Ceyear 思仪

1763

卫星帆板电源阵列模拟器

用户手册



中电科思仪科技（安徽）有限公司

该手册适用下列型号模拟器，基于固件版本 Ver 1.0 及以上。

- 1763 卫星帆板电源阵列模拟器

除标准配件外的选件如下：

- DC176301 60V 模块
- DC176302 120V 模块
- DC176303 157V 模块
- DC176304 75V 模块

版　　本：　F 2025年02月，中电科思仪科技（安徽）有限公司
地　　址：　中国安徽省蚌埠市高新区迎河路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 1763 卫星帆板电源阵列模拟器！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

AV2.930.0045SS

版本

F　2025.02

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 11
3.1 准备使用 11
3.2 面板说明 17
3.3 基本操作方法 27
3.4 功能操作指南 28
4 菜单 35
5 远程控制 38
5.1 远程控制基础 38
5.2 仪器程控端口与配置 52
5.3 VISA 接口基本编程方法 55
5.4 I/O 库 59
6 故障诊断与返修 61

目 录

6.1 工作原理.....61

6.2 故障诊断与排除.....62

6.3 返修方法.....63

7 技术指标.....65

7.1 声明.....65

7.2 产品特征.....65

7.3 技术指标.....67

附 录.....69

附录 A SCPI 命令速查表.....69

附录 B 校准.....75

1 手册导航

本章介绍了 1763 卫星帆板电源阵列模拟器的用户手册功能、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 1763 卫星帆板电源阵列模拟器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1763卫星帆板电源阵列模拟器的主要性能特点、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1763卫星帆板电源阵列模拟器的操作前检查、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1763卫星帆板电源阵列模拟器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1763卫星帆板电源阵列模拟器的程控基础、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 1763 卫星帆板电源阵列模拟器的产品特征和主要技术指标。

- **附录**

  列出1763卫星帆板电源阵列模拟器必要的SCPI指令和校准方法。

1.2 关联文档

1763 卫星帆板电源阵列模拟器的产品文档包括：

- 用户手册

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 1763 卫星帆板电源阵列模拟器的主要性能特点、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

1763 卫星帆板电源阵列模拟器具有 IV 曲线仿真输出功能以及恒压输出 恒流输出功能、串联和并联输出功能。卫星帆板电源阵列模拟器集成两个高精度功率模块，单模块最大额定功率可达 600W，整机最大额定功率可达 1200W。该设备结合 IV 曲线数字化生成方案与功率调节智能化等特点，采用电压电流双闭环技术，功率调节技术，实现了利用卫星帆板特征参数生成 IV 曲线高分辨率，大范围调节，快速动态响应等电源输出。可广泛应用卫星电源系统测试时，模拟太阳电池阵工作特性，检查电源分系统性能、功能及对外接口关系的兼容性；模拟太阳电池阵为卫星供电，是卫星电源分系统研制、生产、维护等阶段常用的仪器。

- 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) 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) SAS 模拟输出功能：可通过设置卫星帆板电源阵列特性参数（最大开路电压、最大短路电流值、最大功率点电压值、最大功率点电流值）进行 SAS 模拟输出。
4) SAS 曲线列表功能：SAS 曲线列表功能，该功能可生成系列 IV 曲线（最多 512 条），每个曲线可单独设置特征参数，实现曲线的连续变化。该功能可以通过前面板，或上位机软件下载。
5) 电压、电流测量功能：所有模块输出可以测量自身输出电压和电流。
6) 输出串并联功能：相同模块可支持输出串、并联功能，以提高输出能力。

2.1.1.2 仪器构成

1763 卫星帆板电源阵列模拟器的基本组成如表 2.1 所示。

表 2.1 1763 卫星帆板电源阵列模拟器基本组成

项目	型号	名称	说明
主机	1763	主机	可装入 2 个模块
模块（选件）	DC176301	60V 模块	65V，8.5A，510W
	DC176302	120V 模块	130V，5A，600W
	DC176303	157V 模块	170V，3.8A，596W
	DC176304	75V 模块	75V，8A，553.6W
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
	15A/250V	保险丝	交流输入保险丝， 请使用同等规格的替换，1 个
	MC 1.5/8-ST-3.5 （菲尼克斯）	8 针连接器	配合主机数字接口使用，1 个
附件（随模块提供）	PC 4/5-ST-7.62 （菲尼克斯）	5 针输出连接器	用于输出模块连接输出电缆，1 个/模块
	MC 1.5/5-ST-3.5 （菲尼克斯）	5 针模拟连接器	用于输出模块模拟接口，1 个/模块
	EBS2-8 （菲尼克斯）	短接器	用于输出模块本地检测，2 个/模块

2.1.2 典型应用

1763 卫星帆板电源阵列模拟器具有 IV 曲线仿真输出功能以及恒压输出 恒流输出功能、串联和并联输出功能。卫星帆板电源阵列模拟器集成两个高精度功率模块，单模块最大额定功率可达 600W，整机最大额定功率可达 1200W。可广泛应用卫星电源系统测试时，模拟太阳电池阵工作特性，检查电源分系统性能、功能及对外接口关系的兼容性；模拟太阳电池阵为卫星供电，是卫星电源分系统研制、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。

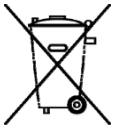
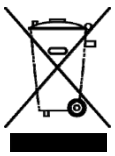
- 安全标识 5
- 操作状态和位置 7
- 用电安全 8
- 操作注意事项 8
- 维护 9
- 校准要求 9
- 运输 9
- 废弃处理/环境保护 10

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，1763 卫星帆板电源阵列模拟器的操作环境需满足：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的±10%范围内变化，供电频率允许在标注频率的±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，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，若供电电压改变，需同步更换仪器保险丝型号。

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。

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，其保险丝长 32mm，直径 6.5mm，额定电流 15A，额定电压 250V，快速熔断型。

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。

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 1763 卫星帆板电源阵列模拟器每年校准一次，具体事宜请拨打服务咨询电话联系。

2.2.7 运输

1) 若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（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 1763 卫星帆板电源阵列模拟器的操作前检查 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 11
- 面 板 说 明 17
- 基 本 操 作 方 法 27
- 功 能 操 作 指 南 28

3.1 准备使用

- 操 作 前 准 备 11
- 例 行 维 护 16

3.1.1 操作前准备

本章介绍了 1763 卫星帆板电源阵列模拟器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。

3.1 准备使用

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 10cm 空隙，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；
- 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 12
- 环 境 要 求 13
- 开 / 关 电 14

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 1763 卫星帆板电源阵列模拟器的随箱物品。

表 3.1 1763 随箱物品清单

名 称	数 量	备 注
主机：		
✧ 1763	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	—
✧ 5 针输出连接器	X	随模块提供，1 个/模块
✧ 5 针模拟连接器	X	随模块提供，1 个/模块
✧ 短接器	X	随模块提供，2 个/模块
选件：		
✧ DC176301 模块（60V）	X	—
✧ DC176302 模块（120V）	X	—
✧ DC176303 模块（157V）	X	—
✧ DC176304 模块（75V）	X	—

3.1.1.2 环境要求

1763 卫星帆板电源阵列模拟器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 1763 操作环境要求

温 度	0°C ~ 40°C
存储温度	-30°C ~ 70°C
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 1763 散热要求

仪器部位	散热距离
后侧	≥200 mm
左右侧	≥100 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

1763 卫星帆板电源阵列模拟器仅支持 220V 交流电源供电，交流输入电压范围为 198～242Vac，频率范围 50Hz±5%，最大功率输入 2200VA。

b) 确认及连接电源线

1763 卫星帆板电源阵列模拟器采用三芯电源线接口，符合国家安全标准。在模拟器加

电前，必须确认模拟器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。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。在给模拟器加电开机之前，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**

保险丝的值印在后面板电源插座上面，保险丝长 32mm，直径 6.5mm，额定电流 15A，额定电压 250V，快速熔断型。如果需要更换保险丝，请按照下面的步骤操作：

步骤 1. 关机；

步骤 2. 拔掉电源线；

步骤 3. 拧出保险丝座；

步骤 4. 换保险丝；

步骤 5. 重新装入保险丝座；

步骤 6. 接上电源线；

警 告

更换保险丝

替换保险丝时，请用同等型号和参数的保险丝（250V/F15A），以防引起火灾。

严禁使用其它材料或其它型号的保险丝。

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：用包装箱内与模拟器配套的电源线或符合要求的三芯电源线一端

3.1 准备使用

接入模拟器的后面板电源插座（如图 3.1），电源插座旁标注模拟器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，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3.1 1763电源插座



图3.2 1763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，需要模拟器紧急断电。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。

3.1.2 例行维护

该节介绍了 1763 卫星帆板电源阵列模拟器的日常维护方法。

- 清洁方法 16
- 测试端口维护 17

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

1763卫星帆板电源阵列模拟器后面板上有数字控制接口、模拟控制接口、GPIB接口、USB接口和网络接口。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 1763 卫星帆板电源阵列模拟器的前、后面板及操作界面的元素组成及其功能。

- 前面板说明 17
- 后面板说明 20
- 负载连接 22

3.2.1 前面板说明

本节介绍了 1763 卫星帆板电源阵列模拟器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、输出键、开关和 LED 指示灯、系统键、数字输入键。

3.2 面板说明

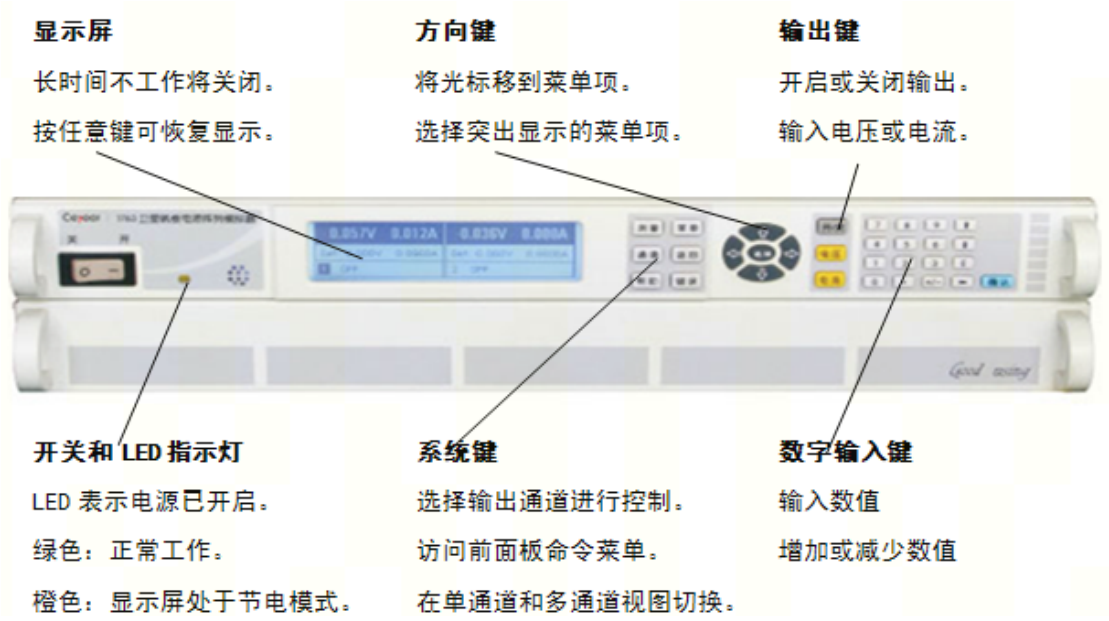


图 3.3 前面板

- 显 示 屏 18
- 按 键 19

3.2.1.1 显示屏

1) 单通道显示 / 多通道显示

按【测量】键进入单通道测量显示界面，再按【测量】切换至双通道显示界面；分别如图 3.4 和图 3.5 所示。



图 3.4 单通道显示界面

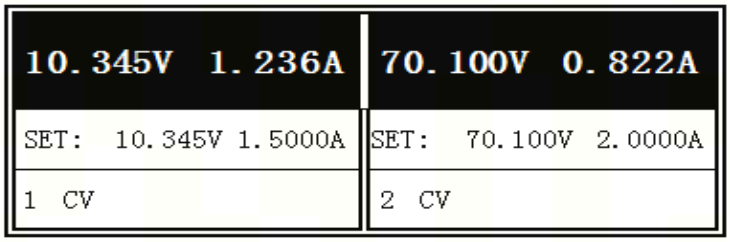


图 3.5 双通道显示界面

2）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
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
OS = 过切换保护断开
INH = 输出被外部抑制信号禁用
UNR = 输出未调整
PROT = 输出被来自耦合通道的条件禁用

