

电阻故障定位方法 参考指南



EXFO

目录

| | | | |
|----------------------------------|----|---------------------|----|
| 1. 电阻故障定位 (RFL) | 1 | 7. 电线间故障 | |
| 1.1 什么是RFL? | 1 | 8. RFL 4-W模式..... | 19 |
| 1.2 RFL相关隐患 | 4 | 9. 湿气故障 | |
| 1.3 使用EXFO FTB-600系列进行RFL测试..... | 5 | 10. 详注 23 | |
| 1.4 测试设置 | 6 | 10.1 默里法..... | 23 |
| 2. 隔离故障 | 9 | 10.2 RFL设置 | 24 |
| 3. 接地故障 | 10 | 10.3 RFL结果 | 25 |
| 4. RFL 2-W模式..... | 11 | 10.4 EXFO解决方案 | 27 |
| 5. 两条电线均出现接地故障 | | | |
| 6. RFL K-测试模式 | | | |

1. 电阻故障定位 (RFL)

1.1 什么是RFL?

电阻故障定位 (RFL) 测试是一种非常有效的测量方法，可在通讯电缆中查找高电阻故障。高电阻故障通常由保护电线的电缆绝缘层或护套的损坏/老化而引起。多数情况下，水或湿气是导致电阻故障的主要原因。人和动物的干扰通常会造成水或湿气进入电缆。可以采取一些其它方法来判断故障位置，如时域反射法 (TDR)，但这种测量方法通常在电阻故障极低（如 $<100\ \Omega$ ）时才会可靠。

一般而言，有三种类型的电阻故障：短路、接地和交叉连接。

短路指正极 (A/Tip) 和负极 (B/Ring) 连接到一起。

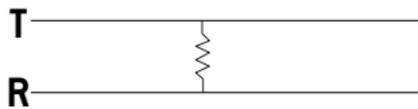


图1: 正极和负极间出现短路

接地指A/Tip或B/Ring与地面连接到一起。

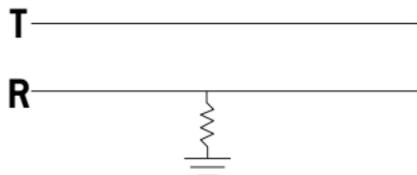


图2: 负极和地面间出现短路

交叉连接指A/Tip或B/Ring与另一个带电压线对 (电池) 的B/Ring连接到一起。这种情况下，不仅存在电阻故障，还存在电压。

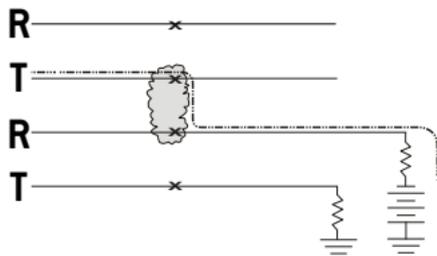


图3: 电池交叉连接

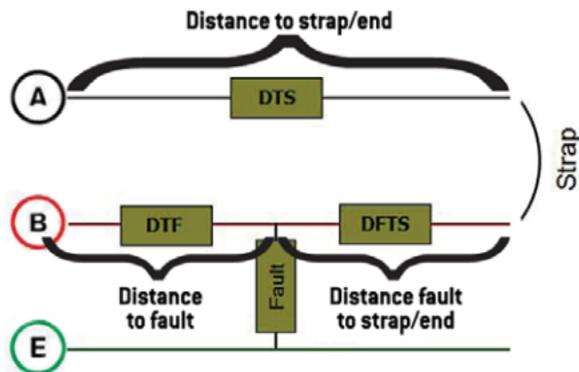
RFL可帮助技术人员定位电阻故障，并测量其强度。为此，可以向电路施加电压并测量故障电流和电压比。在采取这些测量措施后，就能够计算出到故障点的距离。

可提供以下距离指标：至端点距离、至故障点距离和故障点至端点距离。除这些距离指标外，RFL测试还可以提供故障点的电阻。

典型的经验法则是：

- › 超过10 M Ω 的电阻故障不是严重的故障（电路在电阻超过30 M Ω 保持稳定）。
- › 3.5 M Ω 和9.9 M Ω 之间的电阻故障被视为“轻微电阻故障”，应在其恶化前进行修复。
- › 低于3.5 M Ω 的电阻故障必须尽快修复，因为它们会影响客户的服务。

务必同工程师核实一下，以确保遵循公司的方法和流程（M&P）。



1.2 RFL相关隐患

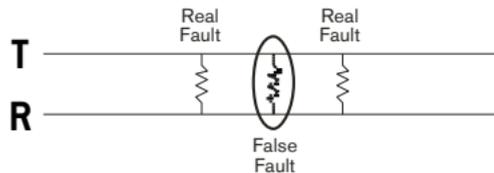
以下问题可能导致RFL测量结果和读数不正确或不一致。

- › 依所用的单位（每千英尺或每千米）电阻常量而定，负载线圈一般会给距离读数增加4-20 Ω 的电阻。使用EXFO的负载线圈检测器找出线路上有多少个负载线圈，然后进行RFL设置，将电缆分段，每个线圈一段（参阅第1.4节“测试设置”部分）。
- › 温度在确定电缆长度方面发挥重要作用（电缆电阻随温度的变化而变化）。温度会随着电缆的长度变化，并且这种变化可能极大。阳光直射的架空电缆的温度容易比较高。

