

ConneXium

TCSESM、TCSESM-E 管理型交换机 冗余配置用户手册

S1A78425.01

www.schneider-electric.com

Schneider
 **Electric**

本文件中提供了有关此处所涉及产品之性能的一般说明和 / 或技术特性。本文件并不能确保这些产品针对特定用户应用场合的适用性或可靠性，也不能将其以此为目的进行使用。每位用户或设备集成商都有责任针对相关特定应用场合或使用对产品执行适当且全面的风险分析、评估和测试。Schneider Electric 及其子公司或关联企业负责监督是否有对此文件中所包含信息的滥用并可以据此追究相应法律责任。如果您有关于改进或更正此文件的任何建议，或者从中发现了错误，请通知我们。

您同意，在没有得到 Schneider Electric 书面许可时不得将本文件的全部内容或部分复制到任何媒介上，非商业的个人使用目的除外。此外，您也确认不会针对本文件或其内容建立超链接。Schneider Electric 不为本文件及其内容的非商业个人用途授予任何权限或许可，作为参考的非独家使用许可除外。请遵守本手册或其内容原义并自负风险。保留所有其他权利。

在安装和使用本产品时，必须遵守相应国家、地区和当地的所有相关安全法规。出于安全方面的考虑及为了确保已归档系统数据的一致性，只允许由制造商对各个组件进行维修。

当设备用于具备技术性安全要求的应用场合时，必须遵守有关的使用说明。

如果未使用 Schneider Electric 自有的或由 Schneider Electric 许可的软件，但又使用了 Schneider Electric 的硬件产品，则可能导致人身伤害、设备损坏或不正确的运行结果。

不遵守此信息可能导致人身伤害或设备损坏！

目录

安全提示	5
关于本手册	7
图标说明	9
1 引言	11
1.1 冗余拓扑概述	12
1.2 冗余方法概述	13
2 环网冗余	15
2.1 HIPER-Ring 示例	17
2.1.1 调整和配置 HIPER-Ring	19
2.2 MRP-Ring 示例	23
2.3 Fast HIPER-Ring 示例 (TCSESM-E)	29
2.4 电缆不交叉的 HIPER-Ring 示例	34
3 多环	37
3.1 子环	38
3.1.1 子环说明	38
3.1.2 子环示例	42
3.1.3 子环示例配置	45
4 环 / 网耦合	49
4.1 环 / 网耦合的变体	50
4.2 准备环 / 网耦合	52
4.2.1 STAND-BY 开关	52
4.2.2 单交换机耦合	55
4.2.3 双交换机耦合	61
4.2.4 具有控制线的双交换机耦合	69
5 生成树	77
5.1 生成树协议	79
5.1.1 STP 的任务	79

5.1.2	网桥参数	80
5.1.3	网桥标识符 (Bridge-Identifier)	80
5.1.4	根路径开销	80
5.1.5	端口标识符	82
5.2	创建树形结构的规则	83
5.2.1	网桥信息	83
5.2.2	树形结构的形成	83
5.3	确认根路径的示例	86
5.4	处理根路径的示例	88
5.5	处理树形结构的示例	90
5.6	快速生成树协议	91
5.6.1	端口角色	91
5.6.2	端口状态	93
5.6.3	生成树优先向量	93
5.6.4	快速重构	94
5.6.5	配置快速生成树	95
5.7	RSTP 和 MRP 的结合	103
5.7.1	RSTP 和 MRP 结合的应用示例	105
5.8	Dual RSTP (TCSESM-E)	108
5.8.1	引言	108
5.8.2	Dual RSTP 实体的耦合	109
5.8.3	拓扑和配置	111
5.8.4	Dual RSTP 的应用示例	116
A	关键词目录	129

安全提示

■ 重要信息

请注意：在安装、运行或维护之前请仔细通读本说明，并熟悉设备。下列提示可能包含在本文件的各个位置，或在设备上出现。这些提示将警告可能发生的危险状况、提请人们对某些信息加以注意、解释或简化过程。



The addition of this symbol to a Danger or Warning safety label indicates that an electrical hazard exists, which will result in personal injury if the instructions are not followed.



This is the safety alert symbol. It is used to alert you to potential personal injury hazards. Obey all safety messages that follow this symbol to avoid possible injury or death.

DANGER

DANGER indicates an imminently hazardous situation which, if not avoided, **will result in death or serious injury.**

WARNING

WARNING indicates a potentially hazardous situation which, if not avoided, **can result in death or serious injury.**

CAUTION

CAUTION indicates a potentially hazardous situation which, if not avoided, **can result in minor or moderate injury.**

请注意：电气设备只允许由专业人士安装、运行、维护和修理。
Schneider Electric 对由于使用该材料而产生的损坏不承担任何责任。
© 2018 Schneider Electric。保留所有权利。

关于本手册

适用范围

本手册中包含的数据和插图不具有约束力。我们保留在持续的产品研发方案框架内更改我们产品的权利。本资料中的信息可能在不公布的情况下更改，不得将此视为 Schneider Electric 的义务。

产品相关信息

Schneider Electric 不对本资料中可能出现的错误承担责任。如果您有改进或补充建议，或在本出版物中发现了错误，请联系我们。

若没有 Schneider Electric 明确的书面许可，不得以任何形式或方法用电子或机械手段复制或影印本材料的任何部分。

在安装和使用本产品时，必须同时遵守所有相关的国家、地区和当地安全规定。出于安全考虑，并为了确保与记录的系统数据相一致，只允许由制造商对部件进行维修工作。

在具有技术安全要求的应用情况中使用设备时，请遵守相关的说明。

若没有搭配 Schneider Electric 软件或搭配未经 Schneider Electric 许可的软件来和我们的硬件产品一同使用，则可能导致出现错误的工作结果。

如果忽视了与产品相关的警告信息，将会造成人身伤害或设备损坏。

用户意见

我们随时乐于听取您的意见和建议。我们的电子邮箱是：
techpub@schneider-electric.com

更多文档

标题	参考文献编号
ConneXium TCSESM, TCSESM-E：管理型交换机冗余配置用户手册	31007128
ConneXium TCSESM, TCSESM-E：管理型交换机基本配置用户手册	31007124
ConneXium TCSESM, TCSESM-E：管理型交换机命令行界面参考手册（英文版）	31007130

标题	参考文献编号
ConneXium TCSESM, TCSESM-E : 管理型交换机 基于网络的界面参考手册	EIO0000000484
ConneXium TCSESM : 管理型交换机 安装手册	31007120
ConneXium TCSESM-E : 先进的管理型交换机 安装手册	EIO0000000531

提示：请在“命令行界面 (Command Line Interface) 参考手册”中查看术语表。

“冗余配置 (Redundancy Configuration) 用户手册”文档包含选择合适的冗余方法及其配置的信息。

“基础配置 (Basic Configuration) 用户手册”文档包含设备调试所需的信息。它将一步一步地指导您，从首次调试开始，直到为符合环境的运行进行基础设置。

“安装 (Installation) 用户手册”文档包含了在您开始配置设备之前进行安装时所需的设备说明、安全提示、显示说明及其它信息。

“基于网络的界面 (Web-based Interface) 参考手册”文档详细描述了如何通过网络界面操作设备的各个功能。

“命令行界面参考手册 (Command Line Interface Reference Manual)”文档详细描述了如何通过命令行界面操作设备的各个功能。

图标说明

本手册中所使用的图标具有以下含义：

	列举
	工作步骤
	副标题
Link	包含链接的交叉引用
提示：	提示强调了重要的事实，或提请读者对相关信息加以注意。
<code>Courier</code>	操作界面中的 ACSII 表示方法

 在基于网络的操作界面中执行

 在命令行操作界面中执行

使用的符号：

	WLAN 接入点
	具有防火墙的路由器
	具有防火墙的交换机
	路由器
	交换机

图标说明



网桥



集线器



任意计算机



配置计算机



服务器



PLC -
可编程控制器



I/O -
机械手

1 引言

设备包含多种多样的冗余功能：

- ▶ HIPER-Ring
- ▶ MRP-Ring
- ▶ Fast HIPER-Ring (TCSESM-E)
- ▶ 子环 (TCSESM-E)
- ▶ 环 / 网耦合
- ▶ 快速生成树算法 (RSTP)
- ▶ 双重快速生成树算法 (Dual RSTP, DRSTP)

1.1 冗余拓扑概述

如需在一个网络的第二层引入冗余，请首先搞清楚您需要何种网络拓扑。然后根据所选的网络拓扑，选择可以与这种网络拓扑一起使用的冗余协议。

下列拓扑可行：

网络拓扑	可行的冗余方法	注释
无回路的树形结构 (无循环)	仅可能与形成物理回路有关	-
具有 1 个回路的拓扑	RSTP，环网冗余	环网冗余方法 (HIPER-Ring、Fast HIPER-Ring 或 MRP) 提供比 RSTP 更短的切换时间。
具有 2 个回路的拓扑	RSTP，环网冗余，子环 (TCSESM-E)	环网冗余：具有一个子环的基础环或具有 RSTP-Ring 的 MRP-Ring。
具有 3 个非嵌套回路的拓扑	RSTP，环网冗余，子环 (TCSESM-E)，Dual RSTP	Dual RSTP 为 RSTP 或冗余环网在冗余耦合另一个 RSTP 环网时提供特殊支持。
具有嵌套回路的拓扑	RSTP，子环 (TCSESM-E)，环网耦合，Dual RSTP	环网耦合和 Dual RSTP 只耦合非嵌套环，这些环可以重新与本地子环耦合。

表格 1: 冗余拓扑概述

环网冗余协议 MRP 具有特殊属性：

- ▶ 您可以选择嵌套 MRP-Ring。被耦合的环即为子环 (参阅页 38 “子环”)。
- ▶ 您可以选择在 MRP 环上耦合更多用 RSTP 工作的环形结构 (参阅页 103 “RSTP 和 MRP 的结合”)。

Dual RSTP 协议 (适用于 TCSESM-E 设备) 提供特殊的属性：

- ▶ 您可冗余耦合 2 个 RSTP 环网，同时两个带有独立 RSTP 实体的环网工作。这样，当网络组件不能再运转时，您可最大限度缩短扩展第 2 层网络中的重构时间 (参阅页 108 “Dual RSTP (TCSESM-E)”)。
- ▶ 您可利用环网冗余协议代替 RSTP 来运行主环网，并在 Dual RSTP 主环网上耦合其它利用 RSTP 工作的环网结构 (参阅页 112 “主环网配置”)。

1.2 冗余方法概述

冗余方法	网络拓扑	切换时间
RSTP	任意结构	典型情况下 < 1 s (STP < 30 s) 至 < 30 s - 主要取决于设备数量
提示：根据不同的拓扑和配置，最多可以有 79 台设备。如果使用默认值（出厂设置），根据不同的拓扑最多可以有 39 台设备（ 参阅页 77 “生成树” ）。		
Dual RSTP	通过 2 个参与网桥耦合 2 个 RSTP 环网	二级环网和最佳 RSTP 网桥优先级配置中，16 台以下 TCSESM-E 设备时，< 50 ms。
HIPER-Ring	环状	典型情况下 80ms 至 <500ms 或 <300ms (可选) - 几乎与设备数量无关。
MRP-Ring	环状	典型情况下 80ms 至 <500ms 或 <200ms (可选) - 几乎与设备数量无关。
提示：在 MRP 兼容性模式下与 RSTP 结合时，根据不同的配置最多可以有 39 台设备。如果使用 RSTP 的默认值（出厂设置），最多可以有 19 台设备（ 参阅页 77 “生成树” ）。		
Fast HIPER-Ring (TCESM-E)	环状	环网中有 50 台设备时 <25ms。
子环 (TCSESM-E)	耦合于一个基础环上的环形段	典型情况下 80 ms 至 < 500 ms 或 < 200 ms (可选) - 基本与设备数量无关。

表格 2: 冗余方法的比较

提示：当您使用冗余功能时，请禁用所参与端口上的流控制功能。交付状态：全局停用流控制功能并在所有端口上启用。同时激活流控制和冗余功能时，冗余可能不像预期的那样运行。

2 环网冗余

环网冗余这一概念可以构成高可用性的环状网络结构。借助于 RM 功能（Ring-Manager，环网管理器），可以闭合线性结构骨干两端与冗余环网的连接。在线性结构功能正常时，环状管理器保持冗余段开放。如果一个节段故障，环网管理器立即闭合冗余段，线性结构重新恢复正常。

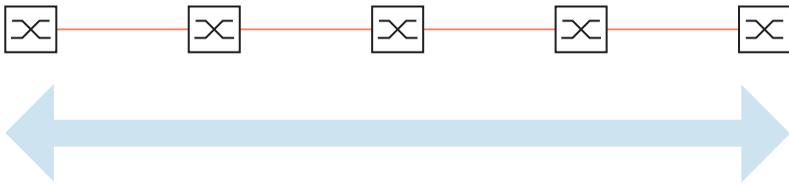


图 1: 线性结构

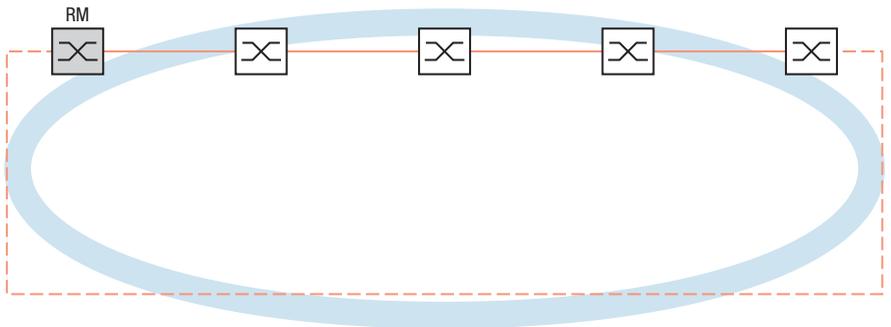


图 2: 冗余环形结构
RM = 环网管理器
—— 主线路
--- 冗余线路

在某一段故障时

- ▶ 最多 50 台设备的 HIPER- (**HIGH PERFORMANCE REDUNDANCY** , 高性能冗余) Ring 在典型情况下于 80ms 之内 (可设置 : 标准 / 加速的) 重新转换回线性结构。
- ▶ 最多 50 台设备的 MRP (**Media Redundancy Protocol** , 媒介冗余协议) Ring (IEC 62439) 在典型情况下于 80ms 之内 (可设置为最大 200ms/ 500ms) 重新转换回线性结构。
- ▶ 最多 5 台设备的 Fast HIPER-RING 在典型情况下于 5ms 之内 (最多 10ms) 重新转换回线性结构。设备数量增加 , 则重构时间延长。

采用 HIPER-Ring 功能的设备前提 :

- ▶ 在一个 HIPER-Ring 中可以使用下列设备的任意组合 :
 - TCSESM
 - TCSESM-E
- ▶ 在一个 MRP-Ring 中可以使用支持 MRP 协议 (符合 IEC 62439) 的设备 :
 - TCSESM
 - TCSESM-E
- ▶ 在一个 Fast HIPER-Ring 中可以使用下列设备 :
 - TCSESM-E

提示 : 在一台设备的同一时间只能启用一种环网冗余的方法。在转换至其它环网冗余方法时禁用该功能。

提示 : 在下文中为了便于理解 , 将使用 “环网管理器 (ring manager)” 这一概念取代 “冗余管理器 (redundancy manager)”。

2.1 HIPER-Ring 示例

在一个网络中存在一个骨干，呈现线性结构，并包括 3 台设备。为了提高骨干的容错率，决定将线性结构转换为 HIPER-Ring。使用设备的端口 1.1 和 1.2 作为连接段的接口¹

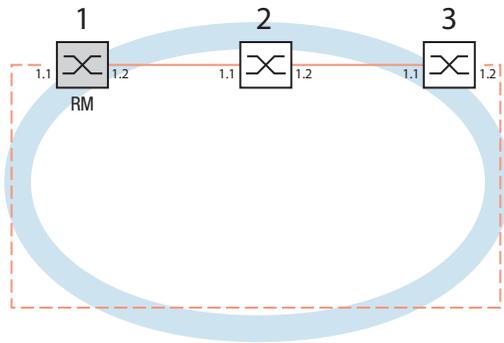


图 3: HIPER-Ring 示例
 RM = 环网管理器
 —— 主线路
 --- 冗余线路

下列配置示例描述了环网管理器设备 (1) 的配置。其余两个设备 (2 和 3) 用类似的方法配置，但不启用环网管理器功能。为环网重构选择“标准 (Standard)”值，或留空。

1. 在模块化设备中，端口标记的第 1 个字母表示模块标号，第 2 个字母表示模块的端口。在非模块化的设备中也使用标号样式 1.x，这样可以确保一致性。

提示：在设备 TSCESM 上，您可以使用设备上的 DIP 开关对 HIPER-Ring 进行某些设置，代替软件配置方法。用 DIP 开关还可以设置，是否优先通过 DIP 开关进行配置或优先通过软件进行配置。交付状态是“通过软件配置 (Software Configuration)”。DIP 开关的详细信息请参见安装用户手册。



警告

环网回路危险

为了避免在配置期间形成回路，请单独配置 HIPER-Ring 的全部设备。在连接冗余线路之前，必须完成配置 HIPER-Ring 的全部设备。

不重视此说明有可能导致死亡，严重身体伤害或者材料损伤。

2.1.1 调整和配置 HIPER-Ring

- 根据您的需求构造网络。
- 配置全部端口，使线段的数据传输率和双工设置符合下表：

比特率	100 Mbit/s	1000 Mbit/s
自动协商 (自动配置)	关	开
端口	开	开
双工	全	-

表格 3: 环网端口的端口设置

提示：在通过软件或 DIP 开关激活 HIPER-Ring 功能时，设备为预定义的环网端口采用配置表中的相应设置（传输率和模式）。如果停用 HIPER-Ring 功能，转换回普通端口的端口将保留环网端口设置。您可以继续通过软件修改端口设置，而不受 DIP 开关位置的影响。

- 请选择对话框 Redundancy:Ring Redundancy(冗余：环网冗余)。
 - 在“版本 (Version)”中选择 HIPER-Ring。
 - 在模块和端口栏中登记相应项，以指定所需的环网端口 1 和 2。如果无法输入模块，则说明在设备中只存在一个模块，作为默认设置。
- 在“运行 (Operation)”栏中显示：
- active: 您已经启用该端口，它拥有一个链接。
 - inactive: 您已经停用该端口或它没有链接。

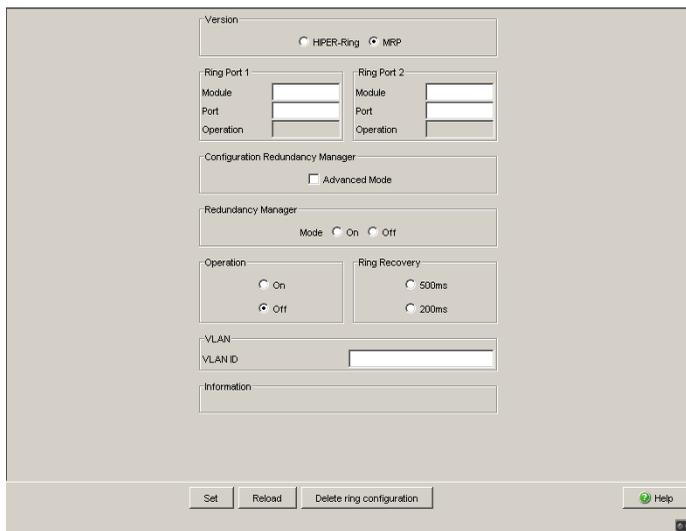


图 4: TCSESM 环网冗余对话框

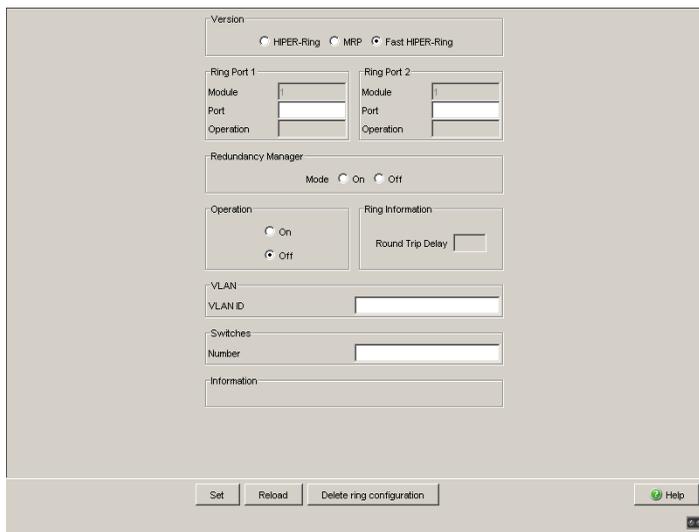


图 5: 环网冗余对话框 (TCSESM-E)

- 在这台设备上启用环网管理器。在 HIPER-Ring 的其余设备上不启用环网管理器。
- 在“环网重构 (Ring Recovery)”框中选择“标准 (Standard)”值 (默认)。

提示：“环网重构 (Ring Recovery)”框中的设置只有在配置成环网管理器的设备上有效。

- 点击“写入 (Set)”，将该项永久保存在配置中。

```

enable                转换至特权执行模式。
configure             转换至配置模式。
hiper-ring mode ring-manager 选择 HIPER-Ring 为环网冗余，并确定设备为环网管理器。

Switch's HIPER Ring mode set to ring-manager
hiper-ring port primary 1/1  定义模块 1 中的端口 1 为环网端口 1。
HIPER Ring primary port set to 1/1
hiper-ring port secondary 1/2 定义模块 1 中的端口 2 为环网端口 2。
HIPER Ring secondary port set to 1/2
exit                  转换至特权执行模式。
show hiper-ring      显示 HIPER-Ring 的参数。
HIPER Ring Mode of the Switch..... ring-manager
  configuration determined by..... management
HIPER Ring Primary Port of the Switch..... 1/1, state active
HIPER Ring Secondary Port of the Switch..... 1/2, state active
HIPER Ring Redundancy Manager State..... active
HIPER Ring Redundancy State (red. exists).. no (rm is active)
HIPER Ring Setup Info (Config. failure)..... no error
HIPER Ring Recovery Delay..... 500ms

```

- 现在在其余两个设备执行类似步骤。

提示：配置 HIPER-Ring 时，您选择环网端口的

- VLAN-ID 1
- 静态 VLAN 表中的未标记 VLAN 成员。

提示：在与 HIPER-Ring 相连的端口上禁用生成树协议，因为生成树和环网冗余会相互影响。

如果通过 DIP 开关激活了 HIPER-Ring 的功能，则将自动停用 RSTP。

- 现在请将线路连接至环网。为此将两台设备通过其环网端口连接至线路的两端。

“冗余管理器的状态 (Redundancy Manger Status)”框中的显示内容表示：

- “激活 (冗余线路) (Activ(redundant line))”：环网是打开的，也就是说环网中的数据线或网络组件不正常。
- “未激活 (Inactive)”：环网是闭合的，也就是说数据线和网络组件正常工作。