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 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。
【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】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）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。该键仅在 Fixed 模式中为活动状态。
【电流】可以更改选定通道的电流设置。该键仅在 Fixed 模式中为活动状态。

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。

3.2.2 后面板说明

本节介绍了 1763 卫星帆板电源阵列模拟器的后面板组成及功能，后面板如下图(图 3.6)。
主机箱后面板包括 8 针数字控制连接器、GPIB 连接器、USB 连接器、LAN 连接器、交流电源输入、保险丝、接地柱，模块后面板那包括 5 针输出连接器、5 针模拟连接器。

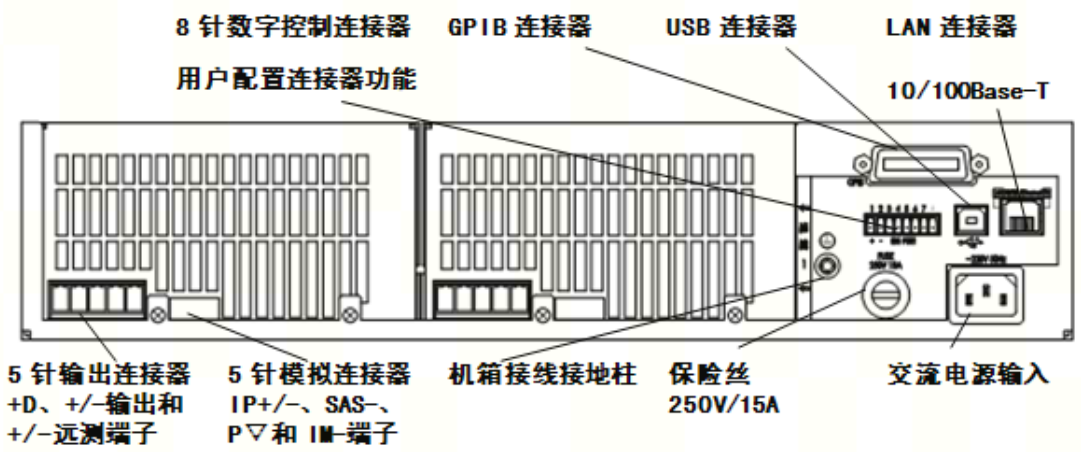
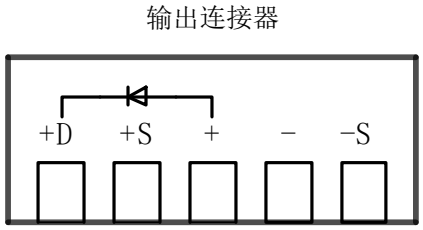


图 3.6 后面板

- 输出连接器 ……21
- 模拟连接器 ……21
- 数字连接器 ……22

3.2.2.1 输出连接器

输出连接器位于后面板上，如图 3.7 所示，用于负载和远测连接。可将负载导线连接到 + 和 - 端子。将远测导线连接到+S 和–S 端子。提供远测跳线以进行本地感测。可使用+D 端子处与 + 输出串联的内部反向电流阻流二极管。拧紧螺钉端子以牢固固定所有导线。将连接器插头插入设备后面。较好的工程做法是扭绞感测导线对以及负载导线对。



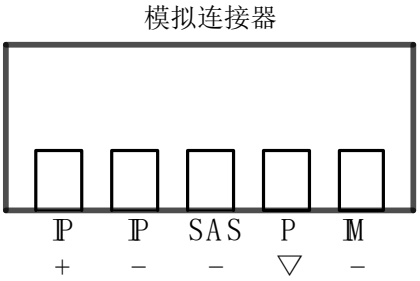
+D：二极管端子
阳极与+输出相连
+S：+ 远测端子
+ ： + 输出端子
– ： – 输出端子
–S：– 远测端子

图 3.7 输出连接器

输出连接器是随两个本地远测跳线一起提供的。在安装了这些感测跳线后(从+S 到+ ；从–S 到–)，设备能够在输出端子上直接远端检测和调整其输出电压。这使得负载电压由于负载导线中的电压下降而有所降低。在负载电压调整很重要的应用中，可能需要远端感测，本章的后面部分对此进行了介绍。

3.2.2.2 模拟连接器

模拟连接器位于后面板上，如图 3.8 所示，用于连接外部电流监视器和外部电流编程源。较好的工程做法是将模拟连接器之间的所有信号线进行扭绞或屏蔽。为了将非真操作降至最低，请确保所有模拟接线的长度不超过 3 米。



IP+：差分电流编程输入+
IP–：差分电流编程输入–
SAS–：自动并行连接（仅限SAS模式
P▽：IM –信号和SAS–信号的共用端
IM –：电流监视输出（相对于P▽）

图 3.8 模拟连接器

警 告

模拟连接器上的 P 共用端子是仅为了方便而使用的低噪声信号接地。它不是安全接地！

3.2.2.3 数字连接器

数字连接器位于后面板上，如图 3.9 所示，用于连接数字 I/O、故障/抑制、触发或输出耦合信号。较好的工程做法是将数字连接器之间的所有信号线进行扭绞或屏蔽。

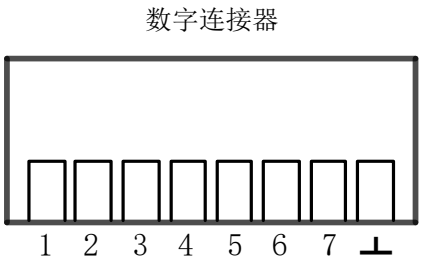


图 3.9 数字连接器

警 告

数字连接器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。

3.2.3 负载连接

- 本地输出和远端输出 22
- 并联输出 23
- 串联输出 26

3.2.3.1 本地输出和远端输出

输出端和负载连接可采用本地输出和远端输出，如图 3.10 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：

SAS 和 Table 模式　2V+（Voc-Vmp）
Fixed 模式　2V

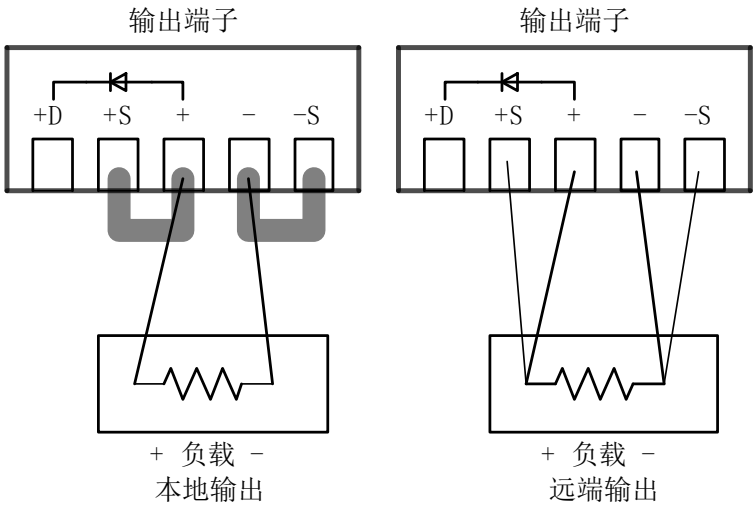


图 3.10 本地输出和远端输出

3.2.3.2 并联输出

警 告

仅对具有相同的型号和选件的输出模块进行并联。

可并联输出通道，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 对于 SAS 和 Table 模式，建议采用直接并联。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。在进行远程感测时，将感测端子并联在一起。
自动并联 对于 Fixed 模式操作，建议采用自动并联。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）。已编程的电流值仅定向到称为“主要”输出的输出。此输出必须是其中一个主机中的通道 1。所有其他并联的输出称为“跟随”输出，可跟踪主要输出的输出电流。	将输出端子并联在一起。在进行远程感测时，将感测端子并联在一起。 连接电流编程模拟连接器针，以进行自动并联操作。

1）直接并联连接

要使固件正确控制并联输出通道，必须将输出通道指定为直接并联连接。

a) SAS 和 Table 模式中的直接并联

这是执行并联的最简单的方式。在大多数情况下，可通过直接并联模式连接输出，如下图所示，不需要区分任何主要/跟随输出，并且不需要连接到模拟连接器。这种方法可行的原因是，在 SAS 和 Table 模式中操作时，每个输出通道的输出阻抗相对较高。这种方法还可以提高并联输出的电流编程精度。

在 SAS 和 Table 模式中，必须使用相同的 I-V 曲线或表数据对每个输出编程。如果使用列表，则每个输出必须接收相同的列表。必须同时收到用于更改列表阶跃值的触发信号。如果需要，可在所有输出中使用远程感测，但在许多情况下，由于每个输出的高输出阻抗，这样做对性能的影响非常小。下图（图 3.11）介绍直接连接到负载的四个输出。

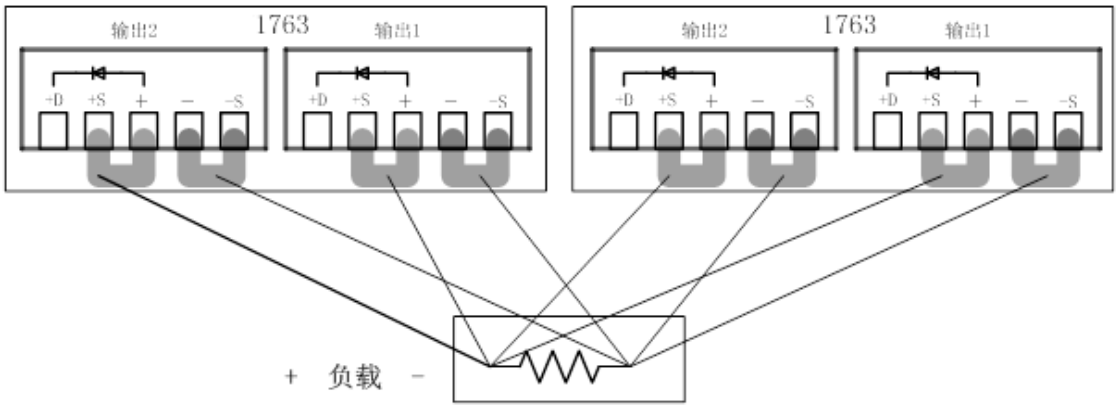


图 3.11 直接并联输出

为了方便起见，可以将并联在同一主机中的两个通道组合在一起，使其从编程角度看像是单一通道。由此所产生的组的通道号是通道 1。无需向第二个通道发送命令。此组合功能只在同一主机中有效。如果需要，可以使用+D 连接来防止输出产生反向电流，并在输出短路时将输出与电路隔离。

b) Fixed 模式中的直接并联

在 Fixed 模式中，输出也可以按照上图所示的方法直接并联。必须对每个输出编程，使其提供输出电流的一部分。然而，由于在 Fixed 模式中操作时，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。如果应用程序需要平均的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。如果需要使用远程电压感测来补偿负载导线中的电压降，请取下本地感测跳线，并将每个输出的感测端子直接连接到负载。如果应用程序产生的反向电流超过输出额定值，并且这些反向电流施加于输出端子，要在这种情况下保护输出，也可使用+D 连接。