如果电桥抽头存在故障，则RFL测量将仅指示电桥抽头的开始位置。

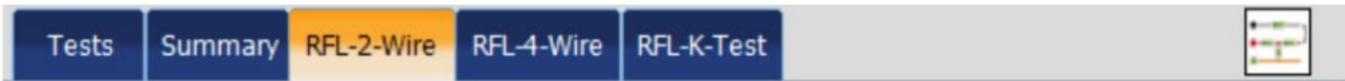
不同规格的电缆具有不同的环路电阻。

RFL测量旨在查找单一故障。如果存在多个故障，则会提供不正确的测量结果。在这种情况下，也必须将被测环路分段，才能缩小损伤的位置范围。



1.3 使用EXFO FTB-600系列进行RFL测试

在EXFO的FTB-600测试仪内，选择RFL测试菜单选项。该测试仪会向用户提供测量结果和反馈信息。



这一款EXFO测试仪集成了不同类型的RFL测量方法，分别称为2线法（2-Wire）、4线法（4-Wire）和屈普夫米勒法（Küpfmüller）。

- › 4线法也被称为“采用单独的好线对进行RLF”或“3点”测试法。
- › 屈普夫米勒法也被称为“RFL K-测试”法。

最佳做法

首先，建议在电缆对上进行隔离电阻（压力/泄露）测试，以确定是否存在故障。FTB-600可进行50V-500V的高性能隔离测试。



该测试可用于分析电路有无绝缘损坏，若有损坏则表明可能存在电阻故障。如果隔离电阻测量结果高于配置的阈值，测试仪会显示电路正常，不需要进行RFL测试。这就使得技术人员能够关注真正的网络问题。

- › 如果存在故障（即电阻小于3.5 MΩ），隔离电阻测试可以显示故障位置（如A/T和B/R间）。
- › RFL测试页将显示如何连接设备以及如何连接带状电线。技术人员必须正确设置测试环境，才能获得精确的测量结果。

1.4 测试设置

在开始RFL测试前，技术人员必须在RFL设置中输入关键信息。这些信息包括电线规格、温度（最好是每段电缆的温度）以及是否存在负载线圈。

| Section No. | Length (m) | Cable Type | Temperature (°C) | Resistance (Ω/km) | Load Coil |
|-------------|------------|--------------------|------------------|-------------------|--------------------------|
| 1 | 300,0 | Cable #8 - 0.50 mm | 20,0 | 178 | <input type="checkbox"/> |
| 2 | 250,0 | Cable #7 - 0.40 mm | 20,0 | 279 | <input type="checkbox"/> |
| 3 | 250,0 | Cable #7 - 0.40 mm | 20,0 | 279 | <input type="checkbox"/> |
| 4 | 0,3 | Cable #8 - 0.50 mm | 20,0 | 178 | <input type="checkbox"/> |
| 5 | 0,3 | Cable #8 - 0.50 mm | 20,0 | 178 | <input type="checkbox"/> |

Note: Sum of cable section lengths should not exceed maximum limit of the DTS. Maximum limit of the DTS is 30000,0 m.

通过FTB-600，技术人员能够输入最多五段电缆的信息。

提高精度

了解电缆规格很重要，因为它是测试仪进行电阻测量的基础。若要进行测试的电缆规格与测试仪中的默认规格不同，则指明每千英尺或每千米的电阻也很重要。如果电线规格和/或单位长度的电阻设置不正确，则会导致距离的计算结果有误。

了解各段电缆的长度和温度非常重要。温度会改变电缆的电阻——电缆越冷，阻值越低；电缆越热，阻值越高。通过精确设置温度，可以精确计算相应距离。

如果测试设置正确无误，测试仪可测量至故障点电阻、故障点至端点电阻和至端点电阻。通过每千英尺或每千米电阻常量，可以计算出至故障点距离、故障点至端点距离和至端点距离。这些测量和计算结果使技术人员能够知道每个严重电缆电阻故障的确切位置。

RFL测试需要在远端有段带状电线，通常使用一段备用铜缆线或测试仪随附的特制电缆，也可以是处于短路状态的远端设备（FED）。为了获得最精确的结果，该带状电线的电阻值应非常低。