“信息 (Information)”框中的显示内容表示

- “存在冗余 (Redundancy existing)”：与功能相关的线路可能故障，同时冗余线路承担了故障线路的功能。
- “配置错误 (Configuration failure)”：功能配置错误或环网端口上的电缆连接配置错误 (例如没有插在环网端口上)。

提示：在具有 DIP 开关的设备上，将所有 DIP 开关设为“开 (On)”。这样您就可以通过软件无限制地配置冗余功能。避免软件配置功能被 DIP 开关阻碍。

2.2 MRP-Ring 示例

在一个网络中存在一个骨干，呈现线性结构，并包括 3 台设备。为了提高骨干的可用性，决定将线性结构转换为环网冗余。与上述示例不同，所使用的其他制造商的设备并不都支持 HIPER-Ring 协议。但所有设备都支持 MRP 作为环网冗余协议，所以决定使用 MRP。分别使用设备的端口 1.1 和 1.1 作为与连接线路相连的端口。

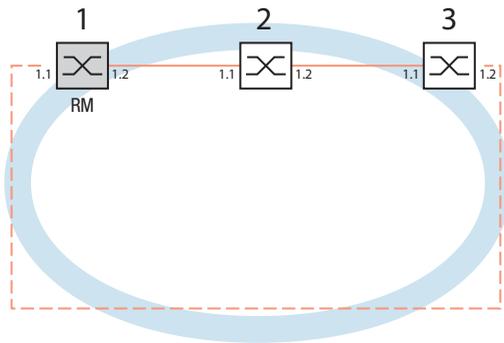


图 6: MRP-Ring 示例
 RM = 环网管理器
 —— 主线路
 --- 冗余线路

下列配置示例描述了环网管理器设备 (1) 的配置。其余两个设备 (2 和 3) 用类似的方法配置，不启用环网管理器功能。这个示例不使用 VLAN。规定环网重构时间为 200ms，所有设备均支持环网管理器的高级模式。

提示：在具有 DIP 开关的设备上，将所有 DIP 开关设为“开 (On)”。这样您就可以通过软件无限制地配置冗余功能。避免软件配置功能被 DIP 开关阻碍。



警告

环网回路危险

为了避免在配置期间形成回路，请单独配置 MRP-Ring 的全部设备。在连接冗余线路之前，必须完成配置 MRP-Ring 的全部设备。

不重视此说明有可能导致死亡，严重身体伤害或者材料损伤。

- 根据您的需求构造网络。
- 配置全部端口，使线段的数据传输率和双工设置符合下表：

比特率	100 Mbit/s	1000 Mbit/s
自动协商 (自动配置)	关	开
端口	开	开
双工	全	-

表格 4: 环网端口的端口设置

- 请选择对话框 Redundancy:Ring Redundancy(冗余:环网冗余)。
 - 在“版本 (Version)”中选择 MRP。
 - 在模块和端口栏中登记相应项，以指定所需的环网端口 1 和 2。如果无法输入模块，则说明在设备中只存在一个模块，作为默认设置。
- 在“运行 (Operation)”栏中显示：
- ▶ forwarding: 该端口已启用并有链接。
 - ▶ blocked: 该端口被阻塞并有链接。
 - ▶ disabled: 端口已停用。
 - ▶ not-connected: 该端口无链接。

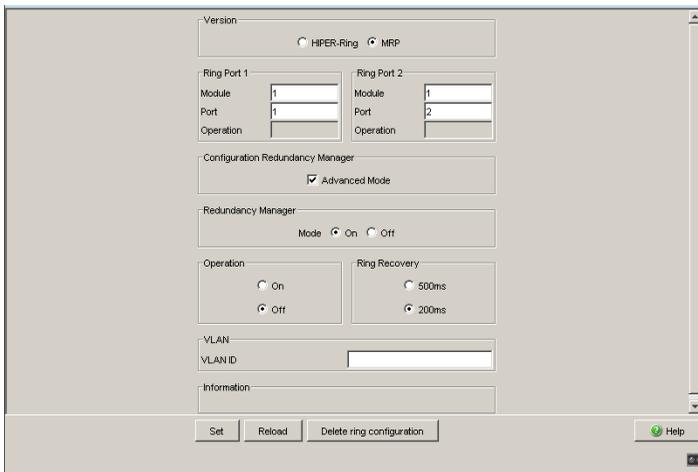


图 7: TCSESM 环网冗余对话框

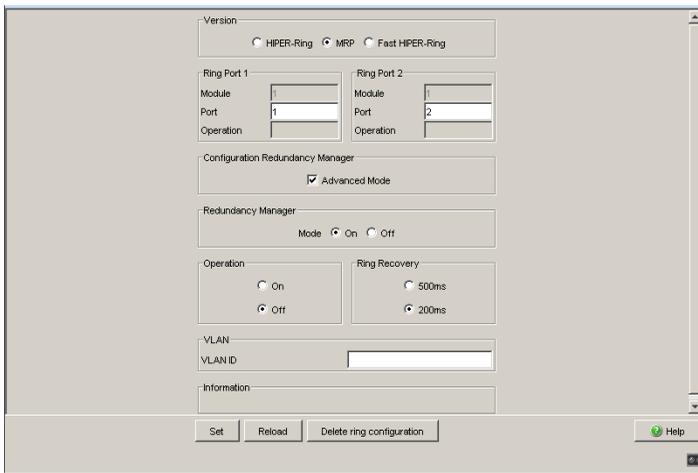


图 8: 环网冗余对话框 (TCSESM-E)

□ 在“环网重构 (Ring Recovery)”框中选择 200 ms。

提示：如果为环网重构功能选择 200ms 不符合网络对环网稳定性的要求，则选择 500 ms。

提示：“环网重构 (Ring Recovery)”框中的设置只有在配置成环网管理器的设备上有效。

- 在“冗余管理器的配置 (Configuration Redundancy Manager)”中启用高级模式。
- 在这台设备上启用环网管理器。在 MRP-Ring 的其余设备上不启用环网管理器。
- 在 VLAN 栏中保留 VLAN-ID 为 0。
- 开启 MRP-Ring 的功能。
- 点击“写入 (Set)”，将该项永久保存在配置中。

“信息 (Information)”框中的显示内容表示

- “存在冗余 (Redundancy existing)”：与功能相关的线路可能故障，同时冗余线路承担了故障线路的功能。
- “配置错误 (Configuration failure)”：功能配置错误或环网端口上的电缆连接配置错误（例如没有插在环网端口上）。

可以在“VLAN”框中为 MRP-Ring 分配一个 VLAN：

- 如果 VLAN 已配置，则在“VLAN”框中选择：
 - VLAN-ID 为 0，（如果和此示例一样不应为 VLAN 分配 MRP-Ring 配置）。为环网端口选择 VLAN ID 1 和静态 VLAN 表中的 VLAN 成员 U（未标记）。
 - VLAN ID > 0（如果应该为该 VLAN 分配 MRP-Ring 配置）。为该 MRP-Ring 中的所有设备在 MRP-Ring 配置中输入这个 VLAN ID，并为该 MRP-Ring 中的所有环网端口选择这个 VLAN ID 和静态 VLAN 表中的 VLAN 已标记成员 (T)。

提示：如果希望在 MRP-Ring 中使用冗余协议 RSTP(参阅页 77 “生成树”)，则在 MRP-Ring 中的所有设备上启用 Rapid Spanning Tree:Global(快速生成树：全局)对话框中的 MRP 兼容性功能，因为 RSTP（生成树）和环网冗余会相互影响。

如果无法进行上述操作，则可能是因为某些设备不支持 MRP 兼容性，请在与 MRP-Ring 相连的端口上禁用 RSTP。

提示：如果通过命令行界面配置 MRP-Ring，则需定义一个附加参数。在通过 CLI 进行配置时，MRP-Ring 通过其 MRP 域 ID 响应。该 ID 是 16 个字符块组成的序列串（8 位值）。如使用默认值“缺省域 (default domain)”，MRP 域 ID 为 255.255.255.255.255.255.255.255.255.255.255.255.255.255.255.255。

在通过以网络为基础的界面进行配置时，也在内部使用该“缺省域 (default domain)”。

请为一个 MRP-Ring 内部的所有设备配置相同的 MRP 域 ID。

```

enable                                     转换至特权执行模式。
configure                                  转换至配置模式。
mrp new-domain                             创建一个缺省域 ID 为
  default-domain                           255.255.255.255.255.255.255.255.255.
                                           255.255.255.255.255 的新 MRP-Ring。

MRP domain created:
Domain
ID:255.255.255.255.255.255.255.255.255.255.255.255.255.255.255.255
5
  (Default MRP domain)
mrp current-domain                         定义模块 1 中的端口 1 为环网端口 1 (首要)。
  port primary 1/1
Primary Port set to 1/1
mrp current-domain                         定义模块 1 中的端口 2 为环网端口 2 (次要)。
  port secondary 1/2
Secondary Port set to 1/2

mrp current-domain mode                   定义该设备为环网管理器。
manager
Mode of Switch set to Manager
mrp current-domain recovery-              定义 200ms 为“环网重构 (Ring Recovery)”的
delay 200ms                               值。
Recovery delay set to 200ms
mrp current-domain advanced-             启用“MRP 高级模式 (MRP Advanced Mode)”。
mode enable
Advanced Mode (react on link change) set to Enabled
mrp current-domain                       启用 MRP Ring。
  operation enable
Operation set to Enabled
exit                                       返回上一层。

```


2.3 Fast HIPER-Ring 示例 (TCSESM-E)

这个示例可以用 TCSESM-E 模型实现。

在一个网络中存在一个骨干，呈现线性结构，并包括 3 台设备。为了提高骨干的容错率，决定将线性结构转换为环网冗余。在发生冗余时的切换时间比上述示例的切换时间短得多（大约 10ms）。

只使用 TCSESM-E 作为设备，所以决定使用 Fast HIPER-Ring 作为环网冗余协议。分别使用设备的端口 1.1 和 1.2 作为与连接线路相连的端口。

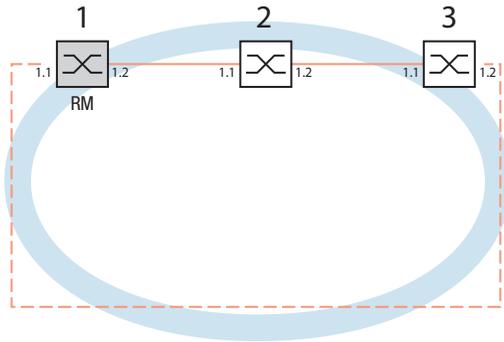


图 9: Fast HIPER-Ring 示例
 RM = 环网管理器
 —— 主线路
 --- 冗余线路

下列配置示例描述了环网管理器设备 (1) 的配置。其余两个设备 (2 和 3) 用类似的方法配置，但不启用环网管理器功能。这个示例不使用 VLAN。

**警告****环网回路危险**

为了避免在配置期间形成回路，请单独配置 Fast HIPER-Ring 的全部设备。在连接冗余线路之前，必须完成配置 Fast HIPER-Ring 的全部设备。

不重视此说明有可能导致死亡，严重身体伤害或者材料损伤。

- 根据您的需求构造网络。
- 配置全部端口，使线段的数据传输率和双工设置符合下表：

比特率	100 Mbit/s
自动协商 (自动配置)	关
端口打开	开
双向	全双向

表格 5: 环网端口的端口设置

- 请选择对话框 Redundancy:Ring Redundancy(冗余：环网冗余)。
- 在“版本 (Version)”中选择 Fast HIPER-Ring。
- 在模块和端口栏中登记相应项，以指定所需的环网端口 1 和 2。如果无法输入模块，则说明在设备中只存在一个模块，作为默认设置。

在“运行 (Operation)”栏中显示：

- ▶ forwarding: 该端口已启用并有链接。
- ▶ blocked: 该端口被阻塞并有链接。
- ▶ disabled: 端口已停用。
- ▶ not-connected: 该端口无链接。

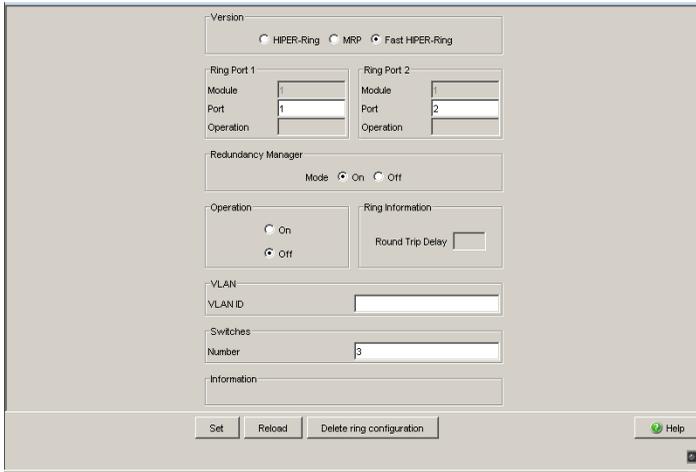


图 10: 环网冗余对话框 (TCSESM-E)

- 在这台设备上启用环网管理器。在 Fast HIPER-Ring 的其余设备上不启用环网管理器。
- 在“功能 (Operation)”框中开启功能。
- 在 VLAN 栏中保留 VLAN-ID 为 0。
- 在“交换机 (Switches)”框的“数量 (Number)”项中指定环网中的交换机数量。该项可以优化环网的重构时间和稳定性。
- 点击“写入 (Set)”，将该项永久保存在配置中。

“环网信息 (Ring Information)”框中的显示内容表示：

- 环网循环时间：由环网管理器测得的测试包的环网循环时间，单位为 μs 。
显示从 $100 \mu\text{s}$ 开始，步距为 $100 \mu\text{s}$ 。 $1000 \mu\text{s}$ 及更大的值表示环网可能会变得不稳定。在这种情况下检查“交换机 (Switches)”框中交换机数量的输入项是否正确。

“信息 (Information)”框中的显示内容表示

- “存在冗余 (Redundancy existing)”：与功能相关的线路可能故障，同时冗余线路承担了故障线路的功能。
- “配置错误 (Configuration failure)”：功能配置错误或环网端口上的电缆连接配置错误（例如没有插在环网端口上）。

可以在“VLAN”框中为一个 VLAN 分配 Fast HIPER-Ring：

□ 如果 VLAN 已配置，则在“VLAN”框中选择：

- VLAN-ID 为 0（如果和此示例一样不应为 VLAN 分配 Fast HIPER-Ring 配置）。为环网端口选择 VLAN ID 1 和静态 VLAN 表中的 VLAN 成员 U（未标记）。
- VLAN ID > 0（如果应该为该 VLAN 分配 Fast HIPER-Ring 配置）。为该 Fast HIPER-Ring 中的所有设备在 Fast HIPER-Ring 配置中输入这个 VLAN ID，并为该 Fast HIPER-Ring 中的所有环网端口选择这个 VLAN ID 和静态 VLAN 表中的 VLAN 成员 T（已标记）。

提示：如果您想要通过 Command Line Interface (CLI)（命令行界面）对快速 HIPER 环进行配置，请确保您定义了一个额外的参数。在通过 CLI 进行配置时，会涉及快速 HIPER 环的快速 HIPER 环 ID。此值为 1 至 2.147.480.647 ($2^{31} - 1$) 范围中的一个数字。预设置为 1。设备在内部通过网页界面进行配置时也会使用该值。在具有相同快速 HIPER 环 ID 的快速 HIPER 环内配置所有设备。

```
enable          转换至特权执行模式。
configure      转换至配置模式。
fast-hiper-ring new-id      创建一个具有“default id”(1)的 Fast HIPER-Ring。同时将端口 1/1 和 1/2 定义为环网端口。保留这些默认值。
default-id
```

```
Fast HIPER-Ring ID created:ID: 1 (Default Fast HIPER-Ring ID)
```

```
fast-hiper-ring current-id      定义该设备为环网管理器。
mode ring-manager
Mode of Switch set to Ring Manager
fast-hiper-ring current-id      定义 Fast HIPER-Ring 中设备的数量为 3。
nodes 3
Number of nodes set to 3
fast-hiper-ring current-id      启用 Fast HIPER-Ring。
operation enable
Operation set to Enabled
exit          转换至配置模式。
```

```
show fast-hiper-ring          显示 Fast HIPER-Ring 的当前参数。
Ring ID: 1
(Default Fast HIPER-Ring ID)
Mode of Switch (administrative setting). Ring Manager
Mode of Switch (real operating state)... Ring Manager
Ring Name.....<empty>
Number of nodes in the ring..... 3
Port Number, Primary..... 1/1, State: Not Connected
Port Number, Secondary..... 1/2, State: Not Connected
VLAN ID..... 0 (No VLAN)
Operation..... Enabled

General Operating States:
FHR Setup Info (Config. Failure)..... Ring Port Link Error

Manager-related Operating States:
Ring State..... Open
Redundancy Guaranteed..... No
Round Trip Delay..... 0
```

提示：在与冗余环网相连的端口上禁用生成树协议 (STP)，因为生成树和环网冗余在工作时的反应时间不同 (Redundancy:Spanning Tree:Port(冗余：生成树：端口))。

- 现在请将线路连接至环网。为此将两台设备通过其环网端口连接至线路的两端。

2.4 电缆不交叉的 HIPER-Ring 示例

您可以用 TCSESM、TCSESM-E 或 TCSESB 模型来构造这个示例。

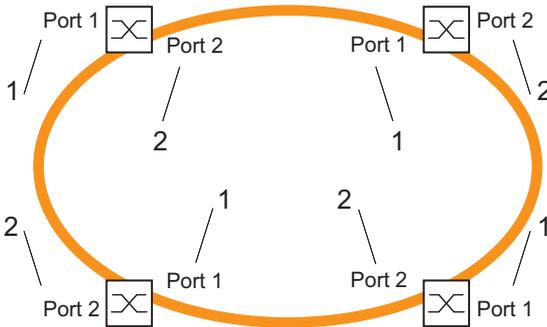


图 11: 电缆不交叉的 HIPER-Ring 示例
 1 = 手动电缆交叉已停用
 2 = 手动电缆交叉已启用

下列配置示例描述了一种在交换机之间使用无交叉电缆的 HIPER-Ring 的配置，通常情况来说，在交换机之间应该使用交叉的电缆。选择哪台交换机承担环网管理器的功能，以及在正常运行中哪条线路是冗余线路，这些问题与之无关，因此在示例中将不做讨论。



警告

环网回路危险

为了避免在配置期间形成回路，请单独配置 HIPER-Ring 的全部设备。在连接冗余线路之前，必须完成配置 HIPER-Ring 的全部设备。

不重视此说明有可能导致死亡，严重身体伤害或者材料损伤。

- 根据您的需求构造网络。
- 根据下表为所有环网端口配置数据传输率、双工模式和手动电缆交叉功能：

端口	1.1	1.2
端口打开	是 (已选中)	是 (已选中)
自动协商 (自动配置)	否 (未选中)	否 (未选中)
手动配置	100 Mbit/s FDX	100 Mbit/s FDX
手动电缆交叉	停用	启用

表格 6: 在电缆不交叉时对环网端口的设置

提示：除了 HIPER-Ring，您也可使用 MRP 环网冗余协议，在使用 TCSESM-E 时也可使用 Fast HIPER-Ring。

3 多环

您可以利用设备构成一个具有多种冗余协议的多环结构：

- ▶ 您可以选择嵌套 MRP-Ring。被耦合的环即为子环 (参阅页 38 “子环”)。
- ▶ 您可以选择在 MRP 环上耦合更多用 RSTP 工作的环形结构 (参阅页 103 “RSTP 和 MRP 的结合”)。

3.1 子环

3.1.1 子环说明

针对设备 TCSESM-E。

利用子环这一概念，可以将一个网段轻松地耦合在现有冗余环网（基础环）的适当设备上。与新子环相耦合的基础环设备被称为子环管理器 (SRM)。

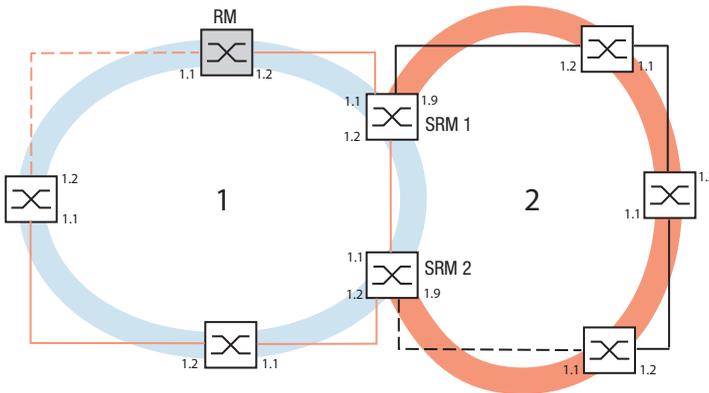


图 12: 子环结构的示例
 1 蓝色的环 = 基础环
 2 橙色的环 = 子环
 SRM = 子环管理器
 RM = 环网管理器

提示：下列设备支持子环管理器功能：

– TCSESM-E

具有 SRM 功能的设备支持最多 4 个 SRM 实体，并因此可以同时作为 4 个子环的子环管理器。

在子环中可以集成支持 MRP 且不需要子环管理器功能的设备作为子环成员。

每个子环可最多由 200 个设备组成，其中不包括两个 SRM 和 SRM 之间主环网内的交换机。

建立子环有下列优点：

- ▶ 通过耦合将新的网段纳入冗余体系。
- ▶ 将新的公司部门轻松地集成到现有网络中。
- ▶ 在网络拓扑中轻松地构建公司的组织结构。
- ▶ 作为 MRP-Ring，发生冗余事件时子环的切换时间在典型情况下 <100ms。

