Ceyear 思仪

1764

程控直流电源

用户手册



中电科思仪科技股份有限公司

该手册适用下列型号程控直流电源，基于固件版本 D.04.05 及以上。

- 1764 程控直流电源（主机）

除标准配件外的选件如下：

- 1764-001（DC1764-M3020B）
- 1764-002（DC1764-M3035A）
- 1764-003（DC1764-M3060A）
- 1764-004（DC1764-M3100A）
- 1764-005（DC1764-M3020A）
- 1764-006（DC1764-M3150A）
- 1764-007 极性翻转选件

版　　本：　D　2021年6月，中电科思仪科技股份有限公司
地　　址：　中国安徽省蚌埠市华光大道726号
免费客服电话：　800-868-7041
技术支持：　0552-4072248
传　　真：　0552-4082977
网　　址：　www.ceyear.com
电子信箱：　eibb@ceyear.com
邮　　编：　233006

前　言

非常感谢您选择使用中电科思仪科技股份有限公司研制、生产的 1764 程控直流电源！本公司产品集高、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“以客户为中心，服务客户、创造价值”，提供满意的产品和服务是我们对用户的承诺。

手册编号

AV2.933.0657SS

版本

D　2021.6

中电科思仪科技股份有限公司

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股份有限公司。

本手册版权属于中电科思仪科技股份有限公司，任何单位或个人非经本所授权，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，中电科思仪科技股份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。中电科思仪科技股份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。

目 录

1 手册导航 1
1.1 关于手册 1
1.2 关联文档 1
2 概述 3
2.1 产品综述 3
2.1.1 产品特点 3
2.1.2 典型应用 5
2.2 安全使用指南 6
2.2.1 安全标识 7
2.2.2 操作状态和位置 8
2.2.3 用电安全 9
2.2.4 操作注意事项 11
2.2.5 维护 11
2.2.6 校准要求 12
2.2.7 运输 12
2.2.8 废弃处理/环境保护 13
3 使用入门 14
3.1 准备使用 14
3.1.1 操作前准备 14
3.1.2 例行维护 20
3.2 面板说明 21
3.2.1 前面板说明 21
3.2.2 后面板说明 27
3.2.3 负载连接 28

4 操作指南 32

4.1 前面板操作简介 32

4.1.1 开启设备 32
4.1.2 选择通道 32
4.1.3 设置输出电压 32
4.1.4 设置输出电流 33
4.1.5 打开输出 34
4.1.6 设置过压保护 34
4.1.7 退出命令菜单 35

4.2 常用的前面板和 SCPI 指令操作 35

4.2.1 电压和电流输出 36
4.2.2 步进输出 38
4.2.3 序列输出 39
4.2.4 组合输出 42
4.2.5 保护操作 43
4.2.6 存储调用操作 44
4.2.7 数字 I/O 接口操作 44
4.2.8 使用极性翻转选件 48

5 远程控制 50

5.1 远程控制基础 50

5.1.1 程控接口 50
5.1.2 SCPI 命令 52
5.1.3 命令序列与同步 55
5.1.4 编程注意事项 55

5.2 仪器程控端口与配置 55

5.2.1 LAN 56
5.2.2 GPIB 57
5.2.3 USB 57

6 故障诊断与返修 59
6.1 工作原理 59
6.2 故障诊断与排除 61
6.2.1 开机不显示 61
6.2.2 开机风扇不转 61
6.2.3 模块输出不正常 61
6.3 返修方法 61
6.3.1 联系我们 61
6.3.2 包装与邮寄 62
7 技术指标 63
7.1 声明 63
7.2 产品特征 63
7.3 技术指标 65
7.3.1 主要功能 65
7.3.2 模块主要技术指标 65
附录 A 编程参考指令 67
附录 B 校准 73

1 手册导航

本章介绍了 1764 程控直流电源（简称 1764）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.....1

1.1 关于手册

本手册介绍了中电科思仪科技股份有限公司生产的 1764 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1764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。
- **使用入门**
  本章介绍了1764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。
- **操作指南**
  详细介绍了1764的基本操作方法，包括前面板操作和SCPI指令操作等。
- **远程控制**
  本章简要的介绍了 1764 的程控基础、程控接口与配置方法及基本接口编程方法等。
- **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。
- **技术指标**
  介绍了 1764 的产品特征和主要技术指标。
- **附录**
  列出1764的编程参考指令和校准方法。

1.2 关联文档

1764 的产品文档包括：

- 用户手册

用户手册

1.2 关联文档

本手册详细介绍了仪器的功能和操作使用方法，包括：操作指南、远程控制、故障诊断与返修和校准等信息。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
- 使用入门
- 操作指南
- 远程控制
- 故障诊断与返修
- 技术指标
- 附录

2 概述

本章介绍了 1764 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.....6

2.1 产品综述

1764 是在自动测试环境中提供偏置和对部件或最终产品提供激励的理想设备。其广泛应用于测控系统、船舶系统、工业检测与控制、集成电路测试、PC 主板测试及其他领域的复杂测试系统。在产品研制、生产和测试过程中，该产品能提供稳定的输出及快速动态响应速度，简化供电配置，缩短开发周期。该产品可替代进口仪器，满足各种加电测试需求。

1764 共含有 6 种电源模块，具有高达 150V，50A 和 300W 的输出能力。电源模块可提供可编程的电压和电流，以及各种测量和保护特性，适用于为被测件供电，或为自动测试系统和测试夹具控制提供电源，也可在研发中承担诸如直流偏置这类任务。

- 产品特点.....3
- 典型应用.....5

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) 高功率密度主机（1200W），多种电源模块方便选配，单模块输出 300W。
2) 适合于研发、设计验证和制造中的 ATE 系统。
3) 尺寸小：1U 机箱空间中多达 4 路输出。
4) 改进吞吐率的快命令处理时间。
5) 恒压恒流输出功能。
6) 串联并联输出功能。
7) 远端补偿功能。
8) 存储调用功能。
9) 电压、电流测量功能。
10) 过压过流等保护功能。
11) 外部触发同步控制功能。
12) 电压、电流序列输出功能。
13) GPIB、LAN、USB 接口功能。

2.1.1.2 仪器构成

1764 的基本组成如表 2.1 所示。

表 2.1 1764 基本组成

项目	型号	名称	说明
主机	1764	主机	有四个槽位（最多可装入 4 个模块）
模块（选件）	DC1764-M3020A	20V 模块	20V，15A，300W 模块(单槽)
	DC1764-M3020B	20V 模块	20V，50A，300W 模块（自动量程，占 2 个槽位）
	DC1764-M3035A	35V 模块	35V，8.5A，300W 模块(单槽)
	DC1764-M3060A	60V 模块	60V，5A，300W 模块(单槽)
	DC1764-M3100A	100V 模块	100V，3A，300W 模块(单槽)
	DC1764-M3150A	150V 模块	150V，2A，300W 模块(单槽)
	-	极性翻转选件	适用于模块 DC1764-M3020A、DC1764-M3035A、DC1764-M3060A、DC1764-M3100A 和 DC1764-M3150A，在需要时装入模块中，其最大输出电流为 10A。
	-	填充模块	单槽
附件（随主机提供）	电源线	三芯电源线	大功率规格电源线，1 根
	MC1.5/8-ST-3.5	8 针连接器	配合主机数字 I/O 接口使用，1 个
附件（随模块提供）	PC 4/4-ST-7.62	4 针连接器	用于模块 DC1764-M3020A 连接输出电缆，1 个
	EBS 2-8	短接器	用于模块 DC1764-M3020A 输出本地补偿，2 个
	MC1.5/4-ST-3.5	4 针连接器	用于模块 DC1764-M3020B 远端补偿接口，1 个

	Molex 39422-0002	2 针连接器	用于模块 DC1764-M3020B 连接输出电缆，1 个
	MSTB2.5/4-STF-5.08	4 针连接器	用于模块连接输出电缆，1 个，适用于模块 DC1764-M3035A、DC1764-M3060A、DC1764-M3100A 和 DC1764-M3150A。

2.1.2 典型应用

1）用于DC-DC模块研发和测试

1764具有多种电源模块和多个通道、电压电流可编程以及准确度高和处理时间快的特点，方便DC-DC模块研制和生产厂家在进行高效率源效应指标测试时，提供高性能直流激励。

2）用于微波电子及器件等产品的研发及测试

1764具有多种电源模块和多个通道、电压电流等保护功能、 电压电流测量功能以及准确度高和处理时间快的特点，方便微波电子及器件等产品研制和生产厂家在T/R组件等产品研制和生产测试过程中进行供电电源模拟，保障后端昂贵用电设备的性能。

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。

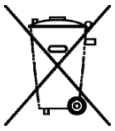
- 安全标识.....7
- 操作状态和位置.....8
- 用电安全.....9
- 操作注意事项.....11
- 维护.....11
- 校准要求.....12
- 运输.....12
- 废弃处理/环境保护.....13

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”中的第1项。
	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”中的第2项。
	警告！辐射。 具体说明请参考本节“2.2.4 操作注意事项”中的第7项。		

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，1764 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 110/220VAC±10%范围内变化，供电频率允许在 50/60Hz±5%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) 请勿将仪器放置在散热的物品表面（例如：散热器）。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。在工作台使用时，两侧留出 5cm 以上空隙，后面留出 10cm 以上空隙。

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) 参照仪器后面板电源要求，采用三芯电源线，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。

3) 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。

4) 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。

5) 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。

6) 仪器需使用 TN/TT 电源网络。

7) 保持插座整洁干净，插头与插座应接触良好、插牢。

8) 插座与电源线不应过载，否则会导致火灾或电击。

9) 若输出电压 Vrms > 30 V，为避免后端仪器损伤和人身伤害，应采取适当保护措施（例如：使用合适的测试仪器、加装保险丝、限定电流值、电隔离与绝缘等）。

10) 仪器需符合 IEC60950-1/EN60950-1 或 IEC61010-1/EN 61010-1 标准，以满足连接 PC 机或工控机。

11) 除非经过特别允许，不能随意打开仪器外壳，这样会暴露内部电路和器件，引起不必要的损伤。

12) 若仪器需要固定在测试地点，那么首先需要具备资质的电工安装测试地点与仪器间的保护地线。

13) 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。

14) 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。

15) 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。

16) 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。

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。

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 1764 每年校准一次，具体事宜请拨打服务咨询电话联系。

2.2.7 运输

1) 仪器较重请小心搬放，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，中电科思仪科技股份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。
- 若使用其它包装箱，请确保仪器周围至少有 5 厘米厚的柔软填充物，以缓冲外力的冲击。
- 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 使用入门

本章介绍了 1764 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.....14
- 面板说明.....21

3.1 准备使用

- 操作前准备.....14
- 例行维护.....20

3.1.1 操作前准备

本章介绍了 1764 初次设置使用前的注意事项。

⚠ 警 告

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。

注 意

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：

- 为保证风扇叶片未受阻及散热孔通畅，仪器两侧至少留出 5cm 空隙，后面至少留出 10cm 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；
- 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.....16
- 环境要求.....17
- 开/关电.....19

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**

表 3.1 1764 随箱物品清单

名 称	数 量	备 注
主机:		
✧ 1764	1	—
标配:		
✧ 三芯电源线	1	—
✧ 8 针连接器	1	—
✧ 用户手册	1	—
✧ 装箱清单	1	—
✧ 产品合格证	1	—
✧ *针连接器	x	随模块提供
✧ 短接器	x	随模块提供
选件:		
✧ 模块 DC1764-MXXXX 等	x	根据实际装配数量

3.1.1.2 环境要求

1764 的操作场所应满足下面的环境要求:

1) **操作环境**

操作环境应满足下面的要求:

表 3.2 1764 操作环境要求

温度	0℃ ~ 40℃
存储温度	-30℃ ~ 70℃
相对湿度	最高 95%
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在操作环境温度要求范围内，应满足仪器的散热空间要求如下:

表 3.3 1764 散热要求

仪器部位	散热距离
后侧	≥100 mm
左右侧	≥50 mm

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

1764 支持 110V/220V 交流电源供电，交流输入电压范围为 100Vac ~ 240Vac，频率范围 50Hz/60Hz±5%，最大功率输入 2200VA。

b) 确认及连接电源线

1764 采用三芯电源线接口，符合国家安全标准。在加电前，必须确认电源线中的**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。电源线的额定电压值应大于等于 250V，额定电流应大于等于 10A。

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三芯电源插座。

⚠ 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。

c) 保险丝

保险丝放置在 1764 内部，保险丝长 32mm，直径 6.35mm，额定电流 15A，额定电压 250V，快速熔断型。不建议客户自行更换。

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:用包装箱内配套的电源线或符合要求的三芯电源线一端接入 1764 的后面板电源插座（如图 3.1），电源插座上方标注要求的电压参数指标，提醒用户使用的电压应该符合要求。电源线的另一端连接符合要求的交流电源;

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，等待约 10 秒，显示开机状态界面，电源指示灯变为绿色。



图 3.1 1764 电源插座



图 3.2 1764 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。

3.1.2 例行维护

该节介绍了 1764 的日常维护方法。

- 清洁方法.....20
- 测试端口维护.....21

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 LED 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

1764后面板上有数字I/O接口、GPIB接口、USB接口和网络接口等端口。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 1764 的前、后面板及操作界面的元素组成及其功能。

- 前面板说明.....21
- 后面板说明.....27
- 负载连接.....28

3.2.1 前面板说明

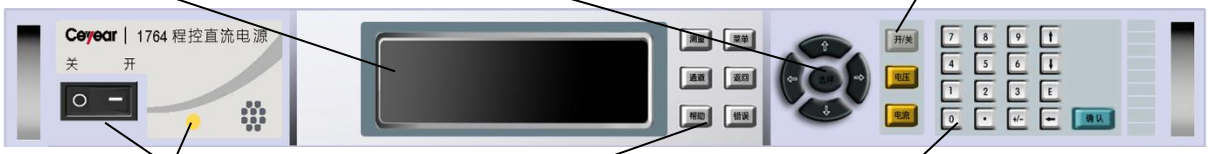
本节介绍了 1764 的前面板组成及功能，示意图如图 3.3 所示，主要包括以下部分：显示屏、方向键、输出键、开关和 LED 指示灯、系统键、输入键。

