

ICS 33.040.20  
M 33

**YD**

# 中华人民共和国通信行业标准

YD/T 2713-2014

---

## 光传送网（OTN）保护技术要求

Technical requirements for Optical Transport Network  
(OTN) protection

2014-10-14 发布

2014-10-14 实施

---

中华人民共和国工业和信息化部 发布



## 目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 缩略语	1
4 OTN保护分类	3
4.1 OTN电层保护	3
4.2 OTN光层保护	3
5 OTN保护通用要求	3
5.1 OTN保护基本功能和性能要求	3
5.2 OTN保护监视方式	4
6 OTN电层保护	4
6.1 线性保护	4
6.2 环形保护	11
7 OTN光层保护	14
7.1 光通路层保护	14
7.2 光复用段保护	17
8 多层保护协调机制	19
附录A (资料性附录) OTN客户侧保护倒换	20
附录B (资料性附录) ODUk环网保护倒换机制	22
附录C (资料性附录) 超长环网保护应用	25
附录D (资料性附录) 环网保护错连阻错功能	27
附录E (资料性附录) 多层保护拖延时间设置	29

## 前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国通信标准化协会提出并归口。

本标准起草单位：工业和信息化部电信研究院 中兴通信股份有限公司 上海贝尔股份有限公司 武汉邮电科学研究院 华为技术有限公司。

本标准主要起草人：汤 瑞、吴庆伟、罗 彬、富 森、赵文玉、汤晓华、安高峰、张晓宏、郭志霞、阎 君。



# 光传送网（OTN）保护技术要求

## 1 范围

本标准规范了光传送网（OTN）保护的技术要求，包括光传送网（OTN）保护技术分类、通用功能要求、电层保护技术要求、光层保护技术要求、多层保护技术协调机制等。

本标准适用于光传送网（OTN）。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

YD/T 1205-2010 城域光传送网波分复用（WDM）环网技术要求

ITU-T G.873.1 光传送网（OTN）：线性保护（Optical Transport Network（OTN）：Linear protection）

ITU-T G.873.2 ODUk共享环保护（ODUk Shared Ring Protection（SRP））

## 3 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AIS	Alarm Indication Signal	告警指示信号
APS	Automatic Protection Switching	自动保护倒换
BIP	Bit Interleaved Parity	比特间插校验
BPSR	Bidirectional Path Switched Ring	双向光通道保护环
CP	Connection Point	连接点
DEG	Degrade	劣化
DNR	Do Not Revert	不返回
EXER	Exercise	练习
FS	Forced Switch	强制倒换
GCC	General Communication Channel	通用通信通路
LCK	Lock	锁定
LO	Locked	锁定保护
LOF	Loss of Frame	帧丢失
LOFLOM	Loss of Frame and Loss of Multi-frame	帧和复帧丢失
LOM	Loss of MultiFrame	复帧丢失
LOS	Loss of Signal	信号丢失
LTC	Loss of Tandem Connection	串联连接丢失
MFAS	MultiFrame Alignment Signal	复帧定位信号
MS	Manual Switch	人工倒换

NR	No Request	无请求
OCh	Optical Channel	光通路
OCI	Open Connection Indication	开放连接指示
ODU	Optical Channel Data Unit	光通路数据单元
ODUdPLM	Optical Channel Data Unit Defect Payload Mismatch	光通路数据单元缺陷净荷失配
ODUk	Optical Channel Data Unit-k	光通路数据单元k
ODUkP	Optical Channel Data Unit-k Payload	光通路数据单元k净荷
ODUkT	Optical Channel Data Unit-k Tandem	光通路数据单元k串联连接
OPUk	Optical Channel Payload Unit-k	光通路净荷单元k
OSNR	Optical Signal Noise Ratio	光信噪比
OTN	Optical Transport Network	光传送网
OTUk	Optical Channel Transport Unit-k	k阶光通路传送单元
PCC	Protection Communication Channel	保护通信通路
PLM	Payload Mismatch	净荷失配
RR	Reverse Request	返回请求
SD	Signal Degrade	信号劣化
SF	Signal Fail	信号失效
SF-P	Signal Fail - Protection	信号失效—保护
SNC	Subnetwork Connection	子网连接
SNC/I	Subnetwork Connection protection with interent monitoring	固有监视子网连接保护
SNC/N	Subnetwork Connection protection with non-intrusive monitoring	非介入式监视子网连接保护
SNC/Ne	Sub-Network Connection with Non-intrusive monitoring of end-to-end Overhead	非介入式端到端开销监视子网连接保护
SNC/Ns	Sub-Network Connection with Non-intrusive monitoring of sublayer Overhead	非介入式子层开销监视子网连接保护
SNC/S	Subnetwork Connection protection with Sublayer monitoring	子层监视子网连接保护
SSD	Server Signal Degrade	服务层信号劣化
SSF	Server Signal Fail	服务层信号失效
TCM	Tandem Connection Monitoring	串联连接监视
TCP	Terminal Connection Point	终结连接点
TIM	Trace Identifier Mismatch	踪迹识别符失配
TSD	Trail Signal Degraded	路径信号劣化
TSF	Trail Signal Fail	路径信号失效
WTR	Wait to Restore	等待恢复

## 4 OTN 保护分类

### 4.1 OTN 电层保护

#### 4.1.1 线性保护

OTN电层线性保护指在ODUk层采用子网连接保护（SNCP），受保护的子网连接可以是两个连接点（CP）之间，也可以是一个连接点和一个终结连接点（TCP）之间或两个终结连接点之间的完整端到端网络连接。它可用于任何物理拓扑（即网状网、环网或混合结构）以及分层网络中的通道层，根据服务层故障、客户层信息或通道的性能信息进行倒换。

OTN电层线性保护从倒换结构上可划分为线性1+1、线性1:1、线性1:n和线性m:n，倒换结构的定义参见ITU-T G.873.1。

OTN的电层线性保护也可以应用于客户侧，相关配置示例参见附录A。

#### 4.1.2 环网保护

OTN电层环网保护指基于ODUk的共享环网保护，受保护的子网络连接是两个终结连接点之间的完整端到端网络连接。环网结构中的工作通路和保护通路可在同一根光纤中，也可在不同的光纤中，具体方式可由用户配置指定。ODUk的环网保护功能模型参见ITU G.873.2，ODUk环网保护仅支持双向倒换，保护粒度为ODUk。

ODUk环网保护组仅在环上的节点对信号质量情况进行检测作为保护倒换条件，对协议的传递也仅需要环上的节点进行相应处理。

### 4.2 OTN 光层保护

#### 4.2.1 线性保护

OTN 光层线性保护包括光通路线性保护和光复用段线性保护。

光通路线性保护是指在光波长层面采用的子网连接保护，是一种专用端到端的保护机制，可用于任何的物理拓扑（即网状网、环网或混合结构），通过光通路保护单元的双发选收或选发选收功能，利用不同的光纤或同一光纤中的不同波长等业务提供保护。

光复用段线性保护是指通过光复用段保护单元的双发选收或选发选收功能，利用相同或不同光缆中的一对光纤，对合波后的光复用段信号提供保护。

OTN 光层线性保护从倒换结构上可以划分为线性 1+1、线性 1:1、和线性 1:n 保护倒换。

#### 4.2.2 环网保护

OTN 光通路环网保护指基于波长的共享环保护，工作波长和保护波长可在同一根光纤中，也可在不同的光纤中，具体方式可由用户配置指定。光通路环网保护支持双向倒换，保护粒度为波长，在业务上下节点发生保护倒换动作。

OTN 光复用段环网保护指基于复用段的共享环保护，工作路径和保护路径的一对光纤可在同一根光缆中，也可在不同光缆中，具体方式可由用户配置指定。光复用段环网保护支持双向倒换。

## 5 OTN 保护通用要求

### 5.1 OTN 保护基本功能和性能要求

OTN保护应满足以下功能要求：



a) OTN保护应支持链路故障、节点故障和网管外部命令触发, 并支持各种倒换请求的优先级处理, 同时倒换条件可配置。具体故障类型和外部命令包括:

- 1) 故障类型: 支持 SF、节点失效、SD 等故障类型;
- 2) 外部命令: 支持强制倒换、人工倒换、保护锁定/清除等网管外部操作命令。

b) 保护倒换方式: 应支持单向倒换或双向倒换, 支持返回或不返回操作模式, 返回操作模式下支持 WTR 功能, WTR 时间可设范围为 5min~12min。

c) 保护倒换时间: 不考虑拖延时间 (Hold Off) 的情况下, OTN 线性保护倒换引起的业务受损时间应小于 50ms; 在链路总长度不大于 1200km、节点数目不大于 16, OTN 环网保护倒换引起的业务受损时间应小于 50ms。

## 5.2 OTN 保护监视方式

OTN 保护域内通路状态一般包括无缺陷 (正常工作)、SD 或 SF 等。当保护域内的工作通路发生劣化或失效时将会触发保护倒换。触发 OTN 保护的缺陷监视方式包括以下几种:

a) 固有监视: 基于服务层路径终结功能或适配功能确定 SF/SD 条件; 如线性 SNC/I, 即 ODUk 的链路连接故障 (如服务层路径故障和服务层/ODUk 适配功能故障) 触发保护倒换, ODUk 层本身不执行故障检测。可用于单个链路或聚合链路组的保护。

b) 非介入监视: 使用端到端开销或子层开销以及 OAM 监测服务层的缺陷条件、连续性/连接缺陷条件以及层网络的误码劣化条件; 如线性 SNC/N 即采用非介入监视保护组路径末端的 ODUkP 层及服务层的故障状态触发保护倒换。