连接信息

开始这些测试前，需要按以下步骤进行连接：

红色测试引线与R/B线（或故障电线）相连。

黑色测试引线与T/A线（或好电线）相连。

绿色测试引线与参考电线（如地线）相连。

黄色测试引线与黄色接口（T1/A1）相连（仅适用于RFL 4-线测试）。

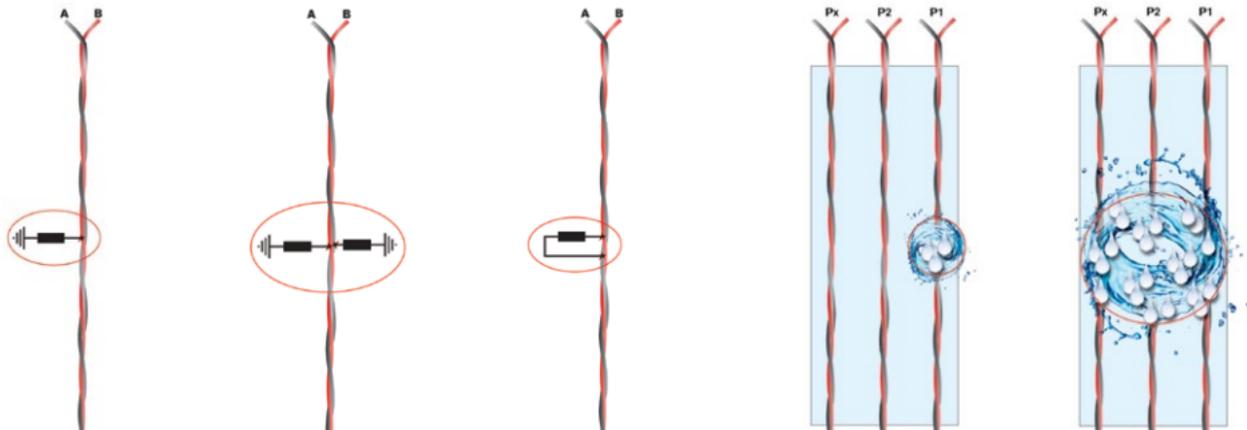


R1/B1蓝色引线不用于任何RFL测试。

2. 隔离故障

一般隔离故障类型

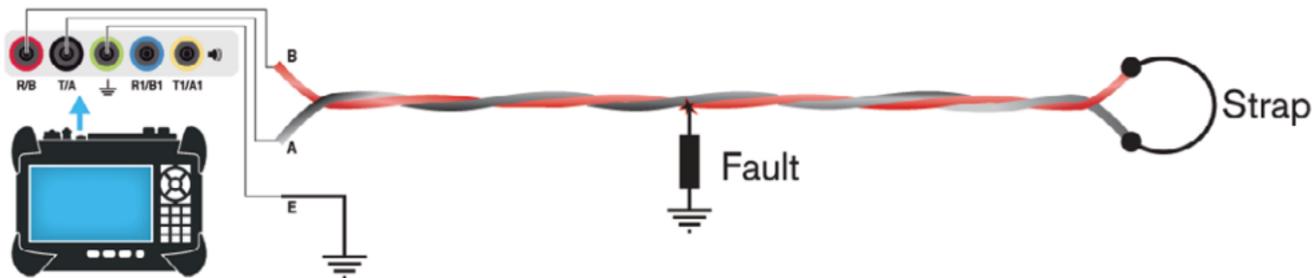
接下来是一些故障、连接模式以及采用EXFO的FTB-600测试仪获得的测试结果。



| 单线隔离故障 | 双线隔离故障 | 相同线对电线上的隔离故障 | 线对部分潮湿 | 线对完全潮湿 |
|------------------------------|---|---|------------------------------|-----------------------------|
| RFL 2W | K-测试 | RFL 4W、TDR | RFL 4W、TDR | TDR、RFL 4W或类似方法 |
| 好电线的IsoRes> 1000 x Rfault | $R_{fault1} > 2 \times R_{fault2}$ $R_{fault1} + R_{fault2} > 100 \times R_{loop}$ | 好线对的IsoRes> 1000 x Rfault。如果 Rfault低于100 Ohm, 可使用TDR来定位故障。 | 好线对的IsoRes> 1000 x Rfault | 为获得最好的测试结果, 建议使用一段未被浸湿的好线对。 |

3. 接地故障

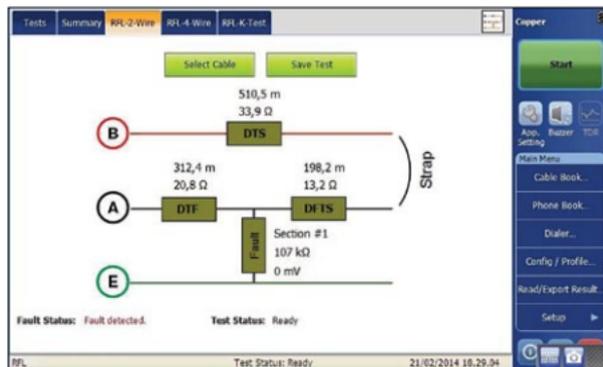
隔离故障类型



单点故障：默里 (Murray) 法——RFL 2-W

- > 2线法假定只有一处故障，且电缆导线单位长度的电阻一致。
- > 故障接触点可能是接地短路或与另一个线对上的负极 (B/Ring) 短路。

参阅第23页，了解默里法详情。



4.RFL 2-W模式

示例：故障位于电线和地面之间150 m处

隔离测试

隔离测试清楚地表明，电阻故障出现在与**黑色**测试引线（T/A）相连的电线上。

然而，与**红色**测试引线（R/B）相连的那一段电线状况非常良好。因此可在RFL测试中将其作为好的电线，或作为电缆束中的备用电线。如果使用了单独的备用电线，则电线的长度/规格必须和被测线对相同。如若不然，测试的精准度会非常低。

| All Pairs | Resistance | Soak Counter (HH:MM:SS) | P/F |
|-----------|--------------------------|-------------------------|-----|
| (A B) | $\geq 1 \text{ G}\Omega$ | 00:00:05 | ✓ |
| (A E) | 5.20 k Ω | 00:00:05 | ✗ |
| (B E) | $\geq 1 \text{ G}\Omega$ | 00:00:05 | ✓ |

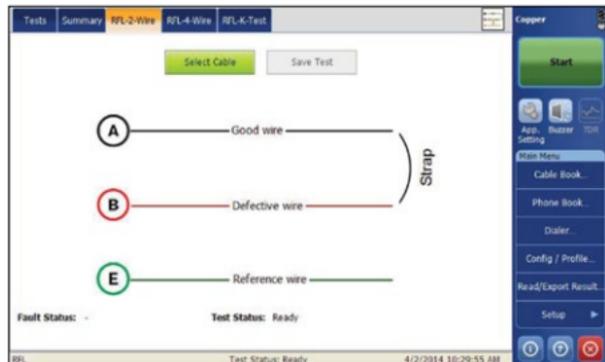
RFL 2-W测试

> 按照屏幕上显示的图表进行测试。

在隔离测试期间，与**红色**测试引线（R/B）相连的那根电线处于良好的隔离状态。用这根电线将铜缆和**黑色**测试引线（T/A）相连，并将故障电线和**红色**测试引线（R/B）相连。

