Ceyear 思仪

1769

程控直流电源

用户手册



中电科思仪科技（安徽）有限公司

该手册产品统称为 1769 程控直流电源 ，适用下列型号程控直流电源 ，基于固件版本 Ver 1.1.1 及以上。

- 1769AD 5kW 程控直流电源
- 1769BD 10kW 程控直流电源
- 1769CD 15kW 程控直流电源

版　　本：　D　2025年1月，中电科思仪科技（安徽）有限公司
地　　址：　中国安徽省蚌埠市迎河路1300号
服务咨询：　800-86870417　　400-0552041
技术支持：　0552-4072248
传　　真：　0552-4070248
网　　址：　www.ceyear.com
电子信箱：　cebb@ceyear.com
邮　　编：　233006

前　言

非常感谢您选择使用中电科思仪科技（安徽）有限公司研制、生产的 1769 程控直流电源！该产品集高、精、尖于一体，在同类产品中有较高的性价比。

我们将以最大限度满足您的需求为己任，为您提供高品质的测量仪器，同时带给您一流的售后服务。我们的一贯宗旨是“质量优良，服务周到”，提供满意的产品和服务是我们对用户的承诺。

手册编号

YQ2.933.1164SS

版本

D　2025.1

中电科思仪科技（安徽）有限公司

手册授权

本手册中的内容如有变更，恕不另行通知。本手册内容及所用术语最终解释权属于中电科思仪科技（安徽）有限公司。

本手册版权属于中电科思仪科技（安徽）有限公司，任何单位或个人非经本公司授权，不得对本手册内容进行修改或篡改，并且不得以赢利为目的对本手册进行复制、传播，中电科思仪科技（安徽）有限公司保留对侵权者追究法律责任的权利。

产品质保

本产品从出厂之日起保修期为 12 个月。质保期内仪器生产厂家会根据用户要求及实际情况维修或替换损坏部件。具体维修操作事宜以合同为准。

产品质量证明

本产品从出厂之日起确保满足手册中的指标。校准测量由具备国家资质的计量单位予以完成，并提供相关资料以备用户查阅。

质量/环境管理

本产品从研发、制造和测试过程中均遵守质量和环境管理体系。中电科思仪科技（安徽）有限公司已经具备资质并通过 ISO 9001 和 ISO 14001 管理体系。

安全事项

警　告

警告标识表示存在危险。它提示用户注意某一操作过程、操作方法或者类似情况。若不能遵守规则或者正确操作，则可能造成人身伤害。在完全理解和满足所指出的警告条件之后，才可继续下一步。

注　意

注意标识代表重要的信息提示，但不会导致危险。它提示用户注意某一操作过程、操作方法或者类似情况。若不能遵守规则或者正确操作，则可能引起的仪器损坏或丢失重要数据。在完全理解和满足所指出的小心条件之后，才可继续下一步。

检定周期

本产品检定周期为 1 年。

目 录

1 手册导航.....1
1.1 关于手册.....1
1.2 关联文档.....2
2 概述.....3
2.1 产品综述.....3
2.2 安全使用指南.....5
3 操作指南.....12
3.1 准备使用.....12
3.2 面板说明.....19
3.3 基本操作方法.....25
3.4 功能操作指南.....26
4 菜单.....28
5 远程控制.....29
5.1 远程控制基础.....29
5.2 仪器程控端口与配置.....39
5.3 VISA 接口基本编程方法.....42
6 故障诊断与返修.....43
6.1 工作原理.....43
6.2 故障诊断与排除.....44
6.3 返修方法.....45
7 技术指标.....47
7.1 声明.....47
7.2 产品特征.....47

7.3 技术指标.....48
附 录.....50
附录 A SCPI 命令速查表.....50
附录 B SCPI 错误信息.....54
附录 C 校准.....56

1 手册导航

本章介绍了 1769 程控直流电源的用户手册功能、章节构成和主要内容，并介绍了提供给用户使用的仪器关联文档。

- 关于手册 1
- 关联文档 2

1.1 关于手册

本手册介绍了中电科思仪科技（安徽）有限公司生产的 1769 程控直流电源的基本功能和操作使用方法。描述了仪器产品特点、基本使用方法、测量配置操作指南、菜单、远程控制、维护及技术指标等内容，以帮助您尽快熟悉和掌握仪器的操作方法和使用要点。为方便您熟练使用该仪器，请在操作仪器前，仔细阅读本手册，然后按手册指导正确操作。

用户手册共包含的章节如下：

- **概述**

  概括地讲述了1769程控直流电源的主要性能特点 仪器构成及操作仪器的安全指导事项。目的使用户初步了解仪器的主要性能特点，并指导用户安全操作仪器。

- **操作指南**

  本章介绍了1769程控直流电源的操作前检查、仪器浏览、基本操作方法、功能操作等，以便用户了解仪器本身和工作过程。

- **菜单**

  本章列出了1769程控直流电源的菜单命令以及详细的菜单说明。

- **远程控制**

  本章简要的介绍了1769程控直流电源的程控基础、程控接口与配置方法及基本VISA接口编程方法，并简要的介绍了I/O仪器驱动库的概念及分类。以方便用户初步实现远程控制操作。

- **故障诊断与返修**

  包括整机工作原理介绍、故障判断和解决方法及返修方法。

- **主要技术指标**

  介绍了 1769 程控直流电源的产品特征和主要技术指标。

- **附录**

  列出1769程控直流电源必要的SCPI指令、SCPI错误信息和校准方法。

1.2 关联文档

1769 程控直流电源的产品文档包括：

- 用户手册

本手册详细介绍了仪器的功能和操作使用方法，包括：配置、测量、程控和维护等信息。目的是：指导用户如何全面的理解产品功能特点及掌握常用的仪器使用方法。包含的主要章节是：

- 手册导航
- 概述
- 操作指南
- 菜单
- 远程控制
- 故障诊断与返修
- 主要技术指标
- 附录

2 概述

本章介绍了 1769 程控直流电源的主要性能特点、主要用途范围及主要技术指标。同时说明了如何正确操作仪器及用电安全等注意事项。

- 产品综述 …… 3
- 安全使用指南 …… 5

2.1 产品综述

1769 程控直流电源具有自动量程输出功能、恒压/恒流输出功能、电压/电流/功率测量功能、远端电压补偿功能、过压/过流/过温保护等功能。1769 程控直流电源属于大功率程控直流电源产品系列，主要应用于各种蓄电池供电模拟、大功率 DC-DC 转换器、功率放大器、大功率半导体等研发、生产测试过程中，要求产品具有较高的输出功率、较大的输出电压范围、较快的动态特性、较高的稳定性等特点。

- 产品特点 …… 3
- 典型应用 …… 4

2.1.1 产品特点

2.1.1.1 主要功能

本产品的主要功能和特点是：

1) 自动量程输出功能；
2) 恒压、恒流输出功能；
3) 电压、电流和功率测量功能；
4) 远端电压补偿功能；
5) 过压、过流和过温保护功能；
6) LAN、USB 和 GPIB 程控接口控制功能；
7) 模拟接口控制功能；
8) 电压、电流缓变功能。

2.1.1.2 仪器构成

1769 程控直流电源的基本组成如表 2.1 所示。

表 2.1 1769 程控直流电源基本组成

项目	型号	名称	说明
整机	1769	程控直流电源	1 台
附件	电源线	三相交流电源线	三相交流电源线，1 根
	防护罩	输出端子防护罩	1 个
	GIC 2,5 HCV/ 4-ST-7,62	远端补偿端子	1 个
	IC2.5/2-ST-5.08	均流端子	1 个

2.1.2 典型应用

1769 程控直流电源属于大功率程控直流电源产品系列，主要应用于各种蓄电池供电模拟、大功率 DC-DC 转换器、功率放大器、大功率半导体等研发、生产测试过程中，要求产品具有较高的输出功率、较大的输出电压范围、较快的动态特性、较高的稳定性等特点，是研制、生产、维护等阶段常用的仪器。

2.2 安全使用指南

请认真阅读并严格遵守以下注意事项！

我们将不遗余力的保证所有生产环节符合最新的安全标准，为用户提供最高安全保障。我们的产品及其所用辅助性设备的设计与测试均符合相关安全标准，并且建立了质量保证体系对产品质量进行监控，确保产品始终符合此类标准。为使设备状态保持完好，确保操作的安全，请遵守本手册中所提出的注意事项。如有疑问，欢迎随时向我们进行咨询。

另外，正确的使用本产品也是您的责任。在开始使用本仪器之前，请仔细阅读并遵守安全说明。本产品适合在工业和实验室环境或现场测量使用，切记按照产品的限制条件正确使用，以免造成人员伤害或财产损害。如果产品使用不当或者不按要求使用，出现的问题将由您负责，我们将不负任何责任。**因此，为了防止危险情况造成人身伤害或财产损坏，请务必遵守安全使用说明。**请妥善保管基本安全说明和产品文档，并交付到最终用户手中。

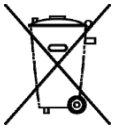
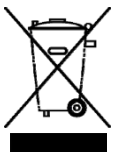
- 安全标识 5
- 操作状态和位置 7
- 用电安全 8
- 操作注意事项 9
- 维护 10
- 校准要求 10
- 运输 10
- 废弃处理/环境保护 11

2.2.1 安全标识

2.2.1.1 产品相关

产品上的安全警告标识如下（表 2.2）：

表2.2 产品安全标识

符号	意义	符号	意义
	注意 ·特别提醒用户注意的信息。提醒用户应注意的操作信息或说明。		开/关 电源
	注意，搬运重型设备。		待机指示
	危险！小心电击。		直流电（DC）
	警告！小心表面热。		交流电（AC）
	防护导电端		直流/交流电（DC/AC）
	地		仪器加固绝缘保护
	接地端		电池和蓄电池的EU标识。 具体说明请参考本节“2.2.8 废弃处理/环境保护”。
	注意，小心处理经典敏感器件。		单独收集电子器件的EU标识。 具体说明请参考本节“2.2.8 废弃处理/环境保护”。
	警告！辐射。		

2.2.1.2 手册相关

为提醒用户安全操作仪器及关注相关信息，产品手册中使用了以下安全警告标识，说明如下：



危险标识，若不避免，会带来人身和设备伤害。



警告标识，若不避免，会带来人身和设备伤害。



小心标识，若不避免，会导致轻度或中度的人身和设备伤害。



注意标识，代表重要的信息提示，但不会导致危险。



提示标识，仪器及操作仪器的信息。

2.2.2 操作状态和位置

操作仪器前请注意：

1) 除非特别声明，1769 程控直流电源的操作环境需满足：平稳放置仪器，室内操作。操作仪器时所处的海拔高度最大不超过 2000 米。实际供电电压允许在标注电压范围内变化，供电频率允许在标注频率范围内变化。

2) 除非特别声明，仪器未做过防水处理，请勿将仪器放置在有水的表面、车辆、橱柜和桌子等不固定及不满足载重条件的物品上。请将仪器稳妥放置并加固在结实的物品表面（例如：防静电工作台）。

3) 请勿将仪器放置在容易形成雾气的环境，例如在冷热交替的环境移动仪器，仪器上形成的水珠易引起电击等危害。

4) 请勿遮/阻挡仪器的散热风道，安装在机柜内的仪器间隔建议≥1U 高度。操作环境温度不要超过产品相关指标说明部分，产品过热会导致电击、火灾等危险。

5) 请勿随便通过仪器外壳上的开口向仪器内部塞入任何物体，或者遮蔽仪器上的槽口或开口，因为它们的作用在于使仪器内部通风、防止仪器变得过热。建议在工作台使用时，两侧留出 10cm 空隙，前后面留出 20cm 空隙。