下图展现了子环拓扑的示例：

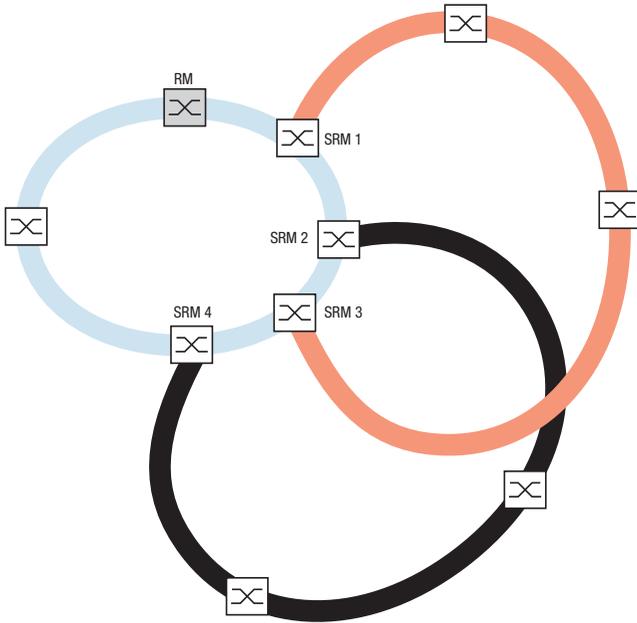


图 13: 重叠子环结构的示例

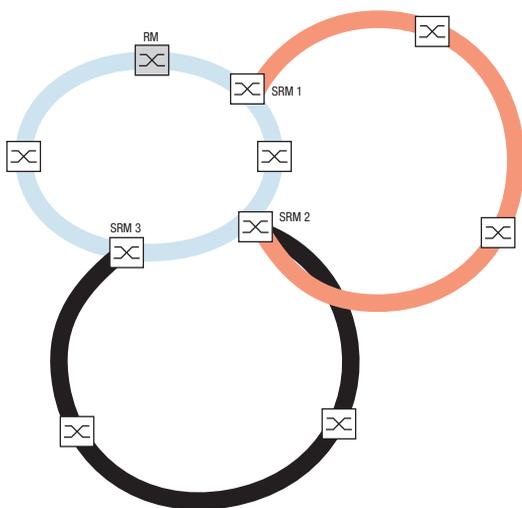


图 14: 特殊情况：一个子环管理器管理 2 个子环（2 个实体），根据设备型号可以配置更多实体。

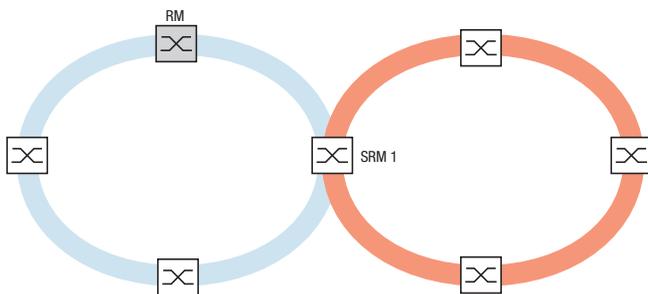


图 15: 特殊情况：一个子环管理器在不同端口上管理一个子环的两端（单子环管理器）

提示：仅将子环网连接到现有基环上。不要串联子环网（即不得将新的子环网连接到现有子环网上）。

提示：子环使用 MRP。您可以将子环耦合在具有 HIPER-Ring 协议、Fast HIPER-Ring 协议和 MRP 的现有基础环上。如果将子环耦合在使用 MRP 的基础环上，则将两个环配置为不同的 VLAN。为此请选择下列方法配置

- ▶ 以同一个 VLAN 配置子环管理器的子环端口和子环的设备，这时多个子环可以使用相同的 VLAN。
- ▶ 或者以同一个 VLAN 配置基础环的设备，包括子环管理器的基础环端口。如果在一个基础环上耦合多个子环，这样做可以降低配置成本。

3.1.2 子环示例

您希望在一个使用 HIPER-Ring 协议的现有冗余环网上耦合一个具有 3 台设备的新网段。如果在两端，而非一端耦合网段，则在进行了相应配置后可以通过冗余手段提高容错率。

新网段作为子环耦合。在基础环的现有设备上进行耦合，型号如下：

– TCSESM-E

请将这些设备配置为子环管理器。

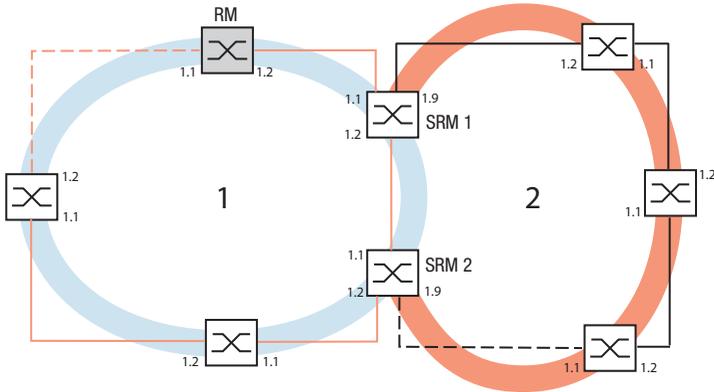


图 16: 子环结构的示例
 1 蓝色的环 = 基础环
 2 橙色的环 = 子环
 SRM = 子环管理器
 RM = 环网管理器

配置子环的步骤如下：

- 将新网段上的 3 台设备配置成一个 MRP-Ring 的成员。这意味着：
 - 根据下表为所有环网端口配置传输率和双工模式：

端口类型	比特率	自动协商 (自动配置)	端口设置	双工
光学	全部	关	开	全
TX	100 Mbit/s	关	开	全
TX	1000 Mbit/s	开	开	-

表格 7: 环网端口的设置

□ 进一步设置：

- 即使基础环也使用 MRP 协议，仍然将基础环和子环定义为不同的 VLAN 成员；例如基础环 VLAN ID 为 1，子环 VLAN ID 为 2。
- 为所有环网端口选择该 VLAN ID 和静态 VLAN 表中的 VLAN 已标记成员 (T)。
- 在所有设备上启用 MRP-Ring 功能。
- 在环网冗余对话框的 MRP-Ring 中，为所有设备配置子环中使用的两个子环端口。
- 在所有设备上停用环网管理器功能。
- 为子环中使用的 MRP-Ring 端口停用 RSTP。
- 为所有设备分配相同的 MRP 域 ID。

提示：MRP 域 ID 是 16 个字符块组成的序列串（值域 0 至 255）。缺省域（在 CLI 中：“default-domain”）的 MRP 域 ID 为 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255。只由零组成的 MRP 域 ID 无效。

如须调整 MRP 域名，打开命令行界面 (CLI) 进行如下操作：

```
enable                                转换至特权执行模式。
configure                             转换至配置模式。
mrp delete-domain                    删除当前的 MRP 域。如果不存在 MRP 域，则设备报错。
  current-domain
MRP current domain deleted:
Domain ID:
  255.255.255.255.255.255.255.255.255.255.255.255.255.255.255.255
  (Default MRP domain)
mrp new-domain                        生成一个具有指定 MRP 域 ID 的新 MRP 域。然
  0.0.1.1.2.2.3.4.4.111.222.12      后可以用“current-domain”访问这个域。
  3.0.0.66.99
MRP domain created:
Domain ID:0.0.1.1.2.2.3.4.5.111.222.123.0.0.66.99
```

3.1.3 子环示例配置



环网回路危险

为了避免在配置期间形成回路，请单独配置子环的全部设备。在连接冗余线路（闭合子环）之前，必须完成配置子环的全部设备。

不重视此说明有可能导致死亡，严重身体伤害或者材料损伤。

如下配置示例中的两个子环管理器：

- 选择对话框 Redundancy:Sub-Ring(冗余：子环)。
- 点击“生成 (New)”。

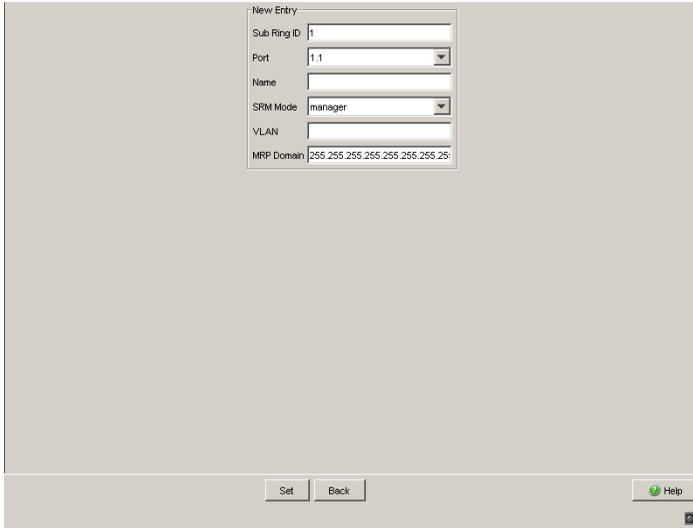


图 17: 子环 - 新项对话框

- 输入值“1”作为环网 ID，即这个子环的标号。
- 在模块 / 端口栏中输入连接设备和子环的端口标号（格式 X.X）（示例中为 1.9）。可以使用还没有被配置为基础环端口的全部可用端口作为连接端口。
- 可以选择为子环输入一个名称（在示例中为“测试(Test)”）。
- 选择子环管理器模式（SRM 模式）。由此规定基础环和子环之间的哪段连接成为冗余线路。

绑定的可能性：

- ▶ 两个子环管理器拥有相同的设置（默认 Manager(管理器)）：- 具有较高 MAC 地址的设备管理冗余线路。
- ▶ 在 SRM 模式栏中，选择一台设备作为 Redundant Manager(冗余管理器)：- 只要将另一台子环管理器配置为 Manager(管理器)，则这台设备管理冗余线路 - 否则更高的 MAC 地址重新生效。

根据这个示例的概览图，将子环管理器 1 配置为“管理器(manager)”，而子环管理器 2 管理冗余线路，即“冗余管理器(redundant manager)”。

- 保留 VLAN ID（默认：0）和 MRP 域（默认 255.255.255.255.255.255.255.255.255.255.255.255）栏为基本状态。配置示例在这里不要求修改。
- 点击“写入(Set)”，将该项永久保存在配置中。
- 点击“返回(Back)”，返回至子环对话框。

```

enable                               转换至特权执行模式。
configure                             转换至配置模式。
sub-ring new-ring 1                   创建一个子环 ID 为 1 的新子环。
Sub-Ring ID created:ID: 1
sub-ring 1 port 1/9                   定义模块 1 中的端口 9 为子环端口。
Port set to 1/9
sub-ring 1 ring-name Test             为子环 1 取名为“测试 (Test)”
Sub-Ring Ring name set to "Test"
sub-ring 1 mode manager               将该子环管理器的模式配置为“管理器
(manager)”。

Mode of Switch set to manager

```

- 点击“加载 (Reload)”，更新子环概览并检查所有项。

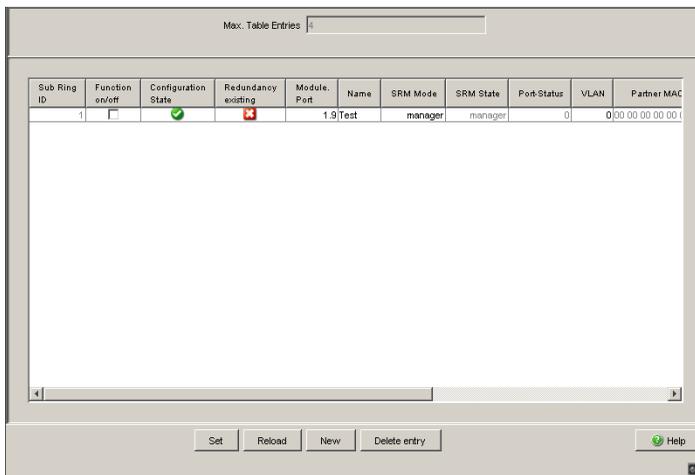


图 18: 已完全配置的子环管理器

- 用类似的方法配置第二个子环管理器。如果为 SRM 1 明确分配了 SRM 模式 Manager(管理器)，则将 SRM 2 配置为 Redundant Manager(冗余管理器)。否则根据 MAC 地址的高低自动分配 (见上文)。
- 在子环对话框概览的“功能开 / 关 (Function on/off)”中，开启两个子环管理器。
- 点击“写入 (Set)”，将该项永久保存在配置中。

选择对话框

Basic Settings:Load/Save(基础设置 : 加载 / 保存)。

- 在“保存 (Save)”框中选择保存位置“设备上 (To Device)”并点击“备份 (Save)”，配置将暂时保存在活动配置中。

```

enable                转换至特权执行模式。
configure            转换至配置模式。
sub-ring 1 operation enable 启用子环 ID 为 1 的子环。
Operation set to Enabled
exit                转换至特权执行模式。
show sub-ring        在该设备上显示所有子环的状态。
Ring ID:1
Mode of Switch (administrative setting)... manager
Mode of Switch (real operating state).... manager
Port Number.....1/9, State:Forwarding
Protocol.....Standard MRP
MRP Domain
ID.....255.255.255.255.255.255.255.255.255
5.255.255.255.255.255.255.255Ring
Name.....Test
Partner MAC.....02:E3:00:1B:00:09
VLAN ID.....0 (No VLAN)
Operation.....Enabled

General Operating States:
SRM Setup Info (Config.Failure).....No Error

Manager-related Operating States:
Ring State.....Open
Redundancy Guaranteed.....No
copy system:running-config 将当前配置备份到临时存储器中。
  nvram:startup-config

```

- 在配置了两个 SRM 和绑定于子环中的设备后，闭合子环的冗余线路。

4 环 / 网耦合

可以利用环 / 网耦合将冗余环网或网段冗余耦合。环 / 网耦合通过 2 条分离的路径连接 2 个环 / 网段。

环 / 网耦合支持将一个环（HIPER-Ring、Fast HIPER-Ring 或 MRP）耦合在第二个环（同样是 HIPER-Ring、Fast HIPER-Ring 或 MRP），或任意结构的网段上 - 只要被耦合网络中的全部设备都是 Schneider Electric 的设备。

环 / 网耦合支持下列设备：

- ▶ TCSESM
- ▶ TCSESM-E

4.1 环 / 网耦合的变体

在**单交换机耦合**中，第一个环 / 网段中的一台设备的两个端口分别与第二个环 / 网段中的第二台设备的一个端口进行冗余耦合 (参阅图 20)。两个连接中的冗余连接在普通数据交换的正常运行期间阻塞。

如果主线路不再工作，则设备立刻打开冗余线路。如果主线路稍后重新工作，则冗余线路再次被阻塞，不再进行普通的数据交换，而重新使用主线路。

环网耦合在 500 ms 内识别并处理一个故障 (典型情况下为 150 ms)。

在**双交换机耦合**中，第一个环 / 网段中的两台设备的各一个端口与第二个环 / 网段中的两台设备的各一个端口进行冗余耦合 (参阅图 26)。

冗余线路中的设备和主线路中的设备利用控制包通过以太网或控制线通报它们的运行状态。

如果主线路不再工作，则冗余设备 (即所谓的从站) 打开冗余线路。如果主线路稍后重新工作，则主线路中的设备将此情况通报给冗余设备。冗余线路再次被阻塞，不再进行普通的数据交换，而重新使用主线路。

环网耦合在 500 ms 内识别并处理一个故障 (典型情况下为 150 ms)。

耦合的种类主要由拓扑情况和所需的可用度等级决定 (参阅表格 8)。

	单交换机耦合	双交换机耦合	具有控制线的双交换机耦合
应用	参与的设备从拓扑角度看分布位置不佳。所以双交换机耦合中，引线成本高昂。	参与的设备从拓扑角度看分布位置得当。控制线的铺设昂贵。	参与的设备从拓扑角度看分布位置得当。控制线的铺设成本低廉。
缺点	如果为冗余耦合配置的交换机故障，则在网络之间不再有连接。	将参与的设备联网的成本更高 - 与单交换机耦合相比。	将参与的设备联网的成本更高 - 与单交换机耦合和双交换机耦合相比。
优点	将参与的设备联网的成本更低 - 与双交换机耦合相比。	就算有一台为冗余耦合配置的设备发生故障，在网络之间始终还是存在连接。	就算有一台为冗余耦合配置的设备发生故障，在网络之间始终还是存在连接。

表格 8: 冗余耦合配置类型的选择标准

提示：根据现有拓扑状况和所需的可用性尺度选择配置 ([参阅表格 8](#))。

4.2 准备环 / 网耦合

4.2.1 STAND-BY 开关

所有设备具有一个 STAND-BY 开关，利用它可以确定设备在一个环 / 网耦合中所起的作用。

根据不同的设备型号，这个开关设计作为设备上的 DIP 开关，或仅作为一个软件设置项（对话框 Redundancy: Ring/Network Coupling(冗余：环 / 网耦合)）。通过设置这个开关，可以确定环 / 网耦合中的设备是主耦合还是冗余耦合。DIP 开关的详细信息请参见安装用户手册。

设备型号	STAND-BY 开关的规格
TCSESM	可以在 DIP 开关和软件设置项之间切换
TCSESM-E	软件开关

表格 9: STAND-BY 开关的规格一览表

根据设备和规格，借助于下表设置 STAND-BY 开关：

设备具有	在主耦合和冗余耦合之间选择
DIP 开关	在“STAND-BY”DIP 开关上

表格 10: STAND-BY 开关的设置

设备具有	在主耦合和冗余耦合之间选择
DIP 开关 / 软件开关备选	根据所选的选项 - 在“STAND-BY”DIP 开关上 - Redundancy: Ring/Network Coupling(冗余:环/网耦合) 对话框中, 通过“选择配置 (Select configuration)”中的选择。 提示: 这些设备具有 DIP 开关, 利用这个开关可以在软件配置和 DIP 开关配置之间选择。设备上的 DIP 开关的详细信息请参见安装 用户手册。
软件开关	在 Redundancy: Ring/Network Coupling(冗余:环/网耦合) 对话框中

表格 10: STAND-BY 开关的设置

提示: 在下列屏幕截图和图表中使用以下协定:

- ▶ 粗线表示当前观察范围内的连接,
- ▶ 虚线表示冗余连接,
- ▶ 点状线表示控制线。

- 选择 Redundancy: Ring/Network Coupling(冗余:环/网耦合)
对话框。
- 首先选择所需配置: 单交换机耦合 (“1”)、双交换机耦合 (“2”) 或具有
控制线的双交换机耦合 (“3”), ([参阅图 19](#))。

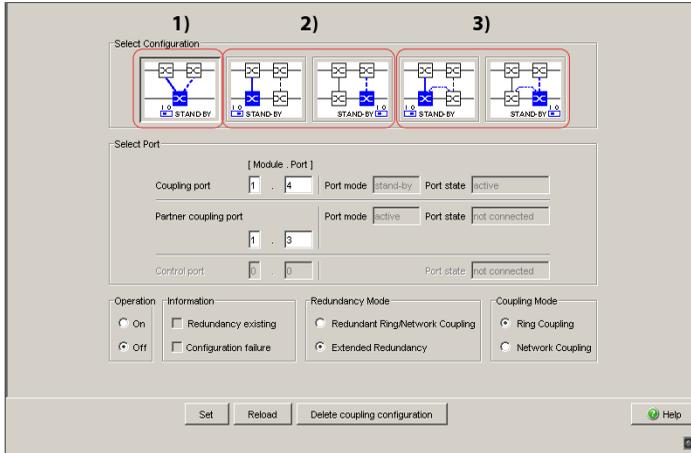


图 19: 选择环网耦合配置 (在 DIP 开关禁用时或没有 DIP 开关的设备上)

在不带 DIP 开关的设备上，软件设置不受限。

在具有 DIP 开关的设备上，根据 DIP 开关的位置，对话框将用颜色表示出可以进行的配置项，无法进行的配置项呈灰色。

可以进行的配置项有：

- ▶ RM DIP 开关：开或关，STAND-BY：关：
双交换机耦合作为主站（带或不带控制线）
- ▶ RM DIP 开关：关，STAND-BY：开：
单交换机耦合和双交换机耦合作为从站（带或不带控制线）
- ▶ RM DIP 开关：开，STAND-BY：开：
DIP 开关禁用，软件设置不受限

如果 DIP 开关激活，而您希望通过软件选择一个不可行的（灰色）配置项，则将设备上的 DIP 开关调到另一个位置，然后重新加载对话框。

提示：出于冗余可靠性的考虑，不可将快速生成树和环 / 网耦合相结合。

4.2.2 单交换机耦合

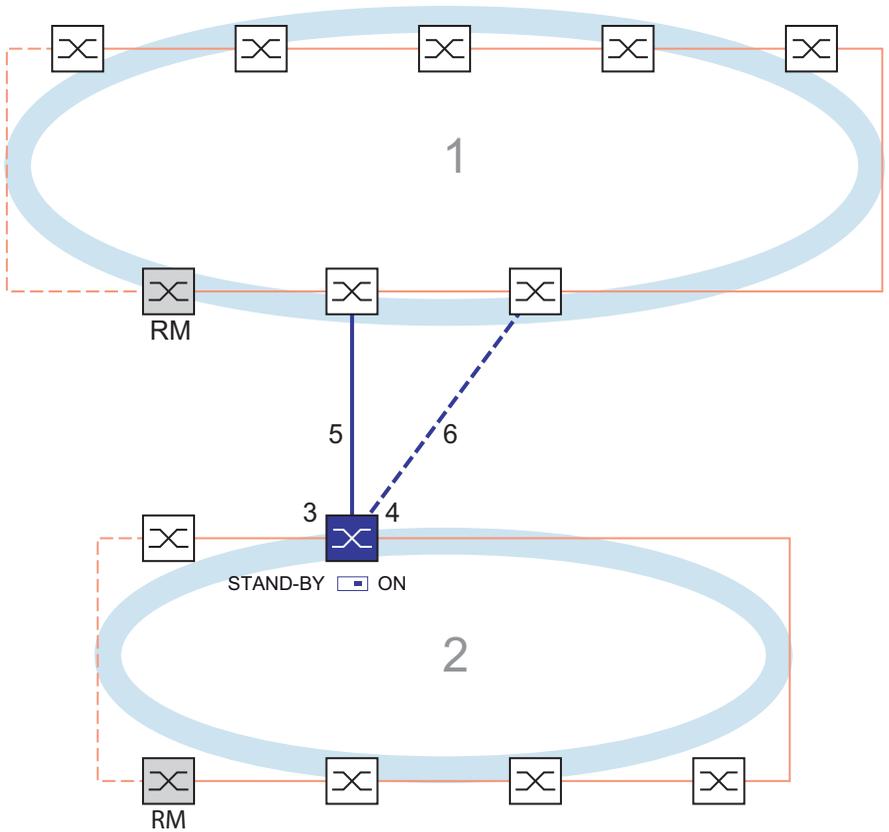


图 20: 单交换机耦合示例
1: 骨干
2: 环网
3: 伙伴机耦合端口
4: 耦合端口
5: 主线路
6: 冗余线路



警告

环网耦合回路危险

为了避免在配置期间形成回路，请单独配置所有活跃参与到环网耦合上的设备。在连接冗余线路之前，必须完成配置所有活跃参与到环网耦合中的设备。

不重视此说明有可能导致死亡，严重身体伤害或者材料损伤。

在正常运行中，通过主线路（蓝色的实线）在两个网络之间进行耦合，主线路与伙伴机耦合端口相连。在主线路故障时，与耦合端口相连的冗余线路（蓝色虚线）负责耦合两个网络。通过一台交换机进行耦合。