2）自动并联连接

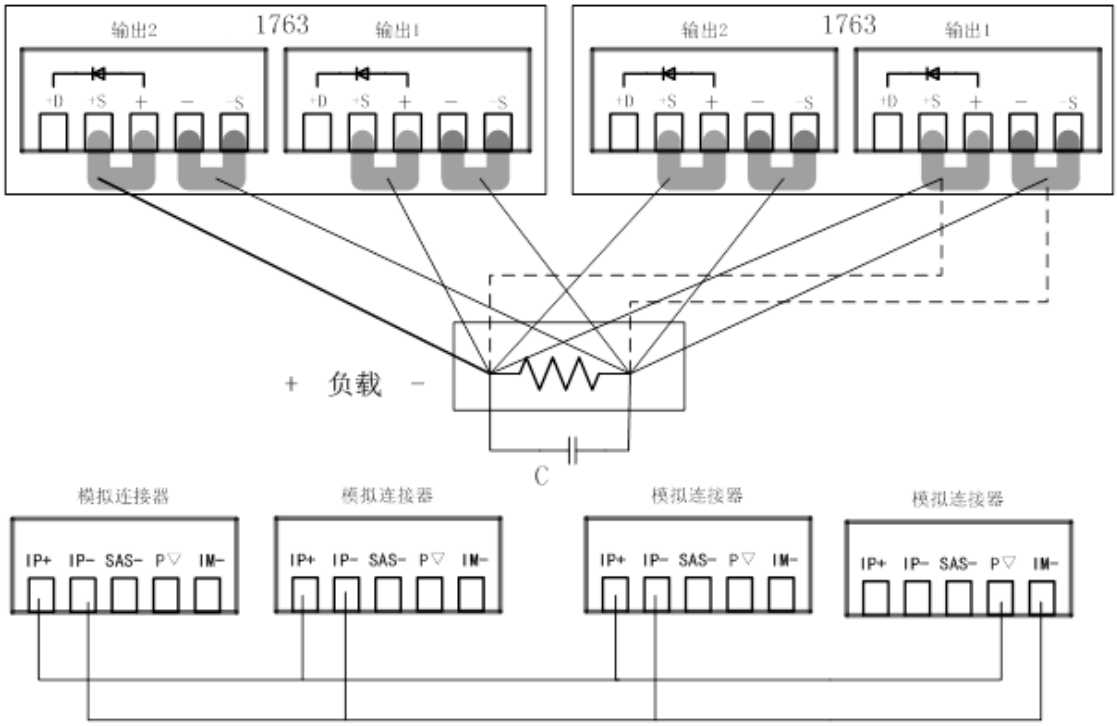


图 3.12 自动并联输出

要使固件正确控制并联输出通道，必须将输出通道指定为自动并联连接，并指定将哪个通道配置为主要通道，哪些通道配置为跟随通道。

a) Fixed 模式中的自动并联

当最多并联四个主机的输出时，使用自动并联连接以确保平均电流分配。在这种配置中，“主要”通道在它的“IM-”模拟输出针上提供一个模拟电流编程信号，该信号对与其连接的所有“跟随”通道的输出电流进行编程。然而，这种方法要求在输出通道和主机之间进行额外的模拟连接。图 3.12 介绍 Fixed 模式连接情况。如果需要远程感测，请将所有输出的远程感测端子连接到负载，如图中虚线所示。

在对输出电流编程时，仅对主要输出通道编程，使其具有 1/n 的所需电流，其中 n 是并联的输出通道数。跟随输出所产生的电流与主要输出相同。将跟随输出的电流保护设置为与主要输出相同的值。将跟随输出的输出电压设置为稍高于主要输出的输出电压。必须为每个输出分别返回输出状态、电压回读和电流回读。

如果输出是以自动并联模式组合，则主要输出通道必须为一个框架中的通道 1。所有其他输出通道都必须作为跟随通道连接。

b) SAS 和 Table 模式中的自动并联

在 SAS 和 Table 模式中都可以执行自动并联操作。然而，直接并联操作中的独立输出

可以获得更高的电流编程精度。SAS 和 Table 模式中的自动并联操作与 Fixed 模式中类似，唯一区别在于不要求上图中负载两端并联的补偿电容。然而，请注意：由于来自“主要通道”的模拟控制信号未经校准，直接并联连接输出可以获得更高的电流编程精度。

与 Fixed 模式中相同，必须指定哪个输出通道是主要通道，哪个是跟随通道。请在 SAS 模式中，相同的模型参数或列表阶跃值必须对每个输出通道有效。如果使用列表，每个输出必须获得相同的列表阶跃值，并要触发输出以使其同时更改阶跃值。

在 Table 模式中，必须对所有输出激活相同的用户表。

3.2.3.3 串联输出

警 告

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。

注 意

如果输出电压反复并快速地改变，如同在串行或分流调整器应用程序中一样，则不应使用串联。这会导致接地的内部 RC 网络电阻器过热受损。每个输出都有反向电压保护二极管。如果施加反向电压，设备将无法控制通过此二极管传导的电流。为避免损坏设备，不要以这种方式连接它，因为反向电压可能强制它传导超过设备输出电流额定值的电流。

下图介绍如何串联输出以获得较高的电压输出。在这种情况下，显然是进行串联。对每个输出单独编程。将每个输出编程为总输出电压的 50%。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。

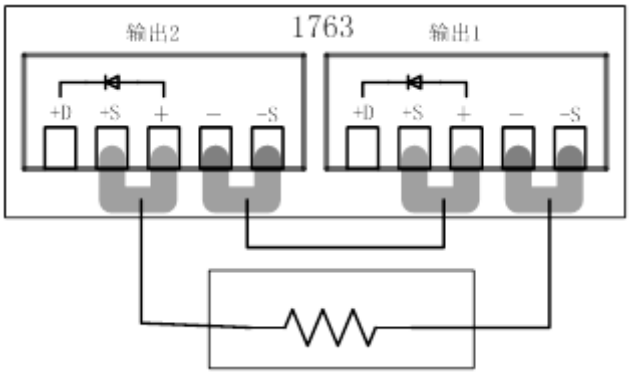


图 3.13 串联输出

3.3 基本操作方法

3.3.1 开启设备

连接电源线后，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 选择通道

按【菜单】键来选择想要设定的输出通道。

3.3.3 设置输入电压

方法一

使用左右定位键定位到要更改的设置。在下面的显示中，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。

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。

3.3.4 设置输入电流

方法一

使用左右定位键定位到要更改的设置。在下面的显示中，选择了通道 1 的电流设置。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。

3.3.5 打开输出

使用【开/关】键启用输出

如果将负载连接到输出，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。通道号旁的状态指示器指示输出状态。

3.4 功能操作指南

- Fixed模式工作 28
- SAS模式工作 29
- Table模式工作 33

3.4.1 Fixed 模式工作

在开启电源，使用*RST 或在执行设备清除时，SAS 的工作状态默认设置为 Fixed 模式。该模式具有常规的恒压恒流电源特征，不同的是，输出电容较小，在将设备用作恒定电流源时，低输出电容非常理想。然而，要将设备用作低阻抗恒定电压源，可根据需要增加外部输出电容器。此电容器的值不能超过 2000□F。

启用 Fixed 模式

前面板：	SCPI 命令：
选择 Output\Mode。 检查以确认 Fixed 已选中。	检查模式设置，可发送： CURR:MODE? (@1) 将模式设置为 Fixed，可发送： CURR:MODE FIX,(@1)

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。 (@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】。	将输出 1 设置为 40V： VOLT 40,(@1) 将所有输出设置为 50V： VOLT 50,(@1,2)

设置输出电流

前面板：	SCPI 命令：
按【电流】键。 输入值并按 【选择】。	将输出 1 设置为 1.5A： CURR 1.5,(@1) 将所有输出设置为 2.5A： CURR 2.5,(@1,2)

启用输出

前面板：	SCPI 命令：
按【开/关】键。 使用前面板【开/关】键同时启用/禁用两个输出，请选择 System\Preferences\Keys。 选中【开/关】将影响所有通道。 All 指示器将开启。	仅启用输出 1： OUTP ON,(@1) 启用所有输出： OUTP ON,(@1,2)

3.4.2 SAS 模式工作

SAS 模式使用指数模型接近 I-V 曲线，如下图所示。大约在峰值功率点处对其开路电压(Voc)、短路电流(Isc)、电压点(Vmp)和电流点(Imp)编程。

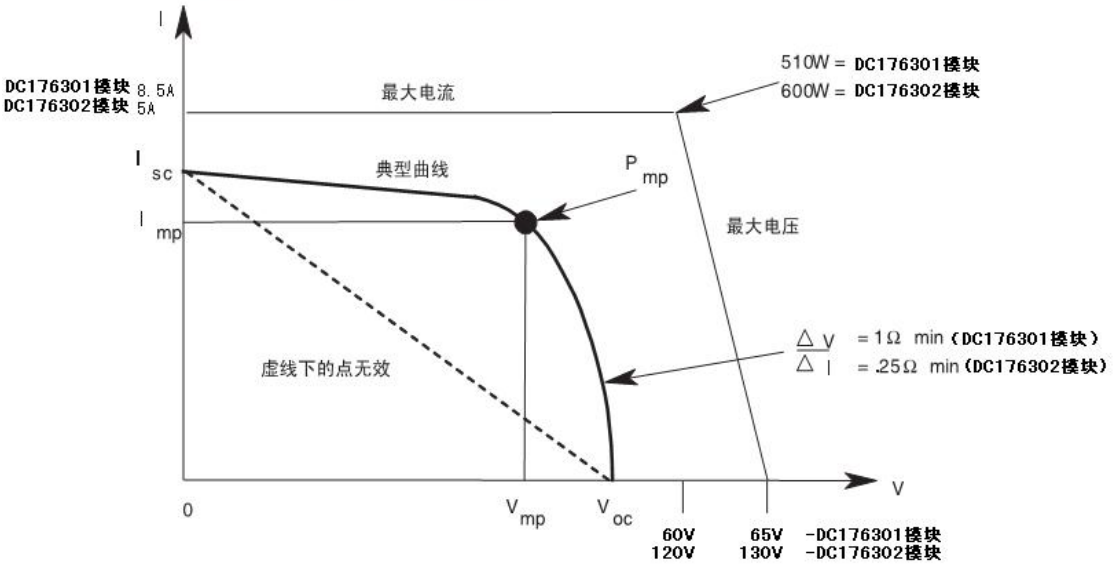


图 3.14 I-V 曲线示意图

1) 曲线分辨率

在以 SAS 模式工作时，曲线参数将转换为 DAC 表，仪器将使用该表控制输出。您可以选择该 DAC 表的大小以优化应用，以获得更高的表解析度或更快的更新速度。(更新速度定义为生成并激活新 DAC 表所需的时间。) 按以下方式指定表解析度：

前面板：	SCPI 命令：
选择 Output\Resolution。 选择 Low 或 High。	指定低解析度，可发送： CURR:MODE:DTAB 256,(@1) 指定高解析度，可发送：

CURR:MODE:DTAB 4096,(@1)

注 意

只有当仪器在 Fixed 模式中操作时才能对此命令进行编程。如果当仪器在 SAS 或 Table 模式下操作时发送此命令，则会产生错误。

在 SAS 模式中对曲线编程或在 Table 模式中加载表时，分辨率设置将应用于此通道。高分辨率表 (4096 个点) 所产生的 I-V 曲线更平滑，但更新时间更长。低分辨率型表 (256 个点) 的更新速度更快。此模式选择同时应用于 SAS 和 Table 模式，并在使用曲线列表时也适用。

低分辨率型表设置对曲线列表特别有用，因为它允许以毫秒的 10 倍指定列表阶跃值的最小驻留时间，而不是高分辨率表的毫秒的 100 倍。

应注意的是，如果选择了 4096 点表模式，则不会有 4096 个唯一电流设置。由于软件校准的要求，12 位电流 DAC 有超范围内置值。计数为零表示低于零的电流，计数为 4095 表示超过满刻度的电流。

下表介绍两种解析度设置的性能特征：

高分辨率 DAC 表	低分辨率 DAC 表
•最多 4096 点表。 •12 位电流编程。 • 350 ms 表更新速率	•最多 256 点表。 •8 位电流编程。 •30 ms 表更新速率。

启用 SAS 模式

前面板：	SCPI 命令：
选择 Output\Mode。 检查以确认 SAS 已选中。	检查模式设置，可发送： CURR:MODE? (@1) 将模式设置为 SAS，可发送： CURR:MODE SAS, (@1)

前面板显示屏将指示 SAS 模式已生效。

2) 对曲线编程

按以下方式对 SAS 曲线参数编程：

前面板：	SCPI 命令：
选择 Output\SAS\Curve。 在 Vmp、Voc、Imp 和 Isc 框中输入曲线参数。 按 Set Curve 以确定并输入参数值。	对 Vmp、Voc、Imp 和 Isc 编程： VOLT:SAS:VMP 60,(@1); VOC 65,(@1); :CURR:SAS:IMP 4.5,(@1); ISC 5,(@1)

注 意

通过在同一程序行中发送所有 SAS 参数，仪器将能够确定所有四个值是否在可接受的参数范围内。如果其中一个值不正确，则不会生成表。

输出曲线

前面板：	SCPI 命令：
选择正确的通道 按【开/关】键。	运行输出 1 上的曲线： OUTP ON,(@1)

注 意

如果设备检测到无效方程参数，则会生成错误，点亮前面板上的 ERR 信号器，并且不使用新参数。相反，它将使用上个有效设置工作。因此，尽管设备看起来在正确操作，但它不会使用您为 SAS 模式编程的值。

3）前面板限制

在设备以 SAS 模式工作时可使用前面板。然而，当设备处于 SAS 模式中时，您从前面板输入的任何电压和电流值对设备不起作用。只要将设备置于 Fixed 模式，前面板值就会有效。当设备以 SAS 模式工作时，所有其他功能（如输出开启/关闭、菜单、测量、通道和错误）都处于活动状态。