3.2 面板说明

显示屏
1 小时不工作将关闭。
按任意键可恢复显示。

方向键
将光标移到菜单项。
选择突出显示的菜单项。

输出键
开启或关闭输出。
输入电压或电流。



开关和 LED 指示灯
LED 表示电源已开启。
绿色：正常工作。
橙色：显示屏处于节电模式。

系统键
选择输出通道进行控制。
访问前面板命令菜单。
在单通道和多通道视图切换。

输入键
输入数值
增加或减少数值

图 3.3 前面板

- 显示屏.....22
- 按键.....24

3.2.1.1 显示屏

1) 单通道显示 / 多通道显示

按【测量】键进行单通道和多通道测量显示界面切换，分别如图 3.4 和图 3.5 所示。

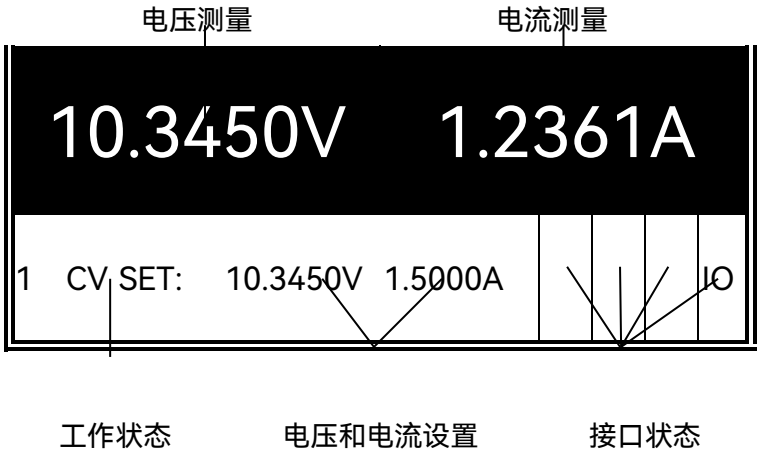


图 3.4 单通道显示界面

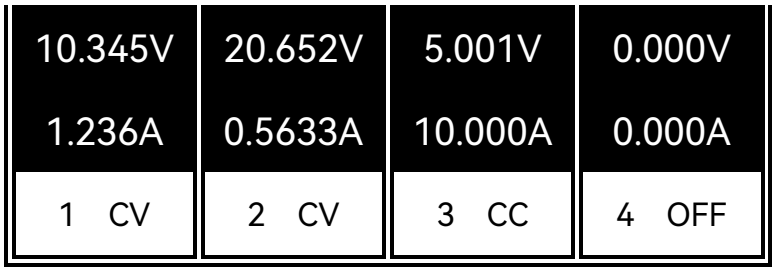


图 3.5 多通道显示界面

对于双通道（双槽）模块，显示如图 3.6 所示。第二、三通道为一个模块，第三通道显示“Double”。对于多模块进行组并联运行时，设置完成并重启主机后显示如图 3.7 所示，第二至四通道为 3 个相同规格的模块并联，第三、四通道显示“Grouped”。

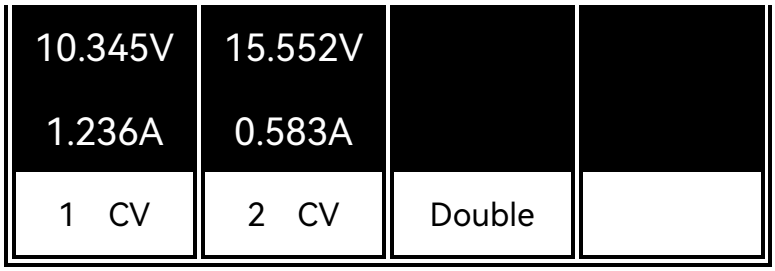


图 3.6 双模块显示

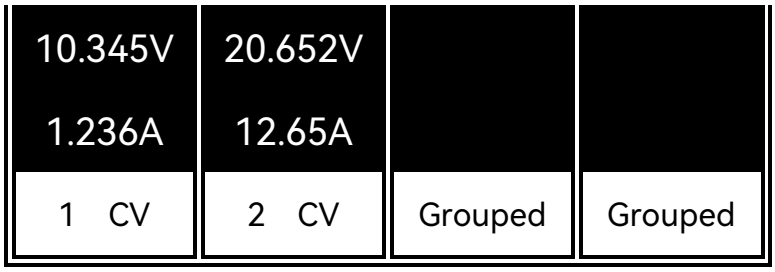


图 3.7 并联通道显示

注 意

前面板显示

当用远程接口进行测量和某些特殊情况时，前面板可能会显示“------”，当远程测量完成或重新起动主机后，前面板一般会恢复正常显示。

2) 工作状态指示

OFF = 输出关断
CV = 恒压模式输出
CC = 恒流模式输出
OV = 输出过压保护

OC = 输出过流保护
PF =交流输入电源失效
OT = 过温保护
INH =输出外部禁止
UNR = 输出失调
PROT =通道输出耦合保护

3) 接口状态指示

All = On/Off 键在所有通道上有效
Err = 发生一个错误（按【错误】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。
【菜单】访问命令菜单。
【通道】选择或突出显示要控制的通道。
【返回】退出菜单而不进行任何更改。
【帮助】访问关于显示的菜单的信息。
【错误】显示在错误队列中的错误信息。

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) 输出键

【开/关】该键可控制选定的输出（或在 ALL 点亮时控制所有输出）。此键仅在单通道或多通道视图中有效。
【电压】可以更改选定通道的电压设置。
【电流】可以更改选定通道的电流设置。

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) 前面板菜单说明

前面板主要菜单说明如下:

菜单命令				**控制说明**
Output	Voltage			编程电压限制点、范围
	Current			编程电流限制点、范围
	Sequence	Delay		编程输出开/关延时时间
		Couple		耦合输出通道以进行输出开/关同步
	Advanced	Slew	Voltage	编程电压摆率
		Power		编程功率分配功能
Measure	Sweep			指定测量点、时间间隔和触发偏置
	Window			选择测量窗口
	Control			在测试过程中终止测量
Transient	Mode			选择电压或电流瞬态模式
	Step			编程电压和电流步进值，使能步进触发
	List	Pace		指定“驻留”或“触发”间隔列表
		Repeat		指定序列重复次数或指定连续序列
		Terminate		指定列表终止时的列表设置
		Config		配置序列步进电压、电流、间隔和触发信号
		Reset		终止列表并复位所有列表参数
	TrigSource			指定触发源：总线、针 1-7、Tran 或驻留输出
	Control			启动、触发或终止瞬时。显示触发状态
Protect	OVP			配置过电压保护功能
	OCP			配置过电流保护功能
	Inhibit			配置外部禁止信号：关闭、锁存

3.2 面板说明

菜单命令						控制说明
	Coupling					发生保护故障时禁用所有输出通道
	Wdog					配置看门狗定时
	Clear					清除输出保护，显示输出状态
States	Reset					将设备重置到复位(*RST) 状态。
	SaveRecall					保存或调用设备状态
	PowerOn					选择电源开启状态: *RST、RCL0
System	IO	LAN	ActiveSettings			显示目前活动的LAN 接口设置
			Config	IP		配置设备的IP 地址
				Name		配置动态DNS 和NetBIOS 命名服务
				Domain		配置域名
				DNS		配置DNS 服务器
				TCP		配置TCP 存活功能
				Reset		将LAN 接口设置复位到出厂状态
		USB	Status			显示状态、速度、收到和发送的数据包
			Identification			USB 连接字符串- 设备的唯一USB 标识符
		GPIB				选择GPIB 地址
		DigPort	Pins			指定针功能和极性
			Data			读写数据到数字端口
		Groups				定义并相对的输出通道组合
		Preferences	Display	Contrast		配置显示对比度
				Saver		配置屏幕保护和I/O 唤醒定时器
				View		选择开启时为1 通道或4 通道视图
			Keys			启用/禁用按键声音并配置开/关全按键
			Lock			锁定前面板键。输入密码以解锁键
		Admin	Login/Logout			输入密码访问管理员功能，默认为0
			Cal	Volt	Vprog	校准高和低电压范围
				Curr	Iprog	校准高和低电流范围
				Date		设置校准日期
				Save		保存校准数据
			LAN			启用/禁用LAN 接口和内置Web 服务器
			USB			启用/禁用USB 接口
			Nvram			将所有非易失性RAM 复位为出厂默认设置
			Password			更改管理员的操作密码

3.2.2 后面板说明

本节介绍了1764的后面板组成及功能，示意图如图3.8所示。主机箱后面板包括数字I/O接口、GPIB接口、USB接口、LAN接口（符合 LXI Class C规范）、交流电源输入和接地柱；模块后面板包括输出接口和远端补偿接口。

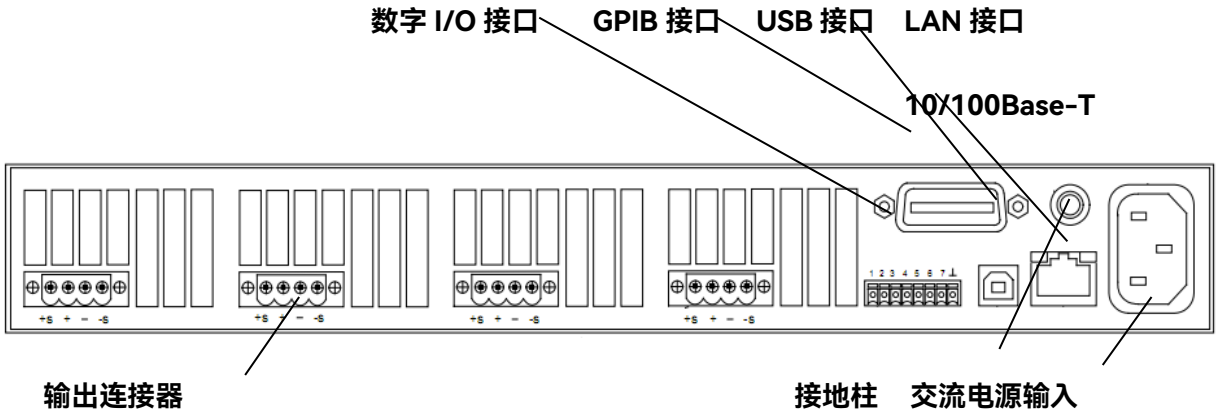
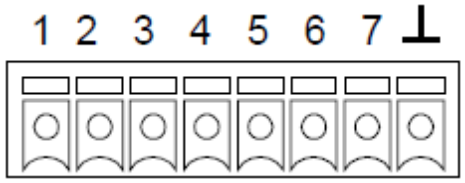


图 3.8 后面板

- 数字I/O接口 27
- 输出连接器和远端补偿接口 28

3.2.2.1 数字 I/O 接口

数字 I/O 接口引脚定义如图 3.9 所示。此接口位于主机箱后面板上，用于连接数字 I/O、故障/禁止、触发或输出耦合信号。较好的工程做法是将数字 I/O 接口用附件中的 8 针连接器（MC1.5/8-ST-3.5）做成电缆进行转接，并将所有的信号线进行扭绞或屏蔽。具体操作指导详见 4.2.7。



针1至针7（1～7）：输入/输出信号
针8（⊥）：信号地

图 3.9 数字 I/O 接口

警 告

数字 I/O 接口信号地

数字 I/O 接口上的信号地是仅为了方便而使用的低噪声信号接地，它不是安全接地!

3.2.2.2 输出连接器和远端补偿接口

输出接口和远端补偿接口位于模块后面板，通过附件中随模块提供的输出连接器和远端补偿连接器和负载端连接。常用的输出连接器和远端补偿连接器如图 3.10 所示，包括 4 针输出连接器、2 针输出连接器、4 针远端补偿连接器。在连接负载时，较好的工程做法是扭绞检测导线对以及负载导线对，并拧紧螺钉端子以牢固固定所有导线。

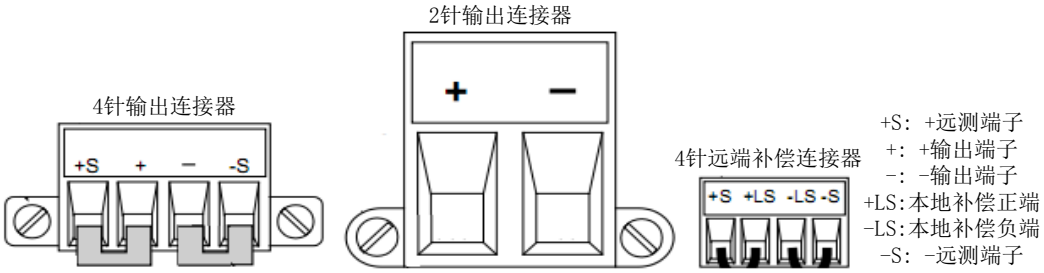


图 3.10 输出连接器和远端补偿连接器

3.2.3 负载连接

- 本地输出和远端补偿输出.....22
- 并联输出.....23
- 串联输出.....24

3.2.3.1 本地输出和远端补偿输出

输出端和负载端连接可采用本地输出，连接如图 3.11 所示，只能补偿电源模块内部电压降，即保证输出端电压为用户设定值。

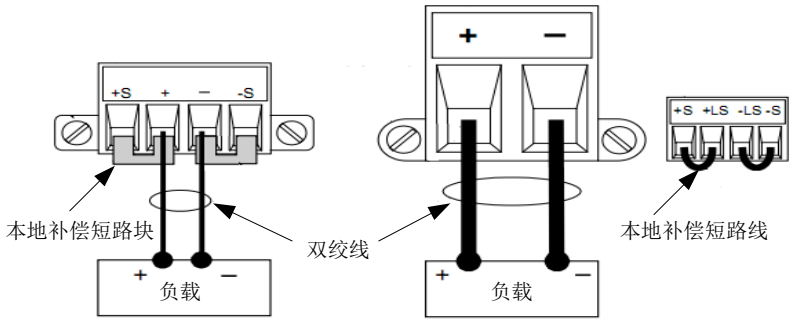


图 3.11 本地输出

模块输出端给多个负载供电情况，连接如图 3.12 所示。

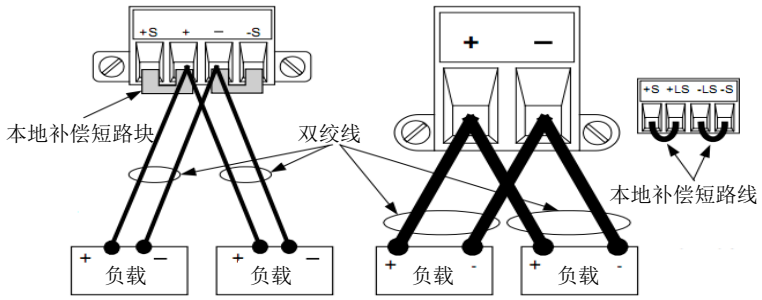


图 3.12 多负载供电本地输出

输出端和负载连接可采用远端补偿输出，连接如图 3.13 所示，可提高负载的电压调整能力，有效地减小负载线电压降，即保证负载端电压为用户设定值，并直接精确回读负载端电压。