- 选择 Redundancy: Ring/Network Coupling(冗余:环/网耦合)对话框。
- 借助于具有和下图相同图案的对话框按钮选择“单交换机耦合 (One-Switch coupling)”(参阅图 21)。

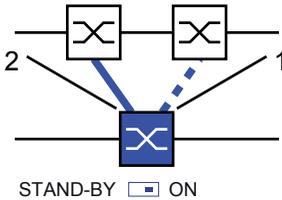


图 21: 单交换机耦合
1: 耦合端口
2: 伙伴机耦合端口

下列设置适用于所选图形中蓝色表示的 Switch。

- 选择伙伴机耦合端口 (参阅图 22), (参阅表格 11)。
利用“伙伴机耦合端口 (Partner coupling port)”规定在哪个端口上连接主线路。

下表表示在环 / 网耦合中使用的可选端口和预设。

设备	伙伴机耦合端口	耦合端口
TCSESM	全部端口 (交付状态: 端口 1.3)	全部端口 (交付状态: 端口 1.4)
TCSESM-E	全部端口 (交付状态: 端口 1.3)	全部端口 (交付状态: 端口 1.4)

表格 11: 单交换机耦合端口分布

提示: 在不同端口上配置伙伴机耦合端口和环网冗余端口。

- 选择耦合端口 (参阅图 22), (参阅表格 11)。
利用“耦合端口 (Coupling port)”规定网段与哪个端口相连。

提示: 在不同端口上配置耦合端口和冗余环网端口。

- 在“功能 (Operation)”框中开启功能 (参阅图 22)。
- 现在连接冗余线路。
“选择端口 (Select port)”框中的显示内容表示 (参阅图 22) :
 - “端口模式 (Port mode)” : 端口激活, 或者处于 Stand-by 模式
 - “端口状态 (Port state)” : 端口已连接, 或未连接。
- “信息 (Information)”框中的显示内容表示 (参阅图 22) :
 - “确保冗余 (Redundancy existing)” : 如果主线路不再工作, 则冗余线路承担主线路的功能。
 - “配置错误 (Configuration failure)” : 功能配置不完整或错误。

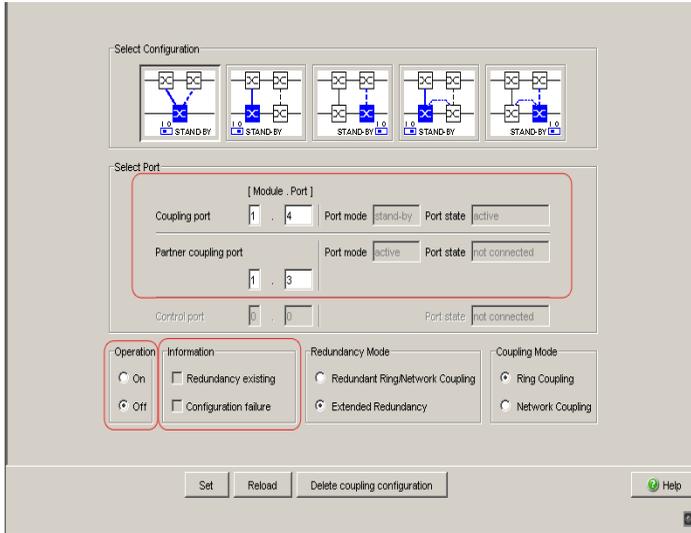


图 22: 选择端口和启用 / 停用功能

提示: 有必要为耦合端口进行如下设置 (为此选择 Basic Settings:Port Configuration(基础设置 : 端口配置) 对话框) :

- 端口 : 开
- 自动配置 (自动协商) :
在双绞线连接时开启
- 手动配置 : 100 Mbit/s FDX , 或 1 Gbit/s FDX , 根据端口能力
光纤连接时

提示: 如果配置了 VLAN , 请如下设置耦合端口和伙伴机耦合端口的 VLAN 配置 :

- 在 Switching:VLAN:Port(交换 : VLAN : 端口) 对话框中禁用端口 VLAN-ID1 和 “Ingress Filtering”
- 在 Switching:VLAN:Static(交换 : VLAN : 静态) 对话框中 VLAN 成员 U (未标记)

冗余模式

- 在 “冗余模式 (Redundancy Mode)” 框中选择 (参阅图 23)
- “冗余的环 / 网耦合 (Redundant Ring/Network Coupling)” 或
- “扩展冗余 (Extended Redundancy)”。

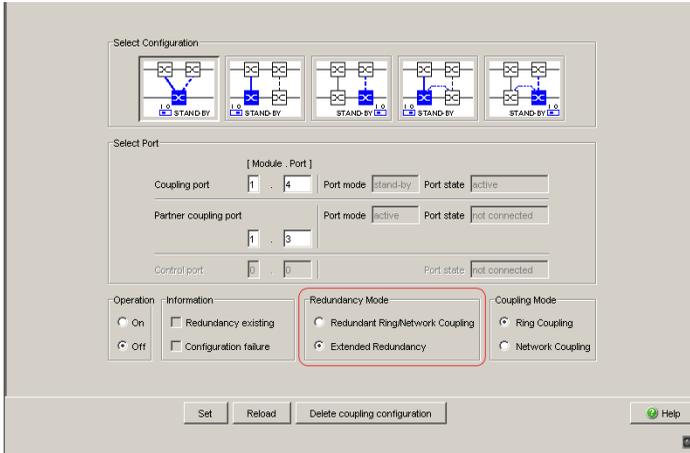


图 23: 选择冗余模式

进行 "Redundant Ring/Network Coupling" 设置时，主线路或冗余线路激活。线路不同时激活。

在设置 "Extended Redundancy (扩展冗余)" 时，如果在一个被耦合（也就是说远程）网络中设备之间的连接线不工作，则主线路和冗余线路同时激活（参阅图 24）。

在重构过程中可能导致数据包重复。因此仅在您的应用程序能够识别数据包重复的情况下选择这项设置。

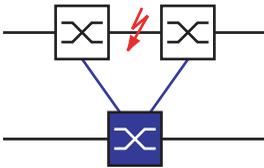


图 24: 扩展冗余

耦合模式

耦合模式是指被耦合网络的类型。

□ 在“耦合模式 (Coupling Mode)”框中选择（参阅图 25）

- “环网耦合 (Ring Coupling)” 或
- “网耦合 (Network Coupling)”

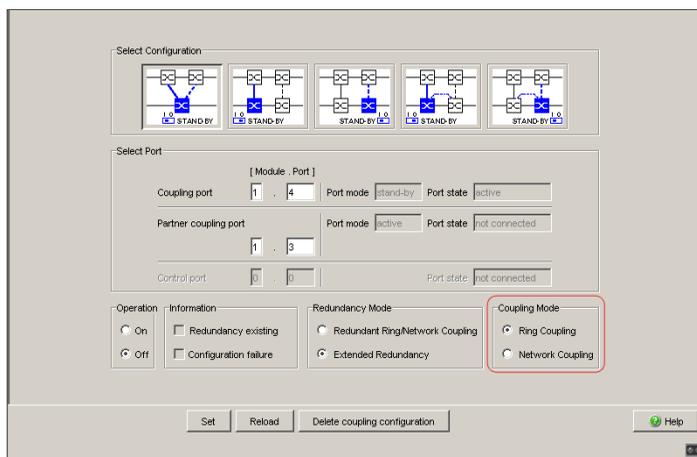


图 25: 选择耦合模式

- 与冗余环网耦合时，选择“环网耦合 (Ring coupling)”。
- 与线性或树形结构耦合时，选择“网耦合 (Network Coupling)”。

删除耦合配置

- 使用对话框中的“删除耦合配置 (Delete coupling configuration)”按钮可以将设备的所有耦合设置重置到交付状态。

4.2.3 双交换机耦合

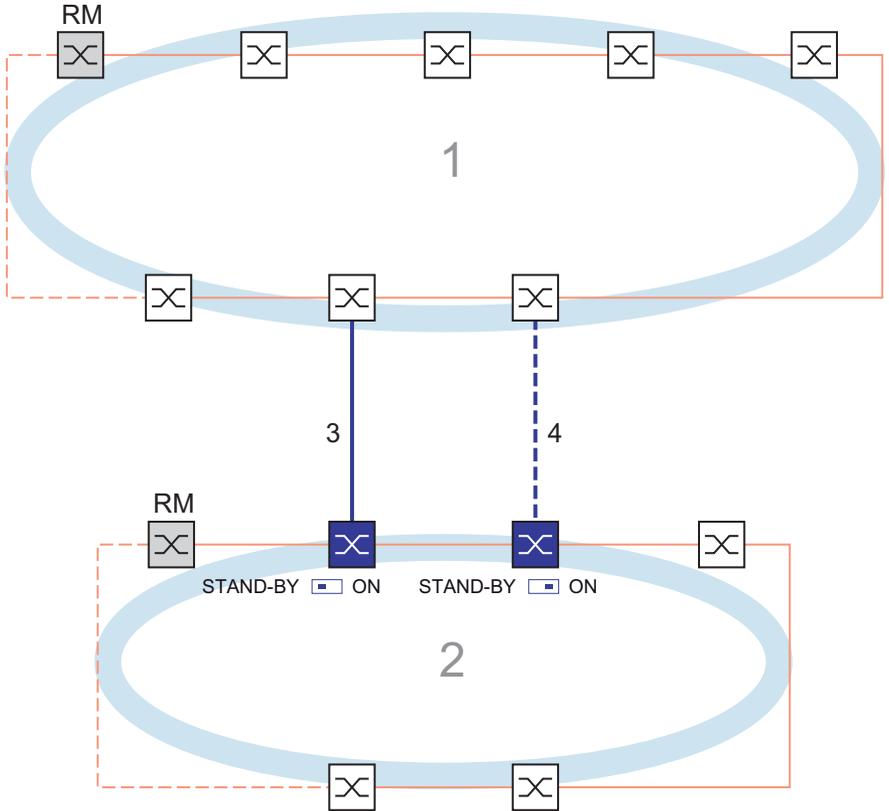


图 26: 双交换机耦合示例
1: 骨干
2: 环网
3: 主线路
4: 冗余线路



警告

环网耦合回路危险

为了避免在配置期间形成回路，请单独配置所有活跃参与到环网耦合上的设备。在连接冗余线路之前，必须完成配置所有活跃参与到环网耦合中的设备。

不重视此说明有可能导致死亡，严重身体伤害或者材料损伤。

通过主线路（蓝色实线）进行两个网络之间的耦合。在主线路或一台临近交换机故障时，冗余线路（黑色虚线）承担两个网络的耦合任务。

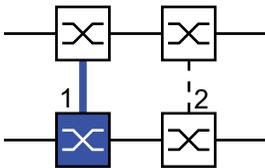
通过两台交换机进行耦合。

交换机通过以太网发送其控制包。

连接在主线路上的交换机和连接在冗余线路上的交换机就耦合而论是伙伴机。

通过其环网端口连接两台伙伴机。

- 选择 Redundancy: Ring/Network Coupling(冗余:环 / 网耦合) 对话框。
- 借助于具有和下图相同图案的对话框按钮选择“双交换机耦合 (Two-Switch coupling)”(参阅图 27)。



STAND-BY ON

图 27: 双交换机耦合
1: 耦合端口
2: 伙伴机耦合端口

下列设置适用于所选图形中蓝色表示的 Switch。

- 选择耦合端口 (参阅图 28), (参阅表格 12)。
利用“耦合端口 (Coupling port)”规定网段与哪个端口相连。

- 在一台具有 DIP 开关的设备上，将 STAND-BY 开关调到关，或禁用 DIP 开关。在耦合端口上连接主线路。

设备	耦合端口
TCSESM	针对所有端口可调（交付状态：端口 1.4）
TCSESM-E	针对所有端口可调（交付状态：端口 1.4）

表格 12: 冗余耦合的端口分布（双交换机耦合）

提示：在不同端口上配置耦合端口和冗余环网端口。

- 在“功能 (Operation)”框中开启功能（参阅图 28）。
 - 现在连接冗余线路。
- “选择端口 (Select port)”框中的显示内容表示（参阅图 28）：
- “端口模式 (Port mode)”：端口激活，或者处于 Stand-by 模式
 - “端口状态 (Port state)”：端口已连接，或未连接。
 - “IP 地址 (IP Address)”：如果伙伴机已经在网络中运行，则表示其 IP 地址。
- “信息 (Information)”框中的显示内容表示（参阅图 28）：
- “确保冗余 (Redundancy existing)”：如果主线路不再工作，则冗余线路承担主线路的功能。
 - “配置错误 (Configuration failure)”：功能配置不完整或错误。

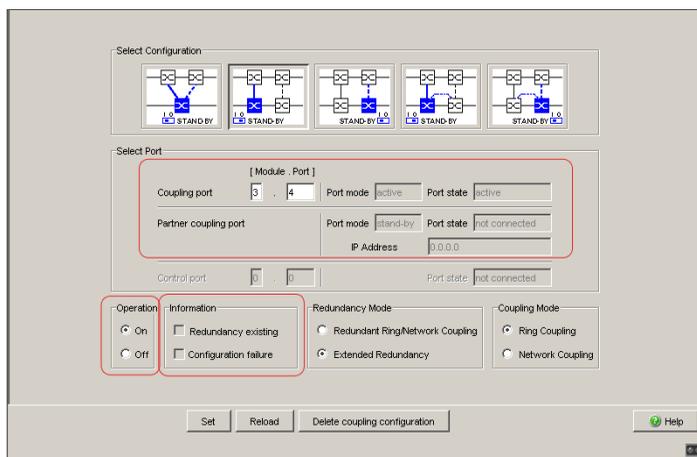


图 28: 选择端口和启用 / 停用功能

为了避免出现连续回路 (Loops)，Switch 将耦合端口的端口状态设为“关 (off)”，当出现下列情况时：

- 关闭功能
- 更改配置

同时这些端口上的连接正在运行中。

提示：有必要为耦合端口进行如下设置（为此选择 Basic Settings:Port Configuration(基础设置：端口配置)对话框)：

- 端口：开
- 自动配置（自动协商）：
在双绞线连接时开启
- 手动配置：100 Mbit/s FDX，或 1 Gbit/s FDX，根据端口能力
光纤连接时

提示：如果配置了 VLAN，请如下设置耦合端口和伙伴机耦合端口的 VLAN 配置：

- 在 Switching:VLAN:Port(交换：VLAN：端口)对话框中禁用端口 VLAN-ID1 和“Ingress Filtering”
- 在 Switching:VLAN:Static(交换：VLAN：静态)对话框中
VLAN 成员 U（未标记）

提示：如果您同时开启环网管理器功能和双交换机耦合功能，则可能形成回路 (Loop)。

- 借助于具有和下图相同图案的对话框按钮选择“双交换机耦合 (Two-Switch coupling)”(参阅图 29)。

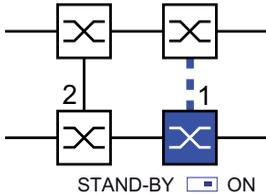


图 29: 双交换机耦合

1: 耦合端口

2: 伙伴机耦合端口

下列设置适用于所选图形中蓝色表示的 Switch。

- 选择耦合端口 (参阅图 28), (参阅表格 12)。
 - 利用“耦合端口 (Coupling port)”规定网段与哪个端口相连。
- 在一台具有 DIP 开关的设备上, 将 STAND-BY 开关调到开, 或禁用 DIP 开关。在耦合端口上连接冗余线路。

提示：在不同端口上配置耦合端口和冗余环网端口。

- 在“功能 (Operation)”框中开启功能 (参阅图 28)。
 - “选择端口 (Select port)”框中的显示内容表示 (参阅图 28) :
 - “端口模式 (Port mode)”：端口激活, 或者处于 Stand-by 模式
 - “端口状态 (Port state)”：端口已连接, 或未连接。
 - “IP 地址 (IP Address)”：如果伙伴机已经在网络中运行, 则表示其 IP 地址。
 - “信息 (Information)”框中的显示内容表示 (参阅图 28) :
 - “确保冗余 (Redundancy existing)”：如果主线路不再工作, 则冗余线路承担主线路的功能。
 - “配置错误 (Configuration failure)”：功能配置不完整或错误。

为了避免出现连续回路 (Loop), Switch 将耦合端口的端口状态设为“关 (off)”, 当出现下列情况时:

- 关闭功能
- 更改配置,

同时这些端口上的连接正在运行中。

提示: 有必要为耦合端口进行如下设置 (为此选择 Basic Settings:Port Configuration(基础设置:端口配置)对话框):

- 端口: 开
- 自动配置 (自动协商):
在双绞线连接时开启
- 手动配置: 100 Mbit/s FDX, 或 1 Gbit/s FDX, 根据端口能力
光纤连接时

提示: 如果配置了 VLAN, 请如下设置耦合端口和伙伴机耦合端口的 VLAN 配置:

- 在 Switching:VLAN:Port(交换:VLAN:端口)对话框中禁用端口 VLAN-ID1 和“Ingress Filtering”
- 在 Switching:VLAN:Static(交换:VLAN:静态)对话框中
VLAN 成员 U (未标记)

提示: 如果您同时开启环网管理器功能和双交换机耦合功能, 则可能形成回路 (Loop)。

冗余模式

- 在“冗余模式 (Redundancy Mode)”框中选择 (参阅图 30)
- “冗余的环 / 网耦合 (Redundant Ring/Network Coupling)”或
- “扩展冗余 (Extended Redundancy)”。

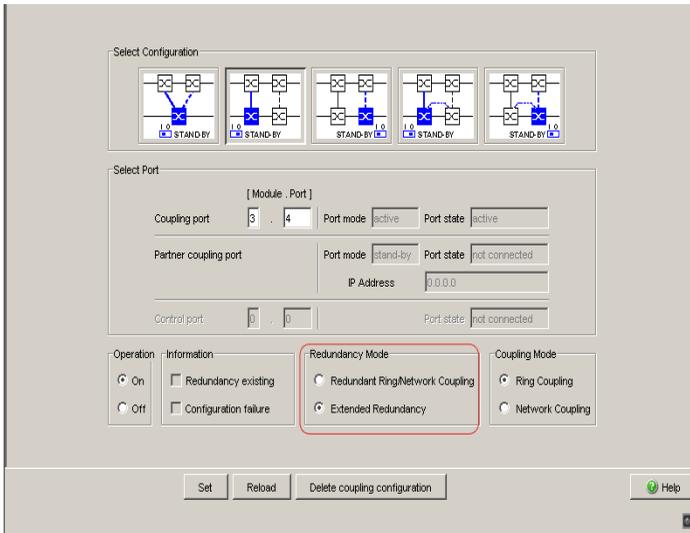


图 30: 选择冗余模式

进行 "Redundant Ring/Network Coupling" 设置时，主线路或冗余线路激活。线路不同时激活。

在设置 "Extended Redundancy(扩展冗余)" 时，如果在一个被耦合（也就是说远程）网络中设备之间的连接线不工作，则主线路和冗余线路同时激活（参阅图 31）。

在重构过程中可能导致数据包重复。因此仅在您的应用程序能够识别数据包重复的情况下选择这项设置。

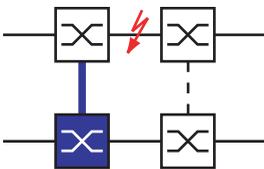


图 31: 扩展冗余

耦合模式

耦合模式是指被耦合网络的类型。

- 在“耦合模式 (Coupling Mode)”框中选择 (参阅图 32)
- “环网耦合 (Ring Coupling)”或
- “网耦合 (Network Coupling)”

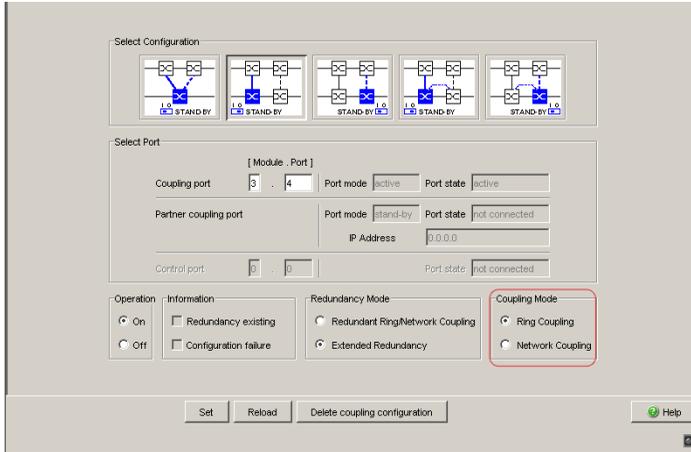


图 32: 选择耦合模式

- 与冗余环网耦合时，选择“环网耦合 (Ring coupling)”。
- 与线性或树形结构耦合时，选择“网耦合 (Network Coupling)”。

删除耦合配置

- 使用对话框中的“删除耦合配置 (Delete coupling configuration)”按钮可以将设备的所有耦合设置重置到交付状态。

4.2.4 具有控制线的双交换机耦合

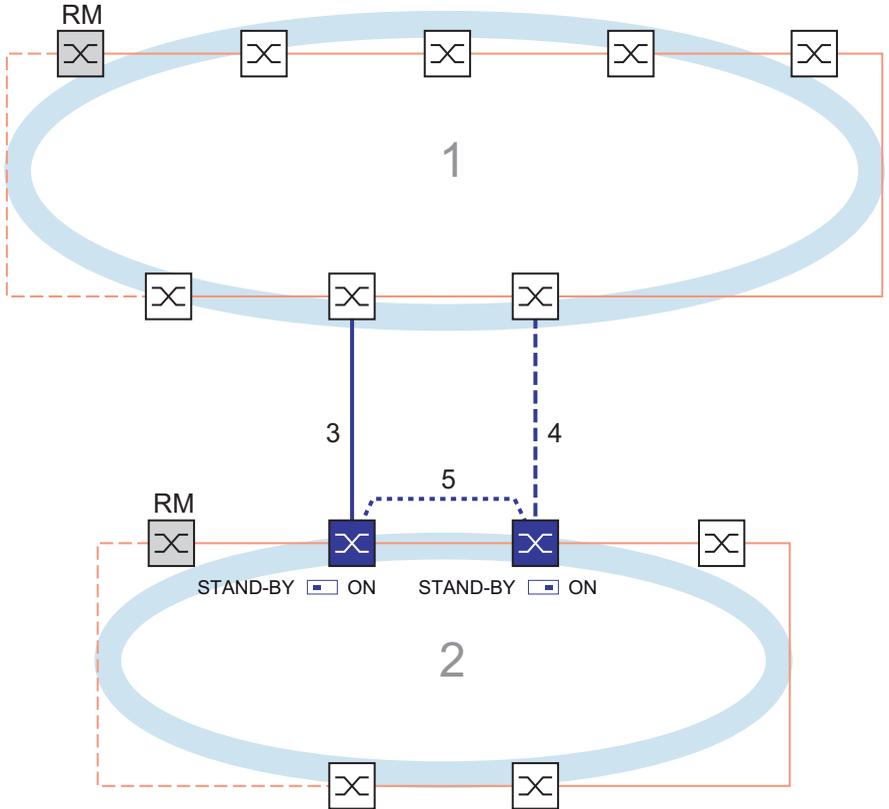


图 33: 具有控制线的双交换机耦合示例
1: 骨干
2: 环网
3: 主线路
4: 冗余线路
5: 控制线



警告

环网耦合回路危险

为了避免在配置期间形成回路，请单独配置所有活跃参与到环网耦合上的设备。在连接冗余线路之前，必须完成配置所有活跃参与到环网耦合中的设备。

不重视此说明有可能导致死亡，严重身体伤害或者材料损伤。

通过主线路（蓝色实线）进行两个网络之间的耦合。在主线路或一台临近交换机故障时，冗余线路（黑色虚线）承担两个网络的耦合任务。

通过两台交换机进行耦合。

交换机通过控制线（点状线）发送其控制包。

连接主线路的设备和连接冗余线路的设备就耦合而论是伙伴机。

通过其环网端口连接两台伙伴机。

- 选择 Redundancy: Ring/Network Coupling(冗余:环/网耦合)对话框。
- 借助于具有和下图相同图案的对话框按钮选择“具有控制线的双交换机耦合 (two-Switch coupling with control line)”(参阅图 34)。