4）对曲线列表编程

可通过列表控制 I-V 曲线。使用列表模式可以生成一系列 I-V 曲线或曲线列表，并具有快速变化的曲线特征。必须为每个曲线参数分别设定列表：ISC、IMP、VOC 和 VMP。每个列表最多可包含 512 个单独编程的点，并可编程为重复自身。曲线列表可以是驻留间隔的，也可以是触发间隔的。要生成 I-V 曲线列表，必须执行以下操作：

a） 对 I-V 曲线列表编程。
b） 如果是驻留间隔，则对驻留列表编程。
c） 选择触发源。
d） 启动触发系统，提供触发信号。

注 意

列表数据不会存储到非易失性存储器中。这意味着当 SAS 关闭时，从前面板或通过总线发送到仪器的列表数据都将丢失。

以下步骤说明如何对 I-V 变化列表编程。

步骤 1. 将 SAS 模式设置为 List。

前面板：	SCPI 命令：
选择 Output\SAS\Source，将 SAS 模式设置为 List。 按【选择】。	对输出 1 编程，可使用 CURR:SAS:MODE LIST,(@1)

步骤 2. 对 List 函数的值列表编程。每个参数必须具有相同的值数或点数。输入值的顺序决定了输出值的顺序。

前面板：	SCPI 命令：
选择 Transient\List\Config。 选择 List Step 数，并在 Vmp、Voc、Imp 和 Isc 框中输入值，然后按【确认】。 对每个阶跃值/点重复以上操作。使用【↑】【↓】键选择下一个阶跃值。	对 Vmp、Voc、Imp 和 Isc 编程： LIST:SAS:ISC 5,5.1,4,(@1) LIST:SAS:IMP 4.5,5,3,(@1) LIST:SAS:VOC 65,65,60,(@1) LIST:SAS:VMP 60,60,50,(@1)

步骤 3.确定以秒为单位的时间间隔，它是在输出前进到下一个阶跃值之前，在每个阶跃值或点上保留的时间。

前面板：	SCPI 命令：
选择 Transient\List\Config。 选择 List Step 数并输入驻留值。 按【确认】。 对每个阶跃值/点重复以上操作。使用【↑】【↓】键选择下一个阶跃值。	对驻留值编程： LIST:DWEL 3,3,6,(@1)

步骤 4.指定间隔列表的方式：通过驻留时间，或外部触发。

前面板：	SCPI 命令：
选择 Transient\List\Pace。 选择 Dwell 间隔或 Trigger 间隔。 按【选择】。	选择驻留间隔： LIST:STEP AUTO,(@1) 选择触发间隔： LIST:STEP ONCE,(@1)

步骤 5.指定如何终止列表。您可以返回到列表启动之前的有效设置，也可以保留在上个列表点（阶跃值）的设置处。

前面板：	SCPI 命令：
选择 Transient\List\Terminate。 选择 Return to start settings，或 Stop at last settings。按【选择】。	返回到列表前的设置： LIST:TERM:LAST 0,(@1) 保留在上个列表设置处： LIST:TERM:LAST 1,(@1)

步骤 6.如果适用，指定希望列表运行的次数。在 SCPI 命令中发送 INFinity 参数可使列表重复无限次。默认列表重复次数是 1。

前面板：	SCPI 命令：
选择 Transient\List\Count。 输入列表计数，然后按 【选择】。	将列表编程为运行两次，可使用 LIST:COUN 2,(@1)

3.4.3 Table 模式工作

注 意

Table 模式中不提供输出同步；这意味着只要收到命令，输出都会激活表。不能使输出主机之间的表变化同步。对表变化也没有列表支持。

在 Table 模式中，输出特征由用户定义的电压/电流点的表确定。通过对输出电压采样、应用低通滤波器并通过使用过滤电压作为已存储点表的索引来连续调整恒定电流环路，从而实现 Table 模式操作。

当过滤的电压没有精确匹配的表输入时，可使用线性插值设置电流。这意味着通过使用直线连接表中的点来生成 I-V 曲线。提供的点越多，在连接点时，所生成的曲线就越精确。

每个点由电压/电流坐标对定义，这些坐标定义曲线上点的位置。第一个值是电压，第二个值是电流。如果没有为 V=0 提供点，与最低电压输入点关联的电流将被定义为 Isc，曲线将水平延长到电流轴。如果没有为 I=0 提供点，由上两个电流输入点确定的斜率将延长到电压轴。

开始可使用 MEM:TABL:SEL 命令创建表。最多可创建 30 个表，它们存储在每个主机的易失性存储器中。要在关闭仪器时保存这些表，可使用 MEM:TABL:COPY 命令将它们复制到非易失性存储器。在每个主机的非易失性存储器中最多可存储 30 个表。

选择表

前面板：	SCPI 命令：
选择 Output\Table\Select Table。 从左侧的列表中选择表，然后按【选择】键。	选择输出 1 上的表： CURR:TABL:NAME name,(@1)

启用 Table 模式

前面板：	SCPI 命令：
选择 Output\Mode。 检查以确认 Table 已选中。	要检查模式设置，可发送： CURR:MODE? (@1) 要启用 Table 模式，可发送： CURR:MODE TABL,(@1)

前面板显示屏将指示 Table 模式已生效，并指示选择了哪个表。

输出表

前面板：	SCPI 命令：

选择正确的通道。	运行输出 1 上的表：
按【开/关】键。	OUTP ON,(@1)

注 意

如果设备检测到无效电压/电流点，则会生成错误，点亮前面板上的 ERR 信号器，并且不使用新参数。相反，它将使用上个有效的表设置工作。因此，尽管设备看起来在正常工作，但它不会使用您为 Table 模式编程的值。

对表编程

如果表不存在，则必须对新表编程。对表编程包括输入电压数据和电流数据，以创建所需数量的电压/电流对。电压点数必须与电流点数一致。

前面板：	SCPI 命令：
不可用	为输出 1 创建新表： MEM:TABL:SEL name 输入表的电压数据（必须递增）： MEM:TABL:VOLT 0,12,25,32,40 输入表的电流数据（必须递减）： MEM:TABL:CURR 1.8,1.6,1.4,1.2,1

表限制

表必须最少有 3 个点，最多有 4000 个 I-V 点，但必须发送相同数量的电压值和电流值。否则，在使用 CURR:TABL:NAME 选择表时将出现错误。使用 MEM:TABL:CURR:POIN? 和 MEM:TABL:VOLT:POIN? 查找现有表的长度。

4 菜单

本章列出了 1763 卫星帆板电源阵列模拟器的菜单命令以及详细的菜单说明。

菜单命令及菜单说明

表 4.1 1763 卫星帆板电源阵列模拟器菜单

菜单命令					菜单说明
Output	Fixed	Voltage			对Fixed模式中的输出电压编程。
		Current			对Fixed模式中的输出电流编程。
	SAS	Curve			对SAS曲线参数（Vmp、Voc、Imp、Isc）编程。
		Source			选择曲线参数（立即、列表）的源。
	Table	Select table			对选定表中的SAS曲线参数编程。
	Mode				选择工作模式（Fixed、SAS、Table）。
	Resolution				指定SAS和Table模式中的曲线解析度：“低”或“高”。
	Couple				耦合输出通道以进行输出开启/关闭同步。
Acquisition	Control				显示触发延迟、源和状态。终止测量。
Transient	List	Pace			指定“驻留”或“触发”间隔列表。
		Count			指定列表重复次数，或指定连续列表。
		Terminate			指定列表终止时的列表设置。
		Config			配置Vmp、Voc、Imp、Isc和Dwell信号的列表。
		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。
	SoftLimits	Voltage			指定输出电压设置的高限值。
		Current			指定输出电流设置的高限值。
	Inhibit				配置外部抑制信号：关闭、锁存。
	Coupling				发生保护故障时禁用所有输出通道。
	Clear				清除输出保护。显示输出状态。
System	IO	LAN	ActiveSettings		显示目前活动的LAN接口设置。
			Config	IP	配置仪器的IP地址。
				Name	配置动态DNS和NetBIOS命名服务。
				Domain	配置域名。

菜单命令及菜单说明

菜单命令				菜单说明
			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-仪器的唯一USB标识符。
	GPIB			选择GPIB地址。
	DigPort	Pin1	Function	指定针功能：DigIn、DigIO、FaultOut。
			Polarity	指定针极性：正极、负极。
		Pin2	Function	指定针功能：DigIn、DigIO。
			Polarity	指定针极性：正极、负极。
		Pin3	Function	指定针功能 :DigIn、DigIO、TrigIn、TrigOut、InhibitIn。
			Polarity	指定针极性：正极、负极。
			Trig Out	指定输出触发源：Acq、Tran、Dwel、Dlog。
		Pin4	Function	指定针功能：DigIn、DigIO、TrigIn、TrigOut、OnC、OffC。
			Polarity	指定针极性：正极、负极。
			Trig Out	指定输出触发源：Acq、Tran、Dwel、Dlog。
		Pin5	Function	指定针功能：DigIn、DigIO、TrigIn、TrigOut、OnC、OffC。
			Polarity	指定针极性：正极、负极。
			Trig Out	指定输出触发源：Acq、Tran、Dwel、Dlog。
		Pin6	Function	指定针功能：DigIn、DigIO、TrigIn、TrigOut、OnC、OffC。
			Polarity	指定针极性：正极、负极。
			Trig Out	指定输出触发源：Acq、Tran、Dwel、Dlog。
		Pin7	Function	指定针功能：DigIn、DigIO、TrigIn、TrigOut、OnC、OffC。
			Polarity	指定针极性：正极、负极。
			Trig Out	指定输出触发源。Acq、Tran、Dwel、Dlog。
		Data		从数字I/O端口发送/读取数据。
	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、RCL0。
	Groups	Groups		定义并行连接的输出通道组。
		Parallel		定义并行连接：直接并行或自动并行。
		Programming		定义并行控制：“内部”或通过模拟端口的“外部”。

菜单命令					控制说明
System	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On/Off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。
		Cal	Func	Voltage	P1 输入第一个校准点的测量数据。
					P2 输入第二个校准点的测量数据。
				Current	P1 输入第一个校准点的测量数据。
					P2 输入第二个校准点的测量数据。
				OVP	校准过电压保护。
				OCP	校准过电流保护。
			Date		保存每个通道的校准日期。
			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设置复位为出厂默认设置。
		Password			更改管理员的操作密码。
		Memory	Initialize		将表存储器初始化为出厂默认设置。
			Erase		擦除并销毁仪器的表存储器
	About	Frame			显示型号、序列号和固件版本。
		Module			显示型号、序列号、选件、电压、电流和功率。

5 远程控制

本章简要的介绍了 1763 卫星帆板电源阵列模拟器的程控基础、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 38
- 仪器程控端口与配置 52
- VISA接口基本编程方法 55
- I/O库 59

5.1 远程控制基础

- 程控接口 38
- 消息 42
- SCPI命令 43
- 命令序列与同步 48
- 状态报告系统 49
- 编程注意事项 51

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 远程控制接口类型和 VISA 寻址字符串

程控接口	VISA 寻址字符串	说 明
LAN (Local Area Network)	**VXI-11协议:** TCPIP::host_address[::LAN_device_name][::INSTR] **原始套接字协议：** TCPIP::host_address::port::SOCKET	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)	GPIB::primary address[::INSTR]	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)	USB::<vendor ID>::<product_ID>::<serial_number>[::INSTR]	仪器后面板端口。 具体请参考： "5.1.1.3 USB 接口"

- LAN接口 39
- GPIB接口 41
- USB接口 41

5.1.1.1 LAN 接口

卫星帆板电源阵列模拟器可通过 10Base-T 和 100Base-T 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。卫星帆板电源阵列模拟器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；

控者计算机和卫星帆板电源阵列模拟器需通过网口连接到共同的 TCP/IP 协议网络上。连接计算机和卫星帆板电源阵列模拟器之间的电缆是商用 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，计算机和卫星帆板电源阵列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

通过局域网对卫星帆板电源阵列模拟器进行远程控制时，应保证网络的物理连接畅通。通过卫星帆板电源阵列模拟器的菜单 "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 172.41.5.100，则卫星帆板电源阵列模拟器的 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[::LAN device name][::INSTR] 或

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；
- LAN device name 定义了协议和子设备的句柄号（该项可选）；
  - 0号设备选择VXI-11协议；
  - 0号高速LAN仪器选择较新的高速LAN仪器协议；
- INSTR 表示仪器资源类型（该项可选）；
- 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，VXI-11协议的有效资源字符串是：
  TCPIP:: 172.41.5.100::INSTR
- 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。

