



# 屏蔽布线工程的电气测试

## 一、绪论

综合布线系统是面向建筑物和建筑群的高速数据传输系统。经过数十年的发展，拥有了包含非屏蔽布线系统、屏蔽布线系统和光纤布线系统在内的多介质高速传输能力，为计算机、通信和控制领域及各行各业提供了物理传输层面上的支持。从电磁兼容（EMC）的观点出发，综合布线工程受到现场条件的限制，无法避免地会受到环境电磁干扰的影响。作为铜缆介质，屏蔽布线系统较非屏蔽布线系统表现出更好的电磁兼容性。

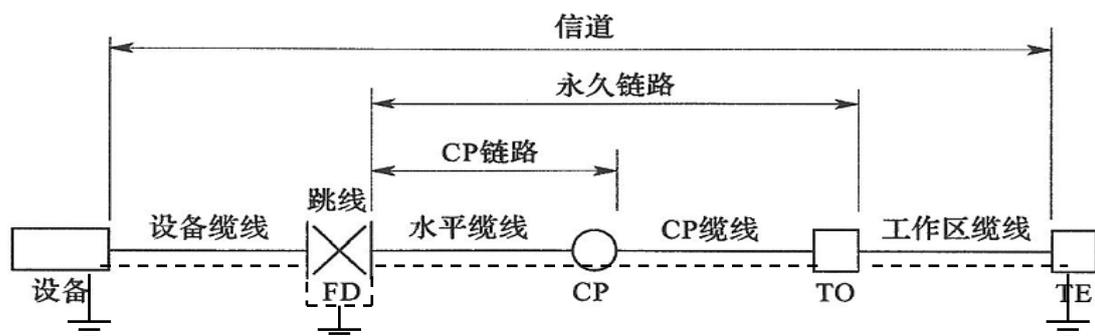
最大可能性地发挥屏蔽布线系统的电磁兼容优势，必须满足两个条件：“全程屏蔽”和“屏蔽层正确可靠接地”。“全程屏蔽”即：布线系统中所使用的配线架、线缆、接插件、网络设备、网卡均采用屏蔽产品。“接地”即：将全程屏蔽纳入到等电位联结中（不应理解为接地球本身）。这是与非屏蔽系统施工与检测的关键区别。为达到屏蔽布线的预期目的与效果，除依据标准检测与非屏蔽系统相同的参数与项目外，还应围绕这两个方面有针对性的检测。

根据综合布线国家标准《GB 50311-2007》、《GB 50312-2007》的要求，并参考《TIA-568-C》、《ISO/IEC11801》、《GB/T16895.16-2002》、《GB/T16895.17-2002》、《GB50339-2003》、《GB50303-2002》等标准中的相关规定，结合工程现场条件与测试仪表情况，本文讨论屏蔽布线系统中特有的和应强调的工程现场测试项目和验收方法；澄清某些易混淆的概念；给出评判工程优劣的量化数据；提出工程测试中注意事项；总结常见故障与排查方法。

## 二、屏蔽布线配线子系统的电气测试

### 1、测试屏蔽对绞线线对电气性能

如图 1-1，屏蔽布线配线子系统与非屏蔽布线相同，区别在于各环节均有屏蔽层。



FD——楼层配线架、 CP——中间点、 TO——终端插座、 TE——终端设备

图 1-1 屏蔽布线配线子系统



根据《综合布线系统工程验收规范 GB 50311-2007》要求，使用线缆认证测试仪可方便地对配线子系统的线对电气性能进行自动测试，这些测试项目包括：

- 连接图（WIREFMAP），含屏蔽层的连通测试；
- 长度（LENGTH）；
- 插入损耗（INSERT LOSS）；
- 近端串音（NEXT）；
- 近端串音功率和（PS NEXT）；
- 近端衰减串音比（ACR-N）；
- 近端衰减串音比功率和（PS ACR-N）；
- 远端衰减串音比（ACR-F）
- 远端衰减串音比功率和（PS ACR-F）
- 回波损耗（RETURN LOSS）；
- 传播时延（DELAY）；
- 传播时延偏差（DELAY SKEW）；
- 直流环路电阻（DC LOOP RESISTANCE）。