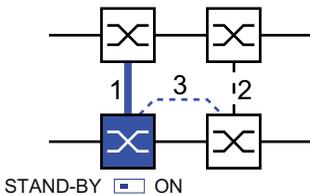


图 34: 具有控制线的双交换机耦合

- 1: 耦合端口
- 2: 伙伴机耦合端口
- 3: 控制线

下列设置适用于所选图形中蓝色表示的 Switch。

- 选择耦合端口 (参阅图 35), (参阅表格 13)。
利用“耦合端口 (Coupling port)”规定网段与哪个端口相连。

- 在一台具有 DIP 开关的设备上, 将 STAND-BY 开关调到关, 或禁用 DIP 开关。在耦合端口上连接主线路。
- 选择控制端口 (参阅图 35), (参阅表格 13)。
利用“控制端口 (Control port)”规定控制线与哪个端口相连。

设备	耦合端口	控制端口
TCSESM	针对所有端口可调 (交付状态: 端口 1.4)	针对所有端口可调 (交付状态: 端口 1.3)
TCSESM-E	针对所有端口可调 (交付状态: 端口 1.4)	针对所有端口可调 (交付状态: 端口 1.3)

表格 13: 冗余耦合的端口分布 (具有控制线的双交换机耦合)

提示: 在不同端口上配置耦合端口和冗余环网端口。

- 在“功能 (Operation)”框中开启功能 (参阅图 35)。
- 现在连接冗余线路和控制线。
“选择端口 (Select port)”框中的显示内容表示 (参阅图 35):
 - “端口模式 (Port mode)” : 端口激活, 或者处于 Stand-by 模式
 - “端口状态 (Port state)” : 端口已连接, 或未连接。
 - “IP 地址 (IP Address)” : 如果伙伴机已经在网络中运行, 则表示其 IP 地址。
- “信息 (Information)”框中的显示内容表示 (参阅图 22):
 - “确保冗余 (Redundancy existing)” : 如果主线路不再工作, 则冗余线路承担主线路的功能。
 - “配置错误 (Configuration failure)” : 功能配置不完整或错误。

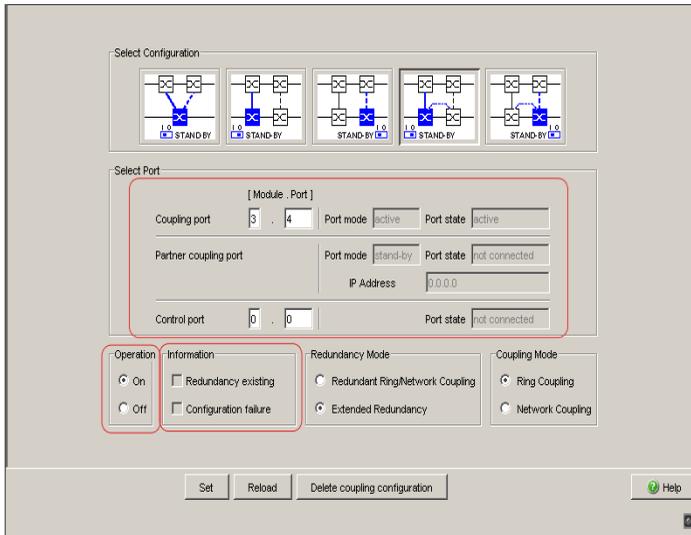


图 35: 选择端口和启用 / 停用功能

为了避免出现连续回路 (Loops)，Switch 将耦合端口的端口状态设为“关 (off)”，当出现下列情况时：

- 关闭功能
- 更改配置

同时这些端口上的连接正在运行中。

提示：有必要为耦合端口进行如下设置（为此选择 Basic Settings:Port Configuration(基础设置：端口配置)对话框)：

- 端口：开
- 自动配置（自动协商）：
在双绞线连接时开启
- 手动配置：100 Mbit/s FDX，或 1 Gbit/s FDX，根据端口能力
光纤连接时

提示：如果配置了 VLAN，请如下设置耦合端口和伙伴机耦合端口的 VLAN 配置：

- 在 Switching:VLAN:Port(交换：VLAN：端口)对话框中禁用端口 VLAN-ID1 和“Ingress Filtering”
- 在 Switching:VLAN:Static(交换：VLAN：静态)对话框中 VLAN 成员 U（未标记）

- 借助于具有和下图相同图案的对话框按钮选择“具有控制线的双交换机耦合 (two-Switch coupling with control line)”(参阅图 36)。

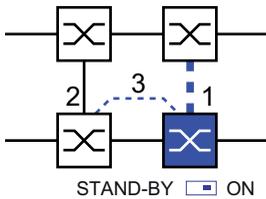


图 36: 具有控制线的双交换机耦合

1: 耦合端口

2: 伙伴机耦合端口

3: 控制线

下列设置适用于所选图形中蓝色表示的 Switch。

- 选择耦合端口 (参阅图 35), (参阅表格 13)。
 - 利用“耦合端口 (Coupling port)”规定网段与哪个端口相连。
- 在一台具有 DIP 开关的设备上, 将 STAND-BY 开关调到开, 或禁用 DIP 开关。在耦合端口上连接冗余线路。
- 选择控制端口 (参阅图 35), (参阅表格 13)。
 - 利用“控制端口 (Control port)”规定控制线与哪个端口相连。

提示: 在不同端口上配置耦合端口和冗余环网端口。

- 在“功能 (Operation)”框中开启功能 (参阅图 35)。
 - 现在连接冗余线路和控制线。
- “选择端口 (Select port)”框中的显示内容表示 (参阅图 35):
- “端口模式 (Port mode)”：端口激活, 或者处于 Stand-by 模式
 - “端口状态 (Port state)”：端口已连接, 或未连接。
 - “IP 地址 (IP Address)”：如果伙伴机已经在网络中运行, 则表示其 IP 地址。
- “信息 (Information)”框中的显示内容表示 (参阅图 22):
- “确保冗余 (Redundancy existing)”：如果主线路不再工作, 则冗余线路承担主线路的功能。
 - “配置错误 (Configuration failure)”：功能配置不完整或错误。

为了避免出现连续回路 (Loops)，Switch 将耦合端口的端口状态设为“关 (off)”，当出现下列情况时：

- 关闭功能
- 更改配置

同时这些端口上的连接正在运行中。

提示：有必要为耦合端口进行如下设置（为此选择 Basic

Settings:Port Configuration(基础设置：端口配置)对话框)：

- 端口：开
- 自动配置（自动协商）：
在双绞线连接时开启
- 手动配置：100 Mbit/s FDX、1Gbit/s FDX
或 10Gbit/s FDX，根据端口能力
在光纤连接时

提示：如果配置了 VLAN，请如下设置耦合端口和伙伴机耦合端口的 VLAN 配置：

- 在 Switching:VLAN:Port(交换：VLAN：端口)对话框中禁用端口 VLAN-ID1 和“Ingress Filtering”
- 在 Switching:VLAN:Static(交换：VLAN：静态)对话框中 VLAN 成员 U（未标记）

冗余模式

- 在“冗余模式 (Redundancy Mode)”框中选择 (参阅图 37)
- “冗余的环 / 网耦合 (Redundant Ring/Network Coupling)”或
- “扩展冗余 (Extended Redundancy)”。

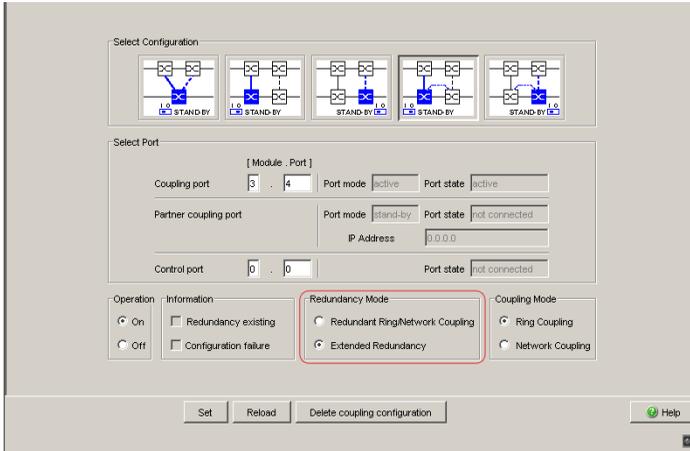


图 37: 选择冗余模式

进行 "Redundant Ring/Network Coupling" 设置时，主线路或冗余线路激活。线路不同时激活。

在设置 "Extended Redundancy (扩展冗余)" 时，如果在一个被耦合（也就是说远程）网络中设备之间的连接线不工作，则主线路和冗余线路同时激活（参阅图 38）。

在重构过程中可能导致数据包重复。因此仅在您的应用程序能够识别数据包重复的情况下选择这项设置。

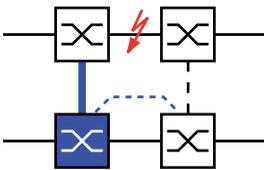


图 38: 扩展冗余

耦合模式

耦合模式是指被耦合网络的类型。

- 在“耦合模式 (Coupling Mode)”框中选择 (参阅图 39)
- “环网耦合 (Ring Coupling)”或
- “网耦合 (Network Coupling)”

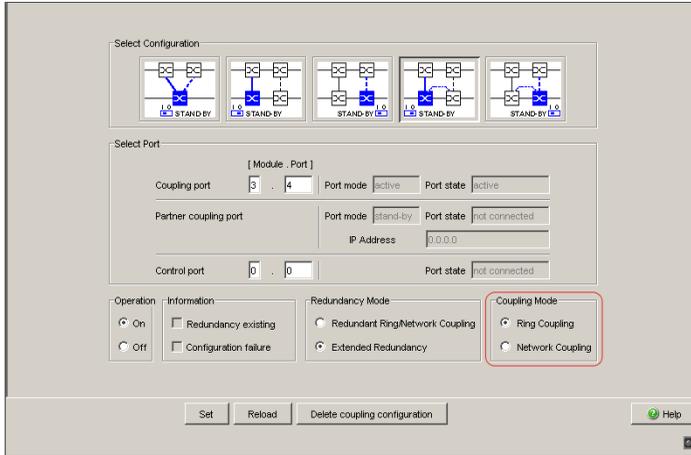


图 39: 选择耦合模式

- 与冗余环网耦合时，选择“环网耦合 (Ring coupling)”。
- 与线性或树形结构耦合时，选择“网耦合 (Network Coupling)”。

删除耦合配置

- 使用对话框中的“删除耦合配置 (Delete coupling configuration)”按钮可以将设备的所有耦合设置重置到交付状态。

5 生成树

提示：生成树协议是 MAC 网桥协议。因此，下列说明使用了 Switch 的网桥概念。

局域网变得越来越大。不仅是地理位置不断扩张，网络成员的数量也越来越多。因此网桥的应用越来越普遍，它的优点在于：

- ▶ 降低部分区域中的网络负荷，
- ▶ 构建冗余连接
- ▶ 克服距离限制。

在部分网络之间使用越来越多的具有多重冗余连接的网桥，也可能导致回路/Loop，使网络通信失败。为了避免这种局面，可以使用生成树。生成树有针对性地禁用冗余连接，避免形成回路。在必要时，有针对性地重新激活单个连接，实现冗余。

RSTP 是生成树协议 (STP) 的进一步发展，并与之兼容。STP 在一段连接或一个网桥不工作时需要长达 30 s 的重构时间，这对于时间苛刻的应用状况来说是无法接受的。RSTP 的平均重构时间能够小于一秒。如果在具有 10 到 20 台设备的环状拓扑中使用 RSTP，则重构时间以毫秒计。

提示：RSTP 将一个具有冗余路径的双层网络拓扑分解为不再包含冗余路径的树形结构（生成树）。其中一个 Switch 扮演根网桥的角色。在一段从根网桥到分支端的活动分支中，设备的最大允许数量可以通过当前根网桥的变量 Max Age 进行预设。Max Age 的预设值为 20，可以增加至 40。如果作为根工作的设备故障，其它设备承担起根设备的职责时，新的根网桥通过其 Max Age 设置确定设备在一个分支中的最大允许数量。

提示：RSTP 标准规定在一个网络中的所有设备都要利用（快速）生成树算法工作。在同时使用 STP 和 RSTP 时会丧失 RSTP 的快速重构优势。

提示：标准化委员会在对 RSTP 标准 IEEE 802.1D-2004 的一次修改中，将“Hello Time”的最大值由 10 降低至 2。如果您将 Switch 软件的版本更新到 5.0 或更高，则新的软件版本将把本地登记的大于 2 s 的“Hello Time”值自动缩短为 2 s。

如果设备不是 RSTP 根，则大于 2 s 的“Hello Time”值可以根据根设备的软件版本继续有效。

5.1 生成树协议

由于 RSTP 是 STP 的进一步发展，则下文中有有关 STP 的所有描述都适用于 RSTP。

5.1.1 STP 的任务

生成树算法将由网桥构成并通过冗余连接而具有环形结构的网络拓扑缩减为一个树形结构。这样，STP 通过禁用冗余路径的方式，根据预设的规则将环形结构拆开。如果一条路径由于一个网络组件不工作而被中断，则 STP 会重新激活之前禁用的路径。这便允许了冗余连接，用以提高通信能力。STP 在构成树形结构时探明一个网桥，它代表了 STP 树形结构的基础。该网桥被称为根网桥。

STP 算法的特点：

- ▶ 在网桥故障或数据路径中断时，树形结构自动重构，
- ▶ 在网络的最大扩张范围内，树形结构保持稳定状态，根据 MaxAge 的设置，最多 39 跳，(参阅表格 16)
- ▶ 在预计时间内拓扑保持稳定状态，
- ▶ 拓扑可以由管理员预设和再造，
- ▶ 终端设备透明，
- ▶ 相对于可用的传输量来说，通过创建树形结构使网络负荷更低。

5.1.2 网桥参数

每个网桥及其连接在生成树中通过下列参数单一描述：

- ▶ 网桥标识符 (Bridge-Identifier) ，
- ▶ 网桥端口的根路径开销 ，
- ▶ 端口标识符 (Port Identifier)。

5.1.3 网桥标识符 (Bridge-Identifier)

网桥标识符由 8 个字节构成。最高位的两个字节表示优先级。优先值预设为 32.768 (8000H)，但管理员可以修改这个值，对网络进行配置。网桥标识符的六个低位字节是网桥的 MAC 地址。利用 MAC 地址可以使全部网桥都拥有一个单一的网桥标识符。

网桥标识符数值最小的网桥具有最高优先级。

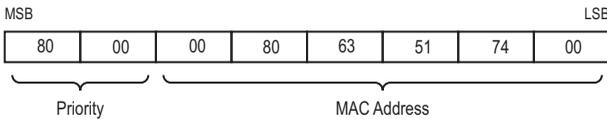


图 40: 网桥标识符，示例 (以十六进制表示的值)

5.1.4 根路径开销

网桥为连接两个相邻网桥的每条路径分配用于传输的开销 (路径开销)。网桥根据数据传输率决定这个值 (参阅表格 14)。同时为具有较低数据传输率的路径分配较高的路径开销。

对此还可以选择由管理员规定路径开销。同时和网桥一样，由管理员为具有较低数据传输率的路径分配较高的路径开销。由于管理员最终可以自由选择这个值，所以他可以使用一个工具为冗余路径中的某条特定路径设置优先权。

根路径开销是所有在网桥连接端口和根网桥之间传递数据包的各个路径的总开销。

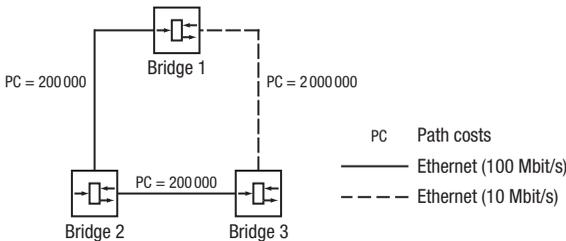


图 41: 路径开销

数据传输率	建议的值	建议范围	可行范围
≤ 100 KBit/s	200,000,000 ^a	20,000,000-200,000,000	1-200,000,000
1 MBit/s	20,000,000 ^a	2,000,000-200,000,000	1-200,000,000
10 MBit/s	2,000,000 ^a	200,000-20,000,000	1-200,000,000
100 MBit/s	200,000 ^a	20,000-2,000,000	1-200,000,000
1 GBit/s	20,000	2,000-200,000	1-200,000,000
10 GBit/s	2,000	200-20,000	1-200,000,000
100 GBit/s	200	20-2,000	1-200,000,000
1 TBit/s	20	2-200	1-200,000,000
10 TBit/s	2	1-20	1-200,000,000

表格 14: 在 RSTP 中，建议根据数据传输率设置路径开销。

- a. 如果将与 IEEE 802.1D-1998 相一致、只支持 16 位值路径开销的网桥与支持 32 位值路径开销的网桥共同使用，则应该使用值 65,535 (FFFFH) 作为路径开销。

5.1.5 端口标识符

端口标识符由 2 个字节组成。最低位的字节部分包含物理端口号。这确保了网桥端口的单一命名。剩下的较高位部分是端口优先级，由管理员规定（预设：128）。这里同样有效的是：端口标识符数值最小的端口拥有最高的优先级。

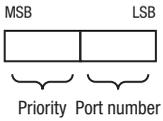


图 42: 端口标识符

5.2 创建树形结构的规则

5.2.1 网桥信息

网桥需要网络中其他网桥的详细信息，以计算树形结构。为了获得这些信息，每个网桥都向其他网桥发出 BPDU（Bridge Protocol Data Unit，网桥协议数据单元）。

BPDU 的组成部分包括

- ▶ 网桥标识符，
- ▶ 根路径开销，
- ▶ 端口标识符。

（参见 IEEE 802.1D）。

5.2.2 树形结构的形成

- ▶ 网桥标识符数值最小的网桥也被称为根网桥。它构成了树形结构的根
- ▶ 树的构造取决于根路径开销。生成树选择的结构，需确保在任意一个网桥和根网桥之间的根开销最小。

-
- ▶ 如果多个路径具有相同的根路径开销，则由距离根更远的网桥决定阻塞哪个端口。为此它需要使用距离根更近的那些网桥的标识符。网桥阻塞的端口需通向标识符数值较高的网桥（数字较高的标识符在逻辑上更低等）。如果两个网桥具有相同的优先级，则 MAC 地址数值较大的网桥具有数值较高的标识符，但在逻辑上更低等。
 - ▶ 如果具有相同根路径开销的多条路径从一个网桥通向同一个网桥，则距离根更远的网桥将其他网桥的端口标识符作为最终标准进行考虑（参阅图 42）。网桥选择阻塞的端口需通向标识符更低等的网桥。如果两个端口具有相同的优先级，则具有更高端口号的标识符更低等。

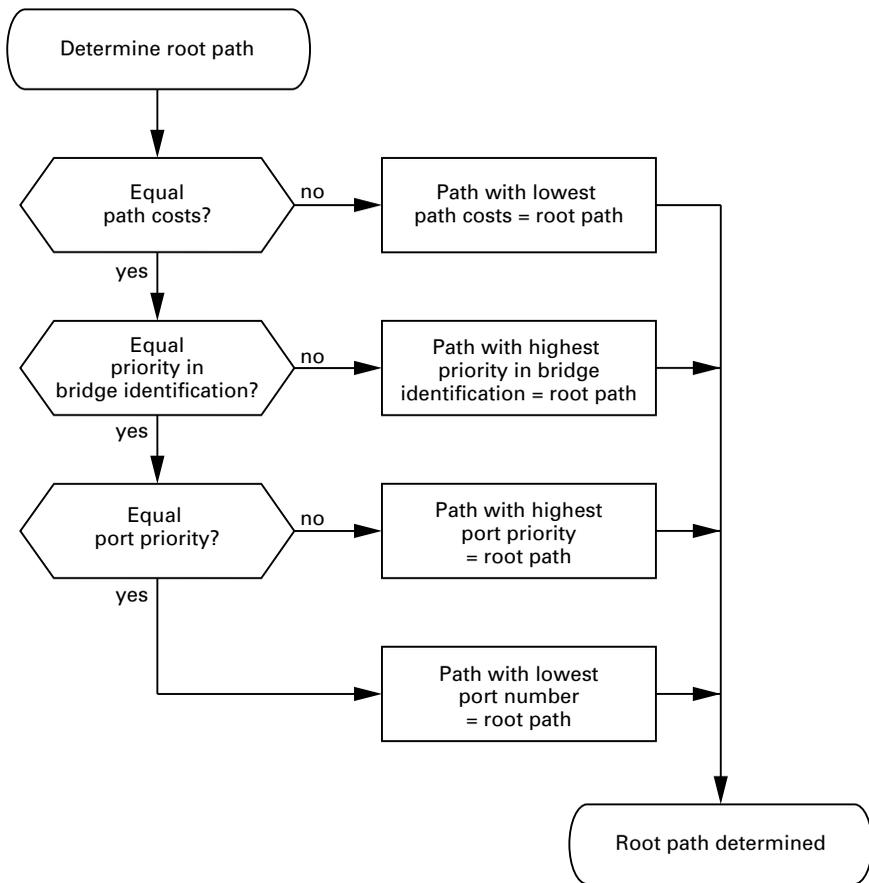


图 43: 规定根路径的流程图

5.3 确认根路径的示例

根据网络图 (参阅图 44) 可以追溯到规定根路径的流程图 (参阅图 43)。管理员在网桥标识符中为每个网桥规定另一个优先级。网桥标识符数值最小的网桥扮演根网桥的角色，在本例中是网桥 1。示例中路径的所有部分承担相同的路径开销。协议阻塞了网桥 2 和网桥 3 之间的路径，因为从网桥 3 经过网桥 2 前往根网桥的连接会导致更高的路径开销。