2.2.3 用电安全

仪器的用电注意事项：

1) 仪器加电前，需保证实际供电电压需与仪器标注的供电电压匹配。

2) 为避免出现三相不平衡现象，多台仪器使用时应注意取电均衡。

3) 参照仪器后面板电源要求，采用三相交流电源线，使用时保证电源地线可靠接地，浮地或接地不良都可能导致仪器被毁坏，甚至对操作人员造成伤害。

4) 请勿破坏电源线，否则会导致漏电，损坏仪器，甚至对操作人员造成伤害。若使用外加电源线或接线板，使用前需检查以保证用电安全。

5) 若供电插座未提供开/关电开关，若需对仪器断电，可直接拔掉电源插头，为此需保证电源插头可方便的实现插拔。

6) 请勿使用损坏的电源线，仪器连接电源线前，需检查电源线的完整性和安全性，并合理放置电源线，避免人为因素带来的影响，例如：电源线过长绊倒操作人员。

7) 仪器需使用 TN/TT 电源网络。

8) 保持插座整洁干净，插头与插座应接触良好、插牢。

9) 插座与电源线不应过载，否则会导致火灾或电击。

10) 本产品内含高压电源，不得自行打开机箱。在进行功率输出时，应避免操作人员接触输出连接器，防止触电危险。

11) 仪器机壳打开时，不属于仪器内部的物体，不要放置在机箱内，否则容易引起短路，损伤仪器，甚至带来人员伤害。

12) 采取合适的过载保护，以防过载电压（例如由闪电引起）损伤仪器，或者带来人员伤害。

13) 除非特别声明，仪器未做过防水处理，因此仪器不要接触液体，以防损伤仪器，甚至带来人员伤害。

14) 仪器不要处于容易形成雾气的环境，例如在冷热交替的环境移动仪器，仪器上形成的水珠易引起电击等危害。

注 意

1) 在长时间满功率输出后，通过前面板开关按键或程控将电源输出关闭（待机）后，不要立刻关掉交流开关，因为在满功率输出时，功率模块内部温度较高，需要散热，如果立刻关掉交流开关，会使温度集聚，散热较慢，可能会损坏电源，需要在电源输出关闭（待机）的情况下，运行 15min 以上。

2) 相对湿度要求：(5%～80%)RH（无凝结），如果存在凝结现象，将会减小安全距离，上电后可能会损坏电源功率模块。需要立即关电，将电源放置 30°C、40%RH 高低温箱中 4h 以上，彻底烘干，方可正常使用。

2.2.4 操作注意事项

1) 仪器操作人员需要具备一定的专业技术知识，以及良好的心理素质，并具备一定的应急处理反映能力。

2) 移动或运输仪器前，请参考本节“2.2.7 运输”的相关说明。

3) 仪器生产过程中不可避免的使用可能会引起人员过敏的物质（例如：镍），若仪器操作人员在操作过程中出现过敏症状（例如：皮疹、频繁打喷嚏、红眼或呼吸困难等），请及时就医查询原因，解决症状。

4) 拆卸仪器做报废处理前，请参考本节“2.2.8 废弃处理/环境保护”的相关说明。

5) 若发生火灾，损坏的仪器会释放有毒物质，为此操作人员需具备合适的防护设备（例如：防护面罩和防护衣），以防万一。

6) 不可用尖锐的物体点击液晶屏，不可用力冲击液晶屏，这样将会导致液晶屏被损坏。

7) 不要将有机溶剂或污染物滴落或溅落在液晶屏上，如丙酮、机油、防冻液、油膏等，否则将会导致液晶屏工作不正常。

8) 可用绸布或柔软的织物擦拭清洁液晶屏。不可用有机溶剂擦拭液晶屏，否则将可能导致液晶屏损坏。

注 意

仪器较重，堆叠数量最大为 3 台。

2.2.5 维护

1) 只有授权的且经过专门技术培训的操作人员才可以打开仪器机箱，进行此类操作前，需断开电源线的连接，以防损伤仪器，甚至人员伤害。

2) 仪器的修理、替换及维修时，需由厂家专门的电子工程师操作完成，且替换维修的部分需经过安全测试以保证产品的后续安全使用。

2.2.6 校准要求

1) 技术参数的有效性与仪器的运行环境有关。校准的期限根据仪器使用的强度、仪器运行的环境和仪器保养的不同可以适当延长或者缩短，您应该根据您的需求确定合适的校准期限。

2) 在仪器正常使用的情况下，建议每年校准一次，具体事宜请拨打服务咨询电话联系。

1769 程控直流电源校准操作步骤，具体请参考：本手册“附录 C　校准”。

2.2.7 运输

1) 仪器较重，请小心搬放，需 2 人合力搬放，必要时借助工具移动仪器，以免损伤身体。

2) 仪器把手适用于个人搬运仪器时使用，运输仪器时不能用于固定在运输设备上。为防止财产和人身伤害，请按照厂家有关运输仪器的安全规定进行操作。

3) 在运输车辆上操作仪器，司机需小心驾驶保证运输安全，厂家不负责运输过程中的突发事件。所以请勿在运输过程中使用仪器，且应做好加固防范措施，保证产品运输安全。

注　意

当仪器需要维修、校准或其它维护而必须返回时，请注意以下几点：

- 如果仪器内存储有文件/数据，请将这些文件/数据备份，以免丢失。返厂维修或者维护过程中可能会造成文件/数据的丢失，中电科思仪科技（安徽）有限公司对此不承担任何责任。
- 请使用仪器原有的包装箱进行包装运输。
- 仪器返回时请详细注明联系地址、联系电话、情况描述等内容。
- 运输前请将包装箱用胶带封好。
- 仪器返回时，由于包装不当而造成的损坏，不在保修范围之内。

2.2.8 废弃处理/环境保护

1) 请勿将废弃的电子设备随未分类垃圾一起处理，应单独收集。厂家有权利和责任帮助最终用户处置废弃产品，需要时，请联系厂家的客户服务中心做相应处理以免破坏环境。

2) 产品或其内部器件进行机械或热再加工处理时，或许会释放有毒物质（重金属灰尘例如：铅、铍、镍等），为此，需要经过特殊训练具备相关经验的技术人员进行拆卸，以免造成人身伤害。

3) 再加工过程中，产品释放出来的有毒物质或燃油，请参考生产厂家建议的安全操作规则，采用特定的方法进行处理，以免造成人身伤害。

3 操作指南

本章介绍了 1769 程控直流电源的操作前检查、仪器浏览、基本操作方法等。以便用户初步了解仪器本身和工作过程，并为后续全面介绍仪器操作指南做好前期准备。

- 准 备 使 用 12
- 面 板 说 明 19
- 基 本 操 作 方 法 24
- 功 能 操 作 指 南 26

3.1 准备使用

- 操 作 前 准 备 12
- 例 行 维 护 17

3.1.1 操作前准备

本章介绍了 1769 程控直流电源初次设置使用前的注意事项。



防止损伤仪器

为避免电击、火灾和人身伤害：

- 请勿擅自打开机箱；
- 请勿试图拆开或改装本手册未说明的任何部分。若自行拆卸，可能会导致电磁屏蔽效能下降、机内部件损坏等现象，影响产品可靠性。若产品处于保修期内，我方不再提供无偿维修。
- 认真阅读本手册“2.2 安全使用指南”章节中的相关内容，及下面的操作安全注意事项，同时还需注意数据页中涉及的有关特定操作环境要求。



静电防护

注意工作场所的防静电措施，以避免对仪器带来的损害。具体请参考手册“2.2 安全使用指南”章节中的相关内容。

注 意

操作仪器时请注意：

不恰当的操作位置或设置会损伤仪器或其连接的仪器。仪器加电前请注意：

- 整机风道：前面进风，后面出风，为保证风扇叶片未受阻及散热孔通畅，**仪器两侧至少留出 10cm 空隙，前后面至少留出 20cm 空隙**，并确保所有风扇通风口均畅通无阻；
- 保持仪器干燥；
- 平放、合理摆放仪器，不可侧放仪器；
- 环境温度符合数据页中标注的要求；
- 端口输入信号功率符合标注范围；
- 输出端口正确连接。

- 开 箱 13
- 环 境 要 求 14
- 开 / 关 电 15

3.1.1.1 开箱

1) 外观检查

步骤 1. 检查外包装箱和仪器防震包装是否破损，若有破损保存外包装以备用，并按照下面的步骤继续检查。

步骤 2. 开箱，检查主机和随箱物品是否有破损；

步骤 3. 按照表 3.1 仔细核对以上物品是否有误；

步骤 4. 若外包装破损、仪器或随箱物品破损或有误，严禁通电开机！请根据封面中的服务咨询热线与我所服务咨询中心联系，我们将根据情况迅速维修或调换。

注 意

搬移：因仪器和包装箱较重，移动时，应由两人合力搬移，并轻放。

2) 型号确认

开箱后请按表 3.1 清单检查 1769 程控直流电源的随箱物品。

表 3.1 1769 随箱物品清单

名 称	数 量	备 注
整机：		
✧ 1769 程控直流电源	1	—
标配：		
✧ 三相交流电源线	1	—
✧ 输出端子防护罩	1	—
✧ 远端补偿端子	1	—
✧ 均流端子	1	—
✧ 用户手册	1	电子版
✧ 装箱清单	1	—
✧ 产品合格证	1	—

3.1.1.2 环境要求

1769 程控直流电源的操作场所应满足下面的环境要求：

1）操作环境

操作环境应满足下表的要求：

表 3.2 操作环境要求

温 度	0°C ~ 45°C
存储温度	-20°C ~ 70°C
相对湿度	(5% ~ 80%)RH（无凝结）
海拔高度	0 ~ 2,000 米

注 意

上述环境要求只针对仪器的操作环境因素，而不属于技术指标范围。

2）散热要求

为了保证仪器的工作环境温度在操作环境要求的温度范围内，应满足仪器的散热空间要求如下表：

表 3.3 散热要求

仪器部位	散热距离
前后侧	≥20 cm
左右侧	≥10 cm

3）静电防护

静电对电子元器件和设备有极大的破坏性，通常我们使用两种防静电措施：导电桌垫与手腕组合；导电地垫与脚腕组合。两者同时使用时可提供良好的防静电保障。若单独使用，只有前者可以提供保障。为确保用户安全，防静电部件必须提供至少 1MΩ 的对地隔离电阻。

请正确应用以下防静电措施来减少静电损坏：

- 保证所有仪器正确接地，防止静电生成；
- 工作人员在接触接头、芯线或做任何装配操作以前，必须佩带防静电手腕或采取其他防静电措施。

警 告

电压范围

上述防静电措施不可用于超过 500V 电压的场合。

3.1.1.3 开/关电

1）加电前注意事项

仪器加电前应注意检查如下事项：

a) 确认供电电源参数

1769 程控直流电源仅支持三相交流电源供电，输入制式为 3W+PE，交流输入电压范围为 360～440Vac，频率范围为 45Hz～65Hz。如果三相输入交流电源电压低于规定范围，则可能会产生 PF 故障，关闭输出。

其中，1769AD 最大输入电流 16A，浪涌电流 28A，最大输入功率为 5.5kVA；1769BD 最大输入电流 28A，浪涌电流 49A，最大输入功率为 12kVA；1769CD 最大输入电流 28A，浪涌电流 49A，最大输入功率为 17kVA。

b) 确认及连接电源线

1769 程控直流电源采用三相交流电源线接口，符合国家安全标准。在程控直流电源加

3.1 准备使用

电前，必须确认程控直流电源的电源线中的保护地线已可靠接地，浮地或接地不良都可能导致仪器被毁坏，甚至对操作人员造成伤害。严禁使用不带保护地的电源线。当接上合适电源插座时，电源线将仪器的机壳接地。