1) 端到端 SNC/Ne: 使用端到端管理开销监测服务层的缺陷条件、连续性/连接缺陷条件以及本层网络的误码劣化条件。

2) 端到端 SNC/Ns: 使用子层管理开销监测服务层的缺陷条件、连续性/连接缺陷条件以及本层网络的误码劣化条件。

c) 子层监视: 采用分段子层 TCM 功能确定 SF/SD 条件, 支持服务层缺陷条件的检测、层网络的连续性/连接缺陷条件以及层网络的误码劣化条件检测, 如线性 SNC/S 即由 ODUkT 层 TCM 及服务层的故障触发保护倒换。

## 6 OTN 电层保护

### 6.1 线性保护

#### 6.1.1 保护倒换结构

根据保护路径是否可共享, OTN 电层线性保护倒换机制可分为 ODUk 层线性 1+1、线性 1:1、线性 1:n 和线性 m:n 保护倒换结构:

a) 1+1: ODUk 线性 1+1 保护结构中, 一个 ODUk 专享一个保护 ODUk 资源, 如图 1 所示。1+1 保护结构支持单向或双向倒换, 双向倒换时需要 APS 协议。

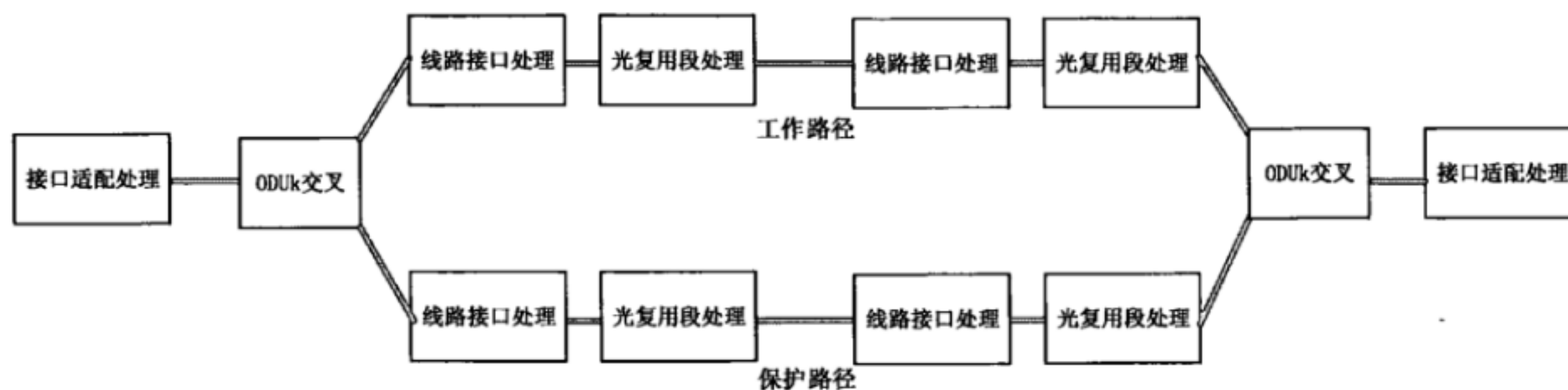


图1 ODUk 1+1 SNC 保护示意

b) 1:1: ODUk 1:1保护指1个ODUk不专享1个保护ODUk资源, 在正常时主用ODUk承载业务, 保护ODUk可以承载额外的低级别业务。在发生保护倒换时, 额外业务将被终结, 如图2所示。

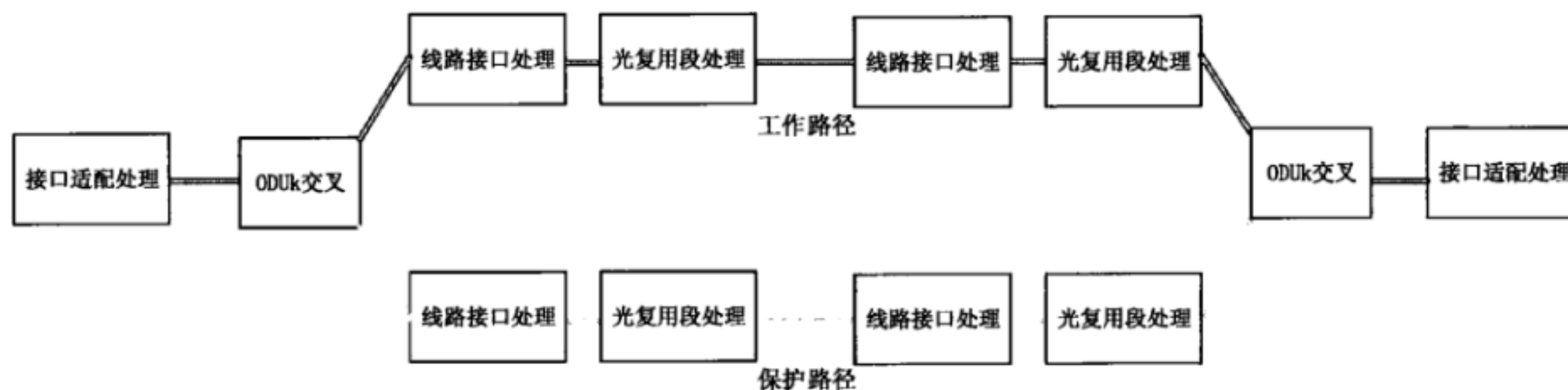


图2 ODUk 1:1 SNC 保护示意

c) 1:n: ODUk 1:n保护指n个ODUk共享1个保护ODUk资源, 如图3所示。



图3 ODUk 1:n SNC 保护示意

d) m:n: ODUk m:n保护指n个ODUk共享m个保护ODUk资源, 如图4所示, 具体机制待研究。



图 4 ODUk m : n SNC 保护示意

根据 5.2 节描述的监视方式的不同，可进一步分为 SNC/I、SNC/N、SNC/S。不同的保护倒换结构及倒换类型对于监视方式、保护倒换的 ODU 个数、APS 协议、保护通路服务层、保护倒换实体以及相应保护倒换准则的具体要求见表 1。

表 1 OTN 电层线性保护倒换类型及实现要求一览表

保护倒换结构	倒换类型	监视方式	保护倒换 ODU 个数	是否使用 APS 协议 (MFAS 的比特 6~8a)	保护通路服务层	保护倒换实体	保护倒换准则
1+1	单向	SNC/I	单个	不需要	一个高阶 ODUk 或一个 OTUk	ODUkP	ODU SSF/SSD
1+1	双向	SNC/I	单个	111	OTUk	ODUkP	ODU SSF/SSD
1:1	双向	SNC/I	单个	111	OTUk	ODUkP	ODU SSF/SSD
1:n	双向	SNC/I	单个	111	OTUk	ODUkP	ODU SSF/SSD
1+1	单向	SNC/N	单个	不需要	一个或多个高阶 ODUk 和/或 OTUk	ODUkP	ODU TSF/TSD
1+1	单向	SNC/S	单个	不需要	一个或多个高阶 ODUk 和/或 OTUk	ODUkT	ODUkT SSF/SSD
1+1	双向	SNC/S	单个	001~110	一个或多个高阶 ODUk 和/或 OTUk	ODUkT	ODUkT SSF/SSD
1:1	双向	SNC/S	单个	001~110	一个或多个高阶 ODUk 和/或 OTUk	ODUkT	ODUkT SSF/SSD
1:n	双向	SNC/S	单个	001~110	一个或多个高阶 ODUk 和/或 OTUk	ODUkT	ODUkT SSF/SSD

注a: MFAS的比特6-8指示了应用于连接监视级别的APS/PCC通路以及使用APS/PCC通路的保护机制，具体定义见表2

本标准不建议使用高阶 OPUk 下的双向低阶 ODU SNC/I。原因是高阶 ODUk 保护多个低阶 ODUk 信息，但仅有一个 APS 通道，目前未定义多个保护倒换实体共享一个 APS 通道。

本标准不建议使用双向 SNC/N。原因是双向 SNC/N 需要在源宿直接传送 APS 信号，ODUk 信号除了包含插入的 APS 信号，还可能包含 AIS、OCI 或者 LCK 信号。由于无法区分包含 AIS/OCI/LCK 以及 APS 信息的 ODUk 信号和在中间节点插入的无 APS 信息的 AIS/ AIS/OCI/LCK 信息，因此建议使用 1+1 双向 SNC/S 代替 SNC/N。



### 6.1.2 保护监视方式

ODUk 层线性保护的监视方式应支持 5.2 节定义的 SNC/I、SNC/N 和 SNC/S 方式。

多个不同监视方式的 ODUk SNC 在嵌套和级联的情况下，可以在相同或不同的 ODUk 级别采用相同或不同的监视方式。

多个 ODUk SNC/S 和 ODUk SNC/N 嵌套时，可以在不同的 ODUk 级别监视故障，如图 5 所示。



图 5 ODUk SNC/S 和 ODUk SNC/Ne 保护嵌套

多个 ODUk SNC/S 级联时，可以使用相同或不同的 TCM 级别，如图 6 所示。



图 6 SNC/S 保护级联

### 6.1.3 保护倒换协议

#### 6.1.3.1 APS 信息格式

在 ODUk 开销第 4 行的第 5~8 列中定义了四个字节的 ODUk-APS/PCC 信号。在该字段中可定义多达 8 级嵌入的 APS/PCC 信号。给定帧的 APS/PCC 字节分配给专门的连接监视级别，其依赖于表 2 中 MFAS 的值。MFAS 的比特信息指示了应用于连接监视级别的 APS/PCC 通路类型以及使用的 OTN 保护机制。

表 2 复帧定义的连接监视级别

MFAS 比特 6~8	应用于连接监视级别的 APS/PCC 通路	使用 APS/PCC 通路的保护机制 a
000	ODUk 通道	ODUk SNC/Ne
001	ODUk TCM1	ODUk SNC/S, ODUk SNC/N
010	ODUk TCM2	ODUk SNC/S, ODUk SNC/N
011	ODUk TCM3	ODUk SNC/S, ODUk SNC/N
100	ODUk TCM4	ODUk SNC/S, ODUk SNC/N
101	ODUk TCM5	ODUk SNC/S, ODUk SNC/N
110	ODUk TCM6	ODUk SNC/S, ODUk SNC/N
111	ODUk 服务层路径 b	ODUk SNC/I