将地线与**绿色**测试引线（FTB-600系列上的接地接口）相连。

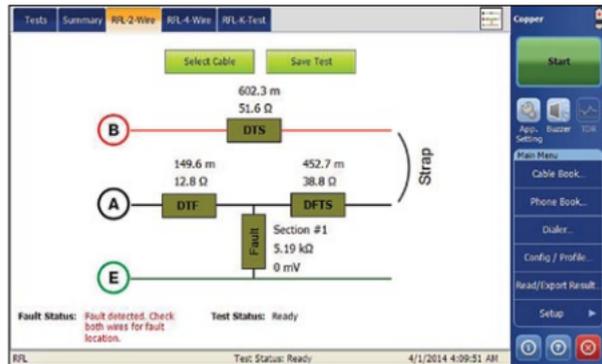
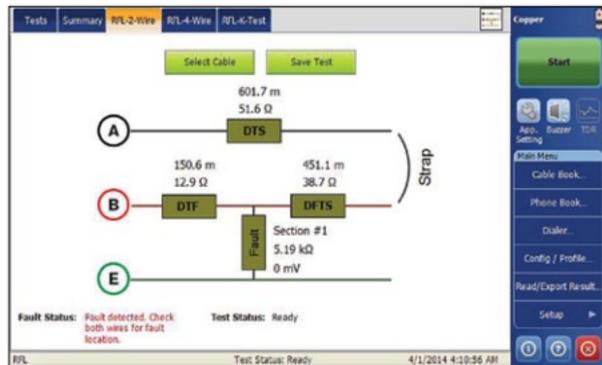
在好电线和故障电线间连接一段带状电线，然后开始测试。



RFL 2-W测试结果

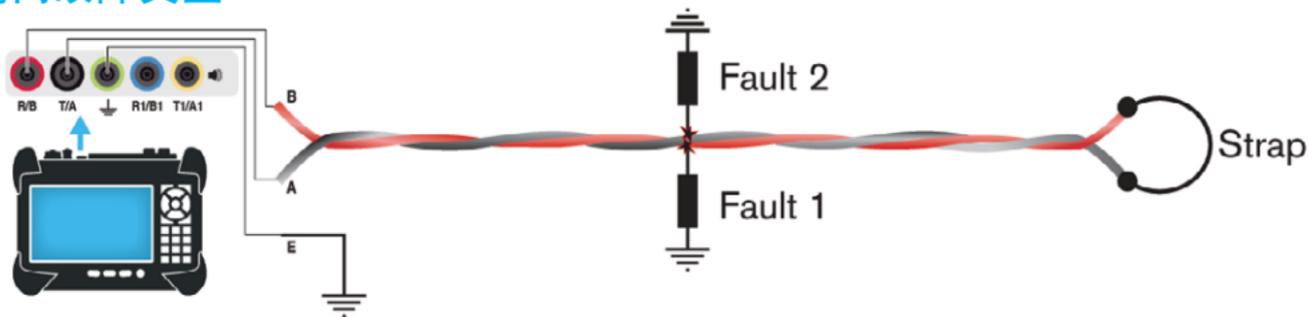
如果没有遵照RFL示意图，而是将故障电线同黑色测试（T/A）引线相连，并将好电线同红色测试引线（R/B）相连，测试仪会发现问题。如果出现这种情况，会给出以下故障状态。

故障出在与T/A测试引线相连的电线上。



5. 两条电线均出现接地故障

隔离故障类型



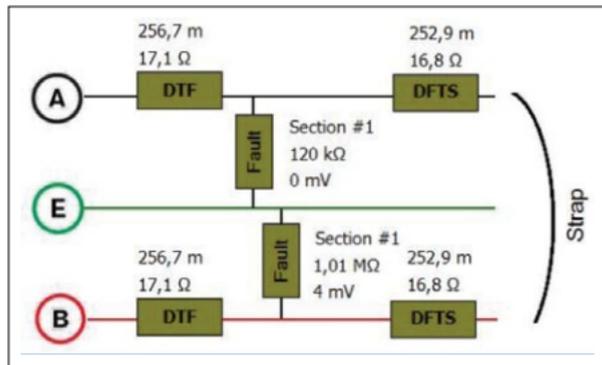
多点故障：屈普夫米勒法——RFL K-测试

RFL K-测试测试包括两次测量：

- > 一次远端处于开路状态
- > 一次在远端连接带状电线

K-测试的假定条件包括：

- > $R_{\text{fault1}} > 2x R_{\text{fault2}}$
- > $R_{\text{fault1}} + R_{\text{fault2}} > 100 \times R_{\text{loop}}$

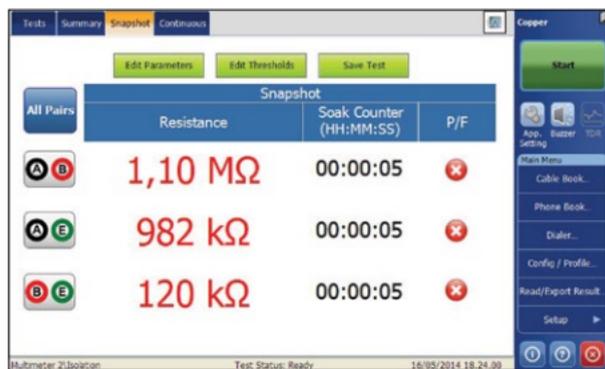


6.RFL K-测试模式

示例：T/A和R/B线接地故障

隔离测试

当同一个线对中的两根电线都有对地电阻故障，且其中的一个故障至少是另一个的两倍，采用两根或四根电线进行的常规RFL测试会不起作用。在这种情况下，需要进行屈普夫米勒测试，也称K-测试。FTB-600解决方案可进行这种测试。