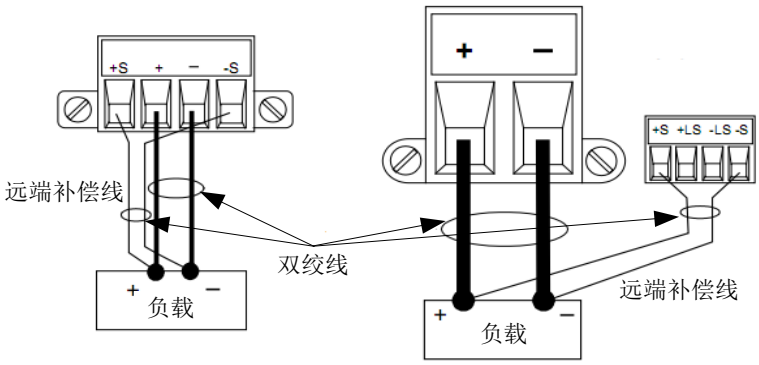


图 3.13 远端补偿输出

3.2.3.2 并联输出

警 告

并联

仅对具有相同的型号和选件的输出模块进行并联。

并联输出以获得增加输出电流。可使用两种方法执行此操作：直接并联和自动并联。

并联方法	说明	连接
直接并联 采用直接并联。提供简单、直接的连接	可并联最多四个输出通道(模块)。必须对每个输出通道单独编程,以发送或查询其输出电流的部分。	将输出端子并联在一起。在进行远端检测时，将检测端子并联在一起。
自动并联 采用自动并联。确保并联模块的输出电流精确匹配	可并联最多四个输出通道(模块)。通过编程将多个通道作为一个虚拟通道处理,所有模块会自动均流输出。	将输出端子并联在一起。在进行远端检测时，将检测端子并联在一起。

1) 直接并联输出

并联输出分为本地并联输出和远端补偿并联输出两种方法，连接分别如图 3.14 和图 3.15 所示。直接并联必须对每个输出通道编程，使其提供输出电流的一部分。然而，每个输出通道的输出阻抗相对较低，总输出电流不会在所有输出通道之间平均分配。如果需要平均电流分配和更好的电流编程精度，则必须使用下一节中描述的自动并联连接。如果需要使用远端电压检测来补偿负载导线中的电压降，请取下本地检测跳线，并将每个输出的检测端子直接连接到负载。

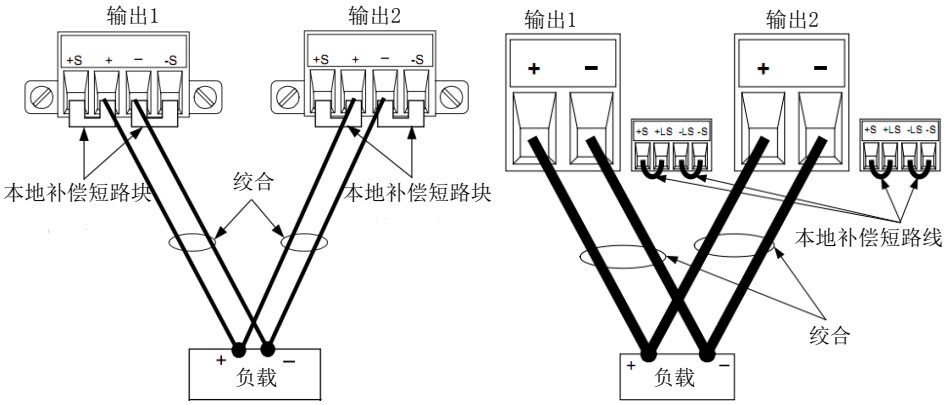


图 3.14 本地并联输出

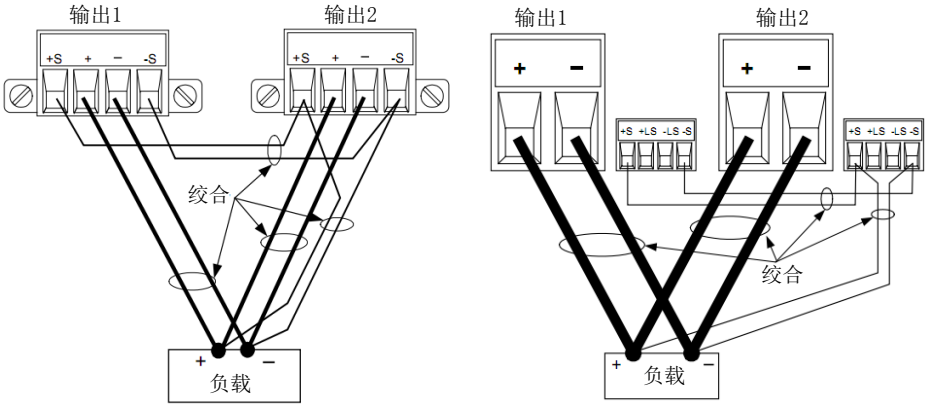


图 3.15 远端补偿并联输出

2) 自动并联输出

按照图 3.14 或图 3.15 将并联模块输出端接入负载，将并联模块当作一个大功率模块使用，主机将获取最小值通道的模块序列号，该号作为并联模块的序列号使用，从前面板选择 System\Groups 命令，选择要并联的模块即可，或通过上位机输入 GPIB 命令 SYST:GRO:DEF(@1，2,3,4)，将 4 个模块并联成一个大模块，这两种方法都可以将并联模块自动并联起来。显示界面只显示模块并联输出总电流。

3.2.3.3 串联输出

警 告

串联

仅对具有相同的型号和选件的输出模块进行串联。浮动电压不得超过±240VDC。任何输出端子与机箱接地间的电压不得超过 240V。

串联输出分为本地串联输出和远端补偿串联输出两种方法，连接分别如图 3.16 和图 3.17 所示。对每个通道输出单独编程，将每个输出通道编程值总和设为期望值。将每个输出的电流限制设置为负载可以处理而不会造成损坏的最大值。

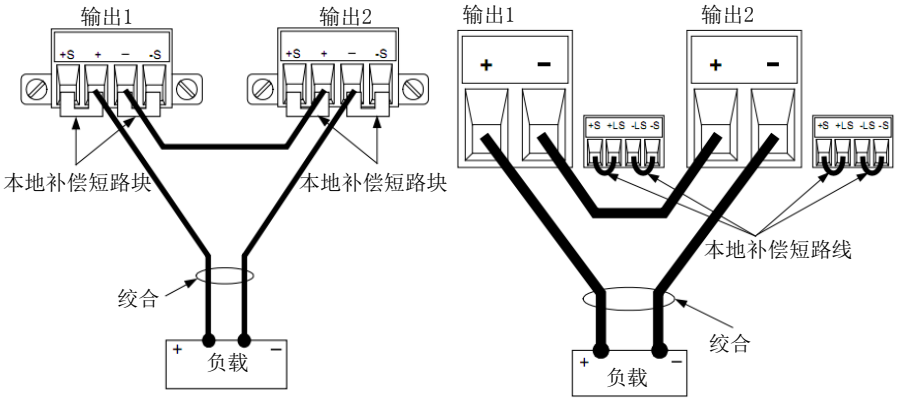


图 3.16 本地串联输出

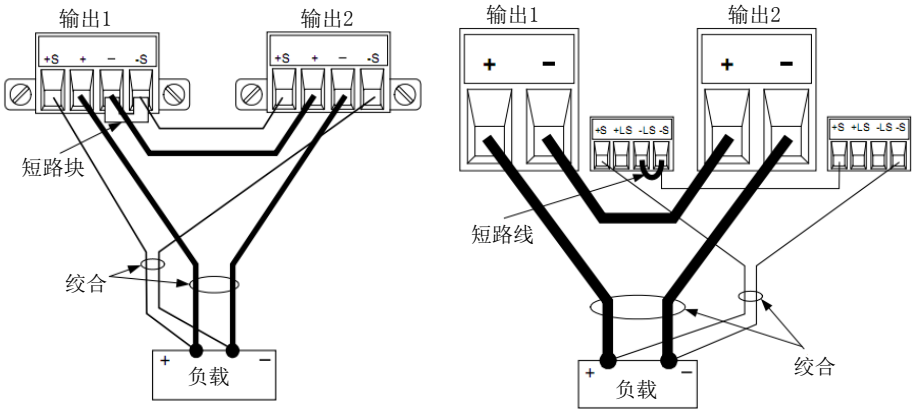


图 3.17 远端补偿串联输出

4 操作指南

本章介绍了 1764 的基本操作方法，包括前面板操作简介和常用的前面板和 SCPI 指令操作。

- 前面板操作简介.....32
- 常用的前面板和SCPI指令操作.....35

4.1 前面板操作简介

- 开启设备.....32
- 选择通道.....32
- 设置输出电压.....32
- 设置输出电流.....33
- 打开输出.....34
- 设置过压保护.....34
- 退出命令菜单.....35

4.1.1 开启设备

连接电源线后，用前面板电源开关开启设备，等前面板显示屏出现显示并 LED 指示灯变绿后，就可以使用前面板输入电压和电流值。

4.1.2 选择通道

按【通道】键来选择想要设定的输出通道。

4.1.3 设置输出电压

方法一：使用左右定位键定位到要更改的设置。如图 4.1 所示，选择了通道 1 的电压设置。使用数字小键盘输入一个值。然后按【确认】键。

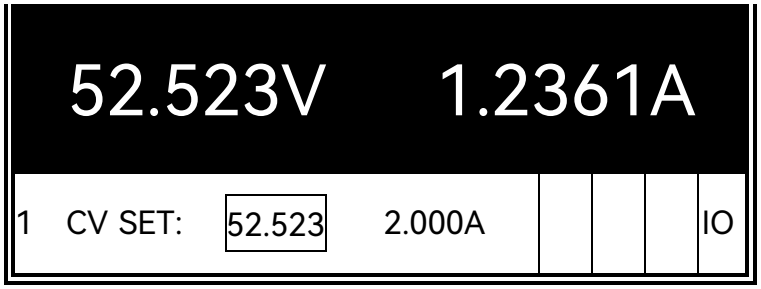


图 4.1 设置输出电压

方法二：使用【电压】键选择电压输入字段。使用输入键输入需要的设置。然后按【确认】键。

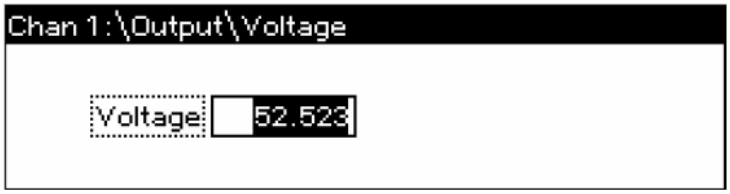


图 4.2 设置输出电压

注 意

输入错误

如果输入错误，使用【←】退格键删除数字，按【返回】键退出菜单，或按【测量】键返回测量模式。

4.1.4 设置输出电流

方法一：使用左右定位键定位到要更改的设置。如图 4.3 所示，选择了通道 1 的电流设置。使用输入键输入一个值。然后按【确认】键。

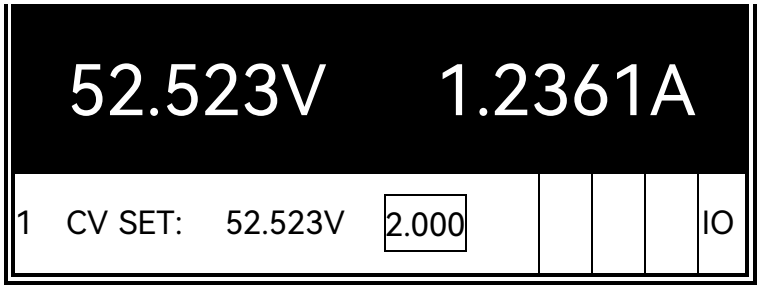


图 4.3 设置输出电流

方法二：使用【电流】键选择电流输入字段。使用输入键输入需要的设置。然后按【确认】键。

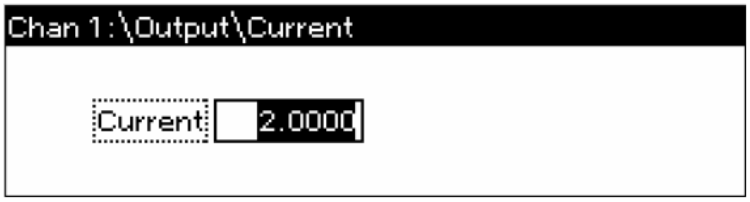


图 4.4 设置输出电流

4.1.5 打开输出

使用【开/关】键打开输出，如果将负载连接到输出，则前面板显示屏将显示正在输出的电流。否则，电流读数将为零。通道号旁的状态指示器指示输出状态。

4.1.6 设置过压保护

如果输出电压达到编程的过电压限值,过电压保护功能将关闭受影响的输出。按【菜单】键访问前面板命令菜单。第一行显示了正被控制的输出通道以及菜单路径。由于显示的是顶级菜单，所以路径是空的。第二行显示了在当前菜单级中可以使用的命令。在本例中，显示顶级菜单命令,并突出显示 Output 命令。第三行显示在 Output 命令下可以使用哪些命令。选择突出显示的命令可访问此更低一级命令。