值得注意的是从网桥 6 到根网桥的路径：

- ▶ 经过网桥 5 和网桥 3 的路径和经过网桥 4 和网桥 2 的路径造成的根路径开销相同。
- ▶ 网桥选择经过网桥 4 的路径，因为在网桥标识符中，它的优先级数值为 28.672，小于数值 32.768。
- ▶ 在网桥 6 和网桥 4 之间同样有两个路径。在这里由端口标识符决定。

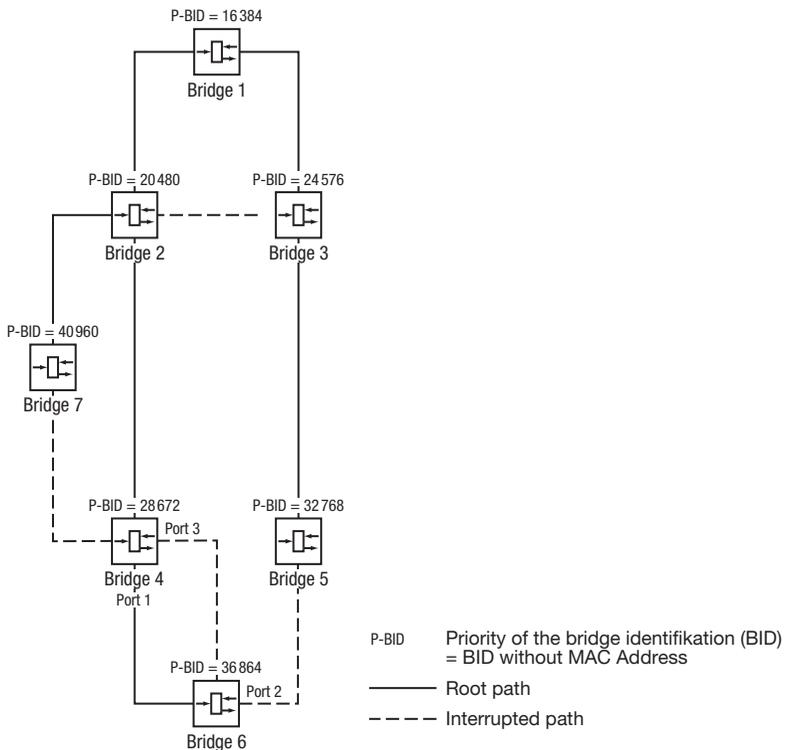


图 44: 确认根路径的示例

5.4 处理根路径的示例

根据网络图 (参阅图 44) 可以追溯到规定根路径的流程图 (参阅图 43)。管理员

- 为除了网桥 1 以外的每个网桥保留交付状态中的预设值 32.768 (8000H)
- 为网桥 1 分配值 16.384 (4000H)，并由此将其确定为根网桥。

示例中路径的所有部分承担了相同的路径开销。协议阻塞了网桥 2 和网桥 3 之间的路径，因为从网桥 3 经过网桥 2 前往根网桥的连接意味着更高的路径开销。

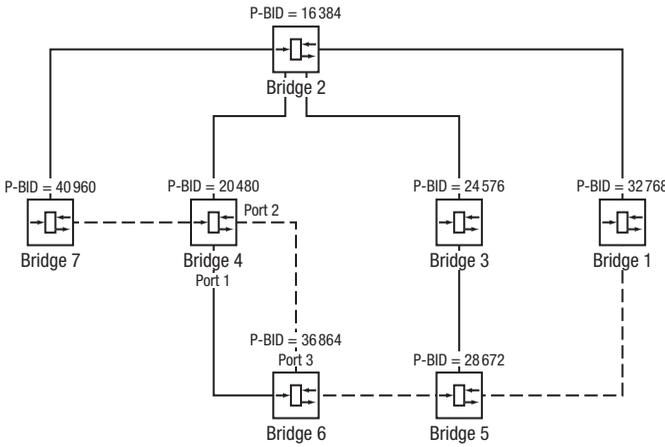
值得注意的是从网桥 6 到根网桥的路径：

- ▶ 经过网桥 5 和网桥 3 的路径和经过网桥 4 和网桥 2 的路径造成的根路径开销相同。
- ▶ STP 选择的路径需经过网桥标识符中 MAC 地址更低的网桥 (图中所示为网桥 4)。
- ▶ 在网桥 6 和网桥 4 之间同样有两个路径。在这里由端口标识符决定。

提示：由于管理员为除了根网桥以外的每个网桥在网桥标识符中保留了交付状态预设的优先值，所以网桥标识符中的 MAC 地址单独决定，哪些网桥在根网桥临时故障时承担起新的根网桥职责。

5.5 处理树形结构的示例

网络管理员很快察觉到，将网桥 1 配置为根网桥 (参阅页 86 “确认根路径的示例”) 是不恰当的。在网桥 1 至网桥 2 和网桥 1 至网桥 3 的路径上，根网桥发送给其他全部网桥的控制包越积越多。如果管理员将网桥 2 配置为根网桥，则控制包施加给部分网络的负荷分布将更加理想。由此得出如图所示的配置 (参阅图 46)。大部分网桥至根网桥的路径开销减小了。



- P-BID Priority of the bridge identifikation (BID)
= BID without MAC Address
- Root path
- - - - Interrupted path

图 46: 处理树形结构的示例

5.6 快速生成树协议

RSTP 保留 STP 对树形结构的计算方法。RSTP 仅修改参数，添加新的参数和在连接或网桥故障时加快重构时间的机构。在这样的关联中，端口具有非常重要的意义。

5.6.1 端口角色

RSTP 为每个网桥端口分配以下一个角色 (参阅图 47)：

- ▶ 根端口：
这是网桥用最低路径开销从根网桥处接受数据包的端口。
如果多个端口具有相同低的路径开销，则通向根的网桥根据其标识符决定它的哪一个距离根较远的端口作为根端口。
如果一个网桥拥有多个端口，都具有相同低的根路径开销且与同一个网桥相连，则该网桥根据与根相连的网桥的端口标识符，决定在本地选择哪个端口作为根端口 (参阅图 43)。
根网桥本身没有根端口。
- ▶ 指派端口 (Designated-Port)：
在一个网段中具有最低根路径开销的网桥是指派网桥 (Designated Bridge)。
如果多个网桥具有相同的根路径开销，则网桥标识符数值最小的网桥扮演指派网桥的角色。在该网桥上，将网段与根相连的端口就是指派端口。如果一个网桥利用多个端口与网段相连 (例如通过一个集线器)，则该网桥将具有高等端口标识符的端口设为指派端口。
- ▶ 边缘端口 (Edge Port)¹：
每个不包含其余 RSTP 网桥的网段与一个指派端口相连。如果不接受 BPDU (快速生成树协议的数据单元)，则这种指派端口同时也是边缘端口。

1. 边缘端口是一个交换网“边缘”(英语为“Edge”)上的终端设备端口。

- ▶ **备择端口 (Alternate-Port) :**
这是一个被阻塞的端口，在至根网桥的连接故障时，承担根端口的任务。备择端口确保网桥与根网桥的连接。
- ▶ **备用端口 (Backup-Port) :**
这是一个被阻塞的端口，在网段（不含 RSTP 网桥，例如一个集线器）的指派端口连接失败时，作为后备使用。
- ▶ **禁用端口 (Disabled-Port) :**
这个端口在生成树协议里不承担任何工作，即处于关闭状态，或没有连接。

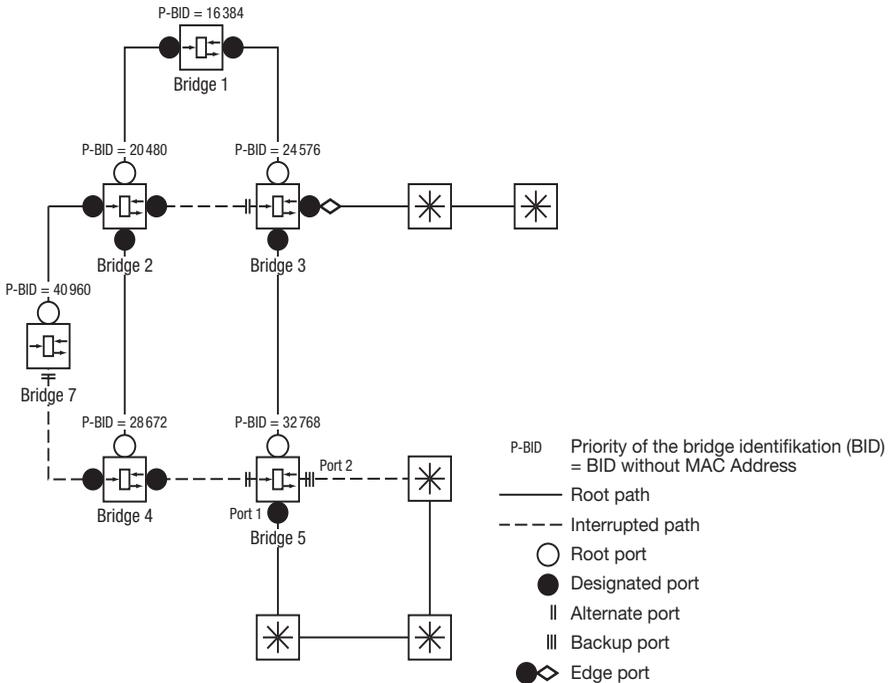


图 47: 端口角色分配

5.6.2 端口状态

根据树形结构和所选连接路径的状态，RSTP 为端口分配状态。

STP 端口状态	管理网桥端口状态	MAC 运行	RSTP 端口状态	活动拓扑 (端口角色)
DISABLED	Disabled	FALSE	Discarding ^a	Excluded (Disabled)
DISABLED	Enabled	FALSE	Discarding ^a	Excluded (Disabled)
BLOCKING	Enabled	TRUE	Discarding ^b	Excluded (Alternate, Backup)
LISTENING	Enabled	TRUE	Discarding ^b	Included (Root, Designated)
LEARNING	Enabled	TRUE	Learning	Included (Root, Designated)
FORWARDING	Enabled	TRUE	Forwarding	Included (Root, Designated)

表格 15: STP 和 RSTP 端口状态值之间的关系

a. dot1d-MIB 显示 “Disabled”

b. dot1d-MIB 显示 “Blocked”

RSTP 端口状态的含义：

- ▶ Disabled：端口不属于活动拓扑
- ▶ Discarding：在 FDB 中没有地址处于学习状态，在 BPDU 之外没有数据交换
- ▶ Learning：地址处于学习状态 (FDB)，在 BPDU 之外没有数据交换
- ▶ Forwarding：地址处于学习状态 (FDB)，发送和接受所有框架类型（不仅限于 BPDU）

5.6.3 生成树优先向量

为了给端口分配角色，RSTP 网桥相互交换配置信息。这些信息被称为“生成树优先向量 (Spanning Tree Priority Vector)”。它们是 RST BPDU 的组成部分，并包含下列信息：

- ▶ 根网桥的网桥标识符
- ▶ 发送网桥的根路径开销

- ▶ 发送网桥的网桥标识符
- ▶ 通过该端口发送消息的端口标识符
- ▶ 通过该端口接受消息的端口标识符

以这些信息为基础，参与到 RSTP 中的网桥可以自行确定端口角色，定义其本地端口的端口状态。

5.6.4 快速重构

为什么在根路径中断时，RSTP 比 STP 的反应速度更快？

- ▶ 边缘端口的引入：
在重构时，RSTP 在 3 秒后（预设）将一个边缘端口设为发送模式，然后等待“Hello Time”（参阅表格 16），以确定没有连接发送 BPDU 的网桥。如果用户确认在这个端口上连接有终端设备，并保持连接状态，则可以在这个端口上停用 RSTP。然后在重构时，这个端口上就不会出现等待时间
- ▶ 备择端口的引入：
由于在常规运行中已经分配了端口角色，则在与根网桥的连接断开后，网桥可以立刻切换到备择端口。
- ▶ 与邻近网桥的通信（点对点连接）：
在相邻网桥之间分散的直接通信允许无需等待时间地对生成树拓扑的状态变化发生反应。
- ▶ 地址表：
在 STP 中，通过通信的更新来确定 FDB 中各项的老化时间。RSTP 立即且有针对性地删除受重构影响的端口项。
- ▶ 对事件的反应：
如果无需遵守预设时间，则 RSTP 立刻对事件做出反应，如连接中断、存在连接等。

提示：快速重构也有其不利的一面，在 RSTP 拓扑重构期间数据包可能被复制，接收顺序可能混淆。如果在应用中无法接受这些情况，则使用稍慢的生成树协议，或选择该手册中描述的其他快速冗余方法。

5.6.5 配置快速生成树

- 根据您的需求构造网络。

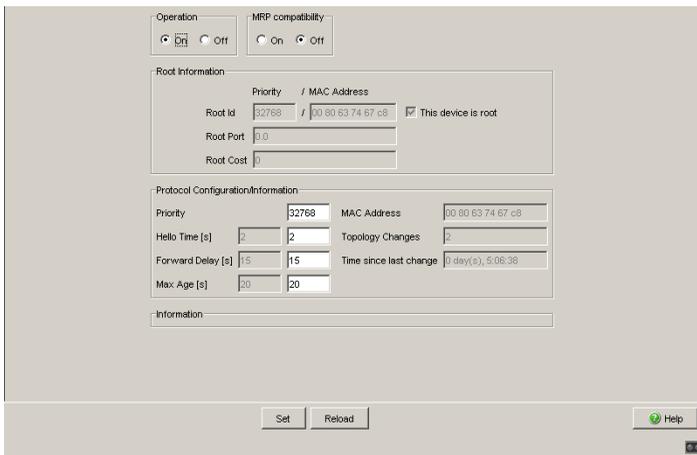
 **警告**

RSTP 回路危险

为了在配置期间避免循环，请单独配置 RSTP 配置中的全部设备。在连接冗余线路之前，必须完成配置 RSTP 配置的全部设备。

不重视此说明有可能导致死亡，严重身体伤害或者材料损伤。

- 在带有 DIP 开关的设备上，将开关调到“禁用 (deactivated)”（两个都调到开），这样就能通过软件进行无限制地配置。
- 选择对话框 Redundancy:Rapid Spanning Tree:Global(冗余：快速生成树：全局)。
- 在每台设备上启用 RSTP



The screenshot shows a configuration window for RSTP. It includes sections for 'Operation' (with 'On' selected), 'MRP compatibility' (with 'Off' selected), 'Root Information' (with fields for Root Id: 32768, Root Port: 0.0, Root Cost: 0, and a checked box 'This device is root'), and 'Protocol Configuration/Information' (with fields for Priority: 32768, MAC Address: 00 80 63 74 67 c8, Hello Time: 2, Topology Changes: 2, Forward Delay: 15, Time since last change: 0 day(s), 5:06:38, and Max Age: 20). There are 'Set' and 'Reload' buttons at the bottom, and a 'Help' button in the bottom right corner.

图 48: 启用 / 停用功能

- 在网络中所有交换机的“协议配置 / 信息 (Protocol Configuration/Information)”框中，为所需 Switch 在网桥标识符中分配最高（数字最小）的优先级，由此将其确定为根网桥。请注意，只能输入 4.096 (1000H) 的倍数（参阅表格 16）。
然后在“根信息 (Root Information)”框中，对话框显示该设备为“根 (root)”。
根网桥没有根端口，根路径开销为 0。
- 必要时在网络中的其他网桥上用同样的方法将预设优先值 32.768 修改为所需值（4.096 的倍数）。
在这些网桥上检查
“根信息 (Root Information)”框中的显示：
 - 根 ID：显示根网桥的网桥标识符
 - 根端口：显示通往根网桥的端口
 - 根开销：显示直至根网桥的根路径开销
 在“协议配置 / 信息 (Protocol Configuration/Information)”框中：
 - 优先级：显示交换机网桥标识符中的优先级
 - MAC 地址：显示交换机的 MAC 地址
 - 拓扑变化：从 RSTP 开始起
显示变化的次数
 - 最近一次变化以来的时间：显示最近一次网络重构以来经过的时间
- 必要时在根网桥中修改“Hello Time”、“Forward Delay”和“Max. Age”的值。然后根网桥将这些数据传送给其他网桥。从根网桥处接收到的数据在对话框左栏显示。如果该网桥扮演根网桥的角色，则在右栏输入适用值。配置时请注意表格 16。

The screenshot shows a configuration window with the following sections:

- Operation:** On (selected), Off
- MRP compatibility:** On (selected), Off
- Root Information:**
 - Priority / MAC Address
 - Root Id: 32768 / 00 60 63 74 67 c8 This device is root
 - Root Port: 0.0
 - Root Cost: 0
- Protocol Configuration/Information:**
 - Priority: 32768
 - MAC Address: 00 60 63 74 67 c8
 - Hello Time [s]: 2
 - Topology Changes: 2
 - Forward Delay [s]: 5
 - Max Age [s]: 20
 - Time since last change: 0 day(s), 5:06:38
- Information:** (Empty field)

Buttons at the bottom: Set, Reload, Help.

图 49: 分派 Hello Time、Forward Delay 和 Max. Age

RSTP 全局对话框中输入的时间单位为 1 s。

例如：Hello Time 2 相当于 2 秒。

现在连接冗余线路。

参数	含义	值域	预设
优先级	优先级和 MAC 地址共同构成网桥标识符。	$0 < n * 4.096 (1000H) < 61.440 (F000H)$	32.768 (8000H)
Hello Time	设置 Hello-Time。 本地 Hello Time 是指发送两条配置报文（Hello 包）之间的时间，单位为秒。 如果本地设备具有根功能，则整个网络中的其他设备都采用这个值。否则本地设备使用右栏“根 (Root)”中的根网桥值。	1 - 2	2
Forward Delay	设置 Forward Delay 参数。 在前期协议 STP 中使用 Forward Delay 参数，以延迟 disabled、discarding、learning、forwarding 状态之间的转换。在引入 RSTP 后，该参数不再重要，因为 RSTP 网桥在处理状态转换时无需预设延迟。 如果本地设备是根，则整个网络中的其他设备都采用这个值。否则本地设备使用右栏“根 (Root)”中的根网桥值。	4 - 30 s 注意该表后的提示。	15 s
Max Age	设置 Max Age 参数。 在前期协议 STP 中，Max Age 参数被用于规定 STP-BPDU 的有效性，以秒为单位。在 RSTP 中，Max Age 意味着最大允许的分支长度（根网桥之前的设备数量）。 如果本地设备是根，则整个网络中的其他设备都采用这个值。否则本地设备使用右栏“根 (Root)”中的根网桥值。	6 - 40 s 注意该表后的提示。	20 s

表格 16: RSTP 全局设置

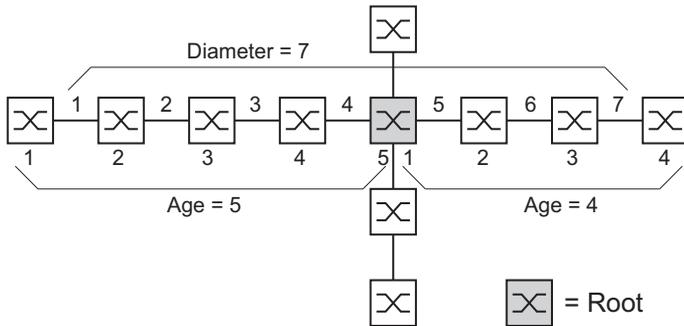


图 50: 定义“Diameter”和“Age”

网络直径 (Diameter) 是离根网桥最远的两台设备之间的连接数量。

提示：参数

- Forward Delay 和
 - Max Age
- 相互之间存在下列关联：

$$\text{Forward Delay} \geq (\text{Max Age}/2) + 1$$

如果您输入的值与该公式不符，则设备将把输入值替换为预设值或最近生效的值。

- 必要时修改和检查与各个端口相关的设置和显示（对话框：Rapid Spanning Tree:Port(快速生成树：端口)）。

Module	Port	STP State Enable	Port State	Priority	Port Pathcost	Admin EdgePort	Oper EdgePort	Auto EdgePort	Oper PointToPoint	Designated Root (Priority/MAC/Adver)
1	1	<input checked="" type="checkbox"/>	disabled	128	0	false	false	true	false	80 00 00 80 63 74 67
1	2	<input checked="" type="checkbox"/>	disabled	128	0	false	false	true	false	80 00 00 80 63 74 67
1	3	<input checked="" type="checkbox"/>	disabled	128	0	false	false	true	false	80 00 00 80 63 74 67
1	4	<input checked="" type="checkbox"/>	disabled	128	0	false	false	true	false	80 00 00 80 63 74 67
1	5	<input checked="" type="checkbox"/>	disabled	128	0	false	false	true	false	80 00 00 80 63 74 67
1	6	<input checked="" type="checkbox"/>	disabled	128	0	false	false	true	false	80 00 00 80 63 74 67
1	7	<input checked="" type="checkbox"/>	disabled	128	0	false	false	true	false	80 00 00 80 63 74 67
1	8	<input checked="" type="checkbox"/>	disabled	128	0	false	false	true	false	80 00 00 80 63 74 67
1	9	<input checked="" type="checkbox"/>	manualPrio	128	0	false	false	true	true	80 00 00 80 63 74 67
1	10	<input checked="" type="checkbox"/>	disabled	128	0	false	false	true	false	80 00 00 80 63 74 67
1	11	<input checked="" type="checkbox"/>	disabled	128	0	false	false	true	false	80 00 00 80 63 74 67
1	12	<input checked="" type="checkbox"/>	disabled	128	0	false	false	true	false	80 00 00 80 63 74 67
1	13	<input checked="" type="checkbox"/>	disabled	128	0	false	false	true	false	80 00 00 80 63 74 67
1	14	<input checked="" type="checkbox"/>	disabled	128	0	false	false	true	false	80 00 00 80 63 74 67
1	15	<input checked="" type="checkbox"/>	disabled	128	0	false	false	true	false	80 00 00 80 63 74 67
1	16	<input checked="" type="checkbox"/>	disabled	128	0	false	false	true	false	80 00 00 80 63 74 67
1	17	<input checked="" type="checkbox"/>	disabled	128	0	false	false	true	false	80 00 00 80 63 74 67
1	18	<input checked="" type="checkbox"/>	disabled	128	0	false	false	true	false	80 00 00 80 63 74 67
1	19	<input checked="" type="checkbox"/>	disabled	128	0	false	false	true	false	80 00 00 80 63 74 67
1	20	<input checked="" type="checkbox"/>	disabled	128	0	false	false	true	false	80 00 00 80 63 74 67
1	21	<input checked="" type="checkbox"/>	disabled	128	0	false	false	true	false	80 00 00 80 63 74 67
1	22	<input checked="" type="checkbox"/>	disabled	128	0	false	false	true	false	80 00 00 80 63 74 67