The screenshot shows the 'Snapshot' tab of the FTB-600 software. It displays a table of test results for three wire pairs. The table has columns for 'Resistance', 'Soak Counter (HH:MM:SS)', and 'P/F'. The resistance values are 1,10 MΩ, 982 kΩ, and 120 kΩ. The soak counter for all pairs is 00:00:05. The P/F column contains red 'X' marks, indicating a fault. The interface also includes buttons for 'Edit Parameters', 'Edit Thresholds', and 'Save Test' at the top, and a 'Main Menu' on the right side.

| All Pairs | Resistance | Soak Counter (HH:MM:SS) | P/F |
|-----------|------------|-------------------------|-----|
| A B | 1,10 MΩ | 00:00:05 | X |
| A E | 982 kΩ | 00:00:05 | X |
| B E | 120 kΩ | 00:00:05 | X |

RFL K-测试

按照屏幕上显示的图表进行测试。

在进行测试前，将线对中的故障电线与**黑色**测试引线（T/A）相连，将另一根电线与**红色**测试引线（R/B）相连。然后，将地线与**绿色**测试引线相连，开始测试。

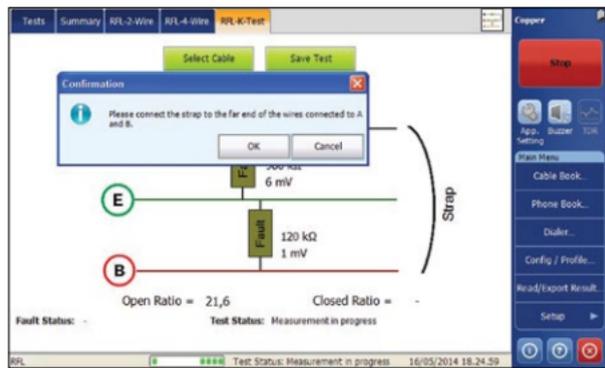
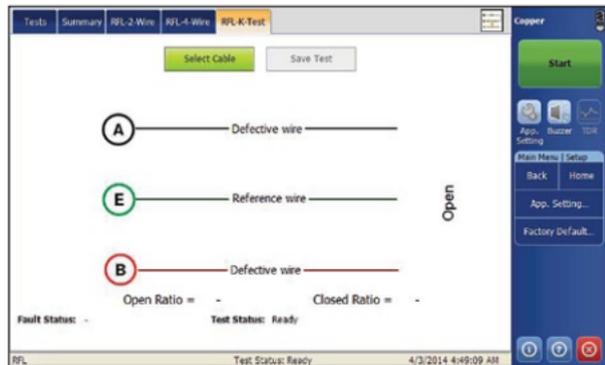
该自动测试包括两个独立部分：