注 a: APS 通路可用于多于一种的保护机制和/或保护机制实例。在嵌套的保护机制的情形下，在相同的连接监视级别，ODUk 保护设置不能影响其他 ODUk 保护所使用的相同级别 APS 通路，只有当该级别的 APS 通路没有使用时，才能激活保护。

b: OTUk 或者高阶 ODUk（例如一个 ODU3 可以传送一个 ODU1）等都是服务层路径的例子。

c: SNC/N 包括基于端到端开销监视的 SNC/Ne 和基于子层开销监视的 SNC/Ns

每个 OTUk 帧中的 4 个 APS 字节的定义见图 7。

字节 1								字节 2								字节 3								字节 4							
1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
请求/状态				保护类型				请求信息								桥接信号								保留							
				A	B	D	R																								

图 7 APS 信息格式

APS具体信息的编码及数值见表3。网络突发误码等情况下可能瞬间导致OTN保护域内的APS信息接收错误，设备应支持APS信息的容错机制。通常情况下只有当连续三帧接收到相同的APS字节时，才认为APS字节有效；也可采用对APS信息进行纠错编码等其他方式实现。

表 3 APS 信息通道的字段值及含义

字 段		请 求	含 义
请求/状态		1111	LO
		1110	FS
		1100	SF
		1010	SD
请求/状态		1000	MS
		0110	WTR
		0100	EXER
		0010	RR
		0001	DNR
		0000	NR
		其他	保留
保护类型	A	0	不使用 APS
		1	使用 APS
	B	0	1+1（永久桥接）
		1	1：1（非永久桥接）
	D	0	单向倒换
		1	双向倒换
	R	0	非返回式操作
		1	返回式操作
请求信号		0	信号为空
		1~254	正常业务信号
		255	额外业务信号
桥接信号		0	信号为空
		1~254	正常业务信号
		255	额外业务信号

### 6.1.3.2 请求类型

请求类型反映了优先级的条件、命令或状态。在单向保护倒换中，最高优先级的数值只取决于本端。在双向保护倒换中，只有当本端的请求和来自远端 APS 携带的请求优先级等同或者更高时才显示为倒换请求，否则显示为“NR”。有无 APS 协议下各请求类型的优先级分别见表 4 和表 5。



表4 APS 协议应用时的请求/状态的优先级

请求/状态	优先级
LO	1 (最高)
SF-P	2
FS	3
SF	4
SD	5
MS	6
WTR	7
EXER	8
RR	9
DNR	10
NR	11 (最低)

表5 无 APS 协议的请求/状态的优先级

请求/状态	优先级
LO	1 (最高)
FS	2
SF	3
SD	4
MS	5
WTR	6
DNR	7
NR	8 (最低)

### 6.1.3.3 保护类型

有效的保护类型及适用配置如表 6 所示。

表6 有效的保护类型及适用配置

保护类型	适用的配置
000x	1+1 单向, 不使用 APS 协议
100x	1+1 单向, 使用 APS 协议
101x	1+1 双向, 使用 APS 协议
110x	1:1 单向, 使用 APS 协议
111x	1:1 双向, 使用 APS 协议

保护类型的默认值为全“0”，它和不使用APS协议的1+1单向倒换匹配。

需要指出的是010x、001x、011x是无效值，因为1:1和双向倒换均需要使用APS协议。

如果“B（表示1+1或1:1）”比特出现失配，选择器会被释放，因为1:1和1+1不兼容，这会导致失配告警。

假设B比特相匹配，会出现以下几种情况：

- 如果“A”比特失配，期望APS的一端将回退到不使用APS协议的1+1单向倒换机制；
- 如果“D”比特失配，配置为双向倒换的一端将回退到单向倒换；
- 如果“R”比特失配，一端将在故障消除后进入WTR状态，而另外一端进入“DNR”状态，通过交互协调保护业务。

## 6.1.4 保护倒换触发条件

对 ODUk 线性保护，基于三种不同保护监测方式的保护倒换检测触发条件见表 7。基于这些触发条件发生保护倒换时，业务受损时间应小于 50ms。

表 7 保护倒换触发条件

保护倒换方式	保护倒换触发条件	
ODUk SNC/I	OTUk	LOS
		LOF
		LOM
		AIS
		TIM
		DEGa
	ODU <sub>l</sub> (l>k) PM (存在 ODUk 复接到 ODU <sub>l</sub> 时适用)	TIM
		AIS
		OCI
		LCK
ODUk SNC/N	OTUk	LOS
		LOF
		LOM
		AIS
		TIM
	ODUk PM	AIS
		OCI
		LCK
		DEG
		TIM
	OPUk	PLM
	ODU <sub>l</sub> (l>k) PM (存在 ODUk 复接到 ODU <sub>l</sub> 时适用)	AIS
		OCI
		LCK
		TIM
		ODU <sub>j</sub> -LOFLOM
ODUk SNC/S	OTUk	LOS
		LOF
		LOM
		AIS
		TIM
	ODUk TCM	LTC
		AIS
		OCI
		LCK
		TIM
		DEG

表 7 (续)

保护倒换方式	保护倒换触发条件	
ODUk SNC/S	ODU1 (l>k) TCM (存在 ODUk 复接到 ODU1 时适用)	LTC
		AIS
		OCI
		LCK
		TIM
注 a: DEG 的告警门限可以由设备网管配置, 超出该门限后设备上报 DEG 告警并触发保护倒换。 不同层次的 DEG 在不同映射路径情况下可能分别需要作为倒换条件, 但不同时作为倒换条件		

6.2 环形保护

6.2.1 保护倒换结构

6.2.1.1 双纤 ODUk 共享环网保护

对单纤单向传输系统来说, 双纤 ODUk 共享环网保护的每个跨段需要两根光纤和两个波长, 每个波长一半通路规定为工作通路, 另一半规定为保护通路, 一个波长中的工作通路被绕着环相反方向行进的保护通路所保护, 每个波长只用到一组开销, 如图 8 所示。

双纤 ODUk 共享环网保护发生环倒换时, 载送工作通路的时隙被倒换到相反方向载送保护通路的时隙。双纤共享环网保护的倒换机制参见附录 B.1。

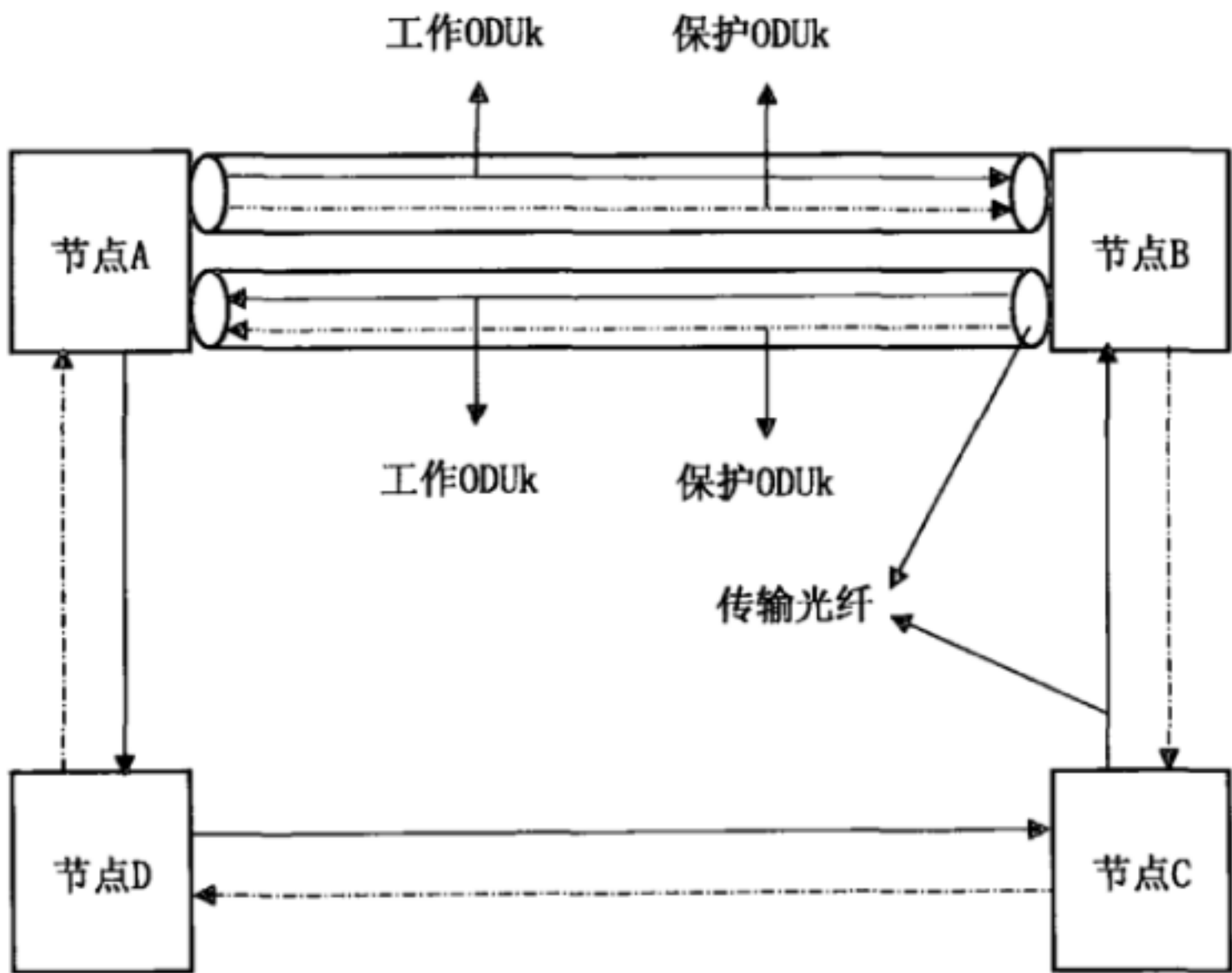


图 8 双纤 ODUk 共享环网保护

双纤 4 个波长的 ODUk 共享环网保护机制待研究。

6.2.1.2 四纤 ODUk 共享环网保护

四纤共享环网保护在每个跨段需要 4 根光纤和 4 个波长, 如图 9 所示, 工作通路和保护通路用不同的光纤载送, 两个互相反方向传输的 ODUk (高阶 ODU) 路径载送工作通路, 两个也是互相反方向传输的 ODUk (高阶 ODU) 载送保护通路。对工作通路或保护通路来说, ODUk (高阶 ODU) 开销是专用的, 因为工作和保护通路不在相同的光纤和波长上传送。