2）VXI-11 协议

VXI-11 标准基于 ONC RPC(Open Network Computing Remote Procedure Call)协议，它是 TCP/IP 协议的网络/传输层。TCP/IP 网络协议和相关的网络服务被预先配置好，通信时，这种面向连接的通讯，即遵循按序交换并能识别连接的中断，保证了不丢失信息。

3）套接字通信

TCP/IP 协议通过局域网套接字在网络中连接卫星帆板电源阵列模拟器。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)使卫星帆板电源阵列模拟器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。两个常用的套接字库是 UNIX 中应用的伯克利（Berkeley）套接字库和 Windows 中应用的 Winsock 库。

卫星帆板电源阵列模拟器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 命令控制卫星帆板电源阵列模拟器时，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，必须先设置卫星帆板电源阵列模拟器的套接字端口号。卫星帆板电源阵列模拟器的套接字端口号为 5000。

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

为实现 USB 程控，需要通过 USB B 型口连接计算机和模拟器，并事先安装 VISA 库，VISA 自动检测和配置仪器以建立 USB 连接，而不需要输入仪器地址字符串或安装单独的驱动程序。

USB 地址：

寻址字符串格式：USB::<vendor ID>::<product ID>::<serial number>[::INSTR]

其中：

- <vendor ID>　代表生产厂家代号；
- <product ID>　代表仪器代号；
- <serial number>　代表仪器序列号；

示例：

USB::0x0AAD::0x00C6::100001::INSTR

0x0AAD：生产厂家代号；

0xC6：　仪器代号；

100001：　是仪器的序列号。

5.1.2 消息

数据线上传输的消息分为以下两类：

1）接口消息

仪器与主控计算机间通信时，首先需要拉低 attention 线，然后接口消息才能通过数据线传送给仪器。只有具备 GPIB 总线功能的仪器才能发送接口消息。

2）仪器消息

有关仪器消息的结构和语法，具体请参考章节“5.1.3 SCPI 命令”。根据传输方向的不同，仪器消息可分为命令和仪器响应。如不特别声明，所有程控接口使用仪器消息的方法相同。

a) 命令：

命令（编程消息）是主控计算机发送给仪器的消息，用于远程控制仪器功能并查询状态信息。命令被划分为以下两类：

- 根据对仪器的影响：
  - 设置命令：改变仪器设置状态，例如：复位或设置电压等。
  - 查询命令：查询并返回数据，例如：识别仪器或查询参数值。查询命令以后缀问号结束。
- 根据标准中的定义：
  - 通用命令：由IEEE488.2定义功能和语法，适用所有类型仪器（若实现）用于实现：管理标准状态寄存器、复位和自检测等。
  - 仪器控制命令：仪器特性命令，用于实现仪器功能。例如：设置电压。语法同样遵循SCPI规范。

b) 仪器响应：

仪器响应（响应消息和服务请求）是仪器发送给计算机的查询结果信息。该信息包括测量结果、仪器状态等。

5.1.3 SCPI 命令

- SCPI命令简介 43
- SCPI命令说明 43

5.1.3.1 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.

1763 卫星帆板电源阵列模拟器的程控命令集合、分类及说明，具体请参考：

本手册“附录 SCPI 命令速查表”。

5.1.3.2 SCPI 命令说明

- 通用术语 44
- 命令类型 44
- 命令树 45
- 命令参数和响应 45
- 命令中数值的进制 48
- 命令行结构 48

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。

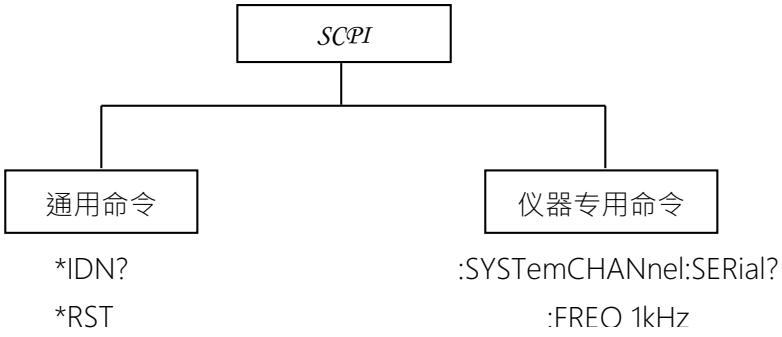


图 5.1 SCPI 命令类型

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：

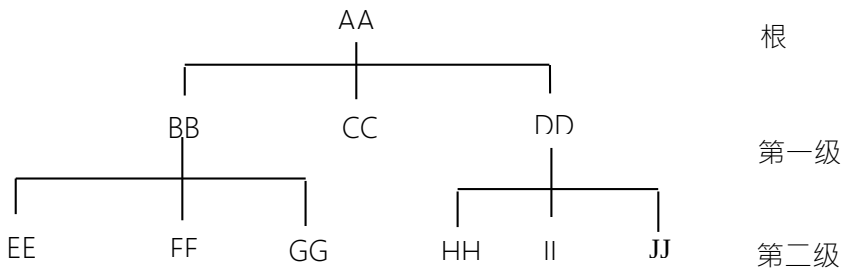


图 5.2　简化的命令树示意图

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	GPIB,LAN 触发
IMMediate	立刻触发
EXTernal	外部触发

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

5.1 远程控制基础

离散响应数据

离散型响应数据和离散型参数基本一样，主要区别是离散型响应数据的返回格式只为大写的短格式。

离散响应数据示例：

INTernal	稳幅方式为内部
EXTernal	稳幅方式为外部
MMHead	稳幅方式为毫米波源模块

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。

5.1.4 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。

防止命令交迭执行

为了防止命令的交迭执行，可采用多线程或者命令：*OPC、*OPC?或者*WAI，只有硬件设置完成后，才执行这三种命令。编程时，计算机可强制等待一段时间以同步某些事件。下面分别予以说明：

- **控者程序使用多线程**

  多线程被用于实现等待命令完成和用户界面及程控的同步，即单独的线程中等待*OPC? 完成，而不会阻塞GUI 或程控线程的执行。

- **三种命令在同步执行中的用法如下表**：

表 5.3 命令语法

方法	执行动作	编程方法
*OPC	命令执行完后，置位 ESR 寄存器中的操作完成位。	置位 ESE BIT0； 置位 SRE BIT5； 发送交迭命令和*OPC； 等待服务请求信号（SRQ） 服务请求信号代表交迭命令执行完成。
*OPC?	停止执行当前命令，直到返回 1。只有 ESR 寄存器中的操作完成位置位时，该命令才返回，表明前面命令处理完成。	执行其它命令前终止当前命令的处理，在当前命令后直接发送该命令。
*WAI	执行*WAI 前，等待发送完所有命令，再继续处理未完成的命令。	执行其它命令前终止当前命令的处理，在当前命令后直接发送该命令。

5.1.5 状态报告系统

状态报告系统存储当前仪器所有的操作状态信息及错误信息。它们分别存储在状态寄存器和错误队列中，并可通过程控接口查询。

5.1 远程控制基础

- 状态寄存器组织结构 50
- 状态报告系统的应用 51

5.1.5.1 状态寄存器组织结构

请参考下面的状态寄存器的等级结构图（图 5.3）：

As shown in the following figure, the status information is of hierarchical structure.

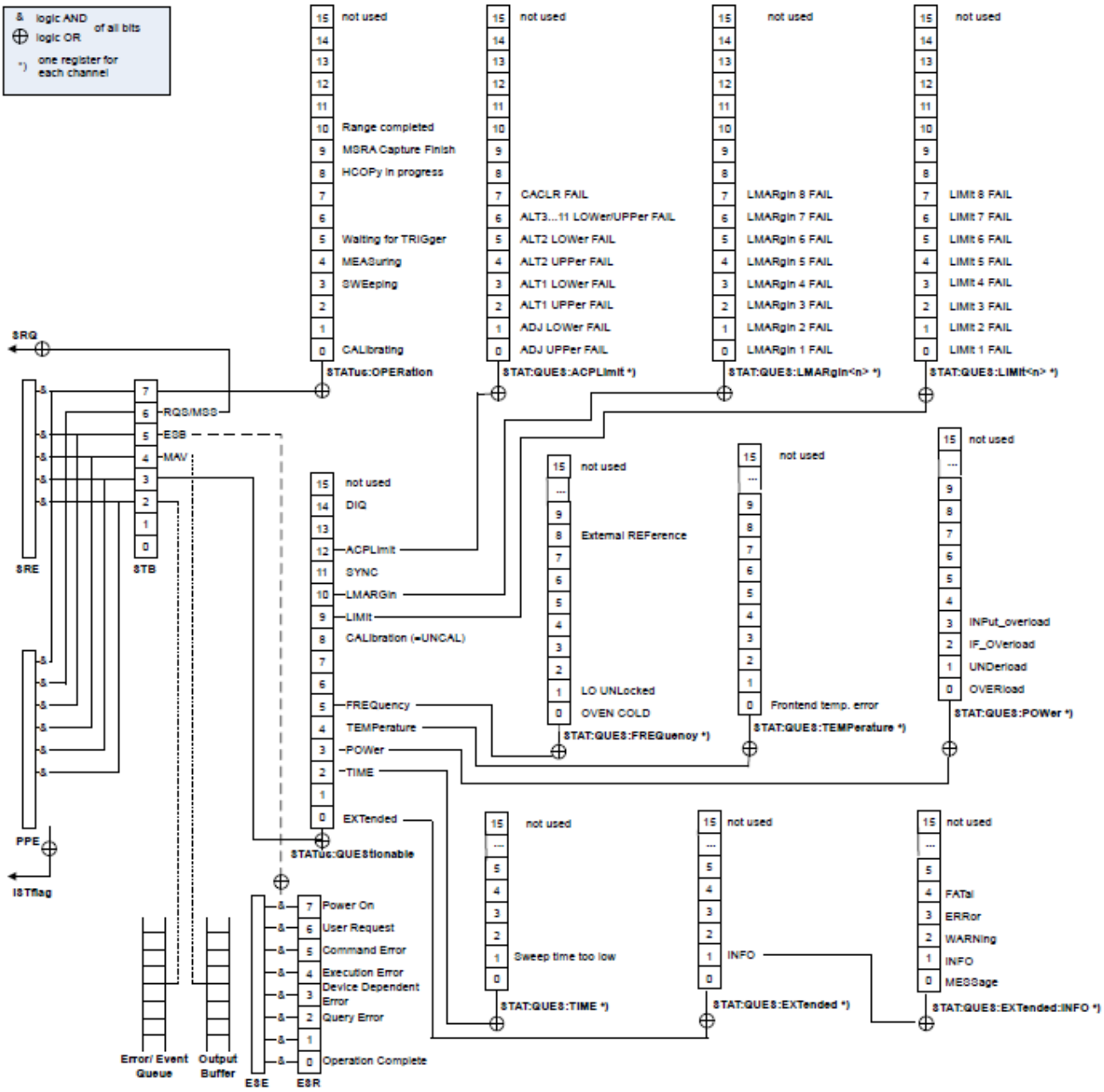


图 5.3 状态寄存器分层结构图

寄存器分类说明如下：

1) STB, SRE

状态字节(STB)寄存器和与之关联的屏蔽寄存器——服务请求使能寄存器(SRE)组成了状态报告系统的最高层寄存器。STB通过收集低层寄存器信息，保存了仪器的大致工作状态。

2) ESR, SCPI状态寄存器

STB接收下列寄存器的信息：

- 事件状态寄存器（ESR）与事件状态使能（ESE）屏蔽寄存器两者相与的值。
- SCPI状态寄存器包括：STATus:OPERation 与 STATus:QUEStionable 寄存器（SCPI定义），它们包含仪器的具体操作信息。所有的SCPI状态寄存器具备相同的内部结构。

3) IST,PPE

类似SRQ，IST标志（ “Individual STatus” ）单独的一位，由仪器全部状态组合而成。关联的并行查询使能寄存器（PPE（parallel poll enable register））决定了STB的哪些数据位作用于IST标志。

4) 输出缓冲区

存储了仪器返回给控者的消息。它不属于状态报告系统，但是决定了STB的M位的值。

提 示

SRE, ESE

服务请求使能寄存器 SRE 可被用作 STB 的使能部分。同理，ESE 可被用作 ESR 的使能部分。

5.1.5.2 状态报告系统的应用

状态报告系统用于监测测试系统中的一个或多个仪器状态。为了正确实现状态报告系统的功能，测试系统中的控者必须接收并评估所有仪器的信息，使用的标准方法包括：

1) 仪器发起的服务请求（SRQ）;
2) 串行查询总线系统中的所有的仪器，由系统中的控者发起，目的是找到服务请求发起者及原因。
3) 并行查询所有仪器；
4) 程控命令查询特定仪器状态。