在上述性能参数中，除接线图中增加了屏蔽层连通测试外，其它都与同类型的非屏蔽布线相同的。在仪表中选择屏蔽线测试标准和连接模型后测试，即可得到相应结果，接线图报告中会自动包含屏蔽层通断结果。

另外，《信息技术用户建筑群的通用布缆（ISO/IEC 11801-2002）》和《用户建筑物通用布线标准（TIA-568-C-2009）》都对屏蔽的布线系统非平衡衰减、传输阻抗、耦合衰减及屏蔽衰减等指标有详细规定，但这些指标均属于实验室测试项目，无法在工程现场实测获得。《GB 50312-2007》“条文说明 3.0.7”指出：“目前尚无有效的现场检测手段对屏蔽效果的其他技术参数(如耦合衰减值等)进行测试，应根据相关标准或生产厂家提供的技术参数进行对比验收。”。

还应注意，受工程现场条件限制，测试线对指标时线缆屏蔽层是不接地的（没有干扰信号泄放通路）。在这中情况下，如果线对指标现场测试合格，就意味着：屏蔽接地后，线缆实际传输效果将比测试时更好。

## 2、屏蔽层连通性测试的局限性与改进方法

### （1）信道的屏蔽层连通性测试存在漏洞

如图 1-1 所示，配线架端口屏蔽层通过机架连通，“信道”的屏蔽层连通性测试无法发现使用了 UTP 跳线或跳线屏蔽层发生开路。因此，屏蔽布线系统更强调“永久链路”连接模型的测试。工程中应选用合格的屏蔽跳线，必要时可单独对屏蔽跳线进行验证。

### （2）屏蔽层连通性测试没有量化数据

接线图测试结果只有通、断、与线对短路提示，没有具体的量化数据，不能判断是否有部分开裂、部分缺损、虚接、严重变形等缺陷。当需要故障分析与定



位时，可采用时域反射方法进一步测试。

利用时域反射原理，能在一定程度上反映屏蔽层转移阻抗均匀性，准确定位屏蔽层开路、短路、阻抗异常等故障位置。将屏蔽对绞电缆全部线芯在一端短接后当作 1 根导体，屏蔽层作为另 1 根导体接入时域反射测试仪，屏蔽层完全断裂、部分破损、受外应力过大等“软故障”理论上都能在测试图线上有所反映（图 1-2）。测试精度依赖于仪表精度和分辨率。

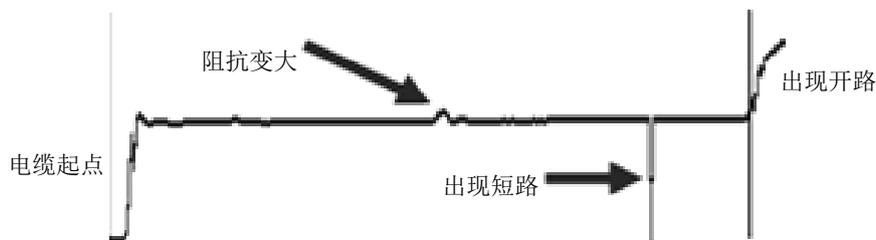


图 1-2 时域反射测试结果

如（1）所述情况，如果配线架间跳线屏蔽层存在开路或使用了非屏蔽（UTP）跳线，对“信道”进行时域反射测试后，跳线部分将在图线中表现为“阻抗变大”的小尖峰，从而发现问题所在。

### （3）连通性测试不反映屏蔽层的等电位联结情况

由于接线图中屏蔽连通性只是水平布线测试，不涉及接地系统，无法反映屏蔽层等电位联结效果，需单独对其进行验证（详见“第二章，第 4 节，检查线缆屏蔽层的等电位联结效果”）