四纤 ODUk 共享环网保护既支持环倒换, 也支持跨段倒换, 但不能同时支持二者。在环中, 多个跨段倒换可以共存, 因为只有沿一个跨段的保护通路被用于该跨段的保护。利用跨段倒换, 某些多个故障

情况（指只影响一个跨段工作通路的故障，例如只中断工作通路故障等）可以完全得到保护。四纤共享环网保护的倒换机制参见附录 B.2。

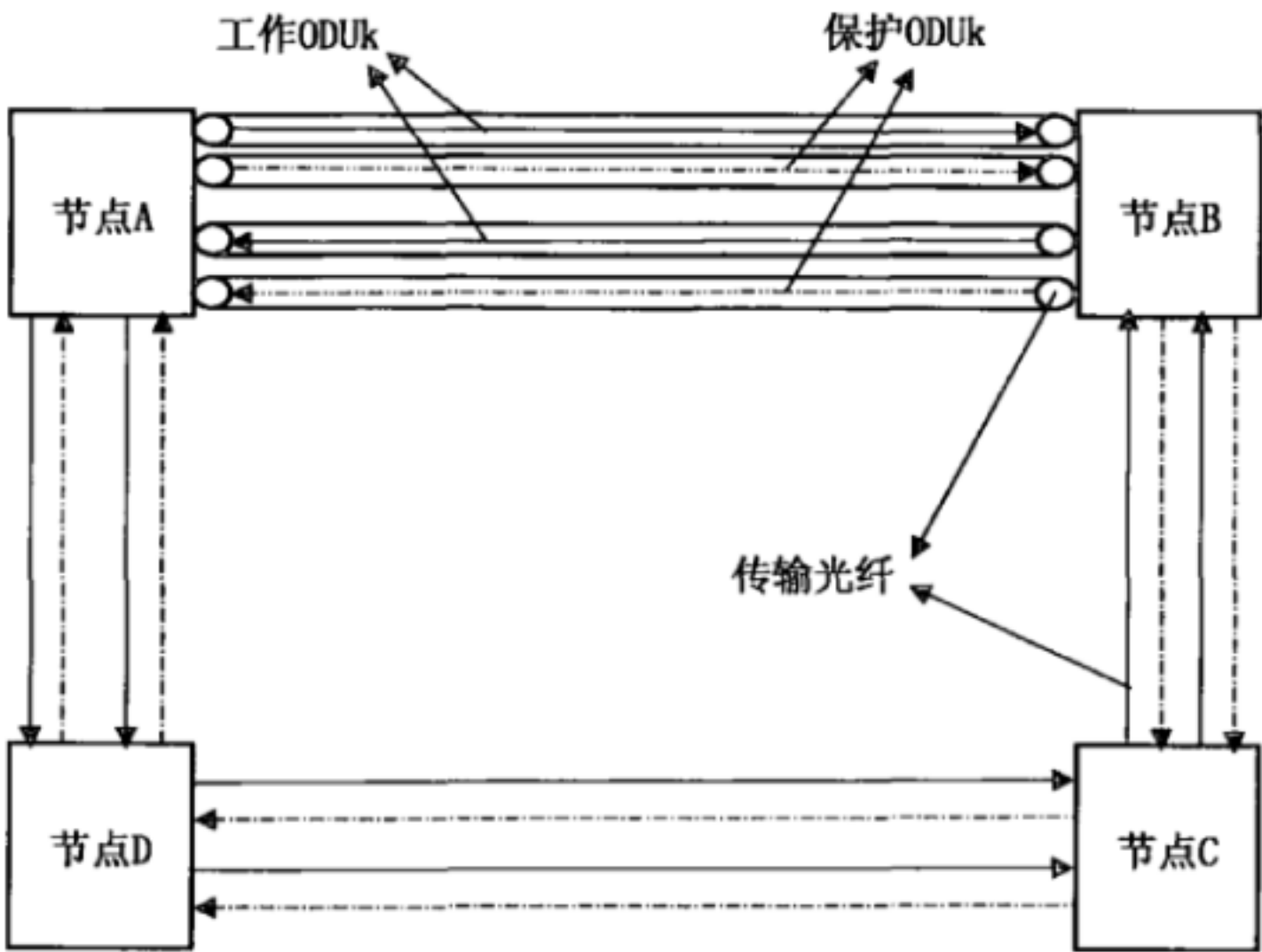


图 9 四纤 ODUk 共享环网保护

6.2.2 保护监视方式

ODUk 共享环网保护应支持 SNC/N 监视方式。

6.2.3 保护倒换协议

ODUk 的 APS 开销中的三个字节用于保护倒换，如图 10 所示。推荐 TCM6 用于 ODUk 共享环网保护的 APS 协议通道。

只有当连续三帧接收到相同的 APS 字节时，才认为 ODUk 的 APS 字节有效。

字节 1								字节 2								字节 3								字节 4							
1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
桥接请求				状态				目的节点 ID				路径				源节点 ID				位置				PCC 字节							

图 10 ODUk 共享环网保护 APS 信令格式

APS 字节的各字段值及含义见表 8。

表 8 APS 字节的字段值及含义

字 段	请 求	含 义
桥接请求	11111	LO (跨段)
	11110	SF (保护)
	11101	FS (跨段)
	11100	未使用
	11011	FS (环)
	11010	未使用
	11001	未使用
	11000	SF (跨段)
	10111	未使用
	10110	SF (环)
	10110	SF (环)
	10101	未使用



表 8 (续)

字 段	请 求	含 义
	10100	SD (保护)
	10011	未使用
	10010	SD (跨段)
	10001	未使用
	10000	SD (环)
	01111	MS (跨段)
	01110	未使用
	01101	MS (环)
	01100	未使用
	01011	未使用
	01010	WTR
	01001	EXER
桥接请求	01000	未使用
	00111	EXER (环)
	00110	未使用
	00101	未使用
	00100	RR (跨段)
	00011	未使用
	00010	RR (环)
	00001	未使用
	00000	NR
状态	1xx	保留
	011	保护通路上的额外业务
	010	已桥接/已倒换
	001	已桥接
	000	空闲
目的节点 ID	—	APS 字节所终至节点的值, 目标节点的 ID 总是相邻节点的 ID (默认的 APS 字节除外)
路径	0	短径
	1	长径
源节点 ID	—	发起 APS 字节节点的 ID 值 (默认 APS 字节除外)
位置	0	首端节点
	1	末端节点
PCC	—	待研究

如果监测到环网上发生异常情况, 设备就将插入和提取 APS 字节, 尤其是当节点处于直通状态时, 需要将 APS 字节从一个相邻跨段的 TCM 层转发到其他相邻跨段的 TCM 层。

#### 6.2.4 保护倒换触发条件

对 ODUk 共享环网保护, 保护倒换的触发条件对应表 7 中 SNC/N 的要求, 发生保护倒换时业务受损时间应小于 50ms。对于环中节点距离超过 1200km 的超长环网保护应用示例及保护要求参见附录 C。

#### 6.2.5 错连阻错功能

对于 ODUk 共享环网保护倒换, 设备应具有错连阻错功能。如果被保护业务的工作通路和保护通路中都存在故障, 则应取消对该被保护业务的保护倒换操作, 使其业务信号不被切换到保护通路中, 参见附录 D。

## 7 OTN 光层保护

## 7.1 光通路层保护

## 7.1.1 线性保护

## 7.1.1.1 保护倒换结构

根据保护倒换的方式不同,光通路层线性保护的倒换结构可以分为 1+1、1:1、1:n 三类;1+1 方式支持单向倒换或双向倒换,1:1 和 1:n 方式支持双向倒换。单向 1+1 倒换可以不需要 APS 协议,1:1、1:n 和双向 1+1 倒换需要使用 APS 协议。线性 1+1 保护在环网下的应用参见 YD/T 1205-2010 10.1 节。