仪器连接电源线时：

步骤 1. 确认工作电源线未损坏；

步骤 2. 使用电源线连接仪器后面板供电插头和接地良好的电源插座。

警 告

接地

接地不良或接地错误很可能导致仪器损坏，甚至对人身造成伤害。在给程控直流电源加电开机之前，一定要确保地线与供电电源的地线良好接触。

请使用有保护地的电源插座。不要用外部电缆、电源线和不具有接地保护的自耦变压器代替接地保护线 如果一定需要使用自耦变压器 必须把公共端连接到电源接头的保护地上。

2）初次加电

仪器开/关电方法和注意事项如下：

a) 连接电源

初次加电前，请确认供电电源参数及电源线，具体可参考用户手册中的章节 “3.1.1.3 加电前注意事项” 部分。

步骤 1. 连接电源线：用包装箱内与程控直流电源配套的三相交流电源线接入程控直流电源的后面板电源插座（如图 3.1），电源插座旁标注程控直流电源要求的三相相序参数，提醒用户使用时应该符合要求。三相交流电源线的另一端连接符合要求的交流电源。

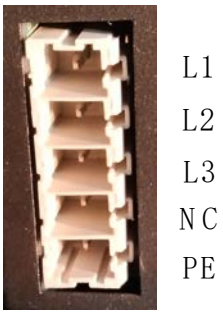


图 3.1 后面板电源插座

步骤 2. 打开前面板电源开关：如图 3.2，观察此时前面板电源指示灯为橙色，显示器背光灯点亮，等待约 10 秒，显示开机状态界面，电源指示灯变为绿色。



图 3.2 前面板电源开关

b) 切断电源

非正常情况下，为了避免人身伤害，需要程控直流电源紧急断电。此时，只需拔掉电源线(从交流电插座或从仪器后面板电源插座)。为此，操作仪器时应当预留足够的操作空间，以满足必要时直接切断电源的操作。

电源输出关闭后，千万不要立即触摸电源输出端子或电缆，因为输出端子在电源关闭后 10s 内都可能残留致命电压。

注 意

交流电源输入：

1769 程控直流电源输入制式为 3W+PE。

其中，1769AD 默认采用 L2-L3 和 PE；1769BD 默认采用 L1-L2、L1-L3 和 PE；1769CD 默认采用 L1-L2、L1-L3、L2-L3 和 PE。

针对 1769AD，若多台电源同时使用，如果都使用 L2 和 L3，则会造成交流电源电流不平衡，这时需要跳相使用，比如：电源 1 使用 L2 和 L3，电源 2 使用 L1 和 L2，电源 3 使用 L1 和 L3。

3.1.2 例行维护

该节介绍了 1769 程控直流电源的日常维护方法。

- 清 洁 方 法 18
- 测 试 端 口 维 护 18

3.1.2.1 清洁方法

1）清洁仪器表面

清洁仪器表面时，请按照下面的步骤操作：

步骤 1. 关机，断开与仪器连接的电源线；

步骤 2. 用干的或稍微湿润的软布轻轻擦拭表面，禁止擦拭仪器内部。

步骤 3. 请勿使用化学清洁剂，例如：酒精、丙酮或可稀释的清洁剂等。

2）清洁显示器

使用一段时间后，需要清洁显示 LCD 显示器。请按照下面的步骤操作：

步骤 1. 关机，断开与仪器连接的电源线；

步骤 2. 用干净柔软的棉布蘸上清洁剂，轻轻擦试显示面板；

步骤 3. 再用干净柔软的棉布将显示擦干；

步骤 4. 待清洗剂干透后方可接上电源线。

注 意

显示器清洁

显示屏表面有一层防静电涂层，切勿使用含有氟化物、酸性、碱性的清洗剂。切勿将清洗剂直接喷到显示面板上，否则可能渗入机器内部，损坏仪器。

3.1.2.2 测试端口维护

1769程控直流电源后面板上有模拟控制接口、GPIB接口、USB接口和LAN接口。请按照下面的方法维护测试端口：

- 测试端口应远离灰尘，保持干净；
- 使用适配的线缆接入对应的端口，接入线缆时注意方向，以免损坏端口。

3.2 面板说明

该章节介绍了 1769 程控直流电源的前、后面板及操作界面的元素组成及其功能。

- 前面板说明 19
- 后面板说明 21
- 负载连接 22
- 并联连接 22

3.2.1 前面板说明

本节介绍了 1769 程控直流电源的前面板组成及功能，前面板如下（图 3.3）。

前面板主要包括以下部分：显示屏、方向键、开关键、旋转编码器、系统键、电压电流设置键、数字键、交流开关和 LED 指示灯。



图 3.3 前面板

- 显示屏 20
- 按键 20

3.2 面板说明

3.2.1.1 显示屏

1) 工作状态指示

Off = 输出关闭
CV = 恒定电压模式输出
CC = 恒定电流模式输出
CP = 恒定功率模式输出
OV = 输出被过电压保护禁用
OC = 输出被过电流保护禁用
PF = 输出被电源故障条件禁用
OT = 过温保护断开
Unr = 输出未调整
以上电源状态主要分为工作状态和故障状态两类。
工作状态包括：CV、CC、CP、Unr、Off。
故障状态包括：OV、OC、OT、PF。
针对故障状态，会将输出关闭，若需要输出打开，需同时满足：保护清除+故障源消失。
前面板开关键和程控 OUTP ON 命令，只代表输出打开操作，并不代表实际输出状态。

2) 接口状态指示

Err = 发生一个错误（按 Error 键显示错误信息）
Lan = LAN 已被连接且已被配置
IO = 一个远程接口处于活动状态

3.2.1.2 按键

1) 系统键

【测量】将显示屏返回测量模式，可在电流测量值和功率测量值间切换。
【菜单】访问命令菜单。
【通道】无。
【返回】将退出菜单而不进行任何更改。
【帮助】访问关于显示的菜单控件的信息。
【错误】显示在错误队列中的错误信息软键用来激活每个键上面显示的功能。

2) 方向键

【↑】【↓】【←】【→】在命令菜单中移动。
【选择】在命令菜单中进行选择，也可以进入数字参数的编辑模式。

3）开关键

【开/关】该键可控制电源输出。
【电压】可以更改电压设置。
【电流】可以更改电流设置。

4）数字键

【0】至【9】 键输入数字 0 至 9。
【.】键输入小数点。
【+/−】键仅用于输入减号。
【E】键输入指数。将值添加到 E 的右侧。
【←】退格键删除退格时经过的数字。
【↑】【↓】箭头键增加或减少某些字段中的值。也可用来在字母输入字段中选择字母。
【确认】该键确认输入数值。如果在退出字段时不按 Enter 键，该值将被忽略。

5）旋转编码器

【电压】可以更改电压设置，具有加速调节功能。
【电流】可以更改电流设置，具有加速调节功能。

3.2.2 后面板说明

本节介绍了 1769 程控直流电源的后面板组成及功能，后面板如下图（图 3.4）。

主机箱后面板包括三相交流电源输入、输出端子、远端补偿端子、均流端子、GPIB 口、USB 口、LAN 口和模拟接口。

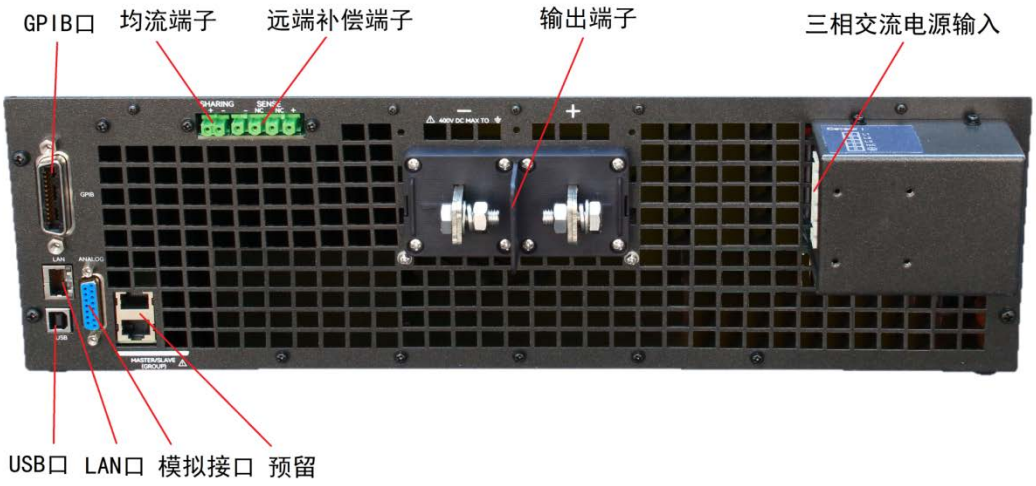


图 3.4 后面板

- 输 出 端 子 22
- 远 端 补 偿 端 子 22

3.2.2.1 输出端子

输出端子位于后面板上，如图 3.5 所示，用于负载连接。可将负载导线连接到+和-端子。拧紧螺钉端子以牢固固定所有导线。较好的工程做法是扭绞负载导线对。

输出端子

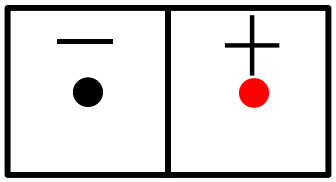


图 3.5 输出端子

3.2.2.2 远端补偿端子

远端补偿端子位于后面板上，如图 3.6 所示，用于实现远端电压补偿，可将远端补偿导线连接到+和-端子或者负载侧+和-端子。较好的工程做法是扭绞负载导线对。

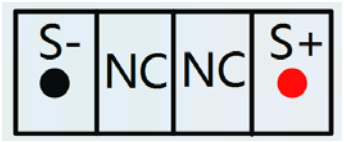


图 3.6 远端补偿端子

3.2.3 负载连接

- 本 地 输 出 22
- 远 端 输 出 23

3.2.3.1 本地输出

输出端和负载连接可采用本地输出方式，如图 3.7 所示。本地输出方式不需要连接远端补偿端子，由于输出电缆存在压降，可能会使负载侧输出电压降低，这种方式对于负载侧电压准确度要求不太高的情况下，可以比较方便的进行使用。

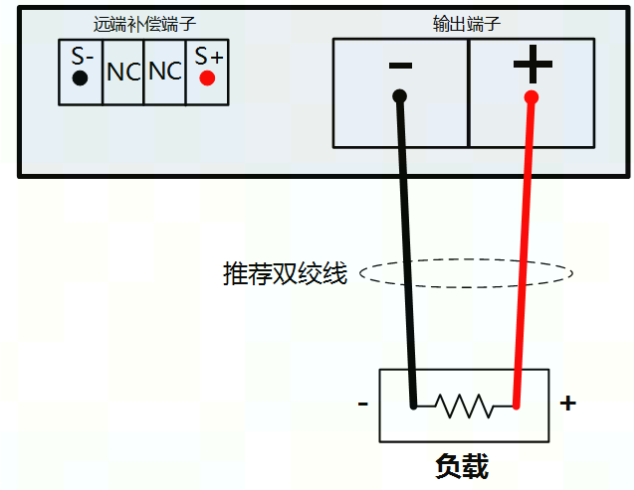


图 3.7 本地输出连接方式

3.2.3.2 远端输出

输出端和负载连接可采用远端输出，如图 3.8 所示。远端输出可提高负载的电压调整能力，有利于设备自动补偿负载导线中电压降，并直接精确回读负载的电压。允许的最大负载导线电压下降值是 10V。