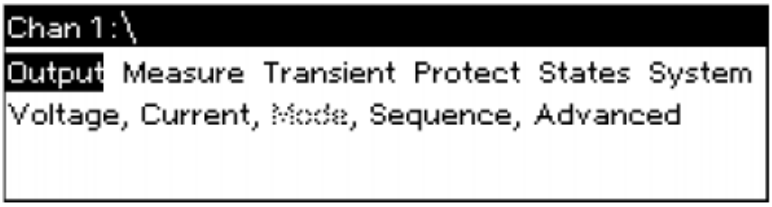


图 4.5 选择 Output 命令菜单

按向右箭头【→】方向键在菜单中横向移动，直到突出显示 Protect 命令。按【选择】键选择 Protect 命令。

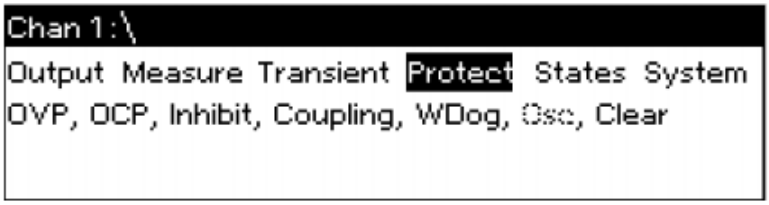


图 4.6 选择 Protect 命令菜单

菜单路径现在表明在第二行中显示的命令位于 Protect 命令的下面。将突出显示 OVP 命令。第三行显示在 OVP 命令下具有哪些功能。按【选择】键选择 OVP 命令。

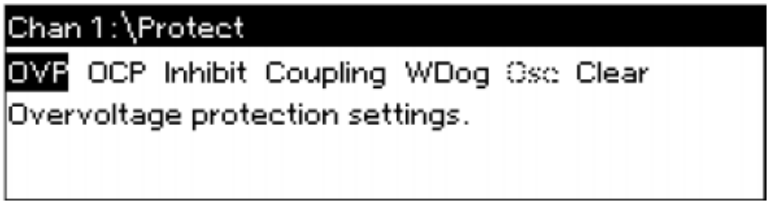


图 4.7 选择 OVP 命令菜单

命令菜单现在位于功能控制级。这是此路径中的最低级别。使用定位键突出显示 OVP Level 控制。使用输入键输入所需的过电压电平。然后按【确认】。

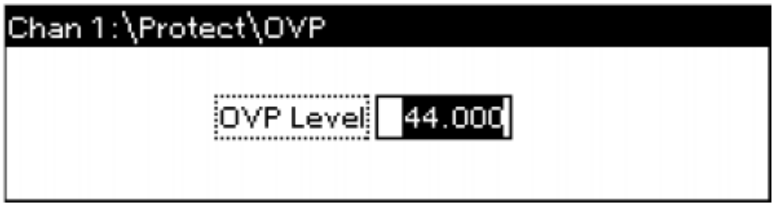


图 4.8 选择 OVP 电平

可以随时按【通道】键选择其他输出通道。这样会节省时间，因为可以直接访问每个通道的 OVP 控制而无需在各个菜单级中浏览。

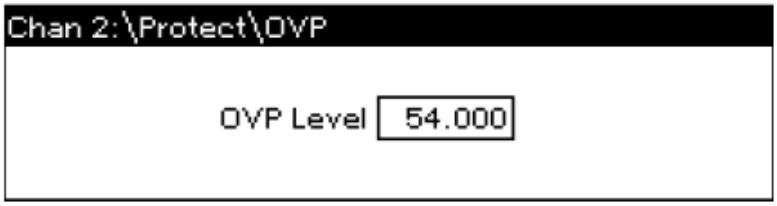


图 4.9 修改 OVP 电平

注 意

如果设置的过电压保护电平低于目前的输出电压，则过电压保护电路将会断开，并将输出通道关闭。前面板状态指示器将显示“OV”。

4.1.7 退出命令菜单

方法一：按【测量】键立刻返回到测量屏幕，这是返回到测量模式的最快捷方法。

方法二：按【返回】键在命令菜单中一次向上退回一个菜单级。如果要使用其他菜单命令，则这种方法可能更为方便。

4.2 常用的前面板和 SCPI 指令操作

- 电压和电流输出.....36
- 步进输出.....38
- 序列输出.....39
- 组合输出.....42
- 保护操作.....43
- 存储调用操作.....44
- 数字I/O接口操作.....44
- 使用极性翻转选件.....48

4.2.1 电压和电流输出

- **选择输出通道**

前面板:	SCPI 命令:
按【通道】键选择一个输出通道。	在命令的参数列表中输入选定的通道。 OUTP:STAT? (@1,2)

- **设置输出电压**

前面板:	SCPI 命令:
按【电压】键。 输入值并按【选择】。	将通道 1 设置为 10V: VOLT 10,(@1) 将所有通道输出设置为 20V: VOLT 20,(@1:4)

- **设置输出电流**

前面板:	SCPI 命令:
按【电流】键。 输入值并按 【选择】。	将通道 1 设置为 1A: CURR 1,(@1) 将所有通道输出设置为 2A: CURR 2,(@1:4)

- **设置电压延时输出**

前面板:	SCPI 命令:
按【菜单】键，Output\Sequence\Delay，设置打开延时或关闭延时时间，并按【确认】。	编程通道 1 延时 50ms 打开，通道 2 延时 0.1s 关闭: OUTP:DEL:RISE 0.05,(@1) OUTP:DEL:FALL 0.1,(@2)

- **设置通道耦合延时输出**

前面板:	SCPI 命令:
按【菜单】键，Output\Sequence\Couple，选中 Enable，并按方向键选择需要耦合输出的通道，设置打开延时时间，并按【确认】。	编程通道 1 和通道 2 耦合并延时 100ms 打开: OUTP:COUP（@1,2） OUTP:DEL:RISE 0.1,(@1,2)

- **设置电压摆率（不同模块有最小摆率值限制）**

前面板:	SCPI 命令:
按【菜单】键，Output\Advanced\Slew 然后选择 Voltage，输入电压摆率值，并按【确认】。	将输出 1 设置为 6V/s: VOLT:SLEW 6,(@1) 设置最快的摆率: VOLT:SLEW MAX,(@1)

- **启用输出**

前面板:	SCPI 命令:
按【开/关】键。 要使用前面板【开/关】键同时启用/禁用四个输出，请选择 System\Preferences\Keys。 选中【开/关】将影响所有通道。	仅启用通道 1 输出: OUTP ON,(@1) 启用所有通道输出: OUTP ON,(@1:4)

4.2.2 步进输出

1764 能够通过 Step 模式实现电压、电流上升或下降步进输出，主要有以下几个操作步骤:

1）设置步进输出模式
2）设置电压电流触发值
3）选择瞬态触发源
4）初始化触发系统并提供触发信号

步骤 1：设置步进输出模式

前面板:	SCPI 命令:
选择 Transient\Mode，可以进行电压、电流步进设置，然后按【选择】键。	使能通道 1 电压响应触发源。 VOLT:MODE STEP,(@1) 使能通道 1 电流响应触发源。 CURR:MODE STEP,(@1)

注 意

在 Step 模式下，当接收到触发信号时，触发值就变成了立即触发值，在 Fixed 模式下，触发信号会忽略，当一个触发信号来到时，这个立即触发值仍然会起作用。

步骤 2：设置电压电流触发值

前面板:	SCPI 命令:
选择 Transient\Step，按方向键选择电压、电流设置，然后按【选择】键。	设置通道 1 电压、电流触发值 VOLT:TRIG 15,(@1) CURR:TRIG 1,(@1)

步骤 3：选择瞬态触发源

Bus	选择 GPIB 设备触发、*TRG 或<GET>（组执行触发）
Pin<n>	选择数字 I/O 口某一针作为触发源，必须将选定的针配置为触发输入，这样才能用作触发源
Transient<n>	选择输出通道的瞬时系统作为触发源
Ext	选择任一针作为外部触发输入

前面板:	SCPI 命令:
选择 Transient\TrigSource\Bus	选择通道 1 总线触发 TRIG:TRAN:SOUR BUS,(@1)
选择 Transient\TrigSource\digital port pins	选择通道 1 数字 I/O 口触发 TRIG:TRAN:SOUR PIN<n>,(@1)
选 择 Transient\TrigSource\output channels	选择通道 1 瞬态输出触发 TRIG:TRAN:SOUR TRAN<n>,(@1)

步骤 4：初始化触发系统并提供触发信号

前面板:	SCPI 命令:
选择 Transient\Control\Initiate	初始化触发系统 INIT:TRAN (@1)
在 Transient\Control 菜单中选择触发	对通道 1 产生立即触发 TRIG:TRAN (@1)
如果不需要触发，在 Transient\Control 中选择 Abort 放弃。	放弃通道 1 触发 ABOR:TRAN (@1)
选择 Transient\Step，检查使能触发输出，然后按【选择】键。	对第 1 通道产生触发信号 STEP:TOUT ON,(@1)

4.2.3 序列输出

- 编程单个或重复序列脉冲.....32
- 编程任意序列输出.....33

1764 能够通过 List 模式实现电压和电流序列输出，同步内部或外部信号，该模式允许高达 512 个编程步进输出，并且能够编程重复周期性变化。每一个步进值及间隔时间可以独立编程，间隔时间可以设置在 0 ~ 262s 范围内。

4.2.3.1 编程单个或重复序列脉冲

图 4.10 显示了利用序列输出功能产生脉冲，如果只要产生单个脉冲，则跳过步骤 4 和步骤 5，直接按步骤 6 执行。

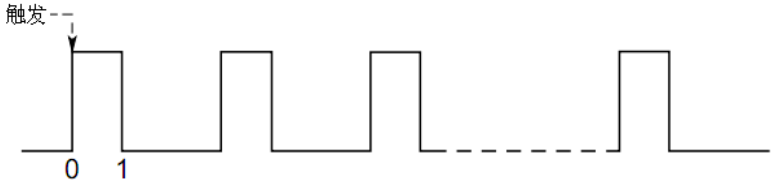


图 4.10 序列输出示意图

4.2 常用的前面板和 SCPI 指令操作

步骤 1：设置电压、电流序列脉冲功能，下面以电压设置为例说明。

前面板：	SCPI 命令：
选择 Transient\Mode。设置电压序列模式，按【选择】键确认。	编程通道 1 序列模式： VOLT:MODE LIST,(@1)

步骤 2：设置脉冲幅值和间隔，下面以产生时间间隔 1s，幅值 15V 脉冲为例说明

前面板：	SCPI 命令：
选择 Transient\List\Config，在 Step 0 输入电压值为 15V，按【选择】键确认，在时间间隔中输入 1，按【选择】键确认。	编程通道 1 输出脉冲序列： LIST:VOLT 15,(@1) LIST:DWEL 1,(@1)

步骤 3：设置步进为自动，时间间隔到后自动产生下一个脉冲。

前面板：	SCPI 命令：
选择 Transient\List\Pace，选择时间间隔。按【选择】键确认。	编程通道 1 自动产生脉冲： LIST:STEP AUTO,(@1)

步骤 4：如果需要编程连续脉冲，则需要设置第一个步进幅值以及持续时间和关断时间，下面以幅值 15V，持续时间 1s，关断时间 2s 为例说明。

前面板：	SCPI 命令：
选择 Transient\List\Config，选择 Step 1 电压值为 0V，按【选择】键。并输入时间间隔分别为：1s,2s，按【选择】确认。	编程通道 1 输出： LIST:VOLT 15,0,(@1) LIST:DWEL 1,2,(@1)

步骤 5：如果想重复产生脉冲序列，以产生 50 个脉冲序列为例说明。

前面板：	SCPI 命令：
选择 Transient\List\Repeat，输入序列重复数目，按【选择】键确认。	编程通道 1 输出： LIST:COUN 50, (@1)

步骤 6：如果想利用脉冲给另外通道产生触发信号，以脉冲结束产生触发信号为例说明。

前面板：	SCPI 命令：
选择 Transient\List\Config，选择 Step 0 并检查其是否选中，按【选择】键确认。	编程通道 1 输出： LIST:TOUT:EOST 1,0,(@1)

步骤 7：在脉冲序列完成后，可以返回原始输出状态。

前面板：	SCPI 命令：
选择 Transient\List\Terminate，选择返回到开始，按【选择】键确认。	编程通道 1 输出： LIST:TERM:LAST 0,(@1)

步骤 8：选择触发源产生单个脉冲或序列脉冲，以总线触发为例说明。

前面板：	SCPI 命令：
选择 Transient\TrigSource，选择 Bus，按【选择】键确认。	编程通道 1 输出： TRIG:TRAN:SOUR BUS,(@1)

步骤 9：初始化瞬态触发系统。

前面板：	SCPI 命令：
选择 Transient\Control，按【选择】键确认。	编程通道 1 输出： INIT:TRAN (@1)

步骤 10：触发输出脉冲或序列脉冲。

前面板：	SCPI 命令：
选择 Transient\Control\Trigger，按【选择】键确认。	*TRG

步骤 11：启动脉冲输出。

前面板：	SCPI 命令：
按【开/关】键打开输出。	OUTP ON，(@1)

4.2.3.2 编程任意序列输出

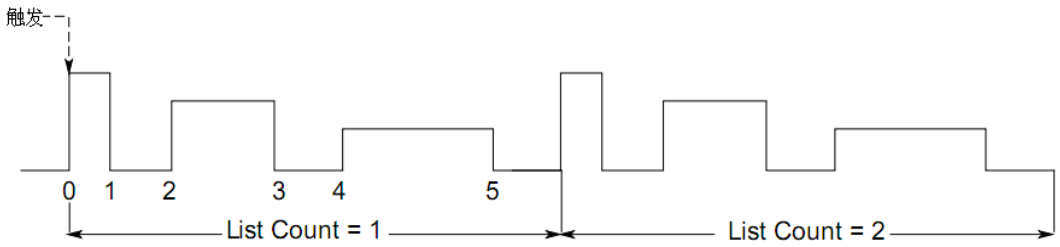


图 4.11 任意序列输出示意图

图 4.11 显示怎样产生电压脉冲，电压和时间可以任意设置，以下分步骤说明任意序列输出操作。

步骤 1：设置电压或电流任意序列输出功能，下面以电压设置为例说明。

前面板：	SCPI 命令：
选择 Transient\Mode。设置电压序列模式，按【选择】键确认。	编程通道 1 序列模式： VOLT:MODE LIST,(@1)