## a) 光通路层线性 1+1 保护

在这种方式下,光通路保护单元采用双发选收的方式。根据被保护的实体不同,可以分为两种类型,分别如图 11 和图 12 所示。

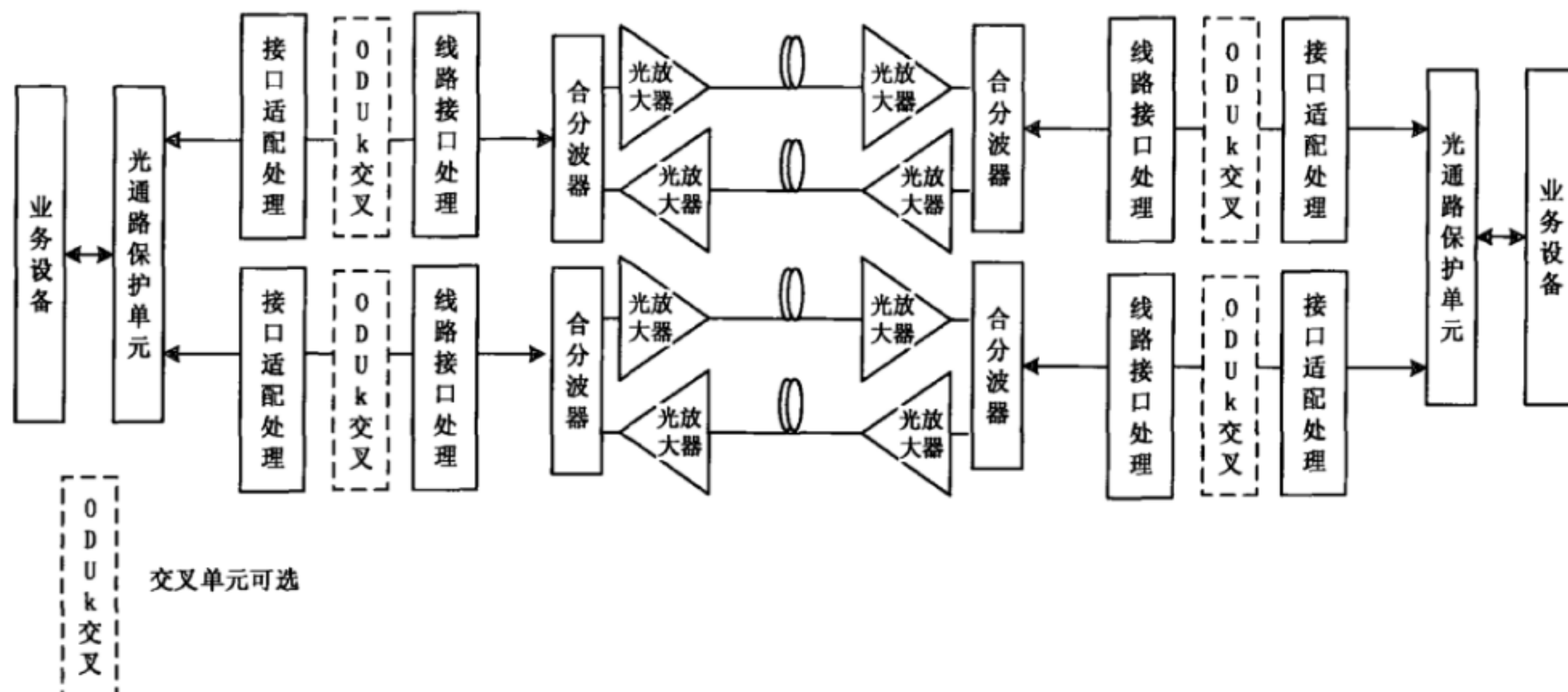


图 11 光通路层 1+1 保护 (类型 I)

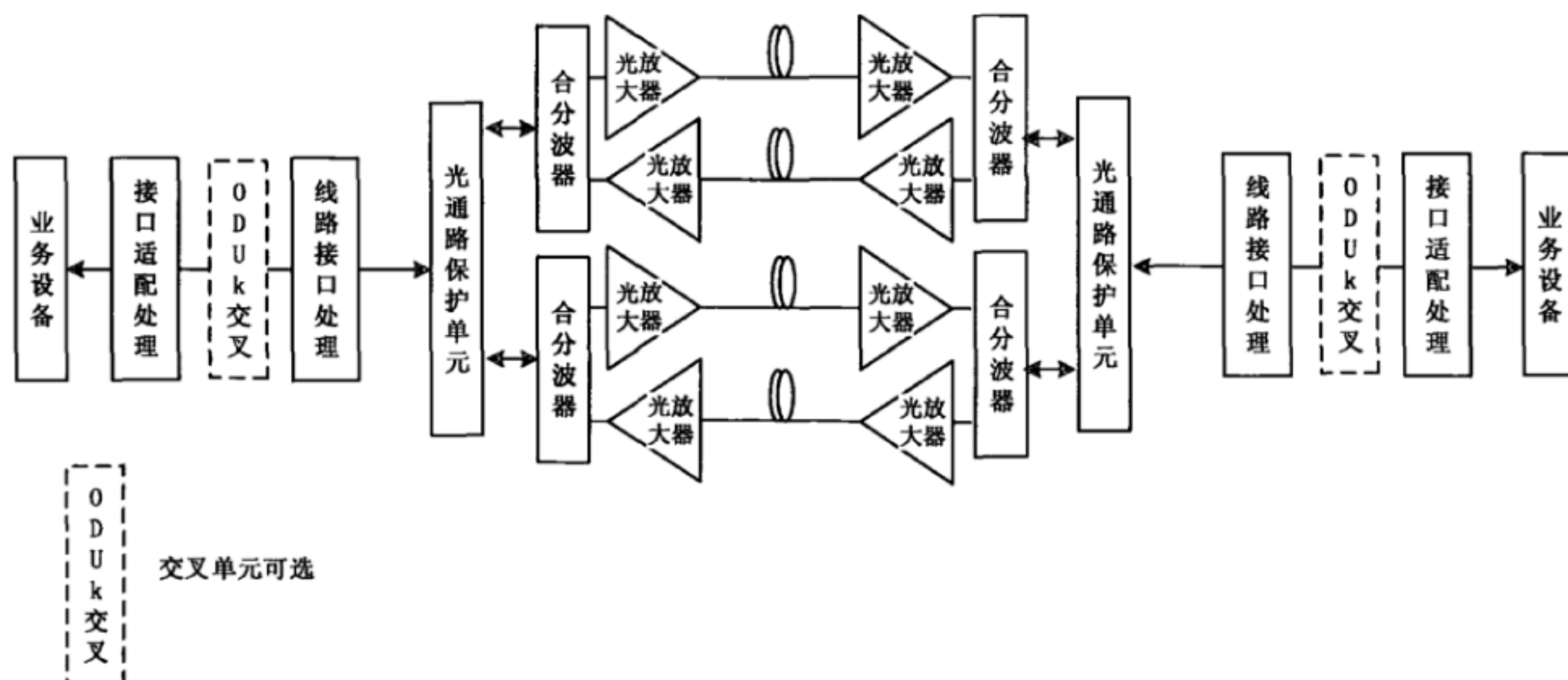


图 12 光通路层 1+1 保护 (类型 II)

## b) 光通路层线性 1:1 保护

在这种方式下，将图 11 中的光通路保护单元更换为 1:1 的光选择开关，此处采用选发选收的方式。

#### c) 光通路层线性 1:n 保护

在这种方式下，将图 11 中的光通路保护单元更换为 1:n 的光选择开关，此处采用选发选收的方式，用 1 条保护路径，保护  $n$  条工作业务。

##### 7.1.1.2 保护监视方式

光通路层线性保护的监视方式应支持 SNC/N 方式。

##### 7.1.1.3 保护倒换协议

光通路层线性保护使用的 APS 协议与 ODUk 线性保护使用的 APS 协议保持一致，见 6.1.3 节。

##### 7.1.1.4 保护倒换触发条件

对光通路层线性保护，保护倒换的触发条件见表 9，其中客户信号的倒换触发条件仅适用于光通路层 1+1 保护类型 I，发生保护倒换时业务受损时间应小于 50ms。

表 9 光通路层线性保护倒换触发条件

保护倒换方式	保护倒换触发条件	
光通路层线性保护	SDH 客户信号	LOS
		LOF（可选）
		RS-DEG（可选）
	OTUk 客户信号	LOS
		LOF（可选）
		DEG（可选）
	以太网客户信号	LOS
		性能劣化/越限（可选）a
	OPUk	PLM
	ODUk PM	TIM
		AIS
		OCI
		LCK
		DEG
	OTUk	LOS
		LOF
		TIM
AIS		
LOM		
DEG		
Och	LOS	
	OSNR（可选）b	

注 a： 以太网性能劣化/越限待研究。

b： OSNR 值的获取需要设备支持相应的光谱分析功能，并能够向网管报告每个光通路的 OSNR 值

7.1.2 环形保护

7.1.2.1 保护倒换结构

在一个两纤环中，一对波长组成一个光通路层环网共享保护。在顺时针条件下，波长  $i$  为工作波长，波长  $j$  为保护波长；在逆时针条件下， $i$  为保护波长， $j$  为工作波长，如图 13 所示。光通路层环网共享保护支持双向倒换，需要 APS 协议。

当顺时针的波长  $i$ （工作波长）发生故障后，会倒换到逆时针的波长  $i$ （保护波长）；同理当逆时针的波长  $j$  发生故障后，会倒换到顺时针的波长  $j$ 。保护倒换动作的描述参见 YD/T 1205-2010 9.2.4 节。