5.1.6 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 52
- GPIB 53
- USB 54

5.2.1 LAN

LAN（Local Area Network）程控系统采用SICL-LAN控制1763卫星帆板电源阵列模拟器。

- 建立连接 52
- 接口配置 53

5.2.1.1 建立连接

使用网线将1763卫星帆板电源阵列模拟器与外部控者（计算机）连接到局域网，如图5.4所示：

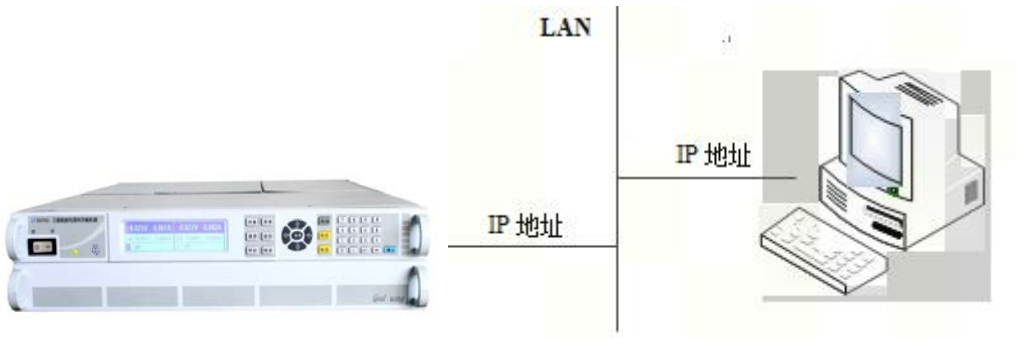


图 5.4 LAN 接口连接图

5.2.1.2 接口配置

通过局域网对1763卫星帆板电源阵列模拟器进行远程控制时，应保证网络的物理连接畅通。通过图5.5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 5.5 LAN 接口设置

注 意

确保 1763 卫星帆板电源阵列模拟器通过 10Base-T LAN 或 100Base-T LAN 电缆物理连接正常。

5.2.2 GPIB

- 建 立 连 接 53
- 接 口 配 置 54

5.2.2.1 建立连接

使用 GPIB 电缆连接 1763 卫星帆板电源阵列模拟器与外部控者（计算机），如图 5.6 所示：



图 5.6 GPIB 接口连接图

5.2.2.2 接口配置

用户在利用 1763 卫星帆板电源阵列模拟器搭建系统时，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 5.7 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。

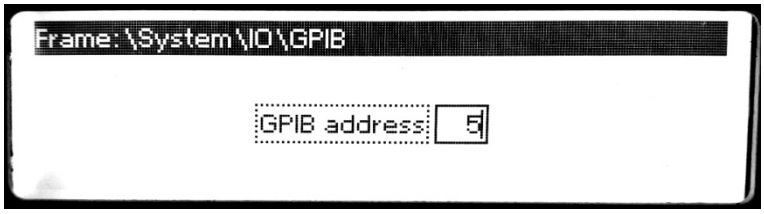


图 5.7 GPIB 接口设置

5.2.3 USB

- 建立连接 54
- 接口配置 54

5.2.3.1 建立连接

使用 USB 电缆连接 1763 卫星帆板电源阵列模拟器与外部控者（计算机），如图 5.8 所示：

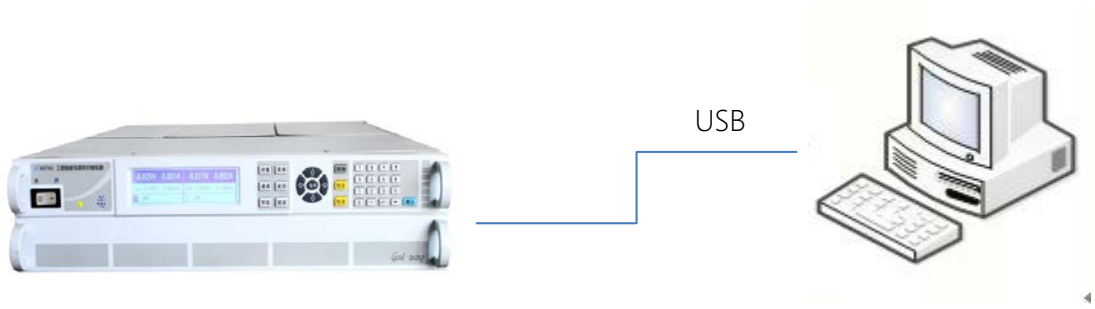


图 5.8 USB 连接图

5.2.3.2 接口配置

用户在利用 USB 进行 1763 卫星帆板电源阵列模拟器搭建系统时，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 5.9 所示的界面，就可以从前

面板读取 USB 连接信息。

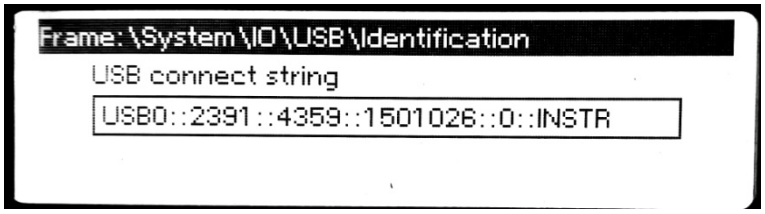


图 5.9 USB 接口设置

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 库 55
- 初始化和设置默认状态 56
- 发送设置命令 57
- 读取仪器设置状态 58
- 读取测量值 58

5.3.1 VISA 库

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。1763 卫星帆板电源阵列模拟器支持的编程接口为：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 1763 卫星帆板电源阵列模拟器。目前常使用 Agilent 公司为用户提供的 Agilent I/O Library 作为底层 I/O 库。

图 5.10 显示了程控接口、VISA 库、编程语言和 1763 卫星帆板电源阵列模拟器之间的关系。

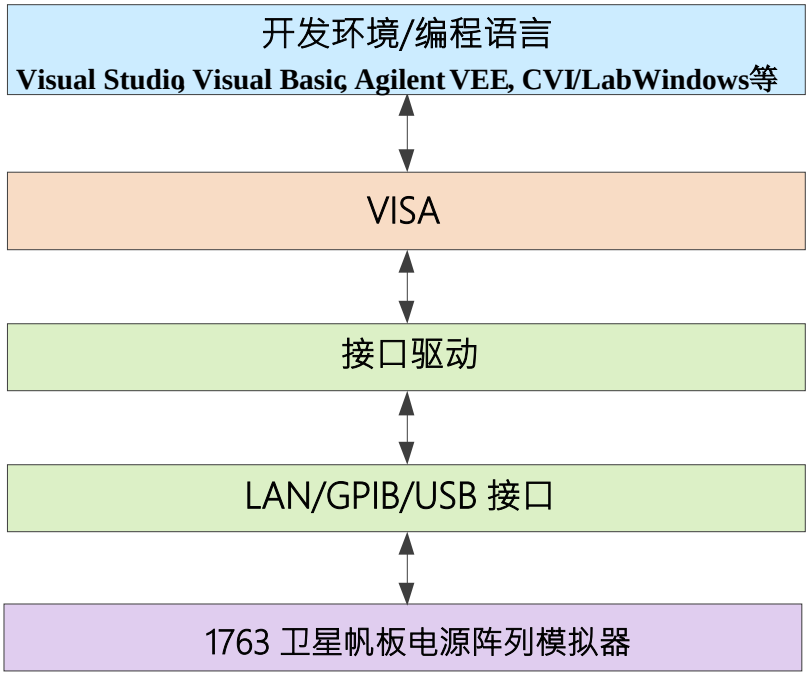


图 5.10 程控软硬件层

5.3.2 初始化和设置默认状态

程序开始时首先需要初始化 VISA 资源管理器，打开并建立 VISA 库与仪器的通信连接。具体步骤如下：

5.3.2.1 生成全局变量

首先生成其它程序模块需要调用的全局变量，例如：仪器句柄变量。以下示例程序需要包含下面的全局变量：

```
ViSession analyzer;
ViSession defaultRM;
ViSession vi;
Const char analyzerString [VI_FIND_BUFLEN] = "GPIB0::20::INSTR";
Const analyzerTimeout = 10000;
```

其中，常量 analyzerString 代表仪器描述符，“GPIB0”代表控者，“20”代表连接到控者的仪器。若假设仪器连接到 LAN，IP 地址是“192.168.1.1”，那么该变量值是：

```
Const char analyzerString [VI_FIND_BUFLEN] = " TCPIP::192.168.1.1::INSTR "。
```

5.3.2.2 初始化控者

```
/*****************************************************************************/
```

下面的示例说明了如何打开并建立 VISA 库与仪器（仪器描述符指定）的通信连接。
初始化控者：打开默认资源管理器并且返回仪器句柄 analyzer。

```
/*****************************************************************************/
void InitController()
{
    ViStatus status;
    status = viOpenDefaultRM(&defaultRM);
    status = viOpen(defaultRM, analyzerString, VI_NULL, VI_NULL, &analyzer);
}
```

5.3.2.3 建立连接

```
/*****************************************************************************/
下面的示例通过 GPIB 对仪器进行连接。
/*****************************************************************************/
void ConnectDevice()
{
    ViStatus status;
    int connectflag;
    status=viOpen(defaultRM, “GPIB0::5::INSTR”, VI_NULL, VI_NULL, &vi); //建立
    GPIB通信
    if(status<0)
       connectflag=0;
    else
       connectflag=1;
}
```

5.3.3 发送设置命令

```
/*****************************************************************************/
下面的示例说明如何设置 1763 卫星帆板电源阵列模拟器的输出的电压、电流值。
/*****************************************************************************/
void SimpleSettings()
{
    ViStatus status;
    long retCnt;
    //设置电压输出为5V
    status = viWrite(vi, "VOLT 5", 6, &retCnt);
    //设置电流输出为1A
    status = viWrite(vi, "CURR 1", 6, &retCnt);
}
```

5.3.4 读取仪器设置状态

```
/*****************************************************************************/
下面的示例说明了如何读取仪器的状态。
/*****************************************************************************/
void ReadSettings()
{
    ViStatus status;
    long retCnt;
    char rd_Buf_CW[VI_READ_BUFLEN]; // #define VI_READ_BUFLEN 20
    char rd_Buf_LVL[VI_READ_BUFLEN];

    //查询通道1模块信息
    delay_ms(10);
    status = viRead(vi, rd_Buf_CW, 20, &retCnt);
    //查询输出开关状态
    status = viWrite(vi, "OUTPut ?,(@1)", 12, &retCnt);
}
```

5.3.5 读取测量值

```
/*****************************************************************************/
下面的示例说明了如何读测量值。
/*****************************************************************************/
void ReadMarker ()
{
    ViStatus status;
    long retCnt;
    char rd_Buf[VI_READ_BUFLEN];
    // #define VI_READ_BUFLEN 20

    //读取一次电压测量值
    status = viWrite(vi, "MEAS:VOLT? (@1) ", 10, &retCnt);
    status = viRead(vi, rd_Buf, 30, &retCnt);
    //读取一次电流测量值
    status = viWrite(vi, " MEAS:CURR? (@1)", 10, &retCnt);
    status = viRead(vi, rd_Buf, 30, &retCnt);
}
```

5.4 I/O 库

- I/O 库概述 ……59
- I/O 库安装与配置 ……60

5.4.1 I/O 库概述

I/O 库是为仪器预先编写的一些软件程序库被称为仪器驱动程序，即：仪器驱动器（Instrument driver），它是介于计算机与仪器硬件设备之间的软件中间层，由函数库、实用程序、工具套件等组成，是一系列软件代码模块的集合，该集合对应于一个计划的操作，如配置仪器、从仪器读取、向仪器写入和触发仪器等。它驻留在计算机中，是连接计算机和仪器的桥梁和纽带。通过提供方便编程的高层次模块化库，用户不再需要学习复杂的针对某个仪器专用的底层编程协议，采用仪器驱动器是快速开发测试测量应用的关键。