步骤 2：编程输出序列电压值，例如，连续产生 9V，0V，6V，0V，3V，0V 电压序列。

前面板：	SCPI 命令：
选择 Transient\List\Config， 在 Step 中输入第一个电压值为 9V，按【选择】键确认，重复这一操作，按上、下方向键选择下一步。	编程通道 1 输出： LIST:VOLT 9,0,6,0,3,0,(@1)

步骤 3：设置每一种电压持续时间和关断时间间隔，如设置间隔时间分别为 2s，3s，5s，3s，7s，3s。

前面板：	SCPI 命令：
选择 Transient\List\Config， 在 Step 中输入第一个时间间隔 2s，按【选择】键确认。重复这一操作，按上、下方向键选择下一步。	编程通道 1 输出： LIST:DWEL 2,3,5,3,7,3,(@1)

步骤 4：设置下一个连续脉冲按照上面执行。

前面板：	SCPI 命令：
选择 Transient\List\Pace， 选择 Dwell-paced，按【选择】确认。	编程通道 1 输出： LIST:STEP AUTO,(@1)

步骤 5：如果想利用脉冲序列来产生触发信号，触发其他通道输出或连接到数字 I/O 口的外部设备。

前面板：	SCPI 命令：
选择 Transient\List\Config， 选择 List Step，在 Tout Begin Step 中输入 1，按上、下方向键选择下一步，重复这一操作。	在通道 1 第 4 步开始时编程触发信号： LIST:TOUT:BOST 0,0,0,0,1,0,@(1) 在通道 1 第 0，2，4 步结束时编程触发信号： LIST:TOUT:EOST 1,0,1,0,1,0,(@1)

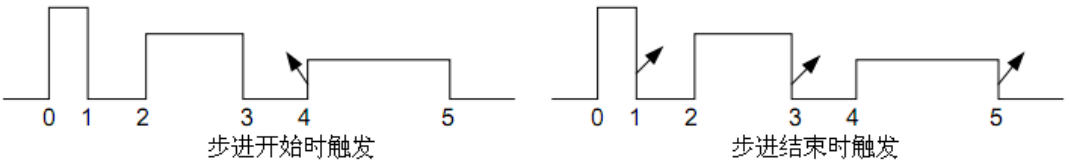


图 4.12 序列输出产生触发信号示意图

步骤 6：如果想终止序列，例如，当序列输出完成后，想要序列回到最后一步时的值，执行下面操作。

前面板：	SCPI 命令：
选择 Transient\List\Terminate，选择 Stop Last Step，按【选择】键确认。	编程通道 1 输出： LIST:TERM:LAST 1,(@1)

步骤 7：想要重复输出脉冲序列，例如，重复 2 次。

前面板：	SCPI 命令：
选择 Transient\List\Repeat，输入重复次数“2”，按【选择】键确认。	编程通道 1 输出： LIST:COUN 2,(@1)

步骤 8：选择触发源并初始化、触发，打开输出后即触发输出。

前面板：	SCPI 命令：
选择 Transient\TrigSource， 选择 Bus，按【选择】键确认。	编程通道 1 输出： TRIG:TRAN:SOUR BUS,(@1)
选择 Transient\Control\Initiate	初始化触发系统 INIT:TRAN (@1)
选择 Transient\Control\Trigger 触发	对通道 1 产生立即触发 TRIG:TRAN (@1)
打开输出通道 1	OUTP ON，(@1)

4.2.4 组合输出

可以将多个输出通道相同电源模块组合成一个大电流或大功率通道使用，最多可以将 4 个通道组合起来，所有组合通道输出端必须并联连接使用，最大组合电流为各单通道电流之和，当组合通道电流之和小于单通道最大电流时，不建议组合通道使用。组合后的通道，过流保护相比单通道会有所延时（约 10ms），当输出通道组合成一个大功率单通道后，该通道以组合前最低通道数为地址。设置组合通道或取消组合通道，需要重启电源后才能生效。

前面板：	SCPI 命令：
选择 System\Groups，选择需要组合的通道。 选择 System\Groups，取消先前组合通道。 按电源开关，重启电源。	将 2，3，4 通道组合起来： SYST:GRO:DEF (@2,3,4) 取消组合通道： SYST:GRO:DEL:ALL SYST:REB

4.2.5 保护操作

每个输出都有自身的保护功能，当一种保护功能起作用后，在前面板上能显示保护状态，一旦保护功能触发，若想继续操作，必须在系统菜单中将该保护清除。在所有保护功能中，只有 OV、OC、PROT 和 INH 保护功能是用户可以编程的。

OV	过压保护是一种硬件保护，可以设置触发保护值，这个功能总是使能的。
OC	过流保护是一个能使能禁止可编程功能，当使能设置后，当输出电流达到电流极限设置值，输出将被禁止。
OT	过温保护功能监视每一个通道输出温度，如果输出通道温度超过出厂设置极限值，该功能将触发并关断通道输出。
PF	PF 指示输入交流电网输入失败，该功能将禁止输出操作。
PROT	从其他通道输出耦合过来的保护信号，或输出看门狗定时超时，该功能将指示禁止输出。

- **设置过压保护**

前面板：	SCPI 命令：
选择 Protect\OVP。在 OVP 框中输入设置值，按下【选择】键确认。	设置通道 1 过压保护点为 10V： VOLT:PROT 10,@1

- **设置过流保护**

前面板：	SCPI 命令：
选择 Protect\OCP，并检查使能框是否选择，按下【选择】键确认。 输入保护延迟时间，并按下【选择】键确认。	使能通道 1 和通道 2 过流保护： CURR:PROT:STAT 1,(@1,2) 对通道 1 过流保护延迟 10ms： OUTP:PROT:DEL 0.01,(@1)

- **耦合输出保护**

前面板：	SCPI 命令：
选择 Protect\Couple，检查使能耦合框是否选中，按【选择】键确认。	使能输出耦合保护： OUTP:PROT:COUP ON

- **输出看门狗定时保护**

如果没有程控接口控制活动，可以设置看门狗定时保护，编程时间范围：1 ~ 3600s，默认值为 60s。定时时间到后，关闭输出。

前面板:	SCPI 命令:
选择 Protect\Wdog，选择使能看门狗定时器，输入保护延时时间，按【选择】确认。	使能看门狗定时器: OUTP:PROT:WDOG ON 设置定时时间为 600s OUTP:PROT:WDOG:DEL 600

- **清除保护功能**

前面板:	SCPI 命令:
选择 Protect\Clear，按【选择】确认。	清除通道 1 保护: OUTP:PROT:CLE(@1)

4.2.6 存储调用操作

前面板:	SCPI 命令:
选择 States\SaveRecall，输入存储位置 0 或 1，按【选择】确认，选择 Save 或 Recall 表示存储或调用状态。	存储一种状态: *SAV <n> 调用一种状态: *RCL <n>
选择 States\PowerOn, 选择上电时复位或直接调用状态 0。	OUTP:PON:STAT RCL0

4.2.7 数字 I/O 接口操作

- 数字I/O接口.....37
- 双向数字I/O.....37
- 数字输入.....38
- 外部触发.....38
- 故障输出.....39
- 外部禁止输入.....39
- 故障禁止/系统保护.....40
- 清除系统保护故障.....40

位于主机后面板，其具有 7 个 I/O 针和一个共用端组成，用于访问数字控制功能。用户可对每个 I/O 针进行配置。下列控制功能可用于 I/O 针:

a）双向数字 I/O
b）仅限数字输入
c）外部触发输入/输出
d）故障输出

e）外部禁止输入
f）输出开启/关闭耦合

4.2.7.1 数字 I/O 接口

每个设备主机和附件中分别包含有一个数字 I/O 接口和一个快速断开连接连接器插头，下面介绍了可用的针功能和可以采用的针配置。除了可配置的针功能外，还可配置每个针的信号极性。如果选择了正极性，逻辑真信号是针上电压高。如果选择了负极性，逻辑真信号是针上电压低。

针功能	可用的可配置针
数字输入/输出和数字输入	针 1 至 7
外部触发输入/输出	针 3 至 7
输出耦合状态	针 4 至 7
故障输出	针 1 和 2
外部禁止输入	针 3
共用端(⊥)	针 8

4.2.7.2 双向数字 I/O

可将 7 个针配置为通用双向数字输入和输出，还可配置针的极性，针 8 是数字 I/O 针的信号共用端。根据下列位分配对数据进行编程:

针	1	2	3	4	5	6	7
位	0	1	2	3	4	5	6

配置数字 I/O 的针:

前面板:	SCPI 命令:
选择 System\IO\DigPort\Pin<n>，其中<n> 是针号。 选择 Function，然后选择 Digital I/O。 返回一级，选择 Polarity，然后选择 Positive 或 Negative。	配置针功能: DIG:PIN<1-7>:FUNC DIO 配置针极性: DIG:PIN<1-7>:POL <pol>
要将数字数据发送到针，请选择 System\IO\DigPort\Data。 选择 Data Out，然后输入数据作为二进制数字。	将数据发送到针: DIG:OUTP:DATA <data>

可使用数字 I/O 针控制继电器电路和数字接口电路。图 4.13 介绍使用数字 I/O 功能的典型继电器电路以及数字接口电路连接。

4.2 常用的前面板和 SCPI 指令操作

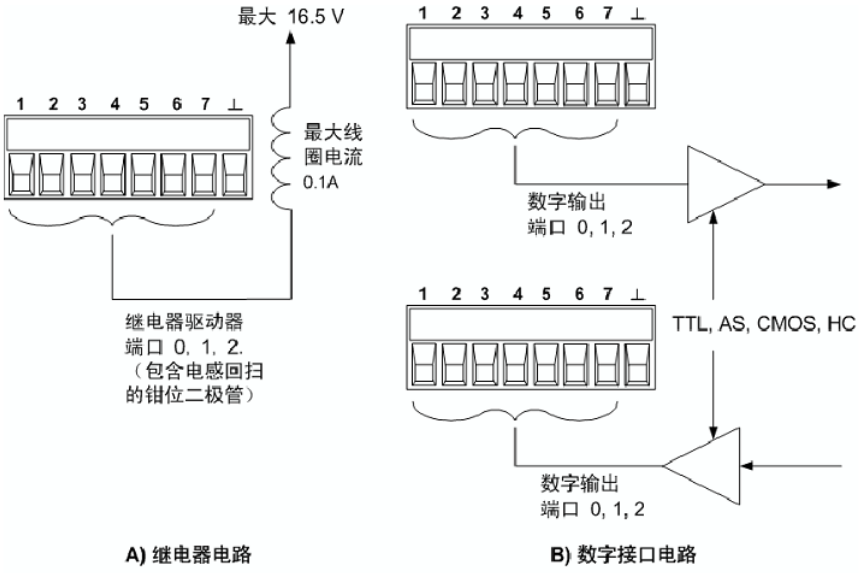


图 4.13 数字 I/O 功能的典型继电器电路以及数字接口电路连接示意图

4.2.7.3 数字输入

可将 7 个针仅配置为数字输入。还可配置针的极性。针 8 是数字输入针的信号共用端。针的状态反映了施加到针上的外部信号的真实状况。数字输出字的值不影响针的状态。将针仅配置为数字输入：

前面板：	SCPI 命令：
选择 System\IO\DigPort\Pin<n>， 其中<n> 是针号。 选择 Function，然后选择 Digital In。 返回一级，选择 Polarity，然后选 择 Positive 或 Negative。	配置针功能： DIG:PIN<1-7>:FUNC DINP 配置针极性： DIG:PIN<1-7>:POL <pol>
要从针读取数据，请选择 System\IO\DigPort\Data。 输入数据在 Data In 字段中显示为 二进制数字。	读取针数据： DIG:INP:DATA?