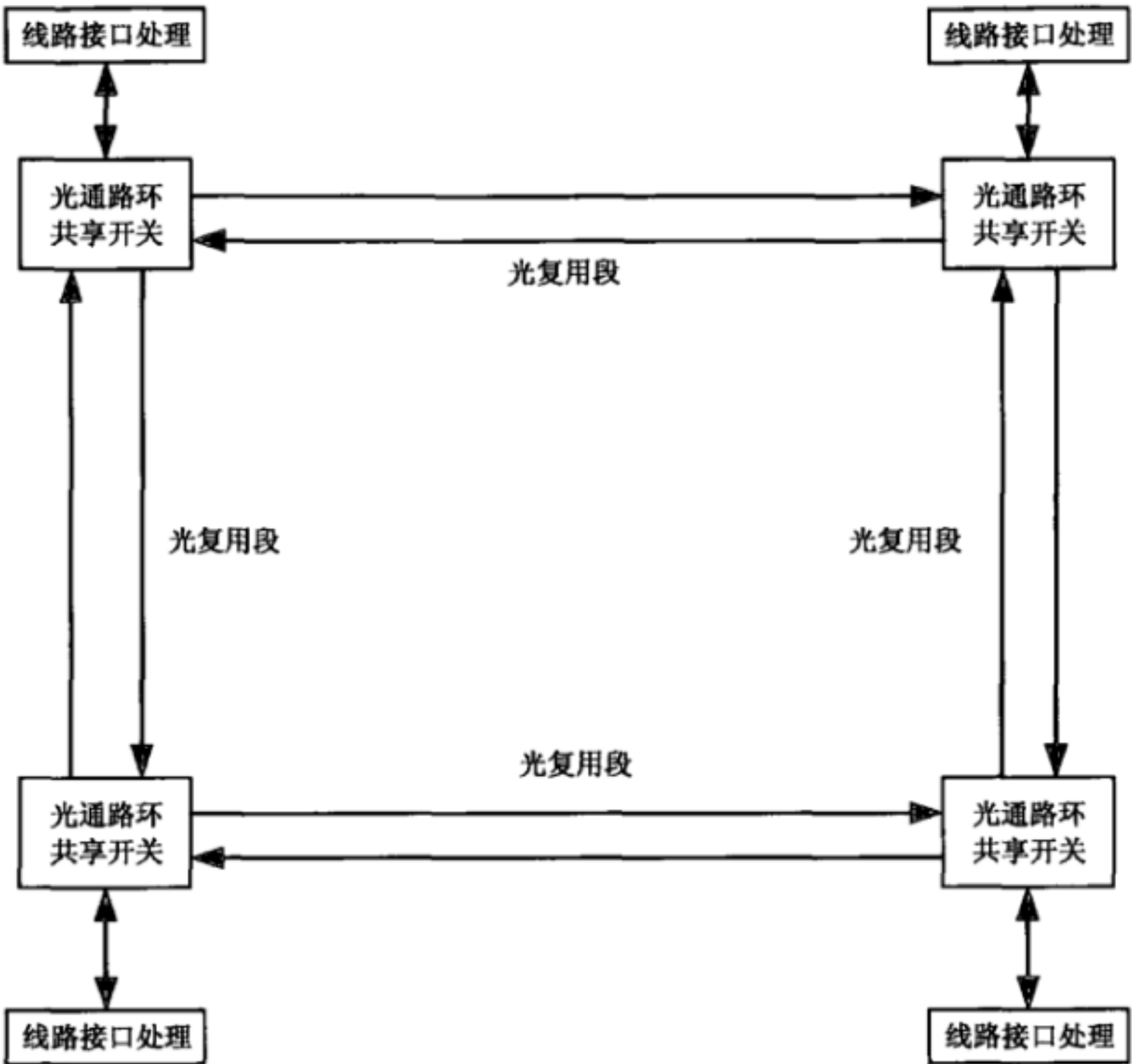


图 13 光通路层环形保护示例

7.1.2.2 保护监视方式

光通路层环形保护的监视方式应支持 SNC/N 方式。  
光通路层的服务层 OTS、OMS、OChr 也可以作为补充检测点，当服务层故障后，将认为东向或者西向的工作和保护端口同时故障。

7.1.2.3 保护倒换协议

在光通路层环形保护中，APS 信令通过带外监控通道实现。在环的节点间根据目的 ID 进行传递，光通路层环形保护使用的 APS 信令字节组成如图 14 所示，APS 的字节倒换请求与状态的定义见表 8。

1								2								3								4							
1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
倒换请求/状态				保留			S	目的节点 ID								源节点 ID								通道标示				通道状态			

图 14 光通路层环形保护 APS 报文格式



7.1.2.4 保护倒换触发条件

对光通路层环形保护，保护倒换的触发条件见表 10，发生保护倒换时业务受损时间应小于 50ms。

表 10 光通路层环形保护倒换触发条件

保护倒换方式	保护倒换触发条件	
光通路层环形保护	OTUk	LOS
		LOF
		TIM
		AIS
		LOM
		DEG
	Och	LOS
		OSNR（可选）a
	光复用段（OMSn）	LOS
	光传输段（OTSn）	LOS

注 a： OSNR 值的获取需要设备支持相应的光谱分析功能，并能够向网管报告每个光通路的 OSNR 值

7.1.2.5 错连阻错功能

对于光层共享环网保护倒换，设备应具有错连阻错功能。如果被保护业务的工作通路和保护通路中都存在故障，则应取消对该被保护业务的保护倒换操作，使其业务信号不被切换到保护通路中，参见附录D。

7.2 光复用段保护

7.2.1 线性保护

7.2.1.1 保护倒换结构

光复用段线性保护的倒换结构和光通路层线性保护类似，也分为 1+1、1：1、1：n 三类；1+1 方式支持单向倒换或双向倒换，对应 YD/T 1205-2010 10.1 节定义的单向或双向光线路保护。1：1 和 1：n 方式支持双向倒换。单向 1+1 倒换可以不需要协议，1：1、1：n 和双向 1+1 倒换需要使用 APS 协议。光复用段线性保护实现方式如下：

a) 光复用段线性 1+1 保护

光复用段保护单元采用双发选收的方式。根据保护单元配置位置，可以分为图 15 和图 16 两种类型。

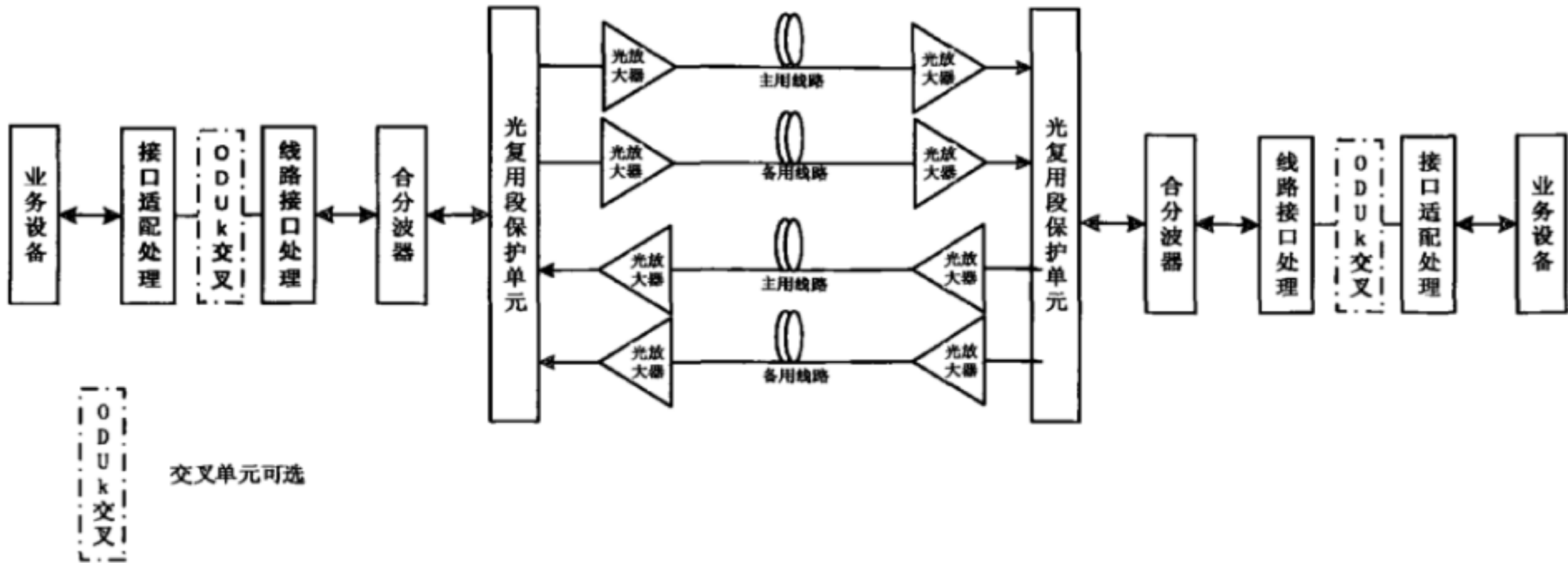


图 15 光复用段线性 1+1 保护（类型 I）

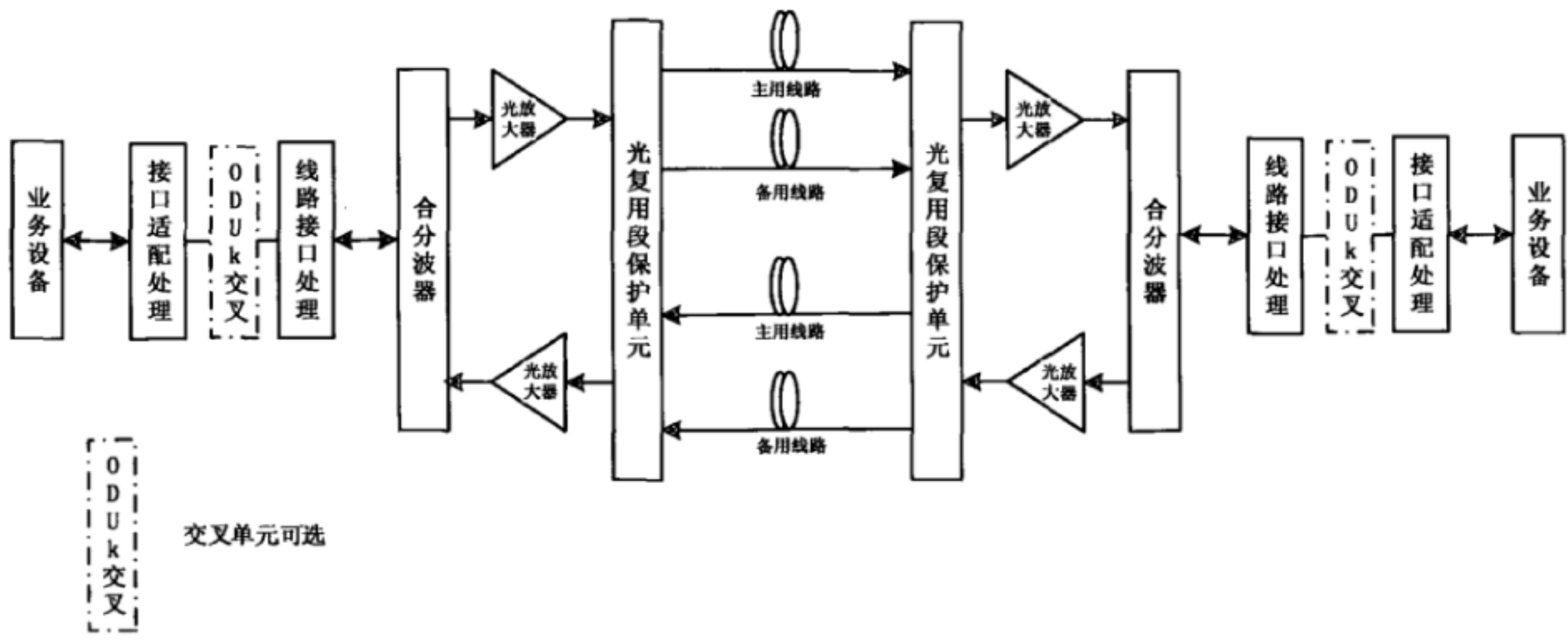


图 16 光复用段线性 1+1 保护 (类型 II)