Set Reload Help

图 51: 配置每个端口的 RSTP

提示：在与冗余环网相连的端口上禁用生成树协议 (STP)，因为生成树和环网冗余在工作时的反应时间不同。

如果您在多生成树 (MSTP-) 环境中使用设备，则设备仅参与常规生成树实体 (公共生成树 Common Spanning Tree, CST)。为此，此手册章节也使用全局 MST 实体概念，以便对这一普遍情况进行说明。

参数	含义	值域	预设
STP 激活	此时您可以启用或关闭生成树。如果生成树已全局启用并在一个端口关闭，此端口不会发送 STP-BPDU，并拒绝接收到的 STP-BPDU。	on, off	on
<p>提示：如果您想将 HIPER 环或环 / 网耦合等第 2 层冗余协议插入，请确保在此生成树对话框中关闭参与此协议的端口。否则，可能发生冗余未按预先规定工作或者产生回路的情况。</p>			
端口状态 (只读)	显示与全局 MSTI (IST) 有关的 STP 端口状态。	discarding, learning, forwarding, disabled, manualForwarding, notParticipate	-
端口优先级	请在此输入与全局 MSTI (IST) 有关的端口优先级 (输入端口标识的四个最高位字节)，并将其作为端口 ID 最高位字节的小数位。	$16 \leq n \cdot 16 \leq 240$	128
端口路径开销	输入与冗余路径优先级的全局 MSTI (IST) 有关的路径开销。在值为 0 时，Switch 根据传输率自动为全局 MSTI (IST) 计算路径开销。	0 - 200.000.000	0 (自动)

表格 17: 与端口相关的 RSTP 设置和显示

参数	含义	值域	预设
管理边缘端口	只有在终端设备连接端口后，您才能激活此设置。构建链接之后，不首先执行 STP 状态，而是端口立即进入转发状态。端口仍接收 STP-BPDU 时，设备锁定端口并明确其 STP 端口角色。同时，端口可转换到另一种状态，例如 forwarding、discarding、learning。 端口连接网桥后，请禁用设置。端口可能进入 forwarding 状态之前，构建链接之后，端口首先执行 STP 状态。 此设置适用于所有 MSTI。	active (选中小方框)， inactive (小方框空白)	inactive
运算边缘端口 (只读)	如果未接收 STP-BPDU，及未连接终端设备，则设备将“运算边缘端口 (Oper-Edge-Port)”状态设定为 true。如果接收了 STP-BPDU，即连接了网桥，则设备将状态设定为 false。 此状态适用于所有 MSTI。	true, false	-
自动边缘端口	禁用管理边缘端口参数后，设备仅考虑自动边缘端口设置。 激活自动边缘端口时，构建链接之后，设备在 1.5 • Hello Time (预设置 3 s) 之后将端口设定为转发状态。 如果禁用了自动边缘端口，则设备等待 Max Age (预设置 20 s)。 此设置适用于所有 MSTI。	active (选中小方框)， inactive (小方框空白)	active
实际点对点 (只读)	端口与 STP 设备为全双向连接时，设备将“实际点对点 (Actual point-to-point)”状态设定为 true。否则将状态设定为 false (例如连接集线器时)。 点对点连接是 2 台 RSTP 设备之间的直接连接。两个网桥之间的直接分散通信会造成短时间重构。 此状态适用于所有 MSTI。	true, false 设备从双向模式中确定此状态： FDX:true HDX:false	
接收的网桥 ID (只读)	显示移除的网桥 ID，端口最后在此网桥 ID 上接收 STP-BPDU。 ^a	网桥标识 (格式 ppppp / mm mm mm mm mm mm)	-

表格 17: 与端口相关的 RSTP 设置和显示

参数	含义	值域	预设
接收的路径开销 (只读)	显示从根端口至 CIST 根网桥的移除网桥路径开销。 ^a	0-200.000.000	-
接收的端口 ID (只读)	显示移除的网桥端口 ID，端口最后在此网桥上接收 STP-BPDU。 ^a	端口标识， 格式 pn nn， 带有 p：端口优先级 / 16， nnn：端口编号，(两 个十六进制)	-

表格 17: 与端口相关的 RSTP 设置和显示

- ^a 此栏为您显示详细信息：
设备为指派端口显示端口最后接收的 STP-BPDU 信息。这有助于简化网络中 STP 问题的诊断。
备择端口、备份端口和根端口等端口角色的稳定状态信息（静态拓扑）与指派信息相同。
端口无链接或仍未接收 STP-BPDU 时，设备显示作为指派端口要发送的数值。

5.7 RSTP 和 MRP 的结合

在 MRP 兼容模式中，设备可以实现 RSTP 与 MRP 的结合。
在 RSTP 和 MRP 的结合中，保留了 MRP 的快速切换时间特点。
最大可行的 RSTP 网络直径 (Diameter) (参阅图 50) 取决于 Max Age。这适用于 MRP-Ring 之外的设备。

提示：RSTP 和 MRP 结合的前提在于，根网桥和备用根网桥两者都存在于 MRP-Ring 中。

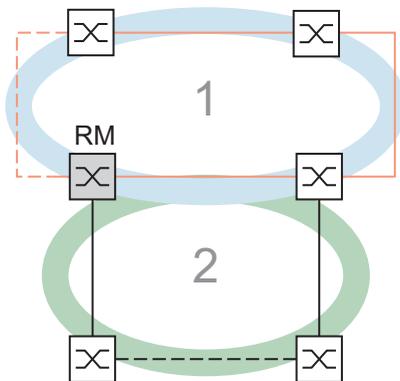


图 52: RSTP 和 MRP 的结合
1 : MRP-Ring
2 : RSTP-Ring
RM : 环网管理器

RSTP 与 MRP 的结合包含下列步骤：

- ▶ 在 MRP-Ring 中的全部设备上配置 MRP。
- ▶ 闭合 MRP-Ring 中的冗余线路。
- ▶ 在 RSTP 端口和 MRP-Ring 端口上激活 RSTP。

- ▶ 配置 MRP-Ring 中的 RSTP 根网桥和 RSTP 备用根网桥：
 - 设置其优先级。
 - 如果超过了由预设的 $\text{MaxAge} = 20$ 决定的 RSTP Diameter，则适当调整 MaxAge 和 ForwardDelay。
- ▶ 全局启用 RSTP。
- ▶ 启用 MRP 兼容模式。
- ▶ 在对所有参与设备进行了配置后，连接冗余 RSTP 连接。

5.7.1 RSTP 和 MRP 结合的应用示例

图 (参阅图 53) 表示了 RSTP 和 MRP 结合的示例。

参数	S1	S2	S3	S4	S5	S6
MRP 设置						
环网冗余：MRP 版本	MRP	MRP			MRP	MRP
环网端口 1	1.1	1.1			1.1	1.1
环网端口 2	1.2	1.2			1.2	1.2
MRP 环网至 RSTP 网络的端口	1.3	1.3	-	-	-	-
冗余管理器模式	On	Off	-	-	Off	Off
MRP 功能	On	On	Off	Off	On	On
RSTP 设置						
每个 RSTP 端口：STP 状态启用	On	On	On	On	On	On
协议配置：优先级 (S2<S1<S3 和 S2<S1<S4)	4.096	0	32.768	32.768	32.768	32.768
RSTP：全局：功能	On	On	On	On	On	On
RSTP：全局：MRP 兼容性	On	On	-	-	On	On

表格 18: MRP/RSTP 示例中的交换机进行配置的值

其余配置的前提：

- ▶ 已根据上表配置了设备的 MRP 设置项。
- ▶ MRP-Ring 中的冗余线路已闭合。

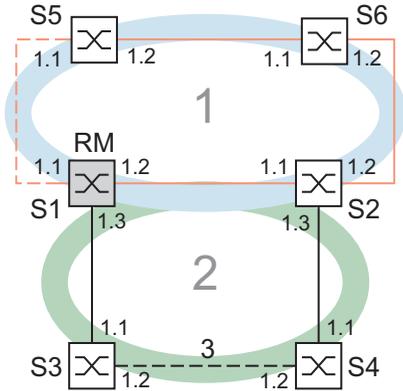


图 53: RSTP 和 MRP 结合的应用示例
 1 : MRP-Ring , 2 : RSTP-Ring , 3 : 冗余 RSTP 连接
 RM : 环网管理器
 S2 是 RSTP 根网桥
 S1 是 RSTP 备用根网桥

- 在端口上激活 RSTP，以 S1 为例 (参阅表格 18)。

```
enable
configure
interface 1/1
spanning-tree port mode
exit
interface 1/2
spanning-tree port mode
exit
interface 1/3
```

转换至特权执行模式。
 转换至配置模式。
 转换至端口 1.1 的端口配置模式。
 在端口上激活 RSTP。
 转换至配置模式。
 转换至端口 1.2 的端口配置模式。
 在端口上激活 RSTP。
 转换至配置模式。
 转换至端口 1.3 的端口配置模式。

```
spanning-tree port mode  
exit
```

在端口上激活 RSTP。
转换至配置模式。

- 配置全局设置项，以 S1 为例：
 - RSTP 优先级
 - 全局功能
 - MRP 兼容模式

```
spanning-tree mst priority 0  
4096  
spanning-tree  
spanning-tree stp-mrp-mode
```

将 MST 实体 0 的 RSTP 优先级设为 4.096。MST 实体 0 是缺省实体。
全局启用 RSTP 功能。
启用 MRP 兼容性。

- 利用它们各自的值配置交换机 S2 - S6([参阅表格 18](#))。
- 连接冗余 RSTP 连接。

5.8 Dual RSTP (TCSESM-E)

5.8.1 引言

工业应用要求其网络具有较高的可用性。网络组件不能运转时，要遵守决定性的短暂通信中断时间。

使用最少资源时，环网拓扑确保短暂的转换时间，但是要挑战将环网以冗余方式连接到上一级网络中。

如果您要使用标准协议，例如既适用于环网冗余也适用于耦合上一级环网的 RSTP，则 Dual RSTP 为您提供特殊可能性。

Dual RSTP：

- ▶ 结合了 RSTP 标准的优势，例如自动构建功能性冗余拓扑，设备处于交付状态下无需进行显式配置
- ▶ 网络组件不能运转时，所需的重构时间相对较短。

您可通过 Dual RSTP 使多个二级环网与一个主环网耦合 ([参阅图 54](#))。

每个二级环网均表示独立于主环网 RSTP 实体和其它二级环网的固有 RSTP 实体。

只有与环网耦合的网桥才需要 Dual RSTP 功能，其它网桥利用标准 RSTP 工作。

如果二级环网中的网络组件不运转，则 Dual RSTP 实现决定性的短暂重构时间，通过：

- ▶ 物理环网拓扑，
- ▶ 定义的环网设备数量和
- ▶ 优化的 RSTP 网桥优先级配置。

定义了主环网内网桥的数量时，Dual RSTP 在主环网中也能实现短暂的重构时间。在一个主环网和多个二级环网组成的网络中，Dual RSTP 也可在任意网络节点之间提供端对端的重构时间。

在子网中您可最多运行 16 个 TCSESM-E 设备。与二级环网耦合的主环网中的两台设备也包括在其中。

二级环网中的网络组件不运转时，Dual RSTP 最多可达到 50 ms 重构时间。此外，在主环网中您可最多运行 16 个 TCSESM-E 设备。在主环网中，Dual RSTP 也可最多达到 50 ms 的重构时间。

您可在主环网中最多耦合 8 个二级环网。这样，您可最多耦合 128 个网桥 (8 x 14 + 16)。在此网络范围内，在设备冗余结构中，您可最多达到 50 ms 的端对端重构时间。

对主环网中的重构时间要求较低时，您可以：

- ▶ 增加主环网中网桥的数量，借此
- ▶ 在主环网上耦合其它二级环网

您可在环网范围内将其它设备作为 TCSESM-E 使用，前提条件是：网络组件故障不运转时，设备足够快地更新 RSTP 拓扑变化。

5.8.2 Dual RSTP 实体的耦合

您可通过一个或 2 个以上的网桥耦合二级环网和主环网 (参阅图 54)。使用 1 个网桥时，您拥有连接冗余结构，使用 2 个网桥时，还拥有设备冗余。

■ 利用 2 个 Dual RSTP 网桥耦合 RSTP 环网

网桥耦合连接主环网的二级环网时，个别网桥管理 2 个 RSTP 实体，并在真正意义上实现 Dual RSTP。因此，以下称为 Dual RSTP 网桥。它们是 Dual RSTP 背景中的参与网桥。

如果您使用 2 个 Dual RSTP 网桥，则通过实体直接将两个网桥彼此相连，即具有 2 个连接。这些端口称为“内部端口 (inner ports)”，因为端口直接与两个参与网桥相连 (参阅图 54)。每个参与网桥均有一个适用于主环网的内部端口和一个适用于二级环网的内部端口。

主环网和二级环网中与其它环网网桥连接的端口称为“外部端口 (outer ports)”，因为，在拓扑图形显示中，外部端口与内部端口相对。

使用 2 个网桥时，其中的一个网桥积极接受二级环网耦合主环网的任务。此网桥称为 Dual RSTP 主站，相应地将其参与网桥称为 Dual RSTP 从站。

Dual RSTP 主站不运转时，Dual RSTP 从站负责耦合环网。

之前的 Dual RSTP 主站功能再次正常之后，负责：

- ▶ 在 master 和 slave 角色固定配置中：再次充当 master 角色或
- ▶ 根据 auto 角色配置两个网桥时：充当 slave 新角色。

根据 auto 角色配置两个网桥的优势是：重新调试之前的主站时，省去重构拓扑的步骤。

■ 利用一个 Dual RSTP 网桥耦合 RSTP 环网

您使用 Dual RSTP 网桥耦合二级环网和主环网时，您为网桥配置 single 耦合角色。

提示：请仅在利用 Dual RSTP 网桥耦合环网时使用 single 耦合角色。

在 single 角色的 Dual-RSTP 网桥中，内外端口的功能相同。您可任意交换特定实体中的内外端口。

使用网桥进行耦合时，您可在主环网上最多耦合 16 个二级环网。耦合环网的 Dual RSTP 网桥也包括在其中。

这样，您可最多耦合 256 个网桥 (16 x 15 + 16)。在此网络范围内，在连接冗余结构的网络中，您可最多达到 50 ms 的端对端重构时间。

对主环网中重构时间要求较低时，您可增加主环网内的网桥数量。借此，您也可在主环网上耦合更多二级环网。

■ 主实体端口和二级实体端口的属性

请注意主实体和二级实体端口的下列提示：

提示：只有配置成二级环网外部或内部环网端口的 Dual RSTP 网桥端口才属于二级 RSTP 实体。

其它所有 Dual RSTP 网桥端口属于隐式 RSTP 主实体。

提示：您可在 Dual RSTP 网桥隐式主实体的从属端口上连接下列类型的网络节点：

- ▶ 终端设备，或
- ▶ 不利用生成树工作的网络。

此拓扑中省去了设备和连接冗余。

提示：您可在主环网或二级环网范围内通过端口之间的其它连接形成相同的网状实体。在相关的实体范围内，省去此拓扑定义的最大端对端重构时间 50 ms。

5.8.3 拓扑和配置

■ 可能存在的 Dual RSTP 拓扑

下列示例表示耦合 3 个二级环网的主环网基本构建。

二级环网 1 和 2 分别利用 2 个 Dual RSTP 网桥耦合主环网，二级环网 3 利用 1 个 Dual RSTP 网桥耦合。

环网范围内所有连接的路径开销均相同。

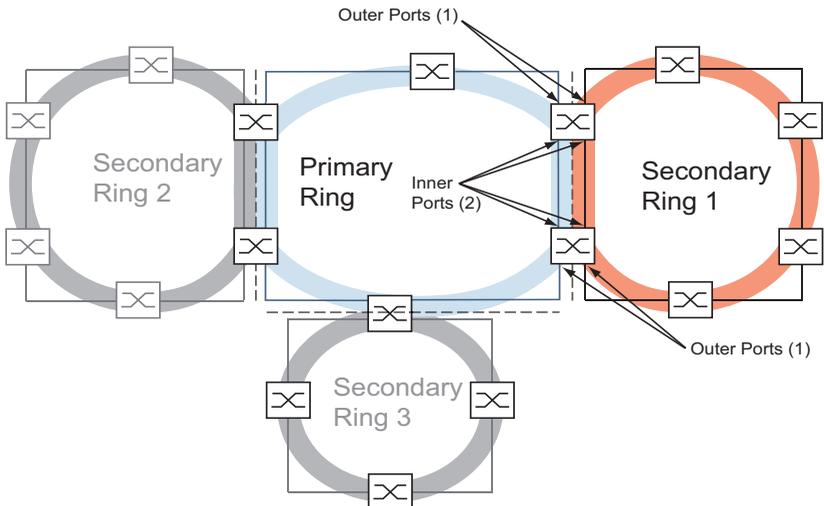


图 54: 主环网连接 3 个通过 Dual RSTP 耦合的二级环网，
1：外部端口
2：内部端口

■ 主环网配置

提示：下列章节首先介绍了原则上的配置，因此，跳过了工作步骤的详细信息。

进行正确配置时，请采取措施，避免形成回路。

为了定义主环网中根网桥和备用根网桥，请配置其全局 RSTP 网桥优先级。主环网中的根网桥和备用根网桥相对放置时，您获得主环网中最佳的短暂重构时间。备用根网桥拥有 2 个通往根网桥的路径时，在最大约为 1 的分支长度中区分 2 个路径。

请配置根网桥和备用根网桥之间主环网中的其它网桥，以便使网桥优先级随着根网桥的不断移除而减小，即数字增加。

此图显示带有主环网 RSTP 详细信息的示例。拓扑减少至一个主环网和一个二级环网。配置计算机连接主环网，避免配置过程中二级环网网桥的通信中断。

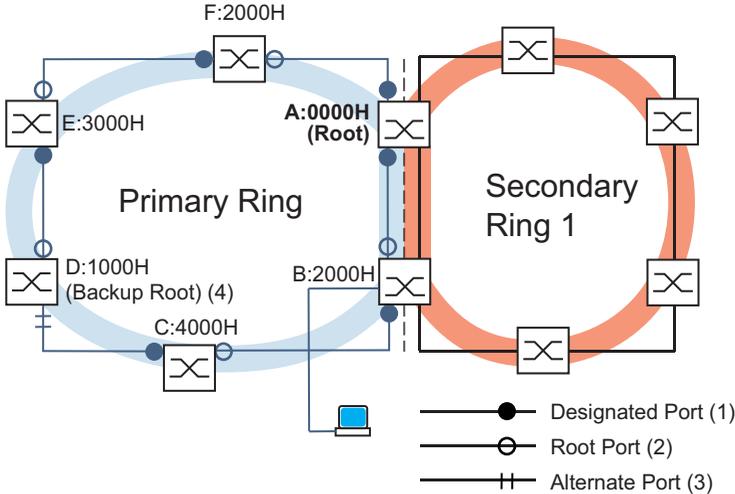


图 55: 主环网连接 1 个耦合的二级环网，
带有主环网的详细信息，
A..F: 网桥名称
0000H..4000H: 主环网中的网桥优先级
1: 指派端口
2: 根端口
3: 备择端口
4: 主环网的备用根网桥

提示: 您可利用环网冗余协议代替 RSTP 运行主环网 (参阅页 15 “环网冗余”)。

■ 配置二级环网

为了定义二级环网中根网桥和备用根网桥，请配置 Dual-RSTP 网桥的 Dual-RSTP 网桥优先级。请仅配置二级环网中其它网桥的全局 RSTP 环网优先级。二级环网中的根网桥和备用根网桥相对放置时，您获得二级环网中最佳的短暂重构时间。

也请配置二级环网中的其它网桥，以便使网桥优先级随着根网桥的不断移除而减小，即数字增加。

此图显示带有二级环网 RSTP 详细信息的示例。

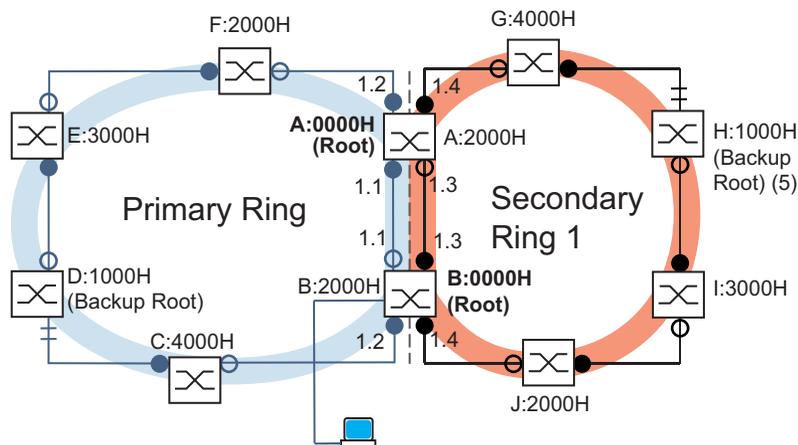


图 56: 主环网连接 1 个耦合的二级环网，带有二级环网的详细信息，
 A, B, G - J : 二级环网中的网桥名称
 0000H..4000H : 网桥优先级，
 - 适用于网桥 A 和 B : Dual RSTP 网桥优先级
 - 网桥 G - J : 全局 RSTP 网桥优先级
 5 : 二级环网的备用根网桥

提示：主环网和二级环网中的根网桥角色彼此独立。

网桥可能为：

- ▶ 两个环网的 RSTP 根，
- ▶ 一个环网的 RSTP 根或
- ▶ 不是环网的 RSTP 根。

提示：请仅利用 RSTP 运行二级环网。

■ 环网耦合配置

请定义 Dual RSTP 网桥中既适用于主环网又适用于二级环网的内外端口。

端口	Dual-RSTP 主站 (B)	Dual-RSTP 从站 (A)
主环网		
内部端口	1.1	1.1
外部端口	1.2	1.2
二级环网		
内部端口	1.3	1.3
外部端口	1.4	1.4