从功能上看，一个通用的仪器驱动器一般由功能体、交互式开发者接口、编程开发者接口、子程序接口和 I/O 接口五部分组成，如图 5.11 所示。

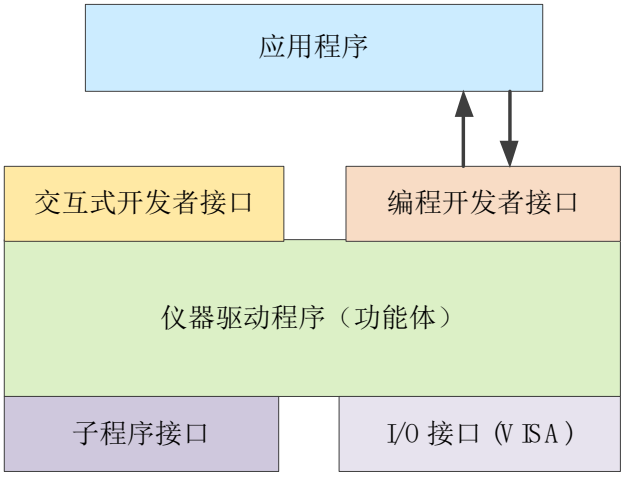


图 5.11 仪器驱动器结构模型

具体说明如下：

1) 功能体。这是仪器驱动器的主功能部分，可以理解为仪器驱动器的框架程序。
2) 交互开发者接口。为方便用户使用，支持仪器驱动器开发的应用开发环境通常提供图形化的交互开发接口。例如，Labwindows/CVI 中，函数面板就是一种交互开发接口。函数面板中，仪器驱动器函数的各个参数都是以图形化的控件形式表示。
3) 编程开发者接口。它是应用程序调用仪器驱动器函数的软件接口，例如 Windows 系统下仪器驱动器的动态链接库文件.dll。
4) I/O 接口。它完成仪器驱动器与仪器间的实际通信。可以使用总线专用 I/O 软件，如 GPIB、LAN；也可以使用跨多个总线使用的通用的标准 I/O 软件：VISA I/O。
5) 子程序接口。它是仪器驱动器访问其它一些支持库的软件接口，例如数据库、FFT

函数等。当仪器驱动器为完成其任务而需调用其它软件模块、操作系统、程控代码库及分析函数库时，将用到子程序接口。

5.4.2 I/O 库安装与配置

伴随着测试领域的应用经历了从传统仪器到虚拟仪器等不同的发展阶段，并且为了解决自动测试系统中仪器可互换性和测试程序的可重用性，仪器驱动程序经历了不同的发展过程。目前比较流行通用的驱动器是 IVI（Interchangeable Virtual Instruments）仪器驱动器，它基于 IVI 规范，定义了新的仪器编程接口，以及插入类驱动程序和 VPP 架构到 VISA 上，使测试应用程序与仪器硬件完全独立，并增加了独有的仪器仿真、范围检测、状态缓存等功能，提高了系统运行的效率与真正实现了仪器互换。

提 示

配置端口以及安装 IO 库

在使用计算机控制 1763 卫星帆板电源阵列模拟器之前，请确认您已正确安装且配置必要的端口和 I/O 库。

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。并说明模拟器出错信息。

如果您购买的 1763 卫星帆板电源阵列模拟器，在操作过程中遇到一些问题，或您需要购买模拟器相关部件或附件，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模拟器进行免费维修；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 …… 6 1
- 故 障 诊 断 与 排 除 …… 6 2
- 返 修 方 法 …… 6 3

6.1 工作原理

为了便于用户了解 1763 卫星帆板电源阵列模拟器的功能，更好的解决操作过程中遇到的问题，本节介绍模拟器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

卫星帆板电源阵列模拟器整机设计拟采用主机箱和输出分离的模块化设计，硬件方案如图 6.1 所示，共分为七个单元。由 CPU 单元、辅助供电单元、初级功率输入单元、模块输出功率单元、模块控制单元、驱动保护电路单元、通信电路单元等组成。其中初级功率输入单元主要进行第一级的 DC/DC 变换，产生模块功率变换所需要的电压和电流；模块输出功率单元进行 IV 曲线输出所需要的电压和电流，模块控制单元包含 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；驱动保护电路单元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。通信单元负责 CPU 单元与控制单元的信号传递。CPU 单元负责整机的控制和界面显示。

整机硬件方案可以支持两个通道独立输出控制，也可以支持两个通道的串并联输出。为了实现上述功能，模块 A 和模块 B 采用了两个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。功率输入电源采用 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线性快速调整电路实现 IV 曲线功率输出，由于模块 A 和模块 B 的功率相同，只是输出电压范围和电流范围不同，所以功率设计部分按电压和电流的区别对模块的高频变压器、高频电感、取样电路进行了不同设计参数，从而既统一了模块的功率拓扑和控制方式，又实现了模块的分功率设计。

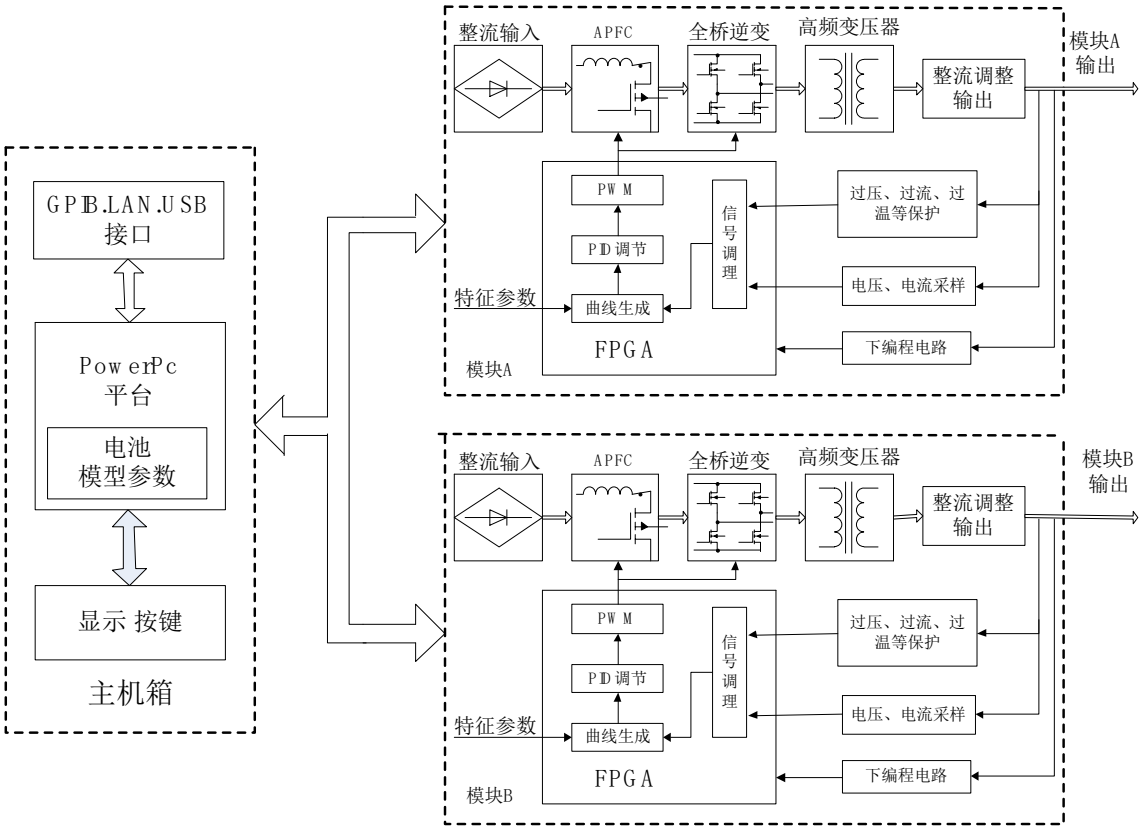


图 6.1 整机硬件总体方案框图

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 1763 卫星帆板电源阵列模拟器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。

若模拟器用户界面的状态指示区出现错误信息提示，请查看菜单“系统—>错误信息列表.....”，以了解具体错误信息说明。

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 63
- 开 机 风 扇 不 转 63
- 模 块 单 元 输 出 不 正 常 63

6.2.1 开机不显示

检查模拟器 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 220V 交流电输入正常，检查仪器保险丝，如需更换可参看第一章第四节保险丝一部分。

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 模块单元输出不正常

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。如果复位后输出仍不正常就需返回厂家维修。

6.3 返修方法

- 联 系 我 们 …… 63
- 包 装 与 邮 寄 …… 64

6.3.1 联系我们

若1763卫星帆板电源阵列模拟器出现问题，首先观察错误信息并保存，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：

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： **安徽省蚌埠市高新区迎河路1300号**

6.3.2 包装与邮寄

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

1) 写一份有关模拟器故障现象的详细说明，与模拟器一同放入包装箱。
2) 用原包装材料将模拟器包装好，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

包装模拟器需注意

使用其它材料包装模拟器，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 1763 卫星帆板电源阵列模拟器的技术指标。

- 声 明 65
- 产 品 特 征 65
- 技 术 指 标 67

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°C ± 5°C，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°C 至 40°C 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°C）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，比如输出电容、切换频率等。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°C）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°C) 条件下测得。

7.2 产品特征

1763 卫星帆板电源阵列模拟器（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	198 ~ 242Vac
频率范围	50Hz±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%（无凝露） 最高 2000 米 -30°C 至 70°C
接口功能	GPIB（兼容 SCPI 指令），USB 接口，LAN 接口（10/100）
自动并联配置	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：	 从收到抑制信号到开始关闭的时间为 5 □s 从收到故障信号到开始关闭的时间 < 10 □s
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 +16.5 VDC/− 5 VDC （针 8 在内部连接到机箱接地） 最大低电平输出电压在 4 mA 时为 0.5 V 最大低电平灌入电流为 4 mA 典型系统级漏电电流在 16.5 VDC 时为 1 mA 最大低电平输出电压在 4 mA 时为 0.5 V； 在 50 mA 时为 1 V；在 100 mA 时为 1.75 V 最大低电平灌入电流为 100 mA 典型系统级漏电电流在 16.5 VDC 时为 0.8 mA 最大低电平输入电压为 0.8 V 最小系统级输入电压为 2 V 典型低电平电流在 0 V 时为 2 mA（内部 2.2 k 上拉） 典型系统级漏电电流在 16.5 VDC 时为 0.12 mA
体积	宽×高×深（mm）：438×89×645
重量（净重）	主机箱：12kg，模块：4kg

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 67
- 主要技术指标 67

7.3.1 主要功能

1763 卫星帆板电源阵列模拟器可进行恒压输出、恒流输出、SAS 模拟输出、电压和电流测量。产品应具备以下主要功能：

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) SAS 模拟输出功能：可通过设置卫星帆板电源阵列特性参数（最大开路电压、最大短路电流值、最大功率点电压值、最大功率点电流值）进行 SAS 模拟输出。

4) SAS 曲线列表功能：SAS 曲线列表功能，该功能可生成系列 IV 曲线（最多 512 条），每个曲线可单独设置特征参数，实现曲线的连续变化。该功能可以通过前面板，或上位机软件下载。

5) 电压、电流测量功能：所有模块输出可以测量自身输出电压和电流。

6) 输出串并联功能：相同模块可支持输出串、并联功能，以提高输出能力。

7.3.2 主要技术指标

模块主要技术参数见表 7.2。

表7.2 模块性能特性指标

指标/参数	DC176301（60V 模块）	DC176302（120V 模块）	DC176303（157V 模块）	DC176304（75V 模块）
额定输出—仿真和列表模式				
最大功率	510W	600W	596W	553.6W
最大开路电压	65V	130V	170V	75V
最大功率点电压值	60V	120V	157V	69.2V
最大短路电流值	8.5A	5A	3.8A	8A
最大功率点电流值	8.5A	5A	3.8A	8A
额定输出—固定模式				
电压	0-60V	0-120V	0-157V	0-69.2V
电流	0-8.5A	0-5A	0-3.8A	0-8A
输出电压纹波/噪声（使用电阻式负载、未接地输出或接地输出从 20Hz 至 20MHz）				
仿真和列表模式	20mV/125mV	24mV/195mV	32mV/250mV	21mV/136mV
固定模式（恒压）	24mV/150mV	30mV/150mV	40mV/195mV	25mV/150mV
输出电流纹波/噪声				
仿真模式/列表模式	4mA/32mA	4mA/32mA	4mA/32mA	4mA/32mA
固定模式（恒流）	2.5mA/19mA	2.5mA/19mA	2.5mA/19mA	2.5mA/19mA
编程准确度(23℃±5℃)				
固定模式电压	0.075%+25mV	0.075%+50mV	0.075%+65mV	0.075%+29mV
固定模式电流	0.20%+20mA	0.20%+10mA	0.2%+8mA	0.2%+19mA
回读准确度（23℃±5℃，从前面板或通过 GPIB，相对于实际输出）				
电压	0.08%+25mV	0.08%+50mV	0.08%+65mV	0.08%+29 mV
电流	0.2%+20mA	0.2%+10mA	0.2%+8mA	0.2%+19mA
负载效应—固定模式(23℃±5℃)				
恒压	2mV	2mV	3mV	2mV
恒流	1mA	1mA	1mA	1mA
源效应—固定模式(23℃±5℃)				
恒压	2mV	2mV	2mV	2mV
恒流	1mA	1mA	1mA	1mA
输出电容值	< 100nF	< 50nF	< 50nF	< 100nF
电压上升\下降时间	< 8ms	< 8ms	< 8ms	< 8ms
注： “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“0伏”时技术指标为：0V±(0V×0.075%+25mV)；在输出电压为“60伏”时技术指标为：60V±(60V×0.075%+25mV)。表中其他相似表达法如“回读准确度”等含义与此相同。				