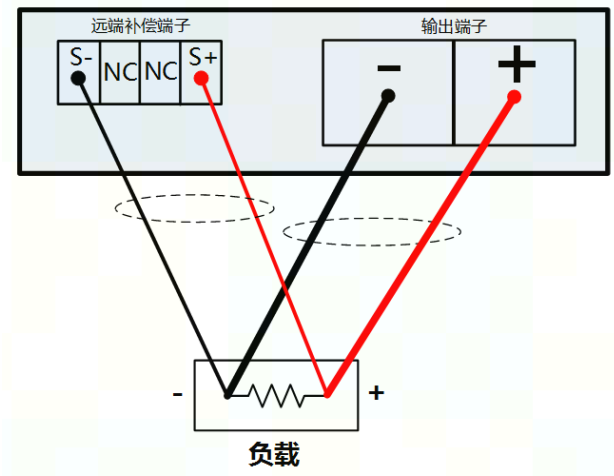


图 3.8 远端输出连接方式

注 意

1769AD、1769BD 和 1769CD 允许最大的远端补偿电压是 10V，如果超过此值，随着负载动态变化，将会导致产品性能指标下降。

3.2.4 并联连接

- 直 接 并 联 …… 22
- 均 流 并 联 …… 23

3.2.4.1 直接并联

直接并联输出方式如图 3.9 所示，以 2 台电源并联为例，直接将 2 台电源的输出端子进行连接，电源 1 的正端接电源的 2 正端，电源 1 的负端接电源 2 的负端，共同接到负载上。电源 1 和电源 2 的设置电压和电流完全相同。

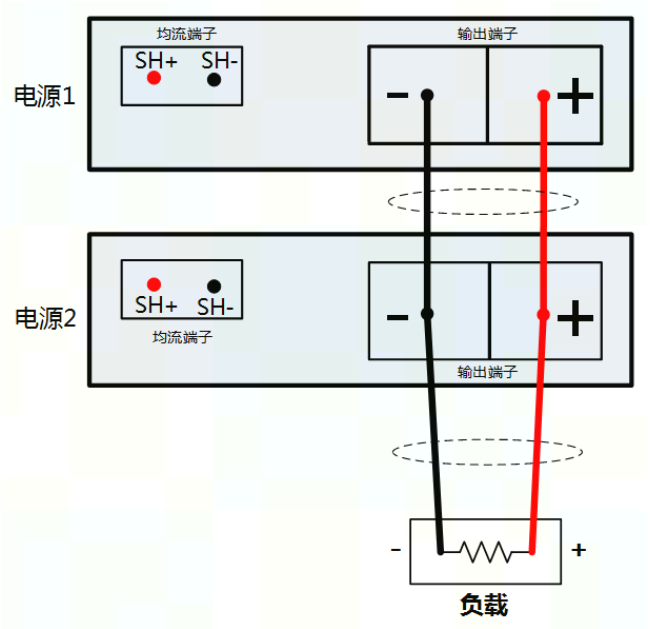


图 3.9 直接并联方式

打开 2 台电源输出后，一般会出现两种情况：

情况 1：电源 1 和电源 2 都处于 CV 状态，但电源 1 的输出电流要比电源 2 的输出电流大，这时要想实现均流效果，逐渐增大电源 2 的电压设置值，直至 2 台电源的输出电流接近。

情况 2：电源 1 处于 CC 状态，电源 2 处于 CV 状态，这时电源 1 的输出电流要比电源 2 的输出电流大很多，这时要想实现均流效果，逐渐增大电源 2 的电压设置值，直至 2 台电源的输出电流接近。

以上两种都属于正常情况。

3.2.4.2 均流并联

在上述直接并联的基础上，增加均流电缆连接，如图 3.10 所示，2 台电源均流端子的正端连接在一起，负端连接在一起。电源 1 和电源 2 的设置电压和电流完全相同，打开 2 台电源输出后，2 台电源会处在均流工作状态。

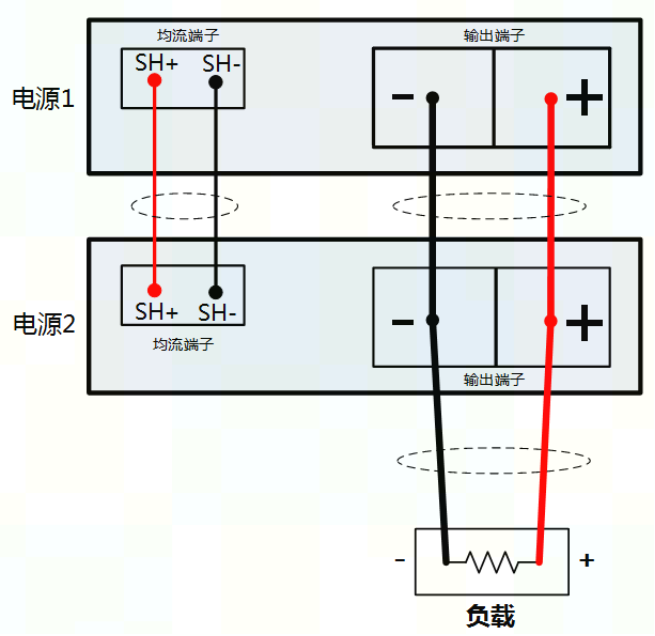


图 3.10 均流并联方式

3.3 基本操作方法

- 开启设备 25
- 设置电压 26
- 设置电流 26
- 打开输出 26

3.3.1 开启设备

连接三相交流电源线后，用前面板电源开关开启设备。几秒钟后前面板显示屏将亮起。前面板显示屏出现显示后，可以使用前面板控件输入电压和电流值。

3.3.2 设置电压

方法一

使用左右定位键定位到要更改的电压设置。在下面的显示中，使用数字小键盘输入一个值，然后按【确认】键。

方法二

使用【电压】键选择电压输入字段。使用数字小键盘输入需要的设置，然后按【确认】键。

方法三

使用电压旋转编码器，实现电压设置，快速旋转具有加速调节功能。

3.3.3 设置电流

方法一

使用左右定位键定位到要更改的电流设置。在下面的显示中，使用数字小键盘输入一个值，然后按【确认】键。

方法二

使用【电流】键选择电流输入字段。使用数字小键盘输入需要的设置，然后按【确认】键。

方法三

使用电流旋转编码器，实现电流设置，快速旋转具有加速调节功能。

3.3.4 打开输出

使用【开/关】键启用输出

如果将负载连接到输出端子，则前面板显示屏将显示正在吸取电流。否则，电流读数将为零。显示屏左下角的状态指示器指示输出状态。

3.4 功能操作指南

在开启电源后，**设置输出电压**

前面板：	**SCPI 命令：**
按【电压】键。 输入值并按【选择】。	将电压设置为 40V： VOLT 40

设置输出电流

前面板：	**SCPI 命令：**
按【电流】键。 输入值并按 【选择】。	将电流设置为 1.5A： CURR 1.5

启用输出

前面板：	SCPI 命令：
按【开/关】键。	启用输出： OUTP ON

注 意

1769 程控直流电源可以进行并联使用，以提高电源输出电流和输出功率，但最大电源并联数量为 7 台，并且只支持相同规格的电源进行并联。

1769 程控直流电源不可以进行串联使用，因为浮动电压不得超过电压额定值，否则可能会损坏仪器。

1769 程控直流电源，由于电压输出量程较大，电压编程准确度和电压测量准确度在 2V 以下不做要求。

4 菜单

本章列出了 1769 程控直流电源的菜单命令以及详细的菜单说明。

表 4.1 1769 程控直流电源菜单

菜单命令				菜单说明
Output	Voltage			电压设置。
	Current			电流设置。
	Ramp			电压、电流缓变设置。
Transient	Mode			选择电压、电流瞬变模式。
	Step			步进电压、步进电流设置。
Protect	OVP			设置过电压保护功能。
	OCP			设置过电流保护功能。
	Clear			清除输出保护。
States	Reset			将仪器重置到复位(*RST)状态。
	SaveRecall			保存或调用仪器状态。
	PowerOn			选择电源开启状态：*RST或RCL0。
System	IO	LAN	ActiveSettings	显示目前活动的LAN接口设置。
			Modify	配置仪器的IP地址。
		USB		显示USB标识符。
		GPIB		显示或更改GPIB地址。
		Analog		设置模拟接口幅度，5V或10V
	Preferences	Display		配置屏幕保护和I/O唤醒定时器。
	Admin	Login/Logout		输入密码访问管理员功能。
		Cal	Vloc	本地电压校准。
			Vrem	远端电压校准。
			Curr	电流校准。
			Date	校准日期。
			Save	保存校准数据。
		Password		更改管理员的操作密码。
	About			显示型号、额定输出、序列号和固件版本。

5 远程控制

本章简要的介绍了 1769 程控直流电源的程控基础、程控接口与配置方法及基本 VISA 接口编程方法，并简要的介绍了 I/O 仪器驱动库的概念及分类。以方便用户初步实现远程控制操作。具体内容包括：

- 远程控制基础 29
- 仪器程控端口与配置 39
- VISA接口基本编程方法 42

5.1 远程控制基础

- 程控接口 29
- SCPI命令 32
- 命令序列与同步 37
- 编程注意事项 38

5.1.1 程控接口

具备远程控制功能的仪器一般支持三种程控接口：LAN、GPIB、USB，具体型号仪器支持的端口类型由仪器本身功能决定。程控接口及关联 VISA 寻址字符串说明，如下表：

表 5.1 远程控制接口类型

程控接口	说 明
LAN (Local Area Network)	控者通过仪器后面板网络端口连接仪器实现远程控制。 具体协议请参考： “5.1.1.1 LAN 接口”
GPIB (IEC/IEEE Bus Interface)	控者通过仪器后面板端口连接仪器实现远程控制。 遵守IEC 625.1/IEEE 418总线接口标准。 具体请参考： “5.1.1.2 GPIB 接口”
USB (Universal Serial Bus)	仪器后面板端口。 具体请参考： “5.1.1.3 USB 接口”

- LAN接口 30
- GPIB接口 31
- USB接口 31

5.1.1.1 LAN 接口

程控直流电源可通过局域网内计算机进行远程控制，各种仪器在局域网内组合成系统，并统一由网内计算机控制。程控直流电源为实现局域网内远程控制，需事先安装端口连接器、网卡和相关网络协议，并配置相关的网络服务，同时网内控者计算机也需事先安装仪器控制软件和 VISA 库。网卡的二种工作模式是：

- 10Mbit/s 以太网 IEEE802.3；
- 100Mbit/s 以太网 IEEE802.3u；

控者计算机和程控直流电源需通过网口连接到共同的 TCP/IP 协议网络上。连接计算机和程控直流电源之间的电缆是商用 RJ45 电缆（带屏蔽或无屏蔽的 5 类双绞线）。数据传输时，采用数据分组传输方式，LAN 传输速度较快。通常，计算机和方阵模拟器之间的电缆长度不应超过 100 米（100Base-T 和 10Base-T）。关于 LAN 通信的更多信息，请参考：http://www.ieee.org。下面介绍 LAN 接口相关知识：

1) IP 地址

通过局域网对方阵模拟器进行远程控制时，应保证网络的物理连接畅通。通过程控直流电源的菜单“本机 IP”将地址设置到主控计算机所在的子网内即可。例如：主控计算机的 IP 地址是 172.41.136.100，则程控直流电源的 IP 地址应设为 172.41.136.XXX，其中 XXX 为 1 ~ 255 之间的数值。

建立网络连接时只需IP地址，VISA寻址字符串形式如下：

TCPIP::host address::port::SOCKET

其中：

- TCPIP 表示使用的网络协议；
- host address 表示仪器的IP地址或者主机名称，用于识别和控制被控仪器；
- port 标识套接字端口号；
- SOCKET 表示原始网络套接字资源类。

举例：

- 仪器的IP地址是172.41.136.100，建立原始套接字连接时可使用：
  TCPIP:: 172.41.136.100::5025::SOCKET

提 示

程控系统中多仪器识别方法

若网络中连接多台仪器，采用仪器单独的 IP 地址和关联的资源字符串区分。主控计算机使用各自的 VISA 资源字符串识别仪器。

2) 套接字通信

TCP/IP 协议通过局域网套接字在网络中连接程控直流电源。套接字是计算机网络编程中使用的一个基本方法，它使得使用不同硬件和操作系统的应用程序得以在网络中进行通信。这种方法通过端口（port）使程控直流电源与计算机实现双向通信。