- › 第一部分要求线对的远端保持开路状态。
- › 第二部分要求在远端造成短路。

测试仪在预计远端的线对处于开路状态时，开始第一个测试。

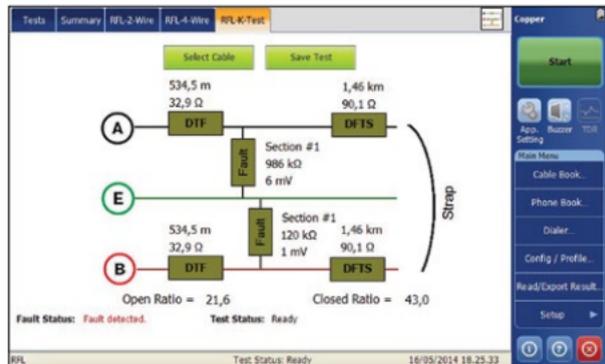
片刻之后，测试仪会暂停测试，要求技术人员在远端两根故障电线间连接一根带状电线。

结束后，按“OK”键。



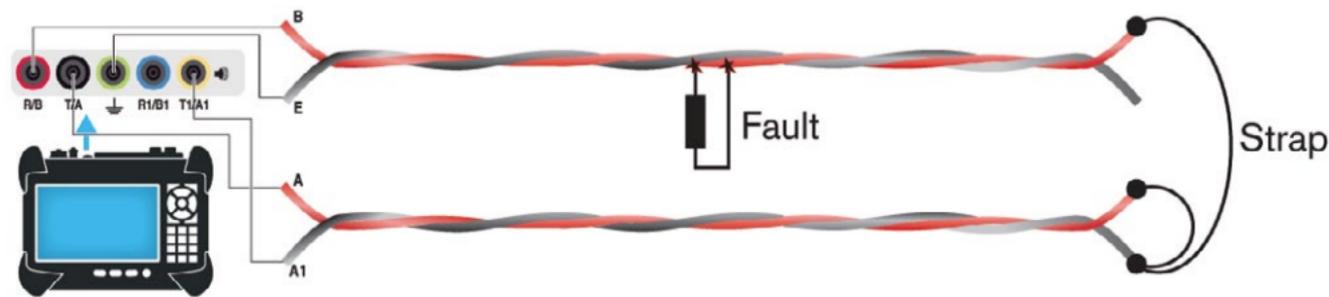
RFL K-测试结果

和RFL 2/4线测试一样。测试结果将包括两个接地故障，以及至故障点的距离和至带状电线的距离。



7. 电线间故障

隔离故障类型

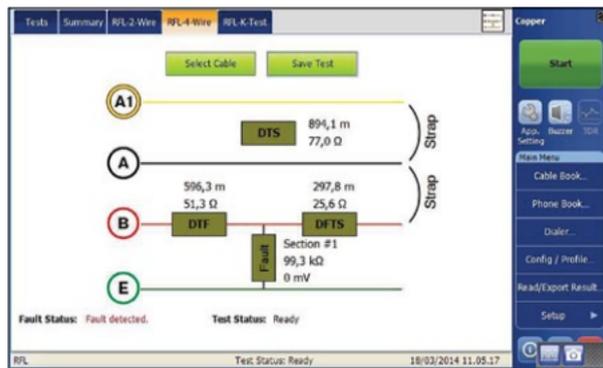


相同线对电线上的隔离故障：RFL 4-W

好线对的隔离电阻大于 $1000 \times R_{\text{fault}}$ 。

需要将好线对的两端都连接到故障线对的一根电线上。

与故障线对相比，好线对的电阻/规格可能会不同。



8. RFL 4-W模式

示例：T/A和R/B电线间150 m处出现短路

隔离测试

隔离测试清楚显示，在铜缆对的电线间出现短路故障。因此，它们都不能用作好电线。在这种情况下，建议的最佳做法是将备用的电缆用作好电线。

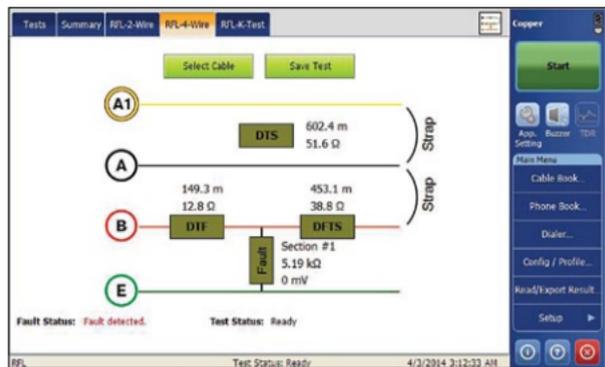
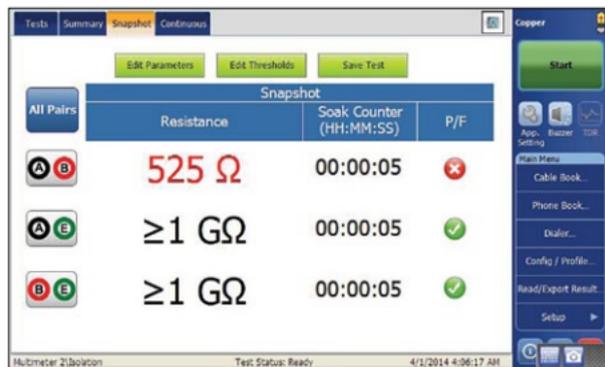
RFL 4-W测试

- 按照屏幕上显示的图表进行测试。

在两根电线中出现短路时，将第一根备用的好电线与**黑色**测试引线（T/A）相连，将第二根备用的好电线与**黄色**测试引线（T1/A1）相连。

将其中的一根有故障电线与**红色**测试引线（R/B）相连，将另一根电线与**绿色**测试引线相连。

- 然后，在两根好电线的一端以及一根好电线和故障电线的一端连接一根带状电线，开始测试。



备注

RFL 4-W测试也可用于提高电线接地故障测量结果的精准度。原因是这种方法受好电线/线对的特征的影响较小。在进行RFL 2-W测试时，好电线的长度/规格必须与被测线对相同。否则，测试的精准度会较低。

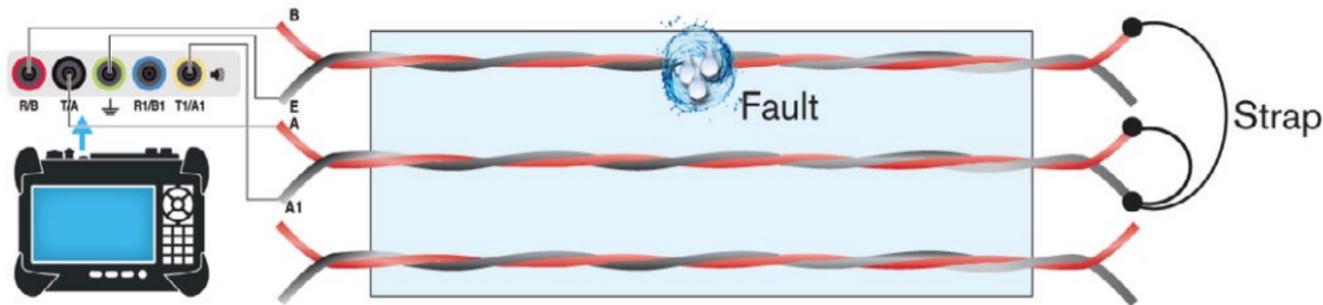
在电线和地面间出现电阻故障时，将故障线对的好电线与**黑色**测试引线（T/A）相连，将备用的好电线与**黄色**测试引线（T1/A1）相连。