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	
:ACQuire (@chanlist)	复位测量触发系统至空闲状态
:ELOG (@chanlist)	停止外部数据记录
:TRANsient (@chanlist)	复位瞬态触发系统至空闲状态
CALibrate	
:CURRent	
[:DADA] <NRf>	输入校准值
:LEVel P1|P2, (@channel)	校准输出电流编程
:PROTection (@channel)	校准过流保护
:VOLTage	
[:DADA] <NRf>	输入校准值
:LEVel P1|P2, (@channel)	校准输出电压编程
:PROTection (@channel)	校准过压保护
:DATE<SPD>, (@channel)	设置校准日期
: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
DISPlay	
[:WINDow]	
:TEXT<SPD>	发送文档在前面板上显示
:VIEW CHAN1 | CHAN2 | ALL| TEXT	选择测量视图中显示的通道
:ENAble <Bool>	启用/禁用前面板显示
FETCh	
[:SCALar]	
:CURRent [:DC]? [(@chanlist)]	返回平均输出电流
:VOLTage [:DC]? [(@chanlist)]	返回平均输出电压
DLOG [(@chanlist)]	从数据记录缓冲区返回测量
FORMat	

附录 A SCPI 命令速查表

[:DATA] ASCII | REAL [(@chanlist)]	选择传输的数据格式
:BORDer	指定如何传输二进制数据
INITiate	
[:IMMediate]	
[:TRANsient] [(@chanlist)]	启用输出触发
:ACQuire [(@chanlist)]	启用测量触发
:DLOG [(@chanlist)]	启用数据记录器
:CONTinuous	
[:TRANsient] <Bool> [,(@chanlist)]	启用/禁用连续瞬时触发
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
MEMory	
:COPY	
:TABLe <SPD>	将选定的表复制到非易失性存储器
:DELete	
[:NAME] <SPD>	删除易失性和非易失性存储器中指定的表
:ALL	删除易失性和非易失性存储器中的所有表
:TABLe	
:CATalog?	返回易失性和非易失性存储器中的所有表名称
:CURRent	
[:MAGnitude] <NRf>{,<NRf>}	对新表的电流点列表进行编程
:POINts?	返回活动表中的电流点数
:SELect [<SPD>]	在易失性存储器中创建新表
:VOLTage	
[:MAGnitude] <NRf>{,<NRf>}	对新表的电压点列表进行编程
:POINts?	返回活动表中的电压点数
OUTPut	
[:STATe] <Bool> [,(@chanlist)]	启用/禁用指定的输出通道
: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
:INHibit	
:MODE LATChing | OFF	设置远程抑制模式
: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
SENSe	
:DLOG	
:CLOCk TRIGger | TIMer [,(@chanlist)]	指定测量捕获触发源
:TINTerval <NRf> [,(@chanlist)]	设置捕获测量的时间间隔
[SOURce:]	
CURRent	
[:LEVel]	
[:IMMediate][:AMPLitude]<NRf+> ,(@chanlist)]	设置 Fixed 模式中的输出电流
:DTABle	
:SASimulator	
[:IMMediate]? [(@chanlist)]	返回计算出的 DAC 表，用于 SAS 设置
:LIST? <NR1> [,(@chanlist)]	返回计算出的 DAC 表，用于指定的阶跃值
:TABLe	
[:IMMediate]? <SPD> [,(@chanlist)]	返回计算出的 DAC 表，用于指定的表
:MODE FIXed | SAS | TABLe[,(@chanlist)]	设置仪器的工作模式
:DTABle 256 | 4096 [,(@<chanlist>)]	指定以点为单位的表大小
:PROGramming INTernal | XTernal ,(@<chanlist>)]	指定自动并联操作中的编程源
:PROTection	
:LEVel <NRf> [,(@chanlist)]	设置过电流保护级别
:SAS	
:IMP <NRf> [,(@chanlist)]	设置曲线峰值功率点处的电流
:ISC <NRf> [,(@chanlist)]	设置短路电流
:MODE IMMediate | LIST [,(@chanlist)]	选择曲线参数的源
:SLIMit	
:HIGH <NRf+> | MAXimum [,(@chanlist)]	设置高软限值以对输出电流编程
:TABle	
:NAME ” filename” [,(@<chanlist>)]	激活 Table 模式中的用户定义的表
:OFFSet <NRf> [,(@<chanlist>)]	在以 Table 模式操作时添加电流偏移
DIGital	
:INPut	
:DATA?	读取数字端口针的状态
:OUTPut	
:DATA <NRf>	设置数字端口
:PIN<1-7>	
:FUNCtion DIO| DINPut| TOUTput| TINPut	设置选定针的功能

附录 A SCPI 命令速查表

| FAULt|INHibit| ONCouple| OFFCouple	
:POLarity POSitive | NEGative	设置选定针的极性
LIST	
:COUNt <NRf+> | INFinity [,(@chanlist)]	设置列表重复计数
:DWELl <NRf> {,<NRf>} [,(@chanlist)]	设置驻留时间列表
:POINts? [(@chanlist)]	返回驻留列表点数
:SAS	
:IMP	
[:LEVel] <NRf>{,<NRf>} [,(@chanlist)]	设置峰值功率电流点列表
:POINts? (@chanlist)	返回峰值功率电流点数
:ISC	
[:LEVel] <NRf>{,<NRf>} [,(@chanlist)]	设置短路电流点列表
:POINts? (@chanlist)	返回短路点数
:VMP	
[:LEVel] <NRf>{,<NRf>} [,(@chanlist)]	设置峰值功率电压点列表
POINts? (@chanlist)	返回峰值功率电压点数
:VOC	
[:LEVel] <NRf>{,<NRf>} [,(@chanlist)]	设置开路电压点列表
:POINts? (@chanlist)	返回开路点数
:STEP ONCE | AUTO [,(@chanlist)]	指定列表如何响应触发
:ACTive? [(@chanlist)]	返回当前的列表阶跃值
:TERMinate	
:LAST <Bool> [,(@chanlist)]	设置列表终止模式
VOLTage	
[:LEVel]	
[:IMMediate][:AMPLitude] <NRf+> [,(@chanlist)]	设置 Fixed 模式中的输出电压
:DTABle	
:SASimulator	
[:IMMediate]? [(@chanlist)]	返回计算出的 DAC 表，用于 SAS 设置
:LIST? <NR1> [,(@chanlist)]	返回计算出的 DAC 表，用于指定的阶跃值
:TABLe	
[:IMMediate]? <SPD> [,(@chanlist)]	返回计算出的 DAC 表，用于指定的表
:PROTection	
:LEVel <NRf>, (@chanlist)	设置过电压保护级别
:SAS	
:VMP <NRf>, (@chanlist)	设置曲线峰值功率点处的电压
:VOC <NRf>, (@chanlist)	设置开路电压
:SLIMit	
:HIGH <NRf+> | MAXimum [,(@chanlist)]	设置高软限值以对输出电压编程
:TABle	

:OFFSet <NRf> [,(@<chanlist>)]	在以 Table 模式工作时添加电压偏移
STATus	
:OPERation	返回操作事件寄存器的值
[:EVENt]? [(@chanlist)]	返回操作条件寄存器的值
:CONDition? [(@chanlist)]	启用事件寄存器中的特定位
:ENABle <NRf> [,(@chanlist)]	设置负过渡型滤波器
:NTRansition <NRf> [,(@chanlist)]	设置正过渡型滤波器
:PTRansition <NRf> [, (@chanlist)]	将所有启用和过渡型寄存器预设为打开电源
: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
:ENABle <NRf> [,(@chanlist)]	启用事件寄存器中的特定位
:NTRansition <NRf> [,(@chanlist)]	设置负过渡型滤波器
:PTRansition <NRf> [,(@chanlist)]	设置正过渡型滤波器
SYSTem	
:CHANnel	
[:COUNt]?	返回主机中的输出通道数
:MODel? [(@chanlist)]	返回选定通道的型号
: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	指定仪器的远程/本地状态
:ERRor?	返回错误号和错误字符串
: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
:PARallel AUTO | DIRect [, (@chanlist)]	指定输出模块如何进行并联
:MMEMory	
:INITialize	将仪器的存储器初始化为出厂默认设置
:SANitize	执行清除和销毁标准 DoD 5220.22-M
: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

附录 A SCPI 命令速查表

TRIGger	
[:TRANsient]	
[:IMMediate] [(@chanlist)	立即触发输出
:SOURce BUS|DWEL<n>|PIN<n>|TRAN<n>[,(@chanlist)]	设置输出触发源
:ACQuire	
[:IMMediate] [(@chanlist)	立即触发测量
:DELay <NRf> [,(@chanlist)	指定测量触发的时间延迟
:SOURce BUS | PIN<n> | TRAN<n> [,(@chanlist)]	设置测量触发源
DLOG	
[:IMMediate] [(@chanlist)]	立即触发数据记录
:SOURce BUS|DLOG<n>|PIN<n>|TRAN<n>[,(@chanlist)]	设置数据记录触发源
:PIN<3-7>	
:SOURce BUS|ACQ<n>|DLOG<n>|DWEL<n>|TRAN<n>	选择数字 I/O 针的触发源
*CLS	清状态
*ESR?	返回事件状态寄存器值
*LRN	返回一系列 SCPI 命令
*RST	复位
*TRG	触发
*WAI	等待所有命令执行结束
*TST?	执行自测试并返回结果

附录 B 校准

本章节包含 1763 卫星帆板电源阵列模拟器（下面简称模拟器）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，模拟器包括主机和模块，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 1763 卫星帆板电源阵列模拟器模块。

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，模拟器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，模拟器执行新的校准常数，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 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.1 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.3 校准所需仪器

校准所需仪器见表 B.2。

表 B.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 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

B.4 校准操作

步骤 1.将数字多用表电压输入+端与模块输出+端连接，将数字多用表电压输入-端与模块输出-端连接。将模块输出端子上+S 端与模块输出+端连接，将模块输出端子上-S 端与模块输出-端连接。

步骤 2.选择第一个电压校准点。

前面板：	SCPI 命令：
选择 Next，显示： “Enter P1 data。”	CAL:VOLT:LEV P1 *OPC?

步骤 3.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:VOLT <data>

步骤 4.选择第二个电压校准点。

前面板：	SCPI 命令：
选择 NEXT，显示： “Enter P2 data” 。	CAL:VOLT:LEV P2 *OPC?

步骤 5.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:VOLT <data>

步骤 6.选择电压保护校准。

前面板：	SCPI 命令：
选择 OVP，然后按 Next 完成校准。	CAL:VOLT:PROT *OPC?

步骤 7.将模块输出端子上+S 端与模块输出+端连接，将模块输出端子上-S 端与模块输出-端连接。将分流器与模块串联。将数字多用表输入端与分流器并联。

步骤 8.选择第一个电流校准点。

前面板：	SCPI 命令：
选择 Next，显示： “Enter P1 data。”	CAL:CURR:LEV P1 *OPC?

步骤 9.将数字多用表上电压读数转换成为电流读数后输入(I=V/R)。

前面板：	SCPI 命令：
输入模块输出电流，并确认。	CAL:CURR <data>

步骤 10.选择第二个电流校准点。

前面板：	SCPI 命令：
选择 Next，显示： “Enter P2 data。”	CAL:CURR:LEV P2 *OPC?

步骤 11.将数字多用表上电压读数转换成为电流读数后输入(I=V/R)。

前面板：	SCPI 命令：
输入模块输出电流，并确认。	CAL:CURR <data>

步骤 12.选择电流保护校准。

前面板：	SCPI 命令：
选择 OCP，然后按 Next 完成校准。	CAL:CURR:PROT *OPC?

步骤 13.保存和退出校准模式

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