4.2.7.4 外部触发

可将 7 个针配置为触发输入或触发输出。还可配置针的极性。在对触发极性进行编程时，POSitive 表示上升沿，NEGative 表示下降沿。针 8 是触发针的信号共用端。

在配置为触发输入时，可对指定的触发输入针施加负向或正向脉冲。触发等待时间为 5 μs。正向信号的最小脉冲宽度为 4 μs，负向信号的最小脉冲宽度为 10 μs。针的极性设置决定哪个边沿产生触发输入事件。

被配置为触发输出后，指定的触发针将产生一个 10μs 宽的触发脉冲，以响应触发事件。当连接到共用端时，根据极性的设置，触发脉冲可以是正向或负向。

前面板:	SCPI 命令:
选择 System\IO\DigPort\Pin<n>，其中<n> 是针号。 选择 Function，然后选择 Trigger In 或 Trigger Out。 返回一级，选择 Polarity，然后选择 Positive 或 Negative。	选择针 1 的触发输出功能: DIG:PIN1:FUNC TOUT 选择针 2 的触发输入功能: DIG:PIN2:FUNC TINP 选择触发极性: DIG:PIN<1-7>:POL <pol>

4.2.7.5 故障输出

可将针 1 和 2 配置为故障输出对。还可配置针 1 的极性。针 1 是故障输出；针 2 是针 1 的共用端。注意，针 2 还必须连接到针 8。

故障输出功能允许任何通道上的故障条件可以在数字控制端口上产生一个故障信号。下列条件将产生故障事件：过电压、过电流、过温、外部禁止信号、电源故障条件或在某些型号上的电源限制条件。

针 1 和针 2 专门用于此功能。此配置可提供光学隔离输出。将忽略针 2 的功能。注意，故障输出信号将保持锁存状态，直到清除故障条件为止。还必须清除保护电路。

前面板:	SCPI 命令:
选择 System\IO\DigPort\Pin1。 选择 Function，然后选择 Fault Out。 返回一级，选择 Polarity，然后选择 Positive 或 Negative。	配置故障功能: DIG:PIN1:FUNC FAUL 选择故障输出极性: DIG:PIN1:POL <pol>

4.2.7.6 外部禁止输入

在后面板数字控制连接器第 3 脚，可编程作为外部禁止输入信号使用，还可配置针 3 的极性。针 8 是针 3 的共用端。

外部禁止输入功能让外部输入信号控制主机中的所有输出通道的输出状态。当外部禁止输入为真时，输出被禁用。信号等待时间为 5μs。可将禁止模式编程为“锁存”或“关闭”。

前面板:	SCPI 命令:
选择 System\IO\DigPort\Pin3。 选择 Function，然后选择 Inhibit In。 选择 Polarity，然后选择 Positive 或 Negative。	配置外部禁止功能: DIG:PIN3:FUNC INH 选择外部禁止输入极性: DIG:PIN3:POL <POL>
返回一级，选择 Latching 关闭输出	锁存外部禁止信号控制: OUTP:INH:MODE LATC
或选择 Live 关闭输出	设置外部禁止信号实时控制: OUTP:INH:MODE LIVE
或要禁用针，选择 Off。	禁用外部禁止信号: OUTP:INH:MODE OFF

只有在以前使用 OUTPut:STATe 命令或前面板 On/Off 开关打开了输出通道后，才能

由外部禁止信号禁用它们。如果在外部禁止输入为真时打开输出通道，输出通道将保持关闭状态。当外部禁止信号关闭输出时，将在前面板上显示 INH ，并在“可查询状态事件”寄存器中设置 INH 位。注意，外部禁止输入信号将保持锁存状态，直到清除它为止。

4.2.7.7 故障禁止/系统保护

下图说明如何连接 FLT 和 INH 针，以协调多个主机上的故障/禁止保护功能。

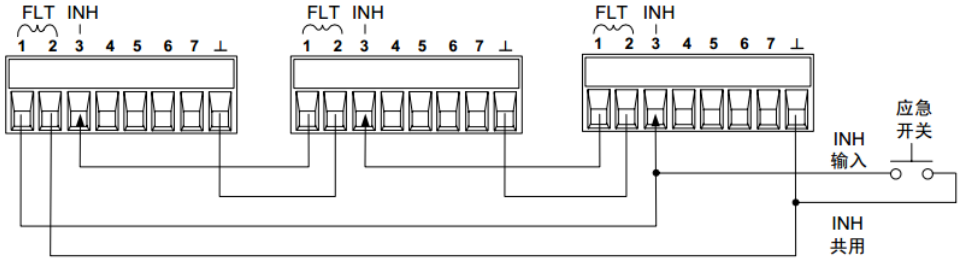


图 4.14 多个主机上的故障/禁止保护功能连接示意图

如图 4.14 所示，在将多个主机的故障输出和外部禁止输入进行菊花链串联之后，其中一个主机中的内部故障条件将禁用所有输出和输入，而不需要控制器或外部电路干预。您必须对菊花链中的所有 FLT 和 INH 针选择相同的极性（正极或负极）。

还可以将外部禁止输入连接到手动开关或外部控制信号，这将在有必要禁用主机中的所有输出通道时将禁止针缩短到共用端。在这种情况下，必须对所有 FLT 和 INH 针进行负极性编程。还可以在发生用户可定义的故障时使用故障输出驱动外部继电器电路，或向其他设备发出信号。

4.2.7.8 清除系统保护故障

要在故障条件发生时使所有设备恢复到正常工作条件，必须删除两个故障条件：

a）初始保护故障或外部禁止信号。

b）由锁存的 INH 信号发出的菊花链串联的 FLT 信号。

即使在删除了故障条件或外部信号后，INH 信号仍为活动状态，并将继续关闭主机的输出。要在锁存外部禁止输入时清除菊花链串联的故障信号，请分别关闭所有主机上的外部禁止输入。要重新启用链，必须将每个主机上的外部禁止输入重新编程为锁存模式。

4.2.8 使用极性翻转选件

当极性翻转选件装入相应模块时，在默认情况下输出正常极性的输出电压，如果需要输出反极性电压，需在主机前面板菜单或者使用 SCPI 命令进行设置。

前面板：	SCPI 命令：
选择 Output/Advanced/Pol。检查 Reverse polarity 选项是否选中，选中，输出为反极性电压；没有选中，则输出正常极性电压。	选择通道 1 输出反极性电压：OUTP:REL:POL REV,(@1) 选择通道 1 输出正常极性电压：OUTP:REL:POL NORM,(@1)

注 意

极性翻转电压显示

如果设置输出电压为反极性电压，则输出电压在前面板上的显示为：10.001$\bar{V}$（以 -10.001V 为例）。

5 远程控制

本章简要的介绍了 1764 的程控基础、程控接口与配置方法及基本接口编程方法，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.....50
- 仪器程控端口与配置.....55

5.1 远程控制基础

- 程控接口.....50
- SCPI命令.....52
- 命令序列与同步.....55
- 编程注意事项.....55

5.1.1 程控接口

1764 程控直流电源支持三种程控接口：LAN、GPIB 和 USB。

- LAN接口.....50
- GPIB接口.....51
- USB接口.....51

5.1.1.1 LAN 接口

1764 可通过局域网内计算机进行远程控制，网内控者计算机需事先安装仪器控制软件和 VISA 库。控者计算机和 1764 需通过网口连接到共同的 TCP/IP 协议网络上。连接计算机和 1764 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。通常，计算机和 1764 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。

通过 LAN 接口对 1764 进行远程控制时，应保证网络物理连接畅通，并需要将本机 IP 地址设置到主控计算机所在的子网内。例如：主控计算机的 IP 地址是 172.41.5.100，则 1764 的 IP 地址应设为 172.41.5.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172.41.5.100，建立原始套接字连接时可使用：

  TCPIP:: 172.41.5.100::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。

5.1.1.2 GPIB 接口

GPIB 接口是广泛使用的仪器程控接口，通过 GPIB 电缆连接仪器和主控计算机来组建测试系统。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 1764，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 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

实现USB程控，需要通过USB B型口连接计算机和1764，并事先安装Agilent IO Library 14.0 或以上版本的驱动程序（通过是德科技官网下载），计算机端需要通过仪器对应的虚拟串口号与1764建立通信连接。

5.1.2 SCPI 命令

- SCPI命令简介.....52
- SCPI命令说明.....52

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同一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。1764 的编程参考指令，具体详见附录 A。

5.1.2.2 SCPI 命令说明

- 通用术语.....52
- 命令类型.....53
- 命令树.....54
- 命令参数和响应.....54
- 命令行结构.....55

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。因通用命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。

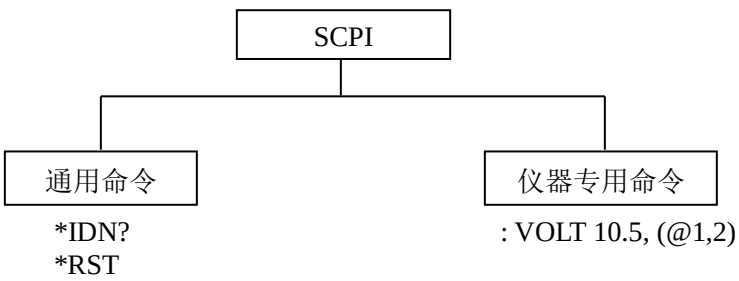


图 5.1 SCPI 命令类型

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:

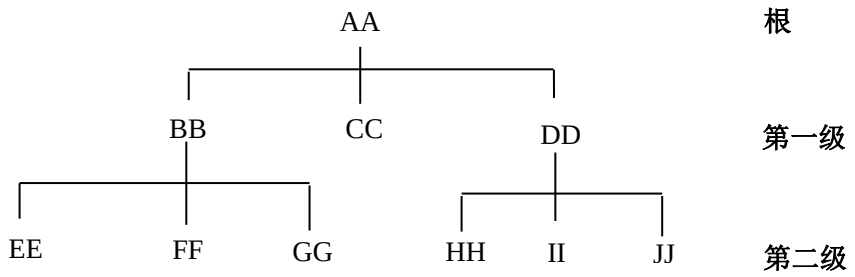


图 5.2 简化的命令树示意图

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:MOD? ，其中，SYST 代表 AA，:CHAN 代表 BB，:SER 代表 GG，整个命令路径是（AA:BB:GG)。

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

常用的 SCPI 命令参数和响应数据类型如表 5.1 所示。

表 5.1 SCPI 命令参数和响应数据类型

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
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

5) 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：

- 换行；
- 回车与换行；

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。

提 示

设置命令与查询命令分开发送

一般规则：为保证查询命令的返回结果正确，设置命令和查询命令应在不同的程控消息中发送。

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。

5.2 仪器程控端口与配置

- LAN.....56
- GPIB.....57
- USB.....57

5.2.1 LAN

- 建立连接.....58
- 接口配置.....58

5.2.1.1 建立连接

使用网线将1764与外部控者（计算机）连接到局域网，如图5.3所示:

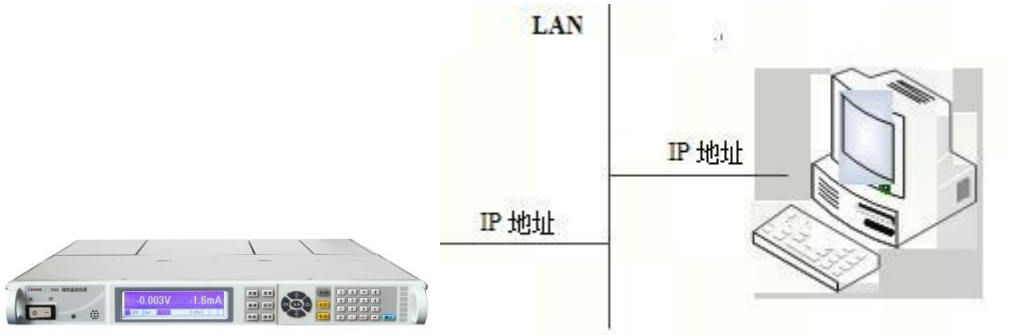


图 5.3 LAN 接口连接图

5.2.1.2 接口配置

通过局域网对 1764 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。

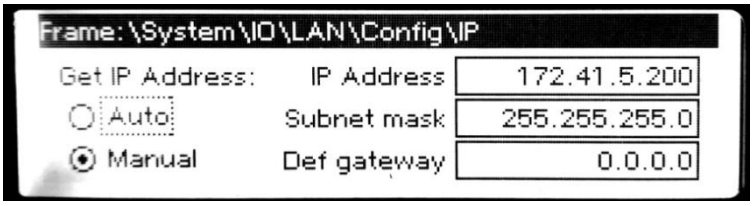


图 5.4 LAN 接口设置

注 意

LAN 连接

确保 1764 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.....57
- 接口配置.....57

5.2.2.1 建立连接

使用 GPIB 电缆连接 1764 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 1764 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。

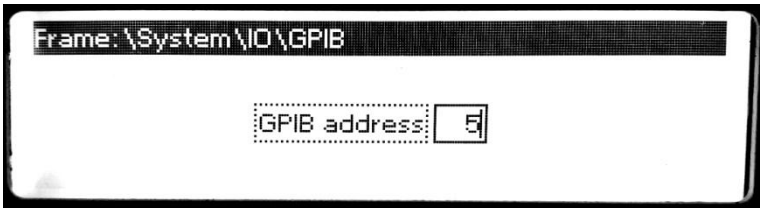


图 5.6 GPIB 接口设置

5.2.3 USB

- 建立连接.....58
- 接口配置.....58

5.2.3.1 建立连接

使用 USB 电缆连接 1764 与外部控者（计算机），如图 5.7 所示：

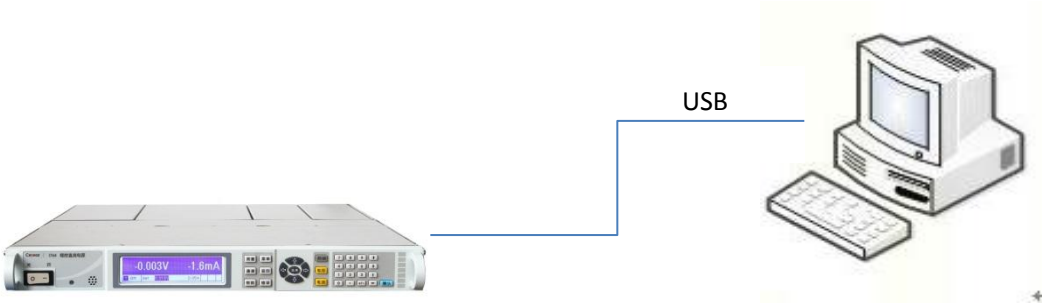


图 5.7 USB 连接图

5.2.3.2 接口配置

用户在利用 USB 进行 1764 搭建系统时，需要事先安装 Agilent IO Library 14.0 或以上版本的驱动程序。

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 1764 出错信息。

如果您购买的 1764，在操作过程中遇到一些问题，或您需要购买相关部件或附件，本公司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、软件或用户使用不当，一旦出现问题请您及时与我们联系。如果您所购买的 1764 处于保修期，我们将按照保修单上的承诺对您的 1764 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.....59
- 故障诊断与排除.....61
- 返修方法.....61

6.1 工作原理

为了便于用户了解 1764 的功能，更好的解决操作过程中遇到的问题，本节介绍 1764 的基本工作原理及硬件原理框图。

1764 由主机和电源模块组成，电源模块主要有 20V 模块（DC1764-M3020A）、20V 模块（DC1764-M3020B）、35V 模块（DC1764-M3035A）、60V 模块（DC1764-M3060A）、100V 模块（DC1764-M3100A）和 150V 模块（DC1764-M3150A）。其中 20V 模块（DC1764-M3020B）占用主机 2 个槽位，其余五种模块占用 1 个槽位，一个主机最多可以安装四个模块。原理框图见图 6.1。