将故障电线与**红色**测试引线（R/B）相连，将地线与**绿色**测试引线相连。

然后，在两根好电线的一端以及一根好电线和故障电线的一端连接一根带状电线，开始测试。

9. 湿气故障

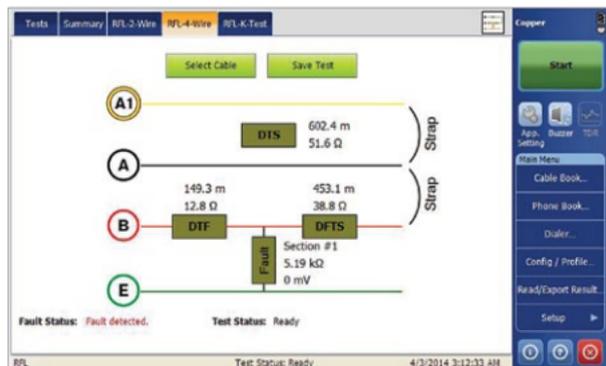
隔离故障类型

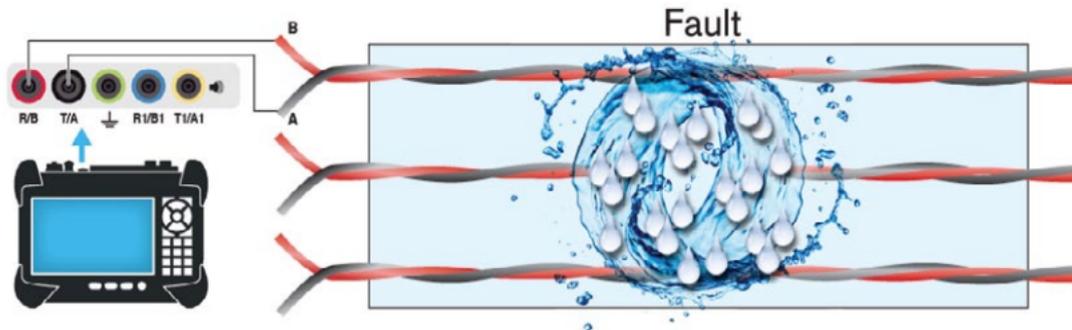


线对部分潮湿: RFL 4-W

使用单独的好线对来定位由水或湿气造成的故障。

取决于故障的严重程度, TDR可用作替代测试方案。

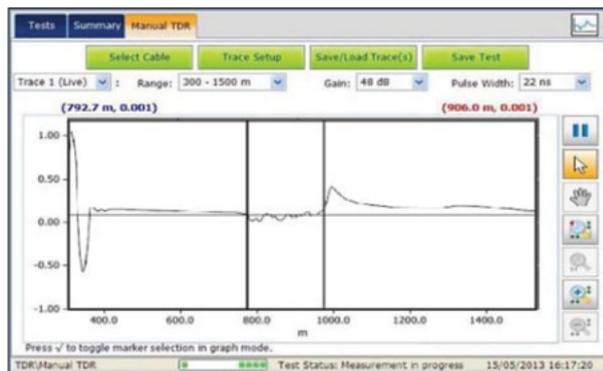




线对完全潮湿：TDR

当故障非常严重时，TDR的精准度可能受到影响。

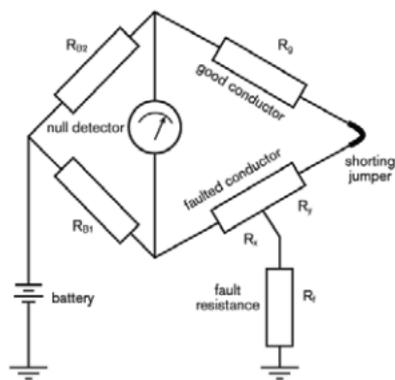
该图显示的是被水浸湿的电缆出现开路。被水浸湿的那一段可能出现在电缆的任何位置。一般而言，如果反射出现噪声，就表明电缆被水浸湿。如果可能，使用一段未被浸湿的好线对，进行RFL 4-W测试来提高测试精准度（参加第8章）。



10. 备注

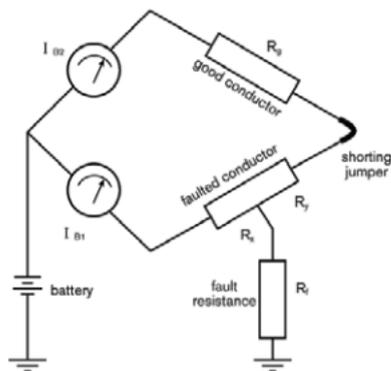
10.1 默里法

电阻故障定位仪根据默里电桥的概念，由电路在电桥模式中测量电流或电压。该方法的实际应用可能因测试设备而异，但基本规则和假定条件保持不变。主要的假定条件是同一个线对中的两根电线的单位距离（千米/英里）电阻相同，且只有一根电线有故障。



被动

- 被动方法要求进行手动的电桥平衡，以便获得正确的零位计归零。



主动

- 主动方法对日常工作更加实用。EXFO RFL 2-W法类似于默里主动测试法。

10.2 RFL设置

在多段电缆中，可对每段电缆进行设置，从而更准确地显示哪段电缆出现故障。

Cable Selection

No. of Cable Sections: 3

| Section No. | Length (m) | Cable Type | Temperature (°C) | Resistance (Ω/km) | Load Coil |
|-------------|------------|--------------------|------------------|-------------------|--------------------------|
| 1 | 300,0 | Cable #8 - 0.50 mm | 20,0 | 178 | <input type="checkbox"/> |
| 2 | 250,0 | Cable #7 - 0.40 mm | 20,0 | 279 | <input type="checkbox"/> |
| 3 | 250,0 | Cable #7 - 0.40 mm | 20,0 | 279 | <input type="checkbox"/> |
| 4 | 0,3 | Cable #8 - 0.50 mm | 20,0 | 178 | <input type="checkbox"/> |
| 5 | 0,3 | Cable #8 - 0.50 mm | 20,0 | 178 | <input type="checkbox"/> |