套接字是专门编写的一个软件类，里面定义了 IP 地址、设备端口号等网络通信所必需的信息，整合了网络编程中的一些基本操作。在操作系统中安装了打包的库就可以使用套接字。

程控直流电源中的套接字通过应用程序接口（API）兼容 Berkeley socket 和 Winsock。此外，还兼容其他标准套接字 API。通过 SCPI 命令控制程控直流电源时，程序中建立的套接字程序发出命令。在使用局域网套接字之前，必须先设置程控直流电源的套接字端口号。程控直流电源的套接字端口号为 5025。

5.1.1.2 GPIB 接口

GPIB 接口是目前仍被广泛的使用的仪器程控接口，通过 GPIB 电缆连接不同种类仪器，与主控计算机组建测试系统。为实现远程控制，主控计算机需要事先安装 GPIB 总线卡，驱动程序以及 VISA 库。通信时，主控计算机首先通过 GPIB 总线地址寻址被控仪器，用户可设置 GPIB 地址和 ID 查询字符串，GPIB 通信语言可默认为 SCPI 命令形式。

GPIB 及其相关接口操作在 ANSI/IEEE 标准 488.1-1987 和 ANSI/IEEE 标准 488.2-1992 中有详细的定义和描述。具体标准细节请参考 IEEE 网站：http://www.ieee.org。

GPIB 以字节为单位来处理信息，数据传输速率能够达到 8MBps，因此 GPIB 的数据传输比较快。因数据传输速度受限于设备/系统与计算机之间的距离，GPIB 连接时，需注意以下几点：

- 通过 GPIB 接口最多可组建 15 台仪器；
- 传输电缆总长度不超过 15 米，或者不超过系统中仪器数量的两倍。通常，设备间传输电缆最大长度不能超过 2 米。
- 若并行连接多台仪器，需要使用“或”连接线。
- IEC 总线电缆的终端应该连接仪器或控者计算机。

5.1.1.3 USB 接口

USB 接口为 USB 2.0 接口，满足 USB-TMC488 协议。为实现 USB 程控，需要通过 USB B 型口连接计算机和程控直流电源，并安装 VISA 库，通过连接专家等第三方软件或 VISA 库接口实现 USB 程控。用户可以使用前面板菜单查看 USB 连接字符串，或通过第三方软件或 VISA 库实现自动扫描发现仪器。

5.1.2 SCPI 命令

- SCPI命令简介 32
- SCPI命令说明 32

5.1.2.1 SCPI 命令简介

SCPI(Standard Commands for Programmable Instruments——可程控设备的标准命令)是一个基于标准 IEEE488.2 建立的，适合所有仪器的命令集。其主要目的是为了使相同功能具有相同的程控命令，以实现程控命令的通用性。

SCPI 命令由命令头和一个或多个参数组成，命令头和参数之间由空格分开，命令头包含一个或多个关键字段。命令直接后缀问号即为查询命令。命令分为通用命令和仪器专用命令，它们的语法结构不同。SCPI 命令具备以下特点：

1) 程控命令面向测试功能，而不是描述仪器操作；
2) 程控命令减少了类似测试功能实现过程的重复，保证了编程的兼容性；
3) 程控消息定义在与通信物理层硬件无关的分层中。
4) 程控命令与编程方法和语言无关，SCPI 测试程序易移植。
5) 程控命令具有可伸缩性，可适应不同规模的测量控制。
6) SCPI 的可扩展性，使其成为“活”标准。

如果有兴趣了解更多关于 SCPI 的内容，可参考：

IEEE Standard 488.1-1987, IEEE Standard Digital Interface for Programmable Instrumentation. New York, NY, 1998。

IEEE Standard 488.2-1987, IEEE Standard Codes, Formats, Protocols and Comment Commands for Use with ANSI/IEEE Std488.1-1987. New York, NY, 1998

Standard Commands for Programmable Instruments(SCPI) VERSION 1999.0.

1769 程控直流电源程控命令集合、分类及说明，具体请参考：本手册“附录 A SCPI 命令速查表”。

5.1.2.2 SCPI 命令说明

- 通用术语 33
- 命令类型 33
- 命令树 34
- 命令参数和响应 34
- 命令中数值的进制 37
- 命令行结构 37

1）通用术语

下面这些术语适用本节内容。为了更好的理解章节内容，您需要了解这些术语的确切定义。

控制器

控制器是任何用来与 SCPI 设备通讯的计算机。控制器可能是个人计算机、小型计算机或者卡笼上的插卡。一些人工智能的设备也可作为控制器使用。

设备

设备是任何支持 SCPI 的装置。大部分的设备是电子测量或者激励设备，并使用 GPIB 接口通讯。

程控消息

程控消息是一个或者多个正确格式化过的 SCPI 命令的组合。程控消息告诉设备怎样去测量和输出信号。

响应消息

响应消息是指定 SCPI 格式的数据集合。响应消息总是从设备到控制器或者侦听设备。响应消息告诉控制器关于设备的内部状态或测量值。

命令

命令是指满足 SCPI 标准的指令。控制设备命令的组合形成消息。通常来说，命令包括关键字、参数和标点符号。

事件命令

事件型程控命令不能被查询。一个事件命令一般没有与之相对应的前面板按键设置，它的功能就是在某个特定的时刻触发一个事件。

查询

查询是一种特殊类型的命令。查询控制设备时，返回适合控制器语法要求的响应消息。查询语句总是以问号结束。

2）命令类型

SCPI 命令分为两种类型：通用命令和仪器专用命令。图 5.1 显示了两种命令的差异。通用命令由 IEEE 488.2 定义，用来管理宏、状态寄存器、同步和数据存储。因通用令均以一个星号打头，因此很容易辨认。例如*IDN？、*OPC、*RST 都是通用命令。通用命令不属于任何仪器专用命令，仪器采用同一种方法解释该类命令，而不用考虑命令的当前路径设置。

仪器专用命令因包含冒号（：），因此容易辨认。冒号用在命令表达式的开头和关键字的中间，例如：FREQuency[:CW？]。根据仪器内部功能模块，将仪器专用命令划分为对应的子系统命令子集合。例如，功率子系统（:POWer）包含功率相关命令，而状态子系统（:STATus）包含状态控制寄存器的命令。

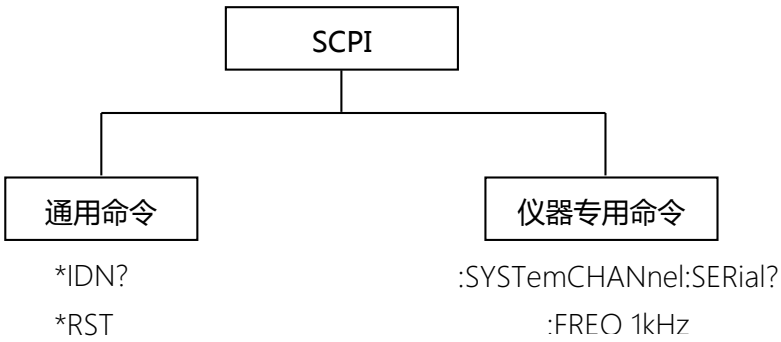


图 5.1 SCPI 命令类型

3）命令树

大部分远程控制编程会使用仪器专用命令。解析该类命令时，SCPI 使用一个类似于文件系统的结构，这种命令结构被称为命令树，如图 5.2 所示：

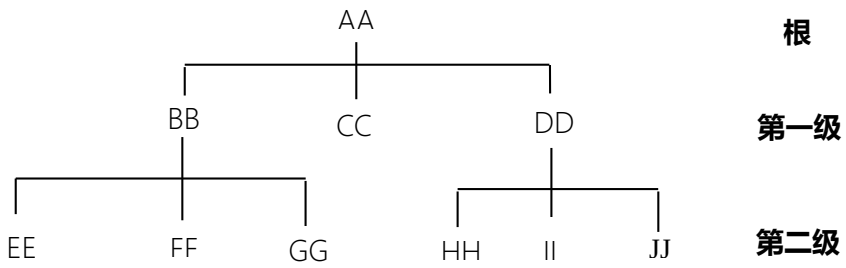


图 5.2 简化的命令树示意图

顶端命令是根命令，简称“根”。命令解析时，依据树结构遵循特定的路径到达下一层命令。例如：:SYST:CHAN:SER？，其中，:SYST 代表 AA，:CHAN 代表 BB，:SER 代表 GG，整个命令路径是（:AA:BB:GG）。

仪器软件中的一个软件模块**——命令解释器**，专门负责解析每一条接收的 SCPI 命令。命令解释器利用一系列的分辨命令树路径的规则，将命令分成单独的命令元。解析完当前命令后，保持当前命令路径不变，这样做的好处是，因为同样的命令关键字可能出现在不同的路径中，更加快速有效的解析后续命令。开机或*RST（复位）仪器后，重置当前命令路径为根。

4）命令参数和响应

SCPI 定义了不同的数据格式在程控和响应消息的使用中以符合“灵活地听”和“精确

地讲”的原则。更多的信息请参照 IEEE488.2。“灵活地听”指的是命令和参数的格式是灵活的。

例如进行一次测量中的平均电压值命令 MEAS:VOLT[:DC]?(@chanlist)

不同参数类型都有一个或多个对应的响应数据类型，详见表 5.2。查询时，数值类型的参数将返回一种数据类型，响应数据是精确的，严格的，被称为“**精确地讲**”。

表 5.2 SCPI 命令参数和响应类型

参数类型	响应数据类型
数值型	实数或者整数
扩展数值型	整数
离散型	离散型
布尔型	数字布尔型
字符串	字符串
块	确定长度的块
	不确定长度的块
非十进制的数值类型	十六进制
	八进制
	二进制

数值参数

仪器专用命令和通用命令中都可使用数值参数。数值参数接收所有的常用十进制计数法，包括正负号、小数点和科学记数法。如果某一设备只接收指定的数值类型，例如整数，那么它自动将接收的数值参数取整。

以下是数值类型的例子：

0	无小数点
100	可选小数点
1.23	带符号位
4.56e<space>3	指数标记符 e 后可以带空格
-7.89E-01	指数标记符 e 可以大写或小写
+256	允许前面加正号
5	小数点可先行

扩展的数值参数

大部分与仪器专用命令有关的测量都使用扩展数值参数来指定物理量。扩展数值参数接收所有的数值参数和另外的特殊值。所有的扩展数值参数都接收 MAXimum 和 MINimum 作为参数值。其它特殊值，例如：UP 和 DOWN 是否接收由仪器解析能力决定，其 SCPI 命令表中会列出所有有效的参数。

注意：扩展数值参数不适用于通用命令或是 STATus 子系统命令。

扩展数值参数举例：

101	数值参数
-100mV	-100 毫伏

MAXimum	最大的有效设置
MINimum	最小的有效设置

离散型参数

当需要设置的参数值为有限个时，使用离散参数来标识。离散参数使用助记符来表示每一个有效的设置。像程控命令助记符一样，离散参数助记符有长短两种格式，并可使用大小写混合的方式。

BUS	*TRG 触发
IMMediate	立刻触发

布尔型参数

布尔参数代表一个真或假的二元条件，它只能有四个可能的值。

布尔参数举例：

ON	逻辑真
OFF	逻辑假
1	逻辑真
0	逻辑假

字符串型参数

字符串型参数允许 ASCII 字符串作为参数发送。单引号和双引号被用作分隔符。

下面是字符串型参数的例子。

'This is Valid'　　"This is also Valid"　　'SO IS THIS'