表格 19: Dual RSTP 网桥的环网端口

之后，您为各个 Dual RSTP 网桥配置其耦合角色。

此图表示示例。

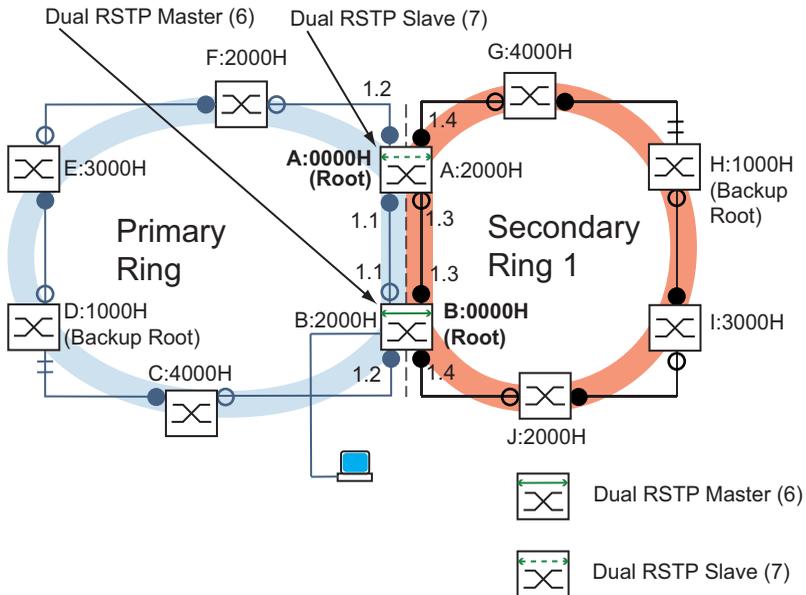


图 57: 主环网连接 1 个耦合的二级环网，带有端口编号和 Dual RSTP 耦合角色，
6 : Dual RSTP 主站
7 : Dual RSTP 从站

提示：根网桥角色和耦合角色彼此独立。

一个网桥可能是 Dual-RSTP 主站，同时可能是：

- ▶ 两个环网的 RSTP 根，
- ▶ 一个环网的 RSTP 根或
- ▶ 不是环网的 RSTP 根。

此规则同样适用于 Dual RSTP 从站。

之后请启用 Dual RSTP。

5.8.4 Dual RSTP 的应用示例

在生产车间内存在多个生产单元。生产单元内的设备已接入线性网络结构。此网络连接了生产车间的上一级网络。生产车间的网络以冗余方式相互连接并利用 RSTP 工作。所有设备的型号均为 TCSESM-E。

您要：

- ▶ 为生产单元内现有的线性网络装备快速设备冗余，
- ▶ 将生产单元以冗余方式连接在生产车间和
- ▶ 重新配置生产车间网络，以便达到决定性的短暂重构时间。

现有网络拓扑减少到 1 个生产单元：

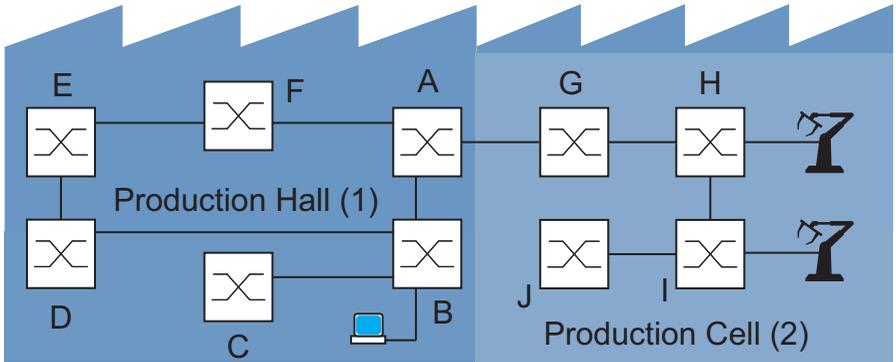


图 58: 生产车间中生产单元的示例,
使用 Dual RSTP 之前的拓扑
1 : 生产车间
2 : 生产单元

所需的 Dual RSTP 网络拓扑：

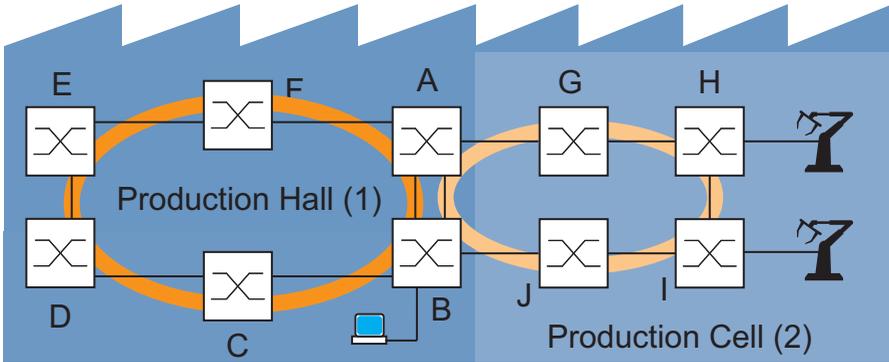


图 59: 生产车间中生产单元的示例，
使用 Dual RSTP 时的拓扑
1：生产车间
2：生产单元

示意图中所需的 Dual RSTP 网络拓扑：

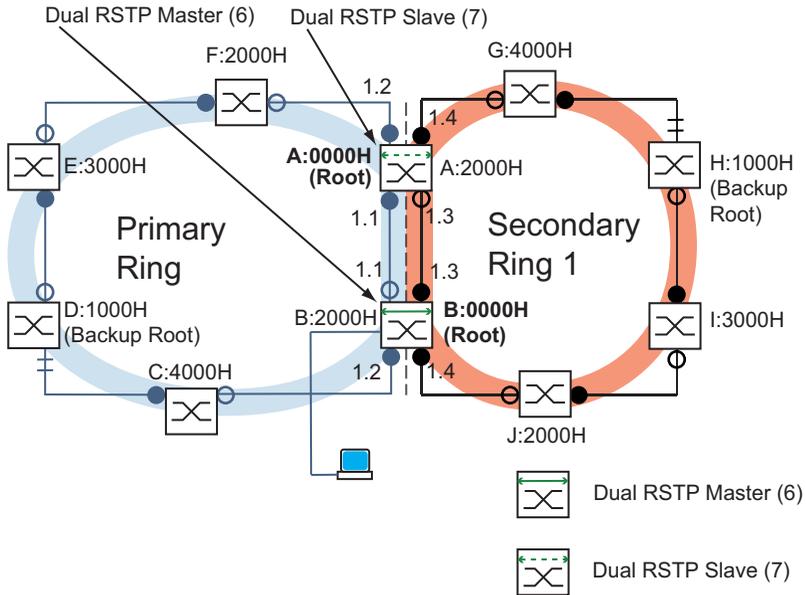


图 60: 示意图中 Dual RSTP 网络拓扑，
6 : Dual RSTP 主站
7 : Dual RSTP 从站

参数	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
RSTP 设置										
网桥优先级 (hex.) ^a	0000	2000	4000	1000	3000	2000	4000	1000	3000	2000
Dual RSTP 设置										
网桥优先级 (hex.) ^a	2000	0000	-	-	-	-	-	-	-	-
主环网，内部端口	1.1	1.1	-	-	-	-	-	-	-	-
主环网，外部端口	1.2	1.2	-	-	-	-	-	-	-	-
二级环网，内部端口	1.3	1.3	-	-	-	-	-	-	-	-
二级环网，外部端口	1.4	1.4	-	-	-	-	-	-	-	-
耦合角色	从站	主站	-	-	-	-	-	-	-	-

表格 20: Dual RSTP 示例的交换机进行配置的值

a. 十六进制和十进制书写方式的网桥优先级请参阅 表格 21。

表格 20 显示配置新拓扑时足够用的较少设置。您仅需要在设备 A 和 B 上进行 Dual RSTP 设置。

网桥优先级								
十六进制	0000	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000
十进制	0	4096	8192	12288	16384	20480	24576	28672
十六进制	8000	9000	A000	B000	C000	D000	E000	F000
十进制	32768	36864	40960	45056	49152	53248	57344	61440

表格 21: 十六进制和十进制书写方式的网桥优先级

其余配置的前提：

- ▶ 不激活网桥 B 和 D 之间二级环网原有拓扑中的连接。例如，通过您手动禁用网桥 B 和 D 上相关的端口或移除链接可完成以上操作。
- ▶ 不激活网桥 C 和 D 以及网桥 J 和 B 之间的连接。例如，您插接链接之前，通过手动禁用网桥上的相关端口完成以上操作，
- ▶ 不激活网桥 A 和 B 之间的二级环网连接，
- ▶ 已激活所有设备上的 RSTP，参数处于交付状态，
- ▶ 您的配置计算机连接二级环网，
- ▶ 您打开设备 A 和 B 基于网络的界面或命令行界面，
- ▶ 您访问设备 C - J 的操作界面。



警告

DUAL RSTP 回路危险

- ▶ 请个性化配置 Dual RSTP 配置的所有设备。在连接冗余线路之前，必须完成配置 Dual RSTP 配置的全部设备。
- ▶ 请配置 Dual RSTP 耦合配置中的超时，使其超出早已要设定的冗余协议快速实体中断时间。
- ▶ 在拓扑内请利用 2 个耦合网桥仅将两台设备的耦合角色配置成“主站 (Master)”、“从站 (Slave)”或“自动 (Auto)”。
- ▶ 请仅通过 1 个 Dual RSTP 网桥（带有 Dual RSTP 网桥的拓扑中）或 2 个 Dual RSTP 网桥（带有 2 个 Dual RSTP 网桥的拓扑中）耦合主实体和二级实体。所有主实体端口与所有二级实体端口请保持分离。
- ▶ 终端设备连接端口后，请仅激活端口上的“管理边缘端口 (Admin-Edge-Port)”设置。

不重视此说明有可能导致死亡，严重身体伤害或者材料损伤。

■ 请配置 Dual-RSTP 网桥的全局 RSTP 参数

为此，您需要 [表格 20](#) 任务分配说明中概括下列 [表格 22](#) 的网桥 A 和 B 的 RSTP 网桥优先级。

RSTP 参数	A	B
网桥优先级 (hex.)	0000	2000
网桥优先级 (dez.)	0	8192

表格 22: 网桥 A 和 B 的 RSTP 网桥优先级

提示：下列说明详细介绍了 Dual RSTP 网桥（A 和 B）的配置；仅对其它网桥（C - J）的配置进行了简要说明。

- 请在 **A** 设备基于网络的界面中选择 Redundancy:Spanning Tree:Global(冗余：生成树：全局)对话框。
- 请为“优先级 (Priority)”选择数值 0。
- 请点击“写入 (Set)”。

- 请在 **B** 设备基于网络的界面中选择 Redundancy:Spanning Tree:Global(冗余：生成树：全局)对话框。
- 请为“优先级 (Priority)”选择数值 8192。
- 请点击“写入 (Set)”。

请选择 **A** 设备的命令行界面。

```
enable
configure
spanning-tree mst priority
  0 0
```

转换至特权执行模式。

转换至配置模式。

将 MST 实体 0 的 RSTP 优先级设为数值 0。MST 实体 0 是全局 MST 实体或缺省实体。

请选择 **B** 设备的命令行界面。

```
enable
configure
spanning-tree mst priority
  0 8192
```

转换至特权执行模式。

转换至配置模式。

将全局 MST 实体的 RSTP 优先级设为数值 8192。

■ 请配置其它网桥的全局 RSTP 参数

现在请配置其它网桥。

为此，您需要任务分配中概括下列 [表格 23](#) 的 RSTP 网桥优先级。

RSTP 参数	C	D	E	F	G	H	I	J
网桥优先级 (hex.)	4000	1000	3000	2000	4000	1000	3000	2000
网桥优先级 (dez.)	16384	4096	12288	8192	16384	4096	12288	8192

表格 23: 网桥 C - J 的 RSTP 网桥优先级

- 请将 C 设备的 RSTP 网桥优先级设定为 16384 (4000H) 并激活设置。
- 请将 D 设备的 RSTP 网桥优先级设定为 4096 (1000H) 并激活设置。
- 请将 E 设备的 RSTP 网桥优先级设定为 12288 (3000H) 并激活设置。
- 请将 F 设备的 RSTP 网桥优先级设定为 8192 (2000H) 并激活设置。
- 请将 G 设备的 RSTP 网桥优先级设定为 16384 (4000H) 并激活设置。
- 请将 H 设备的 RSTP 网桥优先级设定为 4096 (1000H) 并激活设置。
- 请将 I 设备的 RSTP 网桥优先级设定为 12288 (3000H) 并激活设置。
- 请将 J 设备的 RSTP 网桥优先级设定为 8192 (2000H) 并激活设置。

■ 请配置 Dual-RSTP 网桥的 Dual RSTP 参数

为此，您需要任务分配中网桥 A 和 B 的特殊 Dual-RSTP 参数。

参数为概括下列 [表格 24](#) 的 Dual-RSTP 网桥优先级、环网端口和耦合角色。

Dual RSTP 参数	A	B
Dual RSTP 网桥优先级 (hex.)	2000	0000
Dual RSTP 网桥优先级 (dez.)	8192	0
主环网，内部端口	1.1	1.1
主环网，外部端口	1.2	1.2
二级环网，内部端口	1.3	1.3
二级环网，外部端口	1.4	1.4
耦合角色	从站	主站

表格 24: 网桥 A 和 B 的 Dual RSTP 参数

- 请在 **A** 设备基于网络的界面中选择 Redundancy:Spanning Tree: Dual RSTP(冗余:生成树: Dual RSTP) 对话框。
- 请为“优先级 (Priority)”选择数值 8192。
- 请在“Dual-RSTP 主环网 (Dual RSTP Primary Ring)”框中为“内部端口 (Inner Port)”选择数值 1.1。
- 请在“Dual-RSTP 主环网 (Dual RSTP Primary Ring)”框中为“外部端口 (Outer Port)”选择数值 1.2。
- 请在“Dual-RSTP 二级环网 (Dual RSTP Secondary Ring)”框中为“内部端口 (Inner Port)”选择数值 1.3。
- 请在“Dual-RSTP 二级环网 (Dual RSTP Secondary Ring)”框中为“外部端口 (Outer Port)”选择数值 1.4。
- 请在“Dual-RSTP 耦合配置 (Dual RSTP Coupler Configuration)”框中为“角色 (Role)”选择数值 slave。
- 请在“功能 (Operation)”框内点击“开 (On)”。借此启用 Dual-RSTP 功能。
- 请点击“写入 (Set)”。

- 请在 **B** 设备基于网络的界面中选择 Redundancy:Spanning Tree: Dual RSTP(冗余:生成树: Dual RSTP) 对话框。
- 请为“优先级 (Priority)”选择数值 0。
- 请在“Dual-RSTP 主环网 (Dual RSTP Primary Ring)”框中为“内部端口 (Inner Port)”选择数值 1.1。
- 请在“Dual-RSTP 主环网 (Dual RSTP Primary Ring)”框中为“外部端口 (Outer Port)”选择数值 1.2。
- 请在“Dual-RSTP 二级环网 (Dual RSTP Secondary Ring)”框中为“内部端口 (Inner Port)”选择数值 1.3。
- 请在“Dual-RSTP 二级环网 (Dual RSTP Secondary Ring)”框中为“外部端口 (Outer Port)”选择数值 1.4。
- 请在“Dual-RSTP 耦合配置 (Dual RSTP Coupler Configuration)”框中为“角色 (Role)”选择数值 master。
- 请在“功能 (Operation)”框内点击“开 (On)”。借此启用 Dual-RSTP 功能。
- 请点击“写入 (Set)”。

请选择 **A** 设备的命令行界面。

```
spanning-tree priority
  0 8192 drstp
spanning-tree drstp port
  primary inner 1/1
```

将 Dual RSTP 实体的 RSTP 优先级设为数值 8192。

将端口 1.1 选为 Dual RSTP 主环网的内部端口。

```
spanning-tree drstp port
primary outer 1/2
spanning-tree drstp port
secondary inner 1/3
spanning-tree drstp port
secondary outer 1/4
spanning-tree drstp role
slave
spanning-tree drstp
exit
```

将端口 1.2 选为 Dual RSTP 主环网的外部端口。

将端口 1.3 选为 Dual RSTP 二级环网的内部端口。

将端口 1.4 选为 Dual RSTP 二级环网的外部端口。

将此设备配置成 Dual RSTP 从站。

启用此设备上的 Dual RSTP。
转换至特权执行模式。

请选择 B 设备的命令行界面。

```
spanning-tree priority
0 0 drstp
spanning-tree drstp port
primary inner 1/1
spanning-tree drstp port
primary outer 1/2
spanning-tree drstp port
secondary inner 1/3
spanning-tree drstp port
secondary outer 1/4
spanning-tree drstp role
master
spanning-tree drstp
exit
```

将 Dual RSTP 实体的 RSTP 优先级设为数值 0。

将端口 1.1 选为 Dual RSTP 主环网的内部端口。

将端口 1.2 选为 Dual RSTP 主环网的外部端口。

将端口 1.3 选为 Dual RSTP 二级环网的内部端口。

将端口 1.4 选为 Dual RSTP 二级环网的外部端口。

将此设备配置成 Dual RSTP 主站。

启用此设备上的 Dual RSTP。
转换至特权执行模式。

■ 检查配置

□ 请激活新冗余连接：

- ▶ 设备 A、端口 1.4 和设备 B、端口 1.3 之间二级环网内部端口的连接
- ▶ 设备 G 和 H 之间二级环网的环网连接以及
- ▶ 设备 C 和 D 之间主环网的环网连接。

□ 请检查设置。请比较：

- ▶ 主环网中实际的网桥角色和所需的网桥角色：
 - 网桥 A 应为根网桥，
在基于网络的界面中显示：Redundancy:Spanning Tree:Global(冗余：生成树：全局)对话框，“拓扑(Topology)”栏，显示“网桥为根(Bridge is root)”，
CLI 中显示：`show spanning-tree brief`
- ▶ 配置成主环网和二级环网中内部和外部端口的 4 个端口与 [表格 20](#) 内的说明，
基于网络的界面：Redundancy:Spanning Tree: Dual RSTP(冗余：生成树：Dual RSTP)对话框，“Dual RSTP 主环网(Dual RSTP Primary Ring)”和“Dual RSTP 二级环网(Dual RSTP Secondary Ring)”框，
CLI：`show spanning-tree drstp`
- ▶ 二级环网中实际的网桥角色和所需的网桥角色：
 - 网桥 B 应为根网桥，
基于网络的界面：Redundancy:Spanning Tree: Dual RSTP(冗余：生成树：Dual RSTP)对话框，“拓扑(Topology)”栏，显示“网桥为根(Bridge is root)”，
CLI：`show spanning-tree drstp`
- ▶ 主环网中实际的网桥端口角色和所需的端口角色：
 - 网桥 D 应为通往网桥 C 的端口，将角色设定为 `alternate`，
基于网络的界面：Redundancy:Spanning Tree:Port(冗余：生成树：端口)对话框，“端口角色(Port role)”表格栏，
CLI：`show spanning-tree interface 1/<port>`
 - 将其它通往根网桥 A 方向的网桥端口角色设定为 `root`，
 - 将其它通往备用根网桥 D 方向的网桥端口角色设定为 `designated`，
- ▶ 二级环网中实际的网桥端口角色和所需的端口角色：
 - 网桥 H 应为通往网桥 G 的端口，将角色设定为 `alternate`，
 - 将其它通往根网桥 B 方向的网桥端口角色设定为 `root`，
 - 将其它通往备用根网桥 H 方向的网桥端口角色设定为 `designated`，

■ 结束配置

请将设置保存在永久存储器中。

- 请在 **A** 设备基于网络的界面中选择 `Basic Settings:Load/Save(基本设置：加载 / 保存)` 对话框。
 - 请在“保存 (Save)”框内点击“至设备 (to Device)”。
 - 请点击“保存 (Save)”。
- 设备将当前的配置数据保存在本地永久存储器中，如果连接了 EAM，也保存在 EAM 中。

- 请在 **B** 设备基于网络的界面中选择 `Basic Settings:Load/Save(基本设置：加载 / 保存)` 对话框。
 - 请在“保存 (Save)”框内点击“至设备 (to Device)”。
 - 请点击“保存 (Save)”。
- 设备将当前的配置数据保存在本地永久存储器中，如果连接了 EAM，也保存在 EAM 中。

请选择 **A** 设备的命令行界面。

```
copy system:running-config  
nvram:startup-config
```

将当前配置备份到临时存储器中。

请选择 **B** 设备的命令行界面。

```
copy system:running-config  
nvram:startup-config
```

将当前配置备份到临时存储器中。

- 同样，请永久保存设备 C - J 的设置。

A 关键词目录

A		符号	9
Age	98		
Alternate-Port	92		
B		G	
Backup-Port	92	高级模式	23
BPDU	83	根端口	91
Bridge-Identifier	80	根开销	83
备用端口	92	根路径开销	80
备用根网桥，二级环网 (Dual RSTP)	113	根网桥	83
备用根网桥，主环网 (Dual RSTP)	112	根网桥，二级环网 (Dual RSTP)	113
备择端口	92	根网桥，主环网 (Dual RSTP)	112
边缘端口	91	根网桥角色 (Dual RSTP)	114, 116
C		H	
存在冗余	22, 26, 31	Hello Time	97
重构	79	HIPER-Ring	8, 11
D		环网	15
Designated Bridge	91	环网耦合 (Dual RSTP)	109
Designated Port	91	环网管理器	16
Diameter	98	环 / 网耦合	11
Disabled-Port	92	环形结构	16
DIP 开关	18	回路	64, 66, 72, 74
DRSTP	108	J	
Dual RSTP	108	禁用端口 (生成树)	92
Dual RSTP 拓扑	111	K	
Dual RSTP 网桥	109	开销	80
Dual RSTP 应用示例	116, 116	快速生成树	11
Dual RSTP 示例	116	L	
Dual RSTP 角色	116	Loop	66
Dual RSTP，单一角色	110	Loops	64, 72, 74
Dual RSTP，主站角色	109	M	
Dual RSTP，自动角色	110	Max Age	97
Dual RSTP，从站角色	109	MRP	8
单一角色 (Dual RSTP)	110	N	
端口优先级 (生成树)	82	内部端口 (Dual RSTP)	109, 111
端口号	82	O	
端口标识符	80	耦合 (Dual RSTP)	109
端口状态	93	P	
E		Port Identifier	80
二级环网 (Dual RSTP)	108, 113	配置错误	22, 26, 31
F			
Fast HIPER-Ring (Port-VLAN-ID)	11		
Forward Delay	97		

R

Ring 耦合	8
RM 功能	15
RSTP	11
RSTP 实体 (Dual RSTP)	108
RST BPDU	91, 93
冗余	8, 15
冗余功能	11
冗余连接	77
冗余耦合	11, 11, 13
冗余管理器	16

S

参与网桥 (Dual RSTP)	109
------------------	-----

T

拓扑, Dual RSTP	111
---------------	-----

V

VLAN (HIPER-Ring 设置)	21
------------------------	----

W

外部端口 (Dual RSTP)	109, 111
网桥优先级, 二级环网 (Dual RSTP)	114
网桥优先级, 主环网 (Dual RSTP)	112
网桥协议数据单元	83
网络负荷	77, 79

Z

指派端口	91
主环网 (Dual RSTP)	108, 112
自动角色 (Dual RSTP)	110
子环	11