b) 光复用段线性 1:1 保护

将图 16 中的光复用段保护单元更换为 1:1 的光选择开关, 此处采用选发选收的方式。

c) 光复用段线性 1:n 保护

待研究。

7.2.1.2 保护倒换协议

光复用段线性保护使用的APS协议与ODUK线性保护使用的APS协议保持一致, 见6.1.3节。

7.2.1.3 保护倒换触发条件

对光复用段线性保护, 保护倒换的触发条件见表 11, 业务受损时间应小于 50ms。

表 11 光复用段层线性保护倒换触发条件

保护倒换方式	保护倒换触发条件	
光复用段线性保护	光复用段 (OMS <sub>n</sub> )	LOS
		OSNR (可选)
	光传输段 (OTS <sub>n</sub> )	LOS
注: 对采用非相干接收的 40Gbit/s 传输系统, 主备用路径的残余色散均小于系统色散容限情况下, 业务受损时间应小于 50ms		

7.2.2 环网保护

7.2.2.1 保护倒换结构

光复用段共享保护属于共享式保护, 在保护通路闲置情况下可以传送一些低等级的业务, 适合于环网各节点之间的业务流量相对均匀的情况, 其工作方式如图 17 所示。具体描述如下:

双向光复用段共享保护环上的两个相邻节点间只需两根光纤, 每条光纤上的一半波长载送工作信号, 另一半波长载送保护信号。在一条光纤上的工作波长, 由沿环的相反方向的另一条光纤上的保护波长来保护, 反之亦然。关于复用段环故障情况下的倒换动作参见 YD/T 1205-2010 10.1.3 节。

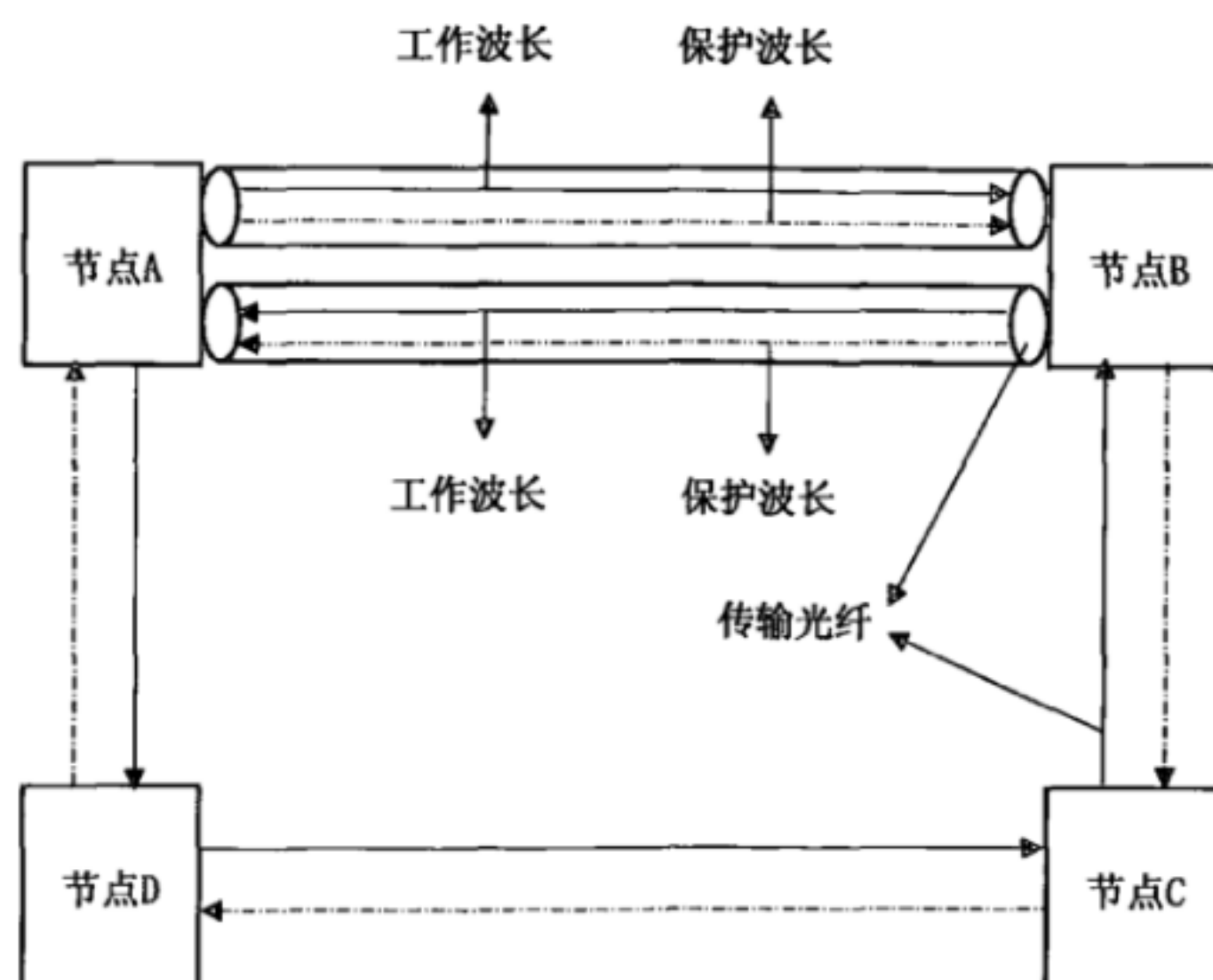


图 17 光复用段共享保护倒换环

#### 7.2.2.2 保护监视方式

待研究。

#### 7.2.2.3 保护倒换协议

待研究。

#### 7.2.2.4 保护倒换触发条件

待研究。

### 8 多层保护协调机制

OTN网络中配置了两层或多层保护时，为避免不同层保护倒换功能的冲突，保护组应支持拖延时间的配置。另外，也可支持故障恢复场景下的拖延机制，拖延时间的配置说明参见附录E。

附录 A  
(资料性附录)  
OTN 客户侧保护倒换

A.1 OTN客户侧线性保护倒换结构

表A.1给出了ITU-T G.873.1定义的OTN客户侧线性保护倒换结构，提供了与保护倒换结构相关的倒换类型、是否使用APS协议、相应服务层以及倒换实体与倒换准则。

表 A.1 OTN 客户侧线性保护倒换类型及实现要求一览表

保护倒换结构	倒换类型	监视类型	保护倒换的 ODU 实体	是否使用 APS 协议 (MFAS 的比特 6~8)	保护实体的服务层	保护倒换实体	保护倒换准则
1+1	单向	SNC/Nc	单个	无	一个或多个高阶 ODU <sub>k</sub> 和/或 OTU <sub>k</sub>	低阶 ODU	低阶 ODU TSF/TSD+ 低阶 OPU-CSF
1+1	单向	SNC/I	单个	无	一个低阶 ODU <sub>k</sub>	客户侧	客户侧 SF 客户侧 SD
1+1	双向	SNC/I	单个	低阶 ODU000	一个低阶 ODU <sub>k</sub>	客户侧	客户侧 SF 客户侧 SD
1:1	双向	SNC/I	单个	低阶 ODU 000	一个低阶 ODU <sub>k</sub>	客户侧	客户侧 SF 客户侧 SD

A.2 客户侧SNC/Nc保护结构

图A.1给出了客户侧SNC/Nc保护机制。保护使用ODU<sub>k</sub>的连接功能，并使用ODU\_CI\_SSF作为保护的输入。这种保护是1+1 ODU<sub>k</sub> SNC/N的特例，OPU<sub>k</sub>作为附加的信号失效状态，客户信号的状态在CSF指示信号中显示。保护倒换的触发基于保护组末端ODU<sub>k</sub>P和OPU<sub>k</sub>-CSF的非介入监视。这种监视方式可用于支持内容分发应用下的双源端的1+1保护、点到多点单向SNC/Nc保护。

