并联连接到所有设备的该引脚上。

3.7.1.8 报警和其他问题情况

由于多台设备的连接及其相互作用, 主从操作可能会导致产生额外的问题, 而这些情况在操作单台设备时则不会出现。针对此类情况制定了以下规定:

- 通常, 如果主机失去了与任何从机的连接, 系统会生成 MSP (主从保护) 警报, 在屏幕上弹出消息 (如果主机带显示器) 并关闭其直流输入。从机将回退到单一操作模式, 但也会关闭其直流输入。要删除 MSP 警报, 可以重新初始化主从系统, 或停用主从模式 (需要连接每个从机)。重新初始化可在 MSP 警报弹出屏幕 (如果主机带有显示屏) 或主机菜单 (如果主机带有显示屏) 中进行, 也可通过远程控制进行。
- 如果一台或多台从机被切断交流供电 (停电、电源欠压), 重新启动后, 其不会自动初始化并再次包含在主从系统中。必须重复初始化步骤。
- 如果主机交流供电断开 (保险丝跳闸、停电), 重新启动后, 其将尝试自动初始化主从系统, 查找并集成所有激活状态下的从机。在这种情况下, 主从系统可以自动恢复。
- 如果将多台设备定义为主机, 则无法初始化主从系统。
- 如果主机报告初始化状态失败, 且状态信息显示“检测到不同固件或型号” (如果主机带显示屏), 则说明 MS 系统中至少有一台设备的硬件版本较旧, 或者设备中安装的固件版本不同。后者可以通过检查并调整设备上安装的版本进行解决。

在一台或多台设备产生设备报警 (如 OVP 等) 的情况下, 以下情况适用:

- 从机的任何警报都会显示在从机的前面板和主机 (无论是否带显示屏) 的前面板上
- 如果同时发生多个报警, 则主机只提示最近的一个报警。在这种情况下, 可通过数字接口从从机读取特定警报。
- 主从系统中的所有设备均监控其自身的过压、过流和过功率值, 如出现报警, 则向主机报告该报警。在各设备之间电流可能很不平衡的情况下, 即使没有达到主从系统的全局 OCP 限值, 也可能出现单台设备生成 OCP 警报。OPP 报警也可能发生同样的情况。

3.7.2 串联



不允许串联电子负载，因此不能操作！原因：由于内部调节条件不同，直流输入电压的分布可能不对称。在最坏的情况下，如果至少有两台设备串联，其中一台设备的内阻可能很低，而另一台设备的内阻可能很高，这将导致由高内阻负载“承受”几乎全部的直流输入电压，从而很可能损坏直流输入级和绝缘层。

4. 检修与维护

4.1 维护/清洁

设备无需经常维护。内部风扇可能需要清洁，清洁频率取决于环境条件。风扇用于冷却因固有功率损失而发热的部件。布满污垢的风扇可能会导致气流不足，因此可能导致直流输入因过热而过早关闭，或可能导致缺陷。

如果需要此类维护，请与我们联系。

4.1.1 电池更换

该设备包含一个安装在 KE 板上的 CR2032 型锂电池，该板安装在设备的右侧壁（从正面看时）。电池的使用寿命至少为 5 年，但由于环境条件的影响，特别是温度原因，该寿命可能会缩短。电池用于缓冲内部实时时钟，如需更换电池，可以由合格人员在现场更换，同时采取标准 ESD 预防措施。必须松开并小心抬起 KE 板才能接触到电池。

4.2 故障查找/诊断/维修

如果设备突然以一种意外方式运行，这表明出现了故障，或其存在明显的缺陷，用户不得也绝不能自行修理。如有疑问，请联系供应商，并咨询应采取的必要措施。

然后通常需要将设备退还给供应商（无论是否在质保期内）。如需进行退货检查或维修，请确保：

- 已经联系了供应商，并清楚了解了应如何以及向何处寄送设备
- 该设备处于完全组装状态，并位于合适的运输包装中，最好采用原始包装
- 可选的附加功能，如接口模块（如具体问题相关）
- 附上尽量详细的故障描述
- 如果运输目的地在国外，请附上必要的海关文件

4.2.1 固件更新



只有当固件更新能够消除设备固件中的现有错误或包含新功能时，才应安装更新固件。

控制面板 (HMI)、通信单元 (KE) 和数字控制器 (DR) 的固件（如有必要）通过后侧 USB 端口进行更新。为此，需要使用 EA Power Control 软件。该软件由设备自带，或可从我们的网站下载，我们还同时提供（或应要求提供）固件更新。

但是，请注意不要立即安装更新。每次更新均存在设备或系统的不可操作风险。我们建议仅在以下情况下安装更新：

- 您的设备即将出现的问题可以直接解决，特别是我们在提供技术支持时建议安装更新
- 更新中新增了您所需的新功能。在这种情况下，您将承担由此产生的全部责任

以下内容亦适用于固件更新：

- 固件中的简单更改可能会对设备使用的应用产生重大影响。因此，我们建议（在安装更新前）仔细研究固件历史记录中的更改列表。
- 新实施的功能可能需要更新文档（用户手册和/或编程指南，以及 LabView VI）支持，而这些文档通常只能在稍后交付，有时甚至要延迟很久。

4.2.2 排除设备问题

问题	可能的危害	可能性	操作方采取的安全措施	剩余风险
极性相反的电压源已连接到直流输入	内部次级功率级损坏	低	对于所有需要将外部电源连接到设备的应用, 特别是如果将电池作为电源, 请在设备上附加一个额外的警告标志, 提醒用户格外小心, 注意极性。采取一项额外措施 (包括与直流电缆匹配的保险丝), 可以减轻甚至防止对设备造成损坏。	低

5. 联系与支持

5.1 维修/技术支持

除非用户与供应商另有约定, 否则维修工作将由制造商负责。为此, 必须将设备寄给制造商。为了确保快速、顺利地处理支持请求或维修请求, 我们恳请您首先访问我们网站的支持部分 www.elektroautomatik.com/en/service, 然后填写相应的表单字段 (“支持请求”或“维修请求”) 并提交支持或维修请求。如果不输入这些数据, 则无法生成服务订单。

5.2 联系信息

您可以通过电话或电子邮件向技术支持部门提出有关设备操作、可选组件使用、文档或软件的问题或意见。

总部	电子邮箱	电话
EA Elektro-Automatik (Shanghai) Co., Ltd. 医蔼贸易 (上海) 有限公司	技术支持: ea1974@elektroautomatik.cn	总机: +86 (21) 37012050

EA Elektro-Automatik GmbH & Co. KG

Helmholtzstr. 31-37
41747 Viersen

电话: +49 2162 3785 - 0
传真: +49 2162 16230
ea1974@elektroautomatik.com

www.elektroautomatik.cn

EA Elektro-Automatik (Shanghai) Co., Ltd.

上海市松江区广富林路 599 弄 1 号 1604-1605 室

电话: +86 (21) 37012050
ea1974@elektroautomatik.cn