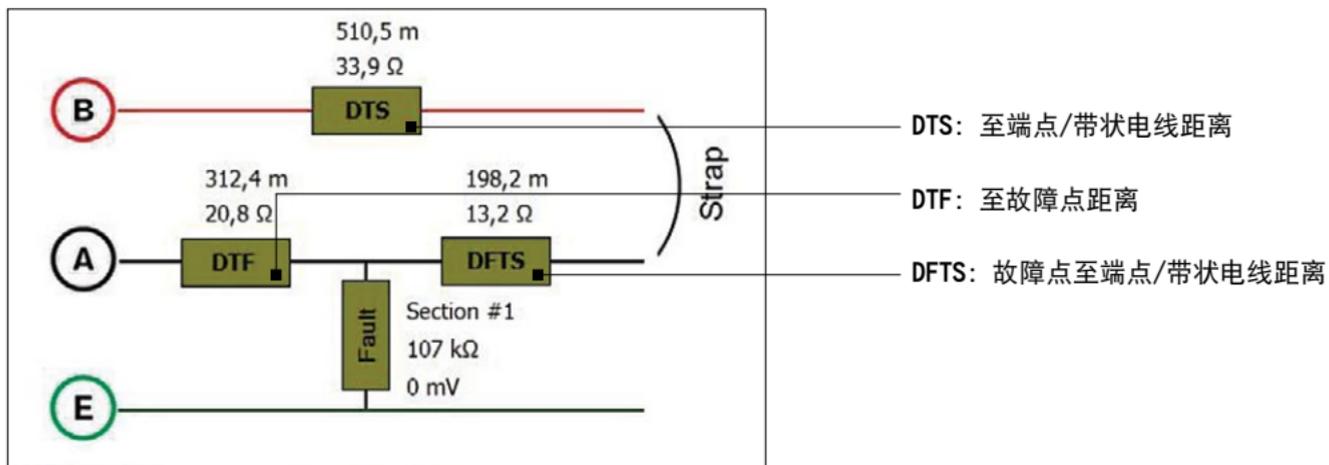
Note: Sum of cable section lengths should not exceed maximum limit of the DTS. Maximum limit of the DTS is 30000,0 m.

Fault Status ?

Close

RFL Test Status: Ready 26/02/2014 12.15.58

10.3 RFL结果

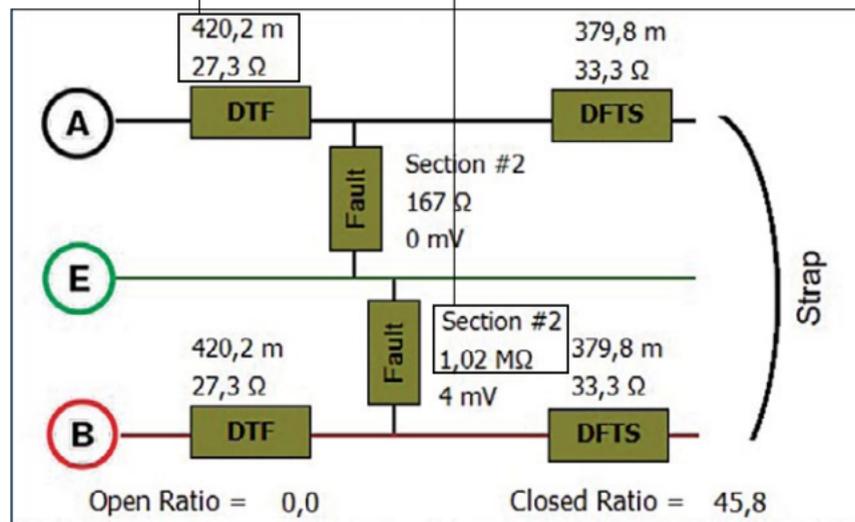


FTB-1 (示例)

FTB-600是FTB-1平台系列成员。

至故障点距离的单位为米。
至故障点的电阻单位为欧姆 (ohm) 。

在多段电缆中，测试仪会显示出现故障的那一段。



10.4 EXFO解决方案

接入网产品组合

EXFO的各种便携式智能解决方案是每个技术人员的常备工具，它们设计用于各种类型网络的安装、激活和维护。

欲知详情，敬请访问www.EXFO.com。

专用电缆/DSL



MAX-610
铜缆测试设备



MAX-630
铜缆、DSL和多重播
放测试设备



MAX-635
铜缆、DSL和多重
播放测试设备

安装和维修

多技术



FTB-610
宽带铜缆测试模块



FTB-635
宽带铜缆
和DSL测试模块

安装、维修和故障诊断

高级故障诊断

- › MAX-610/635支持：TDR、RFL-2W、RFL-4W
- › FTB-610/635支持：TDR、RFL-2W、RFL-4W、RFL-K

smart R™ 使铜缆鉴定更简单。

什么是Smart R™?

EXFO的Smart R™技术是一种独特的测试方法，可实现智能、自动的铜缆故障分析，并提供图形化结果和通俗易懂的解读。

该功能集可自动进行一系列铜缆测试、分析结果，并提供图形化、带彩色编码的结果和清楚的通过/未通过状态。

Smart R™采用强大的算法，能够准确定位可能会影响服务的故障。

与传统的人工测试方法相比，Smart R可加快并简化铜缆故障诊断过程。最终，它可帮助您自信、高效地推出高级多重播放服务，并大幅降低所需的成本和时间。

- › 加快线路故障解读
- › 使技术人员能够进行超出先前技术水平的测试
- › 进行一致、可重复的测试



Smart R™ Pair Detective



Smart R™ Fault Mapper

致谢

如果没有EXFO全体员工的积极工作和共同努力，尤其是产品线管理团队的辛苦工作和技术专长，就不会有本指南，该团队人员包括：Alfonso Domesi、Hugo Garcia-Escobar、Oleg Pluto和Chris Dunford。

未经EXFO事先书面许可，不得以任何形式或方式
复制本指南的任何部分。

加拿大印刷和装订

ISBN 978-1-55342-107-8

法定送存—加拿大国家图书馆2014
法定送存—魁北克国家图书馆2014

A person is using an EXFO FTB-1 network testing device in a server room. The device is blue and black, with a screen displaying a graph and various settings. The person is wearing a dark blue jacket and is holding the device with both hands. The background shows server racks with many blue cables plugged into them. The lighting is dim, with some blue light from the server racks.

如欲获得有关我们任何产品和服务的详细信息，或者下载技术和应用说明，请访问我们的网站：www.exfo.com。

EXFO