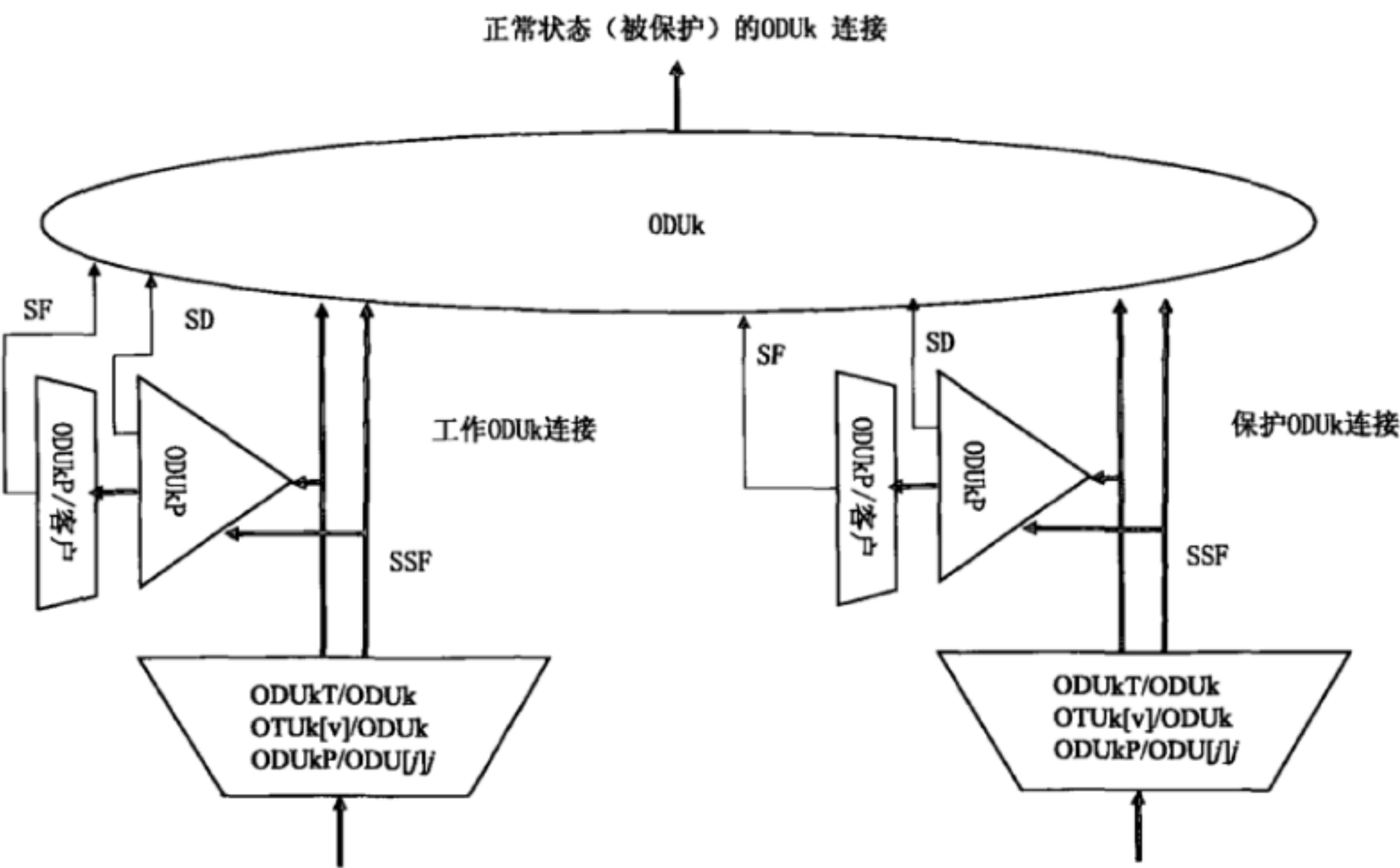


图 A.1 SNC/Nc 的功能模型



双源端的1+1保护结构,保护两个单向的具有相同信息的客户信号。其中一路客户信号由工作的ODU<sub>k</sub>携带,另外一路客户信号由保护的ODU<sub>k</sub>携带。通过监视ODU<sub>k</sub>和OPU<sub>k</sub>状态在末端进行倒换。

图A.1给出了SNC/Nc保护的原子功能模型。通过ODU<sub>k</sub>P和ODU<sub>k</sub>P/Client的非介入监视功能监视来自于OTU<sub>k</sub>[V]/ODU<sub>k</sub>\_A或ODU<sub>k</sub>T/ODU<sub>k</sub>\_A工作和保护的ODU<sub>k</sub>\_CI,提供SD或SF的倒换信息。保护倒换可以依赖于一个特定的ODU<sub>k</sub>/Client源端适配功能,该功能可以在客户信号失效的情况下激活OPU<sub>k</sub>-CSF。

### A.3 客户侧SNC/I保护结构

图A.2显示了客户侧SNC/I保护的模型。保护采用OTN网络外部的客户侧连接功能,并使用OTN中传输的OPU<sub>k</sub>-CSF作为保护的输入。

客户侧 SNC/I 保护需求客户信号在客户-网络的方向分别输入到两个不同的端口。端口仅将客户信号映射到 ODU<sub>k</sub>, 两个不同的 ODU<sub>k</sub> 信号在 OTN 网络中传输。在远端, 两个 ODU<sub>k</sub> 信号分别被终结, 并根据 ODU<sub>k</sub> 开销 (包括 OPU-CSF 信息) 解映射出正确的客户信号。图 A.2 给出了两种不同的选择机制。方式 a) 使用 Y 型光纤以及一个监视 ODU<sub>k</sub>P 的路径终结功能的控制进程来决定选择哪一路信号, 并控制客户侧的终结功能 (srv\_TT), 此时, 两个发送端仅有一路使能。方式 b) 使用一个外部光倒换开关, 并由 ODU<sub>k</sub>P 的路径终结功能来控制。

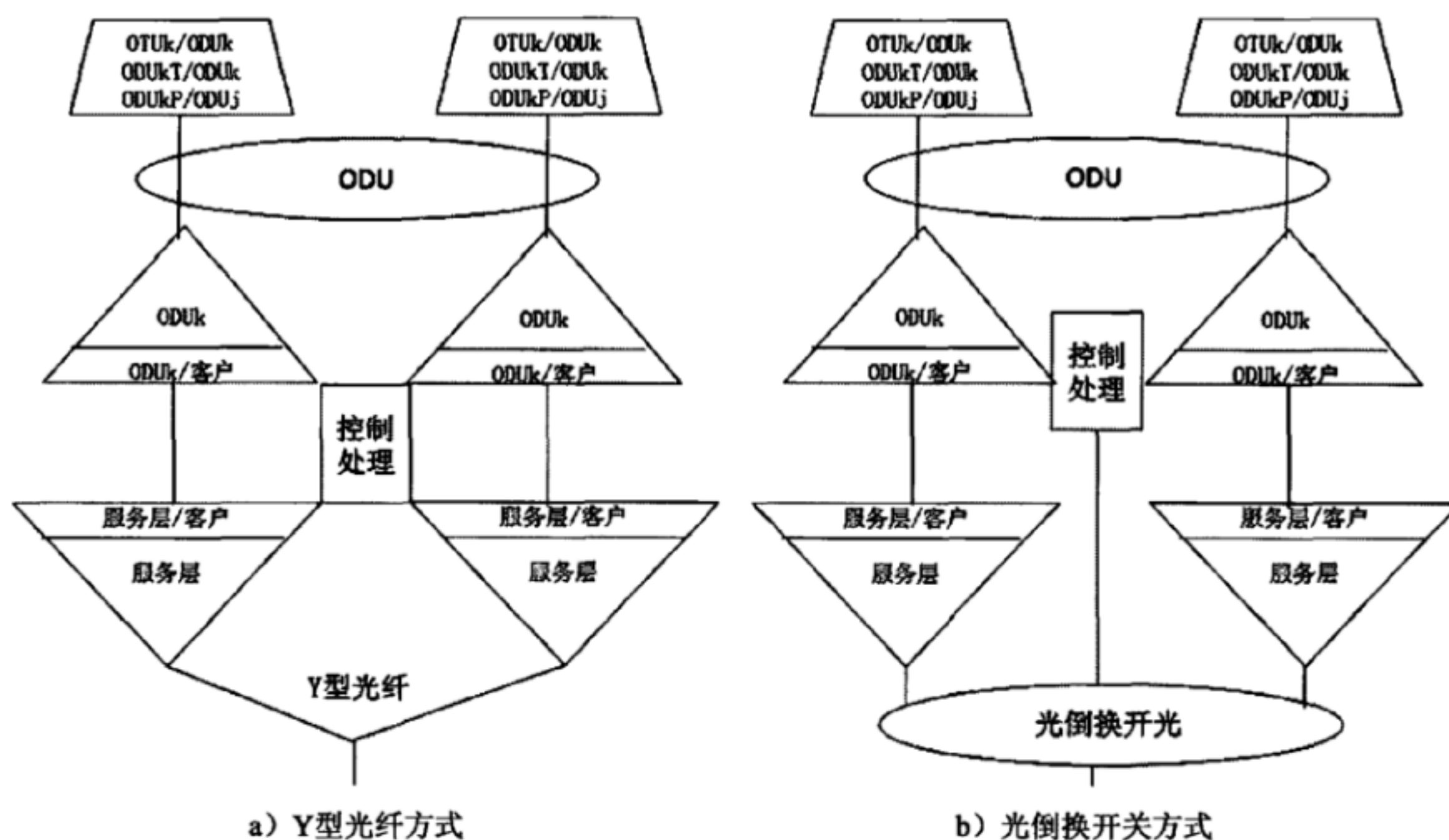


图 A.2 客户侧 SNC/I 保护结构

## 附录 B

### (资料性附录)

### ODUk 环网保护倒换机制

ODUk 环网保护适用于分布式业务网络, 在保护通路无额外业务, 所有节点处于空闲状态且光纤长度小于 1200km 时, 一旦检测到倒换事件, 保护倒换可在 50ms 内完成。

ODUk 环网保护应用分双纤和四纤两种情况。

#### B.1 双纤 ODUk 环网保护

由 4 个节点 A、B、C、D 构成的环的一段, 并假定 B 和 C 间的跨段出了故障, 如图 B.1 所示。在双纤环中, B 将把编号为  $1 \sim N/2$  (工作通路) 原先经 B 传至 C 的 ODUk 通路桥接到编号为  $N/2+1 \sim N$  (保护通路) ODUk 通路并从 B 经 A 绕着环最终返回到 C, 这个动作称为桥接 (Bridge)。节点 C 将把从 B 收到的经由 A 返回的保护通路倒换到走向 D 的工作通路, 这个动作称为倒换 (Switch)。