## 3、测试屏蔽布线的“线外串扰(外部串扰)”

线外串扰是针对 500MHz 及更高带宽铜缆布线系统的现场测试指标。正确安装的屏蔽布线系统能有效防止线外串扰（AXT），提供足够高的线外串扰余量，因此相关标准原则规定，验收屏蔽系统不需要测试线外串扰。

但由于线外串扰是惟一能在工程现场得到的涉及线缆屏蔽隔离度的电气指标，通过现场实测以下指标，可评估屏蔽布线的屏蔽效能，对故障分析有所帮助。

- 综合近端线外串音（PS ANEXT NE）
- 综合远端线外串音（PS ANEXT FE）
- 综合近端线外衰减串音比（PS AACR NE）
- 综合远端线外衰减串音比（PS AACR FE）

鉴于工程测试条件与测试方法的复杂性，建议仅在十分必要时使用此方法进行故障分析。

## 三、屏蔽系统等电位联结效果的检测

屏蔽布线系统的等电位联结导体包括：配线子系统屏蔽层、机柜、桥架、金属管路、网络设备金属外壳、终端设备金属外壳和工作区电源保护地线。本节对布线工程所涉及的等电位联结相关环节进行讨论。



## 1、正确理解布线系统中的接地概念

正确理解布线系统的“接地”概念，是工程施工与检测的基础。狭义的“接地”多体现在防雷保护系统中，是把地球看作零电位参考面，接地是将雷电信号导入地球本身，也称“接大地”；广义的“接地”多体现在实现电气功能和提高系统的电磁兼容性，是将系统中等电位联结导体看作零电位参考面，接地是将电气零电位参考点、保护导体、屏蔽层等纳入到等电位联结中。

屏蔽布线工程中的“接地”，如果目的在于提高电磁兼容性，应理解为将屏蔽层纳入等电位联结系统中；如果涉及防雷保护，则应理解为接入地球本身。典型的例子，飞行中的航空航天器内部的电气设备和布线系统，是无法接入大地的，但都能有很好的电磁兼容性，就是因为其内部有可靠的等电位联结。

屏蔽布线工程中的“接地”检测，应重点检测系统各环节的“等电位联结”效果。

## 2、检测机柜、桥架、金属管路的等电位联结效果

屏蔽与非屏蔽布线系统中的机柜、桥架、金属管路等都要求有可靠接地（等电位联结）。使用钳形接地电阻仪套接在这些设备的接地导体上，就能方便、准确地得到其等电位连接情况。在一般屏蔽布线工程中，若读数大于  $1\Omega$  时则认为异常；在医疗场所的布线，读数不应超过  $0.2\Omega$ （依据《JGJ16-2008，12.7、12.8 条款》）。

## 3、检查工作区交流电源配电方式

工作区电源保护地线是工作区惟一接地通路。布线施工中，工作区信息插座的屏蔽层不做专门接地，使用网络时通过屏蔽跳线将信息插座与网络设备连接，布线系统的屏蔽层经设备电源线 PE 端子接入配电系统的保护地线，实现等电位联结。

虽然交流电源不属于综合布线设计与施工范畴，但为确保工作区线缆屏蔽层与设备接地，在《综合布线系统工程设计规范 GB50311-2007》6.1.2 特别指出，工作区交流电源要采用 TN-S 方式，即保护地线 (PE 线) 与中性线 (N 线) 分开的配电方式。



图 2-1 用交流电路分析仪检测电源插座配电方式与 PE 线阻抗

在工程验收中，建议使用专用仪表对相关电源插座进行检测。例如，使用如图 2-1 所示交流电路分析，测试为终端设备供电的插座，不仅能按《建筑电气



工程施工质量验收规范 GB50303-2002》中的强制条款（22.1.2）要求告知插座配电方式，早期发现威胁人身和设备安全的电源隐患，还能得到保护地线（PE 线）阻抗值，为排查接地故障和责任界定提供量化数据。