实型响应数据

大部分的测试数据是实数型，其格式可以为基本的十进制计数法或科学计数法，大部分的高级程控语言均支持这两种格式。

实数响应数据举例：

1.23E+0
-1.0E+2
+1.0E+2
0.5E+0
0.23
-100.0
+100.0
0.5

整型响应数据

整数响应数据是包括符号位的整数数值的十进制表达式。当对状态寄存器进行查询时，大多返回整数型响应数据。

整数响应数据事例：

0	符号位可选
+100	允许先行正号
-100	允许先行负号
256	没有小数点

数字布尔型响应数据

布尔型的响应数据返回一个二进制的数值 1 或者 0。

字符串型响应数据

字符串响应数据和字符串参数是同样的。主要区别是字符串响应数据的分隔符使用双引号，而不是单引号。字符串响应数据还可嵌入双引号，并且双引号间可以无字符。下面是一些字符串型响应数据的例子：

"This is a string"

"one double quote inside brackets: ("")"

5）命令中数值的进制

命令的值可以用二进制，十进制，十六进制或者八进制的格式输入。当用二进制，十六进制或者八进制时，数值前面需要一个合适的标识符。十进制（默认格式）不需要标识符，当输入一个数值前面没有表示符时，设备会确保其是十进制格式。下面的列表显示了各个格式需要的表示符：

- #B 表示这个数字是一个二进制数值。
- #H 表示这个数字是一个十六进制数值。
- #Q 表示这个数字是一个八进制数值。

下面是 SCPI 命令中十进制数 45 的各种表示：

#B101101

#H2D

#Q55

6）命令行结构

一条命令行或许包含多条 SCPI 命令，为表示当前命令行结束，可采用下面的方法：

- 回车；
- 回车与EOI；
- EOI与最后一个数据字节。

5.1.3 命令序列与同步

IEEE488.2 定义了交迭命令和连续命令之间的区别：

- 连续命令是指连续执行的命令序列。通常各条命令执行速度较快。
- 交迭命令是指下条命令执行前，前条命令未自动执行完成。通常交迭命令的处理时间较长并允许程序在此期间可同步处理其它事件。

即使一条命令行中的多条设置命令，也不一定按照接收的顺序依次执行。为了保证命令按照一定的顺序执行，每条命令必须以单独的命令行发送。

5.1.4 编程注意事项

1) **改变设置前请初始化仪器状态**

远程控制设置仪器时，首先需要初始化仪器状态（例如发送”*RST”）,然后再实现需要的状态设置。

2) **命令序列**

一般来说，需要分开发送设置命令和查询命令。否则，查询命令的返回值会根据当前仪器操作顺序而变化。

3) **故障反应**

服务请求只能由仪器自己发起。测试系统中的控者程序应指导仪器在出现错误时主动发起服务请求，进而进入相应的中断服务程序中进行处理。

4) **错误队列**

控者程序每次处理服务请求时，应查询仪器的错误队列而不是状态寄存器，来获取更加精确的错误原因。尤其在控者程序的测试阶段，应经常查询错误队列以获取控者发送给仪器的错误命令。

5.2 仪器程控端口与配置

- LAN 39
- GPIB 40
- USB 41

5.2.1 LAN

LAN（Local Area Network）程控系统采用SICL-LAN控制1769程控直流电源。

- 建立连接 39
- 接口配置 39

5.2.1.1 建立连接

使用网线将1769程控直流电源与外部控者（计算机）连接到局域网，如图5.3所示：



图 5.3 LAN 接口连接图

5.2.1.2 接口配置

通过局域网对1769程控直流电源进行远程控制时，应保证网络的物理连接畅通。通过图5.4所示的菜单，将其中“IP地址”，“子网掩码”，“默认网关”设置到主控制器所在的子网内即可。



图 5.4 LAN 接口设置

注 意

确保 1769 程控直流电源通过 10Base-T LAN 或 100Base-T LAN 电缆物理连接正常。

5.2.2 GPIB

- 建 立 连 接 40
- 接 口 配 置 40

5.2.2.1 建立连接

使用 GPIB 电缆连接 1769 程控直流电源与外部控者（计算机），如图 5.5 所示：



图 5.5 GPIB 接口连接图

5.2.2.2 接口配置

用户在利用 1769 程控直流电源搭建系统时，可能需要修改 GPIB 地址，本机的 GPIB 地址默认为 5。更改 GPIB 地址的方法如下：

按[system] -> [IO]-> [GPIB]，进入如图 5.6 所示的界面，就可以利用前面板数字键在本机 GPIB 地址输入框进行更改。



图 5.6 GPIB 接口设置

5.2.3 USB

- 建立连接 41
- 接口配置 41

5.2.3.1 建立连接

使用 USB 电缆连接 1769 程控直流电源与外部控者（计算机），如图 5.7 所示：

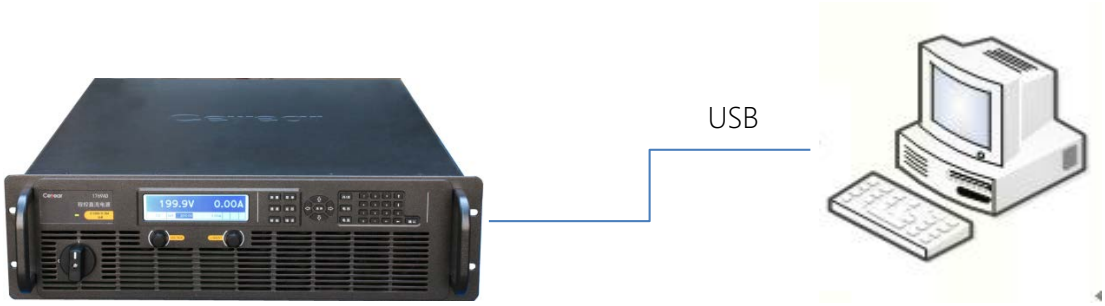


图 5.7 USB 连接图

5.2.3.2 接口配置

用户在利用 USB 进行程控直流电源搭建系统时，需要知道 USB 连接信息，本机的 USB 连接信息在仪器中可以查看。查看 USB 连接信息的方法如下：

按[system] -> [IO]-> [USB] -> [identification]，进入如图 5.8 所示的界面，就可以从前面板读取 USB 连接信息。



图 5.8 USB 接口设置

5.3 VISA 接口基本编程方法

下面举例说明如何使用 VISA 库实现仪器程控编程的基本方法。以 C++语言为例。

VISA 是标准的 I/O 函数库及其相关规范的总称。其中，VISA 库函数是一套可方便调用的函数，其核心函数能够控制各种类型器件，无需考虑器件的接口类型和不同 I/O 接口软件的使用方法，这些库函数用于编写仪器的驱动程序，完成计算机与仪器间的命令和数据传输，以实现对仪器的程控。通过初始化寻址字符串（“VISA 资源字符串”），可建立具备程控端口（LAN、USB、GPIB 及 RS-232 等）的仪器的连接。

为实现远程控制首先需要安装 VISA 库。其中，VISA 库封装了底层的 VXI、GPIB、LAN 及 USB 接口的底层传输函数，方便用户直接调用。程控直流电源支持的编程接口为：GPIB、LAN 和 USB。这些接口与 VISA 库和编程语言结合使用可以远程控制程控直流电源。目前常使用 Keysight 公司为用户提供的 I/O Library 作为底层 I/O 库。

注 意

1 台电源最多同时支持：

- 2 个 VISA（VXI-11）
- 2 个 Socket（5025）
- 1 个 USB
- 1 个 GPIB

在 Socket 工作方式下，必须要有结束符：\r、\n 或\r\n。

在 VISA 工作方式下，有无结束符都可以。

为保证通信可靠，单条指令发送间隔时间需大于 60ms。

6 故障诊断与返修

本章将告诉您如何发现问题并接受售后服务。并说明程控直流电源出错信息。

如果您购买的 1769 程控直流电源，在操作过程中遇到一些问题，或您需要购买程控直流电源相关部件或附件，本所将提供完善的售后服务。

通常情况下，产生问题的原因来自硬件、软件或使用不当，一旦出现问题请您及时与我们联系。如果您所购买的模拟器处于保修期，我们将按照保修单上的承诺对您的程控直流电源进行免费维修；如果超过保修期，具体维修费用按照合同要求收取。

- 工 作 原 理 …… 43
- 故 障 诊 断 与 排 除 …… 44
- 返 修 方 法 …… 45

6.1 工作原理

为了便于用户了解 1769 程控直流电源的功能，更好的解决操作过程中遇到的问题，本节介绍程控直流电源的基本工作原理及硬件原理框图。

6.1.1 整机工作原理和硬件原理框图

程控直流电源整机设计采用主机控制+功率模块的设计思想，硬件方案如图 6.1 所示，共分为七个单元。由程控控制单元、接口控制单元、功率控制单元、功率模块单元、交流滤波单元、键盘显示控制单元等组成。其中交流滤波单元主要进行 EMC 滤波工作。功率模块进行功率变换工作，主要包括：三相交流整流、APFC、LLC、BUCK 变换等。功率控制单元接收电压电流参考设置信号，以及进行输出电压电流采样，实现电压闭环控制和电流闭环控制。程控控制单元完成 LAN、USB 和 GPIB 的程控接口控制功能，并将数据通过接口控制单元发送到功率控制单元和键盘显示控制单元，或者接收功率控制单元和键盘显示控制单元发送的数据。键盘显示控制单元进行电压、电流、功率、状态等信息显示，以及通过键盘实现电压、电流等参数设置功能。接口控制单元主要完成与程控控制单元、键盘显示控制单元、功率控制单元的数据串口通信，以及模块接口控制功能。

产品采用系列化的设计方案，对于 5kW 程控直流电源，使用主机控制平台+1 个 5kW 功率模块的设计方案；对于 10kW 程控直流电源，使用主机控制平台+2 个 5kW 功率模块并联的设计方案；对于 15kW 程控直流电源，使用主机控制平台+3 个 5kW 功率模块并联的设计方案。

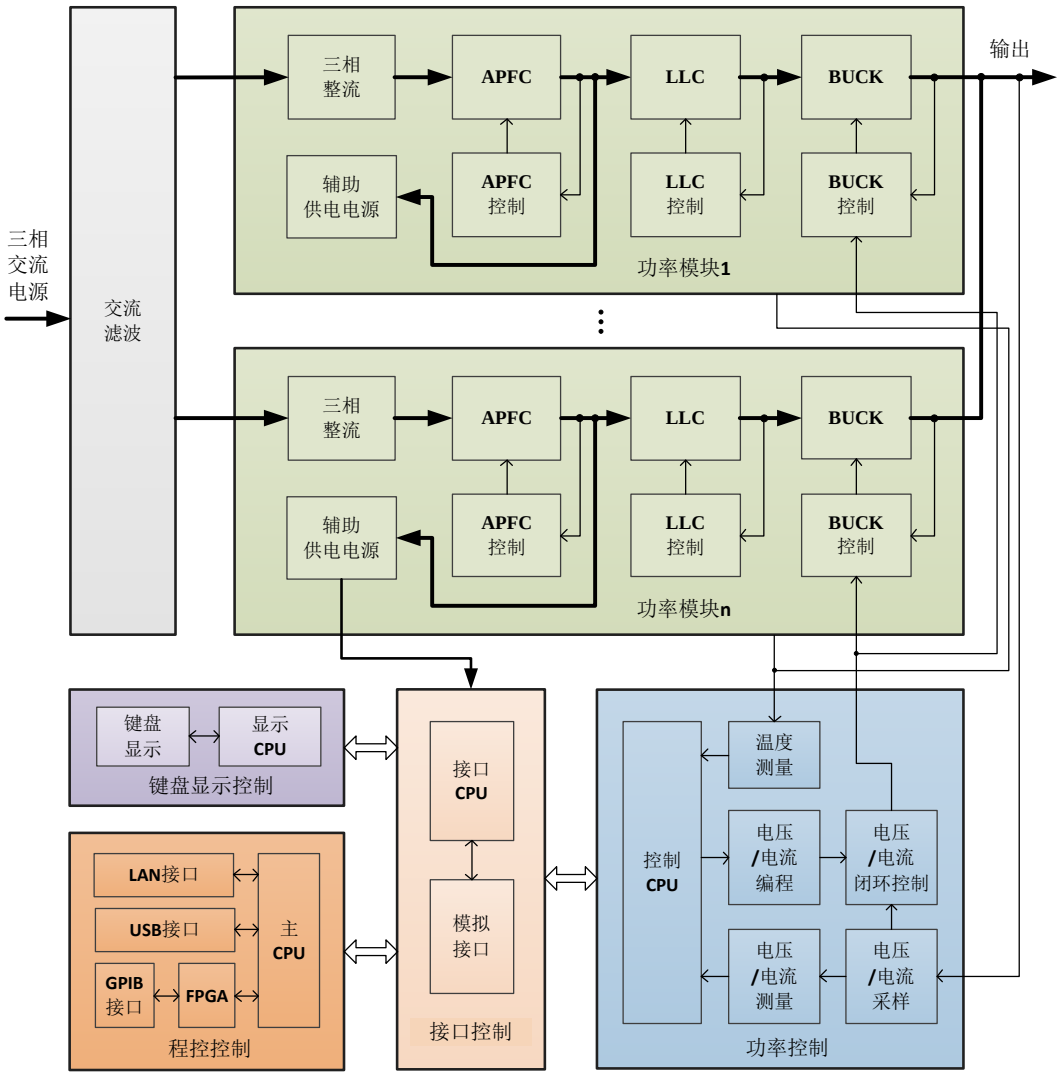


图 6.1 整机硬件总体方案框图

6.2 故障诊断与排除

提 示

故障诊断与指导

本部分是指导您当 1769 程控直流电源出现故障时如何进行简单的判断和处理，如果必要请您尽可能准确的把问题反馈给厂家，以便我们尽快为您解决。

若程控直流电源用户界面的状态指示区出现错误信息提示，请按前面板的“错误”按键”，以了解具体错误信息说明。

1769 程控直流电源程控命令错误信息和硬件错误，具体请参考：本手册“附录 B SCPI 错误信息”。

下面按照功能类型，分类列出故障现象和排除方法。

- 开机不显示 …… 45
- 开机风扇不转 …… 45
- 输出不正常 …… 45

6.2.1 开机不显示

检查三相交流电输入是否正常，如果不正常，检查外部线路，找出故障，排除后，重新给仪器上电，开机。如果三相交流电输入正常，在三相交流电不供电的情况下，开关闭合，用万用表测试检查仪器三相交流输入端子火线与火线、火线与零线、火线与地线之间的阻抗，应大于 100k，否则就需返回厂家维修。

6.2.2 开机风扇不转

若开机风扇不转，请检查风扇是否有物体阻挡或是灰尘太多，此时应关机除掉障碍物或清理风扇。然后重新开机上电，如果风扇还不转就需返回厂家维修或更换风扇。

6.2.3 输出不正常

若电源输出不正常，请检查参数设置是否正确，可进行复位，以及去掉负载接线。如果输出仍不正常，就需返回厂家维修。

6.3 返修方法

- 联系我们 …… 45
- 包装与邮寄 …… 46

6.3.1 联系我们

若1769程控直流电源出现问题，首先观察并记录电源的工作状态，包括：前面板指示灯、液晶显示背光、液晶显示内容、按键声音等，其次观察并记录电源的错误信息，可通过前面板“错误”按键或程控命令“SYST:ERR?”获取，分析可能的原因并参考章节“6.2 故障诊断与排除”中提供的方法，予以先期排查解决问题。若未解决，请根据下面的联系方式与我公司服务咨询中心联系并提供收集的错误信息，我们将以最快的速度协助您解决问题。

6.3 返修方法

联系方式：

服务咨询： 800-86870417 400-0552041

技术支持： 0552-4072248

传　　真： 0552-4070248

网　　址： www.ceyear.com

电子信箱： cebb@ceyear.com

邮　　编： 233006

地　　址： **安徽省蚌埠市迎河路1300号**

6.3.2 包装与邮寄

当您的电源出现难以解决的问题时，可通过电话或传真与我们联系。如果经联系确认是电源需要返修时，请您用原包装材料和包装箱包装电源，并按下面的步骤进行包装：

1) 写一份有关电源故障现象的详细说明，与电源一同放入包装箱。
2) 用原包装材料将电源包装好，以减少可能的损坏。
3) 在外包装纸箱四角摆放好衬垫，将仪器放入外包装箱。
4) 用胶带密封好包装箱口，并用尼龙带加固包装箱。
5) 在箱体上标明“易碎！勿碰！小心轻放！”字样。
6) 请按精密仪器进行托运。
7) 保留所有运输单据的副本。

注 意

包装电源需注意

使用其它材料包装电源，可能会损坏仪器。禁止使用聚苯乙烯小球作为包装材料，它们一方面不能充分保护仪器，另一方面会被产生的静电吸入仪器风扇中，对仪器造成损坏。

提 示

仪器的包装和运输

运输或者搬运本仪器时，请严格遵守章节“3.1.1.1 开箱”中描述的注意事项。

7 技术指标

本章介绍 1769 程控直流电源的技术指标。

- 声 明 47
- 产 品 特 征 47
- 技 术 指 标 48

7.1 声明

除非特别声明，所有的指标测试条件是：温度范围是：23℃±5℃，开机半小时后。仪器补充信息是帮助用户更加了解仪器性能，而不属于技术指标范围内的信息。重要词条说明如下：

技术指标 (spec): 除非另行说明，已校准的仪器在0℃至45℃的工作温度范围内放置至少两小时，再经过30分钟预热之后，可保证性能。对于本文中的数据，如无另行说明均为技术指标。

典型值 (typ): 表示80%的仪器均可达到的典型性能，该数据并非保证数据，并且不包括测量过程中的不确定性因素，只在室温（约25℃）条件下有效。

额定值 (nom): 表示预期的平均性能、设计的性能特征或受限测试手段无法测试的性能。标注为额定值的产品性能不包含在产品质量保证范围内，在室温（大约25℃）条件下测得。

测量值 (meas): 表示为了和预期性能进行比较，在设计阶段所测得的性能特征。该数据并非保证数据，并且是在室温（约 25℃)条件下测得。

7.2 产品特征

1769 程控直流电源的产品特征如表 7.1 所示。

表7.1 产品特征

一般特性	
交流输入制式	3W+PE
交流输入电压范围	360～440Vac
频率范围	45Hz～65Hz
最大输入电流	1769AD：16A；1769BD：28A；1769CD：28A
输入浪涌电流	1769AD：28A；1769BD：49A；1769CD：49A
最大输入功率	1769AD：5.5kVA；1769BD：12kVA；1769CD：17kVA
工作温度	0℃至 45℃
存储温度	-20℃ 至 70℃
相对湿度	(5%～80%)RH（无凝结）
海拔高度	最高 2000 米
接口功能	LAN、USB、GPIB、模拟接口
非易失存储器数量	10（0 至 9）
体积	公称尺寸(宽×高×深){483±4)mm×(133±2.5)mm×(701.5±4) mm，不包括底部垫脚、输出端子防护罩和螺钉。
最大重量	1769AD：19.8kg；1769BD：27.5kg；1769CD：35.5kg

7.3 技术指标

以下给出了仪器的功能和主要技术指标。

- 主要功能 48
- 主要技术指标 49

7.3.1 主要功能

1769 程控直流电源产品应具备以下主要功能：

1) 自动量程输出功能；
2) 恒压、恒流输出功能；
3) 电压、电流和功率测量功能；
4) 远端电压补偿功能；
5) 过压、过流和过温保护功能；

6) LAN、USB 和 GPIB 程控接口控制功能；

7) 模拟接口控制功能;

8) 电压、电流缓变功能。

7.3.2 主要技术指标

1769 程控直流电源产品应具备以下主要技术指标：

表7.2 技术指标

指标参数	1769AD	1769BD	1769CD
额定值			
电压额定值	500V	500V	500V
电流额定值	30A	60A	90A
最大输出功率	5kW	10kW	15kW
电压准确度			
电压编程准确度	≤500mV	≤500mV	≤500mV
电压测量准确度	≤500mV	≤500mV	≤500mV
电流准确度			
电流编程准确度	≤60mA	≤120mA	≤180mA
电流测量准确度	≤60mA	≤120mA	≤180mA
输出纹波和噪声			
恒压有效值[1]	70mV	70mV	70mV
恒压峰峰值[2]	350mV	350mV	350mV
负载效应			
电压	250mV	250mV	250mV
电流	45mA	90mA	135mA
输出响应			
瞬态响应时间（稳定带：额定电压 1%）	≤1.5ms	≤1.5ms	≤1.5ms
电压上升时间（带载）[3]	≤30ms	≤30ms	≤30ms
电压下降时间（带载）[3]	≤80ms	≤80ms	≤80ms
电压下降时间（空载）[3]	≤10s	≤10s	≤10s
其他			
功率因数	≥0.99	≥0.99	≥0.99
模拟编程输入范围	0 ~ 5V 或 0 ~ 10V	0 ~ 5V 或 0 ~ 10V	0 ~ 5V 或 0 ~ 10V

注1：20Hz到300kHz。
注 2：20Hz 到 20MHz。
注3：从额定电压的10%上升到90%或从90%下降到10%。

附 录

附录 A　SCPI 命令速查表

附表 A.1 SCPI 命令速查表

SCPI 命令	功能描述
ABORt	
:TRANsient	瞬变触发放弃
CALibrate	
:CURRent	
[:LEVel]	电流校准
:DATA <NRf>	输入校准值
:DATE <" date" >	设置校准日期
:LEVel P1|P2|P3|P4	校准点
:PASSword <NRf>	设置校准密码
:SAVE	校准数据保存
:STATe <Bool>[, < "password" >]	校准登录或退出
:VOLTage	
[:LOCal]	
[:LEVel]	本地电压校准
:REMote	
[:LEVel]	远端电压校准
DISPlay	
[:WINDow]	
[:STATe] <Bool>	前面板显示控制
INITiate	
[:IMMediate]	
:TRANsient	瞬变触发初始化

:CONTinuous	
:TRANsient <Bool>	瞬变持续触发初始化
MEASure	
[:SCALar]	
:CURRent[:DC]?	返回电流测量值
:POWer[:DC]?	返回功率测量值
:VOLTage[:DC]?	返回电压测量值
OUTPut	
[:STATe] <Bool>	输出打开或关闭
:PON	
:STATe RST|RCL0	开机调用状态
:PROTection	
:CLEar	保护清除
[SOURce:]	
CURRent	
[:LEVel]	
[:IMMediate][:AMPLitude] <NRf>	设置电流值
:TRIGgered[:AMPLitude] <NRf>	设置触发电流值
:MODE FIXed|STEP	设置电流瞬变模式
:PROTection	
:DELay <NRf>	设置过流保护延迟值
:STATe <Bool>	过流保护启动或禁止
:RAMP <NRf1> <NRf2>	设置电流缓变，<NRf1>电流，<NRf2>时间
:RAMP?	返回电流缓变状态
VOLTage	
[:LEVel]	
[:IMMediate][:AMPLitude] <NRf>	设置电压值
:TRIGgered[:AMPLitude] <NRf>	设置触发电压值
:MODE FIXed|STEP	设置电压瞬变模式
:PROTection	
[:LEVel] <NRf>	设置过压保护值
:RAMP <NRf1> <NRf2>	设置电压缓变，<NRf1>电压，<NRf2>时

附录 A　SCPI 命令速查表

	间
:RAMP?	返回电压缓变状态
STATus	
:OPERation	
:CONDition?	返回工作状态
:QUEStionable	
:CONDition?	返回故障状态
SYSTem	
:COMMunicate	
:RLSTate LOCal|REMote|RWLock	设置仪器本地/远程/锁定状态
:ERRor?	返回错误信息
:VERSion?	返回仪器符合的 SCPI 版本
TRIGger	
:TRANsient	
[:IMMediate]	立即瞬变触发
:SOURce <NRf>	设置瞬变触发源
*IDN?	返回主机信息
*RCL <NRf>	调用状态，0-9
*RST	复位
*SAV <NRf>	保存状态，0-9
*TRG	Bus 触发

关于程控命令的状态定义：

1、返回工作状态

STATus:OPERation:CONDition?

位	0	1	2	3	4	5 ~ 15
状态	CV	CC	OFF	No	WTG_tran	No

2、返回故障状态

STATus:QUEStionable:CONDition?

位	0	1	2	3	4	5	6 ~ 8	9	10	11 ~ 14
状态	OV	OC	PF	CP	OT	MSP	No	No	Unr	No

3、返回工作状态

STATus:PROTection:CONDition?

位	0	1	2	3	4	5 ~ 6	7
状态	CV	CC	No	OV	OT	No	Err

4、返回电压缓变状态

[SOURce:]VOLT:RAMP?

'1' 代表缓变调整进行中，'0' 代表缓变调整完成。

附录 B　SCPI 错误信息

仪器按照 SCPI 标准返回错误信息。错误队列(套接字、VXI-11、GPIB、USB 共用一个队列)中最多可存储 20 个错误 .如果产生的错误超过了 20 个 ,存储在队列中的最后一个错误(最近错误)被替换为-350,"Queue overflow"。在从队列中删除错误之前，无法继续存储更多的错误。

1、无错误

0,"No error"

未发生错误，这是在没有错误时对 ERR 查询的响应。

2、命令错误

-101,"Invalid character"

在命令字符串中发现无效字符。

-104,"Data type error"

命令字符串中存在不允许出现的数据类型。

-108,"Parameter not allowed"

接收到的参数超出应有的数量。

-109,"Missing parameter"

接收到的参数少于应有的数量。

-113,"Undefined header"

收到的命令对此仪器无效。

-138,"Suffix not allowed"

此命令不支持后缀。

-363,"Input buffer overrun"

输入缓冲区溢出，超过 1000 字节。

3、执行错误

-222,"Data out of range"

数据值超过有效范围。

4、查询错误

-410,"Query INTERRUPTED"

出现可引发中断查询错误的条件。

5、与仪器有关的错误

101,"Calibration state is off"

未启用校准，仪器不会接受校准命令。

102,"Calibration password is incorrect"

校准密码不正确。

104,"Bad sequence of calibration commands"

所输入的校准命令序列不正确。

211,"Front board communication error"

前面板与接口控制板通信错误。

212,"Interface board communication error"

接口控制板与 CPU 板/前面板通信错误。

213,"Control board communication error"

控制板与接口控制板通信错误。

214,"CPU board communication error"

CPU 板与接口控制板通信错误。

220,"IP address conflicts"

局域网中存在设备的 IP 地址与本设备相同。

308,This setting cannot be changed while transient trigger is initiated

瞬变系统初始化后，不能更改此设置。

309,Cannot initiate, voltage and current in fixed mode

电压或电流设置为 Fixed 模式，无法初始化瞬变系统。

318,"Configuration error"

未读到仪器型号配置。

320,"Firmware update error"

固件升级失败。

350,"Ramp is in progress"

缓变正在进行中，此时无法执行电压、电流、缓变及触发相关设置。

附录 C 校准

本章节包含 1769 程控直流电源产品的校准方法，校准可以通过前面板菜单操作实现，电源推荐校准间隔为每年一次，以下介绍如何校准。

C.1 校准注意事项

C.1.1 校准需要进入 Admin 菜单输入正确的校准密码，出厂的缺省校准密码为 0，校准密码可以更改。

C.1.2 一旦开始校准，必须全部完成校准流程。当每个校准完成时，电源执行新的校准系数。但是，新的校准常数没有保存在非易失性存储器中，必须进行校准数据保存。

C.1.3 电源执行完一次校准操作后，新的校准系数没有保存在非易失性存储器中，必须进行校准数据保存。

C.1.4 退出校准模式可以通过退出 Admin 菜单。

C.2 更改校准密码

校准密码必须是数值 ,最高可达 15 位 ,在输入正确密码进入校准模式后才可更改密码。在退出 Admin 菜单后，新的校准密码将开始生效。默认校准密码为 0，注意校准密码丢失后只能通过返厂复位，需要特别注意校准密码保护。实现更改校准密码的操作如下表 C.1 所示。

表 C.1 更改校准密码操作

前面板	SCPI 命令
选择 System\Admin\Login 后 输入原密码，并进行确认	输入原密码后进入校准模式： CAL:STAT ON, < “password” >
选择 System\Admin\Password 后 输入新密码	修改密码： CAL:PASS <NRf>
退出 Admin 菜单使新密码生效	退出校准模式使新密码生效： CAL:STAT OFF

C.3 校准所需仪器

校准所需仪器见表 C.2。

表 C.2 校准仪器

名称	技术参数
数字多用表	分辨力：10 nV @ 1V，回读精度等于或优于 6 ½表，准确度 20ppm
分流计	至少 120%满量程电流，温度系数 4ppm/℃
电子负载	电压大于 500V，电流大于 90A，功率大于 15kW

C.4 校准操作

➢ **本地电压校准**

步骤 1.不接远端补偿电缆，将数字多用表接到电源输出端子上，同时将电子负载接入电源输出端，电子负载设置为 CC 模式，电流设置为 1.5A(1769AD)/3A(1769BD)/4.5A(1769CD)。

步骤 2.校准登录。

前面板：	SCPI 命令：
选择 System\Admin，并确认。	CAL:STAT ON, <“password”>

步骤 3.选择本地电压校准。

前面板：	SCPI 命令：
选择“Local”	CAL:VOLT[:LOC]

步骤 4.选择第一个电压校准点。

前面板：	SCPI 命令：
选择 Next，显示：“Enter P1 measured data。”	CAL:LEV P1

步骤 5.输入数字多用表测量电压。

前面板：	SCPI 命令：
输入数字多用表上电压读数，并确认。	CAL:DATA <NRf>

步骤 6.选择第二个电压校准点。

前面板：	SCPI 命令：
选择 NEXT，显示：“Enter P2 measured data”。	CAL:LEV P2

步骤 7.输入数字多用表显示电压。

前面板：	SCPI 命令：
输入数字多用表上电压读数，并确认。	CAL:DATA <NRf>

步骤 8.选择第三个电压校准点。

前面板：	SCPI 命令：
选择 NEXT，显示：“Enter P3 measured data”。	CAL:LEV P3

步骤 9.输入数字多用表显示电压。

前面板：	SCPI 命令：
输入数字多用表上电压读数，并确认。	CAL:DATA <NRf>

步骤 10.选择第四个电压校准点。

前面板：	SCPI 命令：
选择 NEXT，显示：“Enter P4 measured data”。	CAL:LEV P4

步骤 11.输入数字多用表显示电压。

前面板：	SCPI 命令：
输入数字多用表上电压读数，并确认。	CAL:DATA <NRf>

步骤 12.保存校准数据。

前面板：	SCPI 命令：
选择 System\Admin\CAL\Save，并确认。	CAL:SAVE

步骤 13.退出校准模式。

前面板：	SCPI 命令：
选择 System\Admin\Logout ,并确认。	CAL:STAT OFF

➢ **远端电压校准**

步骤 1.将远端补偿电缆接到电源输出端子上，并将数字多用表接到电源输出端子上，同时将电子负载接入电源输出端。电子负载设置为 CC 模式，电流设置为 1.5A(1769AD)/3A(1769BD)/4.5A(1769CD)。

步骤 2.校准登录。

前面板：	SCPI 命令：
选择 System\Admin，并确认。	CAL:STAT ON, <“password”>

步骤 3.选择远端电压校准。

前面板：	SCPI 命令：
选择“Remote”	CAL:VOLT:REM

步骤 4.选择第一个电压校准点。

前面板：	SCPI 命令：
选择 Next，显示：“Enter P1 measured data.”	CAL:LEV P1

步骤 5.输入数字多用表测量电压。

前面板：	SCPI 命令：
输入数字多用表上电压读数，并确认。	CAL:DATA <NRf>

步骤 6.选择第二个电压校准点。

前面板：	SCPI 命令：
选择 NEXT，显示：“Enter P2 measured data”。	CAL:LEV P2

步骤 7.输入数字多用表显示电压。

前面板：	SCPI 命令：
输入数字多用表上电压读数，并确认。	CAL:DATA <NRf>

步骤 8.选择第三个电压校准点。

前面板：	SCPI 命令：
选择 NEXT，显示：“Enter P3 measured data”。	CAL:LEV P3

步骤 9.输入数字多用表显示电压。

前面板：	SCPI 命令：
输入数字多用表上电压读数，并确认。	CAL:DATA <NRf>

步骤 10.选择第四个电压校准点。

前面板：	SCPI 命令：
选择 NEXT，显示：“Enter P4 measured data”。	CAL:LEV P4

步骤 11.输入数字多用表显示电压。

前面板：	SCPI 命令：
输入数字多用表上电压读数，并确认。	CAL:DATA <NRf>

步骤 12.保存校准数据。

前面板：	SCPI 命令：
选择 System\Admin\CAL\Save，并确认。	CAL:SAVE

步骤 13.退出校准模式。

前面板：	SCPI 命令：
选择 System\Admin\Logout ,并确认。	CAL:STAT OFF

- **电流校准**

步骤 1.将分流计串到电源输出与电子负载之间，并用数字多用表接到分流计上，同时将电子负载接入电源输出端。电子负载设置为 CV 模式，电压设置为 20V。

步骤 2.校准登录。

前面板：	SCPI 命令：
选择 System\Admin，并确认。	CAL:STAT ON, <“password”>

附录 C 校准

步骤 3.选择电流校准。

前面板：	SCPI 命令：
选择 “Current”	CAL:CURR

步骤 4.选择第一个电流校准点。

前面板：	SCPI 命令：
选择 Next，显示：“Enter P1 measured data。”	CAL:LEV P1

步骤 5.输入分流计测量电流。

前面板：	SCPI 命令：
输入分流计电流读数，并确认。	CAL:DATA <NRf>

步骤 6.选择第二个电流校准点。

前面板：	SCPI 命令：
选择 NEXT，显示：“Enter P2 measured data”。	CAL:LEV P2

步骤 7.输入分流计测量电流。

前面板：	SCPI 命令：
输入分流计电流读数，并确认。	CAL:DATA <NRf>

步骤 8.选择第三个电流校准点。

前面板：	SCPI 命令：
选择 NEXT，显示：“Enter P3 measured data”。	CAL:LEV P3

步骤 9.输入分流计测量电流。

前面板：	SCPI 命令：
输入分流计电流读数，并确认。	CAL:DATA <NRf>

步骤 10.选择第四个电流校准点。

前面板：	SCPI 命令：
选择 NEXT，显示：“Enter P4 measured data”。	CAL:LEV P4

步骤 11.输入分流计测量电流。

前面板：	SCPI 命令：
输入分流计电流读数，并确认。	CAL:DATA <NRf>

步骤 12.保存校准数据。

前面板：	SCPI 命令：
选择 System\Admin\CAL\Save，并确认。	CAL:SAVE

步骤 13.退出校准模式。

前面板：	**SCPI 命令：**
选择 System\Admin\Logout ,并确认。	CAL:STAT OFF