程控直流电源的硬件电路主要包括三个部分：一是功率电路，用于完成 DC / DC 变换，产生所需要的电压；二是 FPGA 控制及信号调理电路，用于对系统数据进行采样，并进行处理，对功率电路产生程控的 PWM 控制信号；三是驱动保护电路，用于产生所需的开关管驱动波形，并避免开关管开关过程的各种干扰因素。

整机硬件方案可以支持四个通道独立输出控制，也可以支持多个通道的串并联输出。为了实现上述功能，模块采用了形式完全相同的初级功率输入单元以及控制拓扑相同的功率输出单元。输入供电电源采用 APFC 电路实现高功率因素和第一级电压输出，功率输出单元采用全桥电路拓扑和整流调整输出电路实现输出调整。

6.1 工作原理

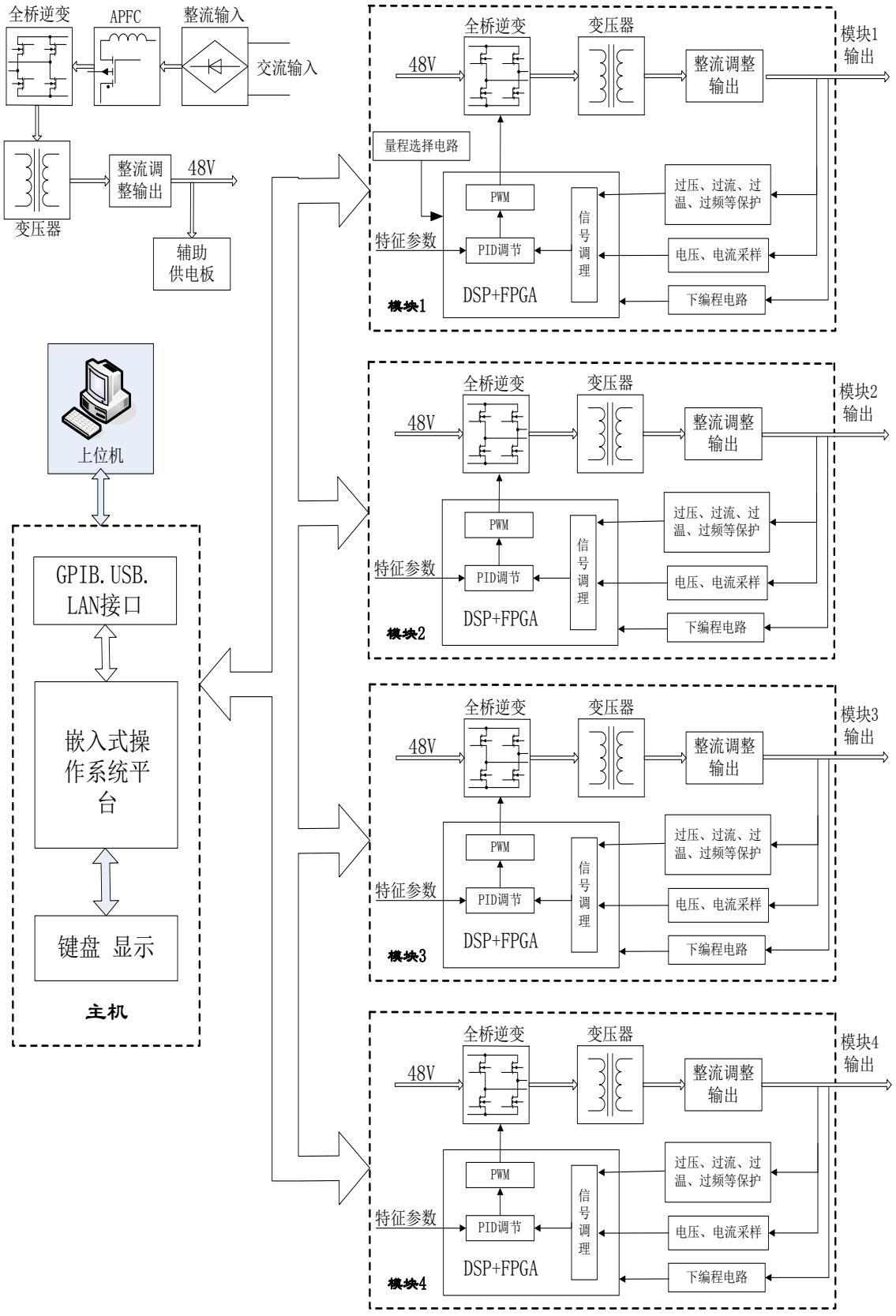


图 6.1 原理框图

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 1764 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。

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.....61
- 开机风扇不转.....61
- 模块输出不正常.....61

6.2.1 开机不显示

检查 220V 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。如果是设备本身电源引起的则需拿回厂家维修或更换电源。

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 模块输出不正常

若模块单元输出不正常，请检查参数设置是否正确，可进行复位。如果复位后模块输出仍不正常就需返回厂家维修。

6.3 返修方法

- 联系我们.....61
- 包装与邮寄.....62

6.3.1 联系我们

若1764出现问题，首先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。

联系方式:

免费客服电话: **800-868-7041**
技术支持: **0552-4072248**
传　　真: **0552-4070248**
网　　址: **www.ceyear.com**
电子信箱: **eibb@ceyear.com**
邮　　编: **233006**
地　　址: **安徽省蚌埠市华光大道726号**

6.3.2 包装与邮寄

当您的 1764 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 1764 需要返修时，请您用原包装材料和包装箱包装 1764，并按下面的步骤进行包装:

1) 写一份有关 1764 故障现象的详细说明，与 1764 一同放入包装箱。
2) 用原包装材料将 1764 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 1764 需注意

使用其它材料包装 1764，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 1764 的技术指标。

- 声明.....63
- 产品特征.....63
- 技术指标.....65

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 40℃ 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；其中包括测量的不确定度。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，比如幅度漂移随时间的变化。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

1764（主机）的产品特征如表7.1所示。

表7.1 产品特征

一般特性	
交流输入电压范围	100Vac ~ 242Vac (在 110V 电网下工作时，整机输出功率限制在 600W 以内。)
频率范围	50/60Hz±5%
最大功率输入	2200VA
环境条件 **工作环境:** **温度范围:** **相对湿度:** **海拔高度:** **存放温度:**	 室内使用 0℃至 40℃ 最高 95% 最高 2000 米 -30℃ 至 70℃
接口功能	GPIB（兼容 SCPI 指令），LAN，USB 接口，LXI 兼容（C 类）
直接并联配置	最多 4 个输出
输出端子隔离（最大值，从机箱接地）	±240 Vdc
可保存状态 **存储器位置:** **存储前状态:**	 2（0 和 1） 0
保护响应特征 **INH 输入:** **耦合输出中的故障:**	 从收到禁止信号到开始关闭的时间为 5μs 从收到故障信号到开始关闭的时间 < 10μs
数字控制特征 **最大电压额定值:** **针 1 和 2 作为 FLT 输出:** **针 3-7 作为数字/触发输出:（针 8 = 共用）** **针 1-7 作为数字/触发输入，针 3 作为 INH 输入: （针 8=共用）**	 针之间 +16.5VDC/− 5VDC （针 8 在内部连接到机箱接地）。 最大低电平输出电压在 4mA 时为 0.5V 最大低电平灌入电流为 4mA 典型系统级漏电电流在 16.5VDC 时为 1mA 最大低电平输出电压在 4mA 时为 0.5V; 在 50mA 时为 1V; 在 100mA 时为 1.75V 最大低电平灌入电流为 100mA 典型系统级漏电电流在 16.5VDC 时为 0.8mA 最大低电平输入电压为 0.8V 最小系统级输入电压为 2V 典型低电平电流在 0V 时为 2mA（内部 2.2k 上拉） 典型系统级漏电电流在 16.5VDC 时为 0.12mA
体积	宽×高×深（mm）：435×45×590
重量（净重）	主机箱：9kg，双槽模块：2.5kg，单槽模块：1.5kg
建议校准周期	12 个月

7.3 技术指标

以下给出了 1764 的主要功能和模块主要技术指标。

- 主要功能.....65
- 模块主要技术指标.....65

7.3.1 主要功能

1764 可进行恒压恒流输出、电压和电流测量，主要功能如下所示：

1) 恒压输出功能：在额定范围内，输出作为恒压源，并可对输出电压进行编程。
2) 恒流输出功能：在额定范围内，输出作为恒流源，并可对输出电流进行编程。
3) 串并联输出功能：相同型号模块可以串联或并联扩展输出电压等级或功率等级。
4) 存储调用功能：可以设置好输出参数并存储，下次开机调入上次设置的参数。
5) 电压、电流序列输出功能：在上位机上通过接口可实现电压、电流序列输出。
6) 输出远端补偿功能：可以通过远端补偿接口实现负载点电压为实际需要值。
7) 过压、过流保护功能：在模块额定输出范围内，可以设置过压、过流保护点。
8) 外部触发同步控制功能：可以通过主机数字接口实现外部信号同步控制模块输出。

7.3.2 模块主要技术指标

表7.2 模块主要技术指标

模块 指标	DC1764-M3020A	DC1764-M3020B	DC1764-M3035A	DC1764-M3060A	DC1764-M3100A	DC1764-M3150A
额定输出						
功率	300W	300W	300W	300W	300W	300W
电压	0 ~ 20V	0 ~ 20V	0 ~ 35V	0 ~ 60V	0 ~ 100V	0 ~ 150V
电流	0 ~ 15A	0 ~ 50A	0 ~ 8.5A	0 ~ 5A	0 ~ 3A	0 ~ 2A
源效应						
电压	2mV	0.5mV	4mV	6mV	10mV	15mV
电流	1mA	5mA	1mA	1mA	1mA	1mA
负载效应						
电压	13mV	2mV	16mV	24mV	45mV	68mV
电流	6mA	12mA	6mA	6mA	6mA	6mA
输出纹波/噪声（使用阻性负载，测试带宽20Hz-20MHz）						
电压	3mV/20mV	1mV/5mV	5mV/22mV	9mV/35mV	18mV/45mV	27mV/68mV

7.3 技术指标

电流	6mA	10mA	6mA	6mA	6mA	6mA
编程准确度(23℃±5℃)						
电压	0.1%+20mV	0.06%+10mV	0.1%+35mV	0.1%+60mV	0.1%+100mV	0.1%+150mV
电流	0.15%+60mA	0.1%+30mA	0.15%+60mA	0.15%+60mA	0.15%+30mA	0.15%+30mA
回读准确度(23℃±5℃)						
电压	0.1%+20mV	0.05%+10mV	0.1%+35mV	0.1%+60mV	0.1%+100mV	0.1%+150mV
电流	0.15%+15mA	0.1%+30mA	0.15%+12mA	0.15%+12mA	0.15%+6mA	0.15%+6mA

注 1: “编程准确度”技术指标表达法的举例解释：如 60V 模块，电压编程准确度在输出电压为“0V”时技术指标为：0V±(0V×0.1%+60mV)；在输出电压为“60V”时技术指标为：60V±(60V×0.1%+60mV)。表中其他相似表达法如“回读准确度”等含义与此相同。

注 2: 当 DC1764-M3020A 模块中装入极性翻转选件时,模块输出额定电流将被限制到 10A。

附 录 A

附录 A 编程参考指令

表A.1 常用SCPI命令

SCPI 命令:	描述
ABORt	
:ELOG(@chanlist)	将测量触发系统复位到空闲状态
:TRANsient(@chanlist)	将瞬态触发系统复位到空闲状态
CALibrate	
:CURRent	
[:LEVel]<NRf>,(@channel)	校准输出电流编程
:MEASure<NRf>,(@channel)	校准电流测量
:DATA<NRf>	输入校准值
:DATE<“date”>,(@channel)	设置校准日期
:LEVel P1|P2|P3	接着进行下一个步骤
:PASSword<NRf>	设置校准密码
:SAVE	保存新的校准数据在非易失性存储器中
:STATE<Bool>[,<NRf>]	启用/禁止校准模式
:VOLTage	
[:LEVel]<NRf>,(@channel)	校准输出电压编程
:LIMit	
:MEASure<NRf>,(@channel)	校准电压测量
INITiate	
[:IMMediate]	
:ELOG(@chanlist)	启用外部数据记录测量
:TRANsient(@chanlist)	启用输出瞬态系统接收触发
:CONTinuous	
:TRANsient<Bool>,(@chanlist)	启用/禁止连续瞬态触发
MEASure	
[:SCALar]	
:CURRent	
[:DC]?(@chanlist)	进行测量，返回平均输出电流
:VOLTage	
[:DC]?(@chanlist)	进行测量，返回平均输出电压
OUTPut	
[:STATe]<Bool>[,NORelay],(@chanlist)	启用/禁用指定的输出通道

附录 A　编程参考指令

SCPI 命令:	描述
:COUPle	
[:STATe]<Bool>	启用/禁用输出同步的通道耦合
:CHANNel[<NR1>{,<NR1>}]	选择要耦合的通道
:DOFFset<NRf>	指定最大延时偏移量到同步输出变化
:MAX	
:DOFFset?	返回主机需要的最大延时偏移量
:DELay	
:FALL<NRf+>,(@chanlist)	设置输出关序列延时
:RISE<NRf+>,(@chanlist)	设置输出开序列延时
:INHibit	
:MODE LATChing|LIVE|OFF	设置外部禁止输入
:PON	
:STATe RST|RCL0	对电源开启状态编程
:PROTection	
:CLEar(@chanlist)	复位锁存的保护
:COUPle<Bool>	启用/禁用保护故障的通道耦合
:DELay<NRf+>,(@chanlist)	设置过流保护编程延时
:WDOG	
[:STATe]<Bool>	启用/禁止 I/O 看门狗定时器
:DELay <NRf+>	设置看门狗定时器延时
:RELay	
:POLarity NORMal|REVerse,(@chanlist)	设置输出继电器极性（需配置极性反转选件）
[SOURce:]	
CURRent	
[:LEVel]	
[:IMMediate][:AMPLitude]<NRf+>,(@chanlist)	设置输出电流
:TRIGgered [:AMPLitude]<NRf+>,(@chanlist)	设置触发输出电流
:MODE FIXed|STEP|LIST,(@chanlist)	设置电流工作模式
:PROTection	
:DELay	
[:TIME]<NRf+>,(@chanlist)	设置过流保护编程延时
:STARt SCHange|CCTRans,(@chanlist)	设置过流保护编程模式
:STATe<Bool>,(@chanlist)	在选择的输出通道启用/禁止过流保护
:RANGe<NRf+>,(@chanlist)	设置输出电流范围
DIGital	
:INPut:DATA?	读取数字端口针的状态
:OUTPut:DATA<NRf>	设置数字端口

SCPI 命令:	描述
:PIN<1-7>	
:FUNCtion DIO|DINPut|TOUTput|TINPut|FAULt |INHibit|ONCouple|OFFCouple	设置选定针功能
:POLarity POSitive|NEGative	设置选定针极性
:TOUTput	
:BUS[:ENABle]<Bool>	在数字针端口启用/禁止总线产生触发
LIST	
:COUNt<NRf+>|INFinity,(@chanlist)	设置列表重复计数
:CURRent	
[:LEVel]<NRf>{,<NRf>},(@chanlist)	设置电流列表
:POINts?(@chanlist)	返回电流序列点数
:DWELl<NRf>{,<NRf>},(@chanlist)	设置驻留时间列表
:POINts?(@chanlist)	返回驻留列表点数
:STEP ONCE|AUTO,(@chanlist)	指定列表如何响应触发
:TERMinate	
:LAST<Bool>,(@chanlist)	设置列表终止模式
:TOUTput	
:BOSTep	
[:DATA]<Bool>{,<Bool>},(@chanlist)	在步进开始时产生触发
:POINts?(@chanlist)	返回步进列表开始时的点数
:EOSTep	
[:DATA]<Bool>{,<Bool>},(@chanlist)	在步进结束时产生触发
:POINts?(@chanlist)	返回步进列表结束时的点数
:VOLTage	
[:LEVel]<NRf>{,<NRf>},(@chanlist)	设置电压列表
:POINts?(@chanlist)	返回电压点数
POWer	

SCPI 命令:	描述
:LIMit<NRf+>,(@chanlist)	设置输出通道功率限制
STEP	
:TOUTput<Bool>,(@chanlist)	在电压或电流步进瞬态产生一个测量输出
VOLTage	
[:LEVel]	
[:IMMediate][:AMPLitude]<NRf+>,(@chanlist)	设置输出电压
:TRIGgered [:AMPLitude]<NRf+>,(@chanlist)	设置触发输出电压
:MODE FIXed|STEP|LIST,(@chanlist)	设置电压工作模式
:PROTection	
[:LEVel]<NRf+>,(@chanlist)	设置过压保护电平
[:STATe]<Bool>,(@chanlist)	启用/禁止跟踪过压保护
:OFFSet<NRf+>,(@chanlist)	设置跟踪过压保护偏移
:RANGe<NRf+> (@chanlist)	设置输出电压范围
:SLEW	
[:IMMediate]<NRf+>|INFinity,(@chanlist)	设置输出电压摆率
:MAXimum <Bool>,(@chanlist)	启用/禁止最大摆率
STATus	
:OPERation	
[:EVENt]?(@chanlist)	返回操作事件寄存器的值
:CONDition?(@chanlist)	返回操作条件寄存器的值
:PRESet	
:QUEStionable	
[:EVENt]?(@chanlist)	返回查询事件寄存器的值
:CONDition?(@chanlist)	返回查询条件寄存器的值
SYSTem	
:CHANnel	
[:COUNt]?	返回主机中的通道数
:MODel?(@chanlist)	返回选定通道的型号

SCPI 命令:	描述
:OPTion?(@chanlist)	返回选定通道中安装的选件
:SERial?(@chanlist)	返回选定通道的序列号
:COMMunicate	
:RLSTate LOCal|REMote|RWLock	指定设备的远程/本地状态
:TCPip:CONTrol?	返回控制连接端口数
:ERRor?	返回错误数量及信息
:GROup	
:CATalog?	返回已定义的组
:DEFine(@chanlist)	将多个通道组合在一起以创建单个输出
:DELete<channel>	从组中删除指定的通道
:ALL	取消组合所有通道
:PASSword:FPANel:RESet	将前面板锁定密码复位为零
:REBoot	将设备返回其通电状态
:VERSion?	返回 SCPI 版本号
TRIGger	
:ACQuire	
[:IMMediate](@chanlist)	立即触发测量
:CURRent	
[:LEVel]<NRf>,(@chanlist)	设置电流触发电平
:SOURce BUS|CURRent<1-4>|EXTernal|PIN<1-7> |TRANsient<1-4>|VOLTage<1-4>,(@chanlist)	设置测量触发源
:TOUTput[:ENABle]<Bool>,(@chanlist)	启用测量触发发送到数字端口针
:VOLTage	
[:LEVel]<NRf>,(@chanlist)	设置电压触发电平
:ELOG	
[:IMMediate](@chanlist)	触发外部数据立即记录
:SOURce BUS|EXTernal|IMMediate	
|PIN<1-7>,(@chanlist)	设置外部数据记录触发源
:TRANsient	
[:IMMediate] (@chanlist)	立即触发输出
:SOURce BUS|EXTernal|IMMediate|PIN<1-7>	
|TRANsient<1-4>,(@chanlist)	设置输出触发源

表A.2 通用命令

SCPI 命令	描述	SCPI 命令	描述
*CLS	清除状态	*RDT?	返回输出通道说明
*ESE<NRf>	标准事件状态启用	*RST	复位
*ESR?	返回事件状态寄存器	*SAV<NRf>	保存设备状态
*IDN?	返回设备标识	*SRE<NRf>	设置服务请求启用寄存器
*LRN	返回 SCPI 命令顺序	*STB?	返回状态字节
*OPC	启用 ESR 中的“操作完成”位	*TRG	触发
*OPT?	返回选件号	*TST?	自测试，然后返回结果
*RCL<NRf>	调用已保存的设备状态	*WAI	暂停其他命令处理直到所有设备命令都已完成

表A.3 *RST 设置

以下设置由*RST（复位）命令设置			
CAL:STAT	OFF	OUTP:DEL:RISE	0
CURR	0.08 or MIN	OUTP:PROT:COUP	OFF
CURR:LIM	MAX	OUTP:PROT:DEL	0.02
CURR:MODE	FIX	OUTP:PROT:OSC	ON
CURR:PROT:DEL	0.02	OUTP:PROT:WDOG	OFF
CURR:PROT:DEL:STAR	SCH	OUTP:REL:POL	NORM
CURR:PROT:STAT	OFF	POW:LIM	MAX
CURR:RANG	MAX	STEP:TOUT	FALSE
CURR:TRIG	MIN	TRIG:ACQ:CURR	MIN
DIG:OUTP:DATA	0	TRIG:ACQ:SOUR	BUS
DISP:VIEW	METER1	TRIG:ACQ:TOUT	OFF
INIT:CONT:TRAN	OFF	TRIG:ACQ:VOLT	MIN
LIST:COUN	1	TRIG:ELOG:SOUR	BUS
LIST:CURR	MIN	TRIG:TRAN:SOUR	BUS
LIST:DWEL	0.001	VOLT	MIN
LIST:STEP	AUTO	VOLT:LIM	MAX
LIST:TERM:LAST	OFF	VOLT:MODE	FIX
LIST:TOUT:BOST	OFF	VOLT:PROT:DEL	0
LIST:TOUT:EOST	OFF	VOLT:RANG	MAX
LIST:VOLT	MIN	VOLT:SLEW	9.9E+37
OUTP	OFF	VOLT:SLEW:MAX	ON
OUTP:COUP	OFF	[SOUR:]VOLT:TRIG	MIN
OUTP:DEL:FALL	0		

附 录 B

附录 B 校准

本章节包含 1764 程控直流电源（下面简称电源）的校准方法，校准可以通过前面板菜单操作或 SCPI 命令输入实现，电源包括主机和模块，主机不需要校准，模块推荐校准间隔为每年一次。以下介绍如何校准 1764 程控直流电源模块。

B.1 校准注意事项

B.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。

B.1.2 模块必须一次一个通道进行校准，校准命令仅接受单通道参数，如果模块已经编组，在校准时，必须解散组。

B.1.3 当校准采用 SCPI 命令输入时，大部分操作步骤在完成前需要发送查询命令*OPC? 完成同步，电源必须读取每次发送的查询命令*OPC? 后进行响应，某些操作步骤需要 30s 的响应时间。

B.1.4 一旦开始校准，必须全部完成校准流程。当每个校准完成时，电源执行新的校准常数，但是，新的校准常数没有保存在非易失性存储器中，除非进行校准保存。

B.1.5 退出校准模式可以通过退出 Admin 菜单或者发送 CAL:STAT OFF 命令，注意：在退出校准模式后，如果任何通道的校准常数未保存，将会恢复到以前的校准常数。

B.2 校准开关设置

校准开关在主控板上，去除盖板后可以进行设置。校准开关如图 B.1 所示，具体定义如表 B.1。

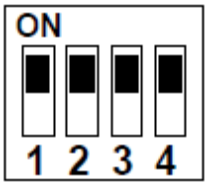


图 B.1 校准开关

表 B.1 校准开关具体定义

	开关 1	开关 2	定义
正常模式	ON	ON	缺省设置，输入密码后，校准功能打开，缺省密码为 0。
清除密码	OFF	ON	上电后将密码复位为 0，忘记密码时，可采用此设置。
校准禁止	OFF	OFF	所有校准命令失效，将阻止任何校准。

B.3 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。如果忘记密码，可以通过设置校准开关进行密码复位，一旦设置密码为 0，可以通过 Admin 菜单或者发送 CAL:PASS 命令进行新的密码设置。在退出 Admin 菜单或者发送 CAL:STAT OFF 命令后，且校准开关已设置为正常模式，新的校准密码将开始生效。通过前面板菜单操作或 SCPI 命令输入实现更改校准密码操作如下表 B.2 所示。

表 B.2 通过前面板或 SCPI 命令输入实现更改校准密码操作

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

B.4 校准所需仪器及连接示意图

校准所需仪器见表 B.3，校准连接示意图见图 B.2，其中模块 DC1764-M3020A，DC1764-M3035A，DC1764-M3060A，DC1764-M3100A 和 DC1764-M3150A 的电压和电流校准连接示意图分别如图 B.2（A）和图 B.2（B）所示，模块 DC1764-M3020B（20V 模块）的电压和电流校准连接示意图如图 B.2（C）和图 B.2（D）所示，并将 S 端子按图 B.2（E）进行连接。

表 B.3 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 8 ½表，准确度 20ppm
分流器	至少 120%满量程电流，温度系数 4ppm/℃
前面板或 GPIB 控制器	前面板主机自带，GPIB 控制器选用通用 GPIB 接口卡

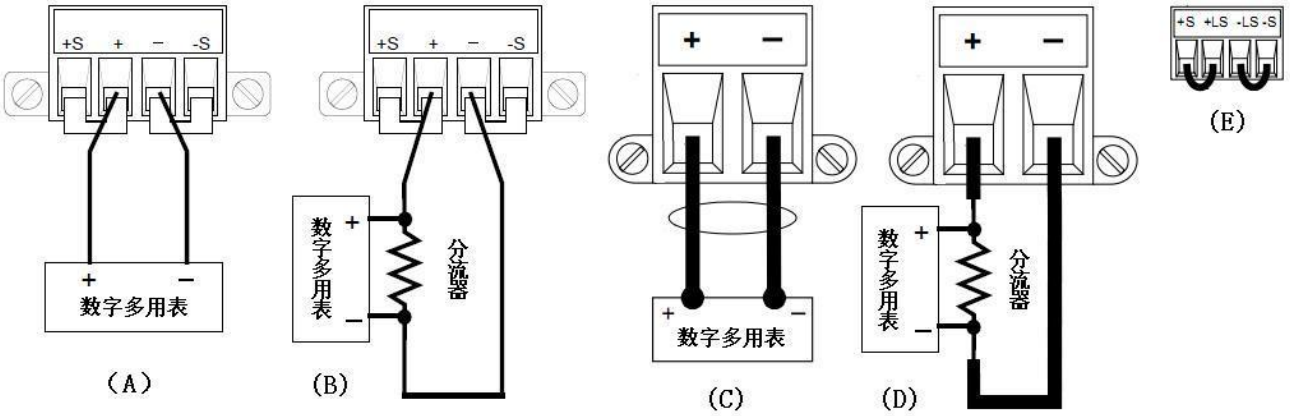


图 B.2 校准连接示意图

B.5 校准操作

表 B.4 给出整个校准操作。

表 B.4 校准操作

进入校准模式	
前面板	SCPI 命令
选择 System\Admin\Login 后输入密码，并进行确认	输入密码后进入校准模式： CAL:STAT ON,<password>
电压校准	
前面板	SCPI 命令
选择 System\Admin\CAL\Volt\Vprog 后选择 High，并进行确认	CAL:VOLT 60,（@1） 注：以 60V/5A 模块为例。
选择 NEXT，显示： “Enter P1 measured data”	CAL:LEV P1 *OPC?
输入数字多用表上电压读数，并进行确认	CAL:DATA <data>
选择 NEXT，显示： “Enter P2 measured data”	CAL:LEV P2 *OPC?
输入数字多用表上电压读数，并进行确认，选择 NEXT，完成电压校准操作	CAL:DATA <data>

附录 B　校准

电流校准	
前面板	SCPI 命令
选　　择 System\Admin\CAL\Curr\Iprog 后选择 High，并进行确认	CAL:Curr 5,（@1） 注：以 60V/5A 模块为例。
选择 NEXT，显示: “Enter P1 measured data”	CAL:LEV P1 *OPC?
将数字多用表上电压读数转换成为电流读数后输入，并进行确认	CAL:DATA <data>
选择 NEXT，显示: “Enter P2 measured data”	CAL:LEV P2 *OPC?
将数字多用表上电压读数转换成为电流读数后输入，并进行确认，选择 NEXT，完成电流校准操作	CAL:DATA <data>
保存和退出校准模式	
前面板	SCPI 命令
选择 System\Admin\CAL\Save，并进行确认	CAL:SAVE
选择 System\Admin\Logout，并进行确认	CAL:STAT OFF