#### 4、检查线缆屏蔽层的等电位联结效果

如图 1-1 所示，布线系统中的“永久链路”部分的屏蔽层是分别在两端接地的：配线架一侧通过机柜接地；工作区一侧通过终端设备的电源保护地线接地。在保证其屏蔽层本身连通性合格的前提下，其接地效果完全由其两侧的接地环节决定。

##### (1) 测量电位差

《GB50311-2007》7.0.4 规定：“如布线系统的接地系统中存在两个不同的接地体时，其接地电位差不应大于 1Vrms”。《TIA-568-C.0》5.3.5 规定，在工作区水平布线末端，线缆屏蔽层与为设备供电的电源插座保护地线（即黄绿色 PE 线）间，交流电压有效值（rms）不超过 1.0V。

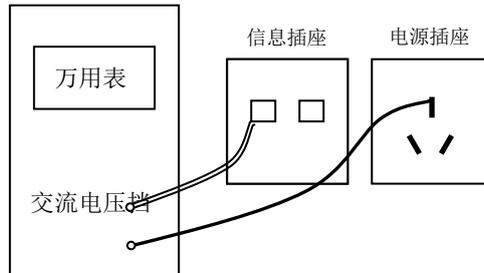


图 2-2 万用表测量屏蔽层等电位联结效果

在确认电缆屏蔽层连通性合格，电源插座接线正确无误（PE 线不能开路和存在高阻点，更不能带有危险电压！）后，如图 2-2 所示，用带“有效值”测量功能的万用表，直接测量工作区信息插座屏蔽罩与电源插座保护地线（PE 线）间交流电压，读数应满足标准规定。

##### (2) 测试回路电阻

信息插座屏蔽罩与电源 PE 线间电压虽能反映等电位联结情况，但由于终端设备跳线和设备电源线未在测试中出现，实际应用中，如果终端设备跳线屏蔽层或设备电源 PE 线出现开路或高阻，则仍然不能实现线缆屏蔽层在工作区良好接地。只有确认整个回路的保护导体处于低阻状态，才代表屏蔽层等电位联结可靠。

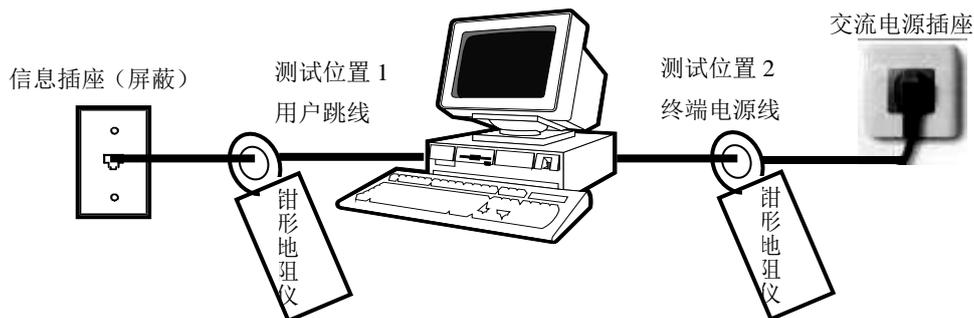


图 2-3 用钳形地阻仪验证等电位联结效果



如图 2-3 所示，正确连接终端设备的跳线与电源线后，使用钳形接地电阻仪套接在屏蔽跳线或设备电源线上测试整个回路电阻，对线缆屏蔽层的等电位联结实际效果进行验证。理论计算（计算过程参见“附录”）表明，正常情况下，此测试值应小于  $4\Omega$ ，并且越小越好。此阻值同时满足《GB50311-2007》7.0.4 规定的：“综合布线系统应采用共用接地的接地系统，如单独设置接地体时，接地电阻不应大于  $4\Omega$ 。”之要求。

因为上述测试对象为屏蔽层与保护导体回路，所以设备工作与否，并不影响测试结果，如果发现数值超标，应进一步寻找并排除故障。

#### 四、现场检测电气指标与检测方法总结

与非屏蔽布线电气测试不同，屏蔽布线系统除要求对线缆本身电气性能进行测试外，还要尽可能地利用常规仪表，对与屏蔽、接地有关环节进行现场检测。表 3-1 列举了在工程检测中可能用到的仪表与测试方法，并给出了标准依据与限值。

表 3-1 屏蔽布线系统电气指标与检测方法

序号	测试项目	测试目的	仪表	依据标准	合格限值
1	线对指标 (含屏蔽层连通性)	确保网络物理层传输性能	线缆认证测试仪	GB50312	仪表按标准自动评判
2	线外串音（可选测试）	估测水平布线屏蔽效果	线缆认证测试仪	ISO11801 TIA-568-C	仪表按标准自动评判
3	机柜、桥架、金属管路等接地电阻	检验设备等电位联结效果	钳形地阻仪	GB50312 GB50339 GB50303	$<1\Omega$
4	工作区电源插座	检验工作区电源配电方式与保护地线阻抗	交流电路分析仪	GB/T16895 JDJ16	$<1\Omega$
5	工作区屏蔽层对保护地线电压有效值	检验水平布线屏蔽层等电位联结效果	万用表	GB50312 TIA-568-C	$<1V_{rms}$
6	工作区含终端设备屏蔽层与保护地线全程电阻	检验全程屏蔽与等电位联结效果	钳形地阻仪	——	$<4\Omega$
7	屏蔽层阻抗	定位水平布线屏蔽层故障	时域反射	——	无明显尖峰

#### 五、结 论

针对综合布线系统的电气测试，国家标准《综合布线系统工程验收规范 GB 50311-2007》是主要参考依据，但标准中对屏蔽布线系统的检测细节没有详细描述，也未涉及电源配电部分的检查。本文通过参照不同领域的标准与规范，对屏蔽布线系统电气测试中应予以注意的若干问题进行了讨论，得到以下结论：



- 1、屏蔽层连通性测试存在局限性，排查故障时需要其它辅助手段（如：时域反射）进行故障定位；
- 2、屏蔽层连通性要分别验证“永久链路”和“跳线”，不能仅凭“信道”测试结果判定连通性合格；
- 3、原则上可不测量屏蔽布线的“线外串扰”，深入评估屏蔽效能或分析故障时，可将其作为辅助分析手段；
- 4、机柜、桥架、金属管路的等电位联结效果，应有量化数据作为验收依据；
- 5、应对工作区电源配电方式与保护地线阻抗进行检测，一般故障定位和责任划分；
- 6、通过测量电压或测试回路电阻，验证“永久链路”屏蔽层在工作区一侧的等电位联结效果。

总之，屏蔽布线系统工程的电气检测，不仅要得到线对传输性能，还要体现“全程屏蔽”和“屏蔽层正确可靠接地”状况，这样才能对屏蔽布线工程整个系统的电气性能有所把握，为最大可能性地发挥屏蔽布线系统的电磁兼容优势提供数据支持。

## 参考文献

- [1]《智能建筑工程质量验收规范》（GB 50339-2003）
- [2]《综合布线系统工程设计规范》（GB 50311-2007）
- [3]《综合布线系统工程验收规范》（GB 50312-2007）
- [4]《信息技术 用户建筑群的通用布缆》（ISO/IEC 11801-2002）
- [5]《用户建筑物通用布线标准》（TIA-568-C-2009）
- [6]《建筑物电气装置 第5部分：电气设备的选择和安装 第548节：信息技术装置的接地配置和等电位联结》（GB/T 16895.17-2002）
- [7]《建筑电气工程施工质量验收规范》（GB 50303-2002）
- [8]《民用建筑电气设计标准》（JGJ 16-2008）
- [9]《电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范》（GB 50169-2006）
- [10]《住宅设计规范》（GB50096-1999）
- [11]《屏蔽布线系统的设计与施工检测技术白皮书》综合布线工作组 2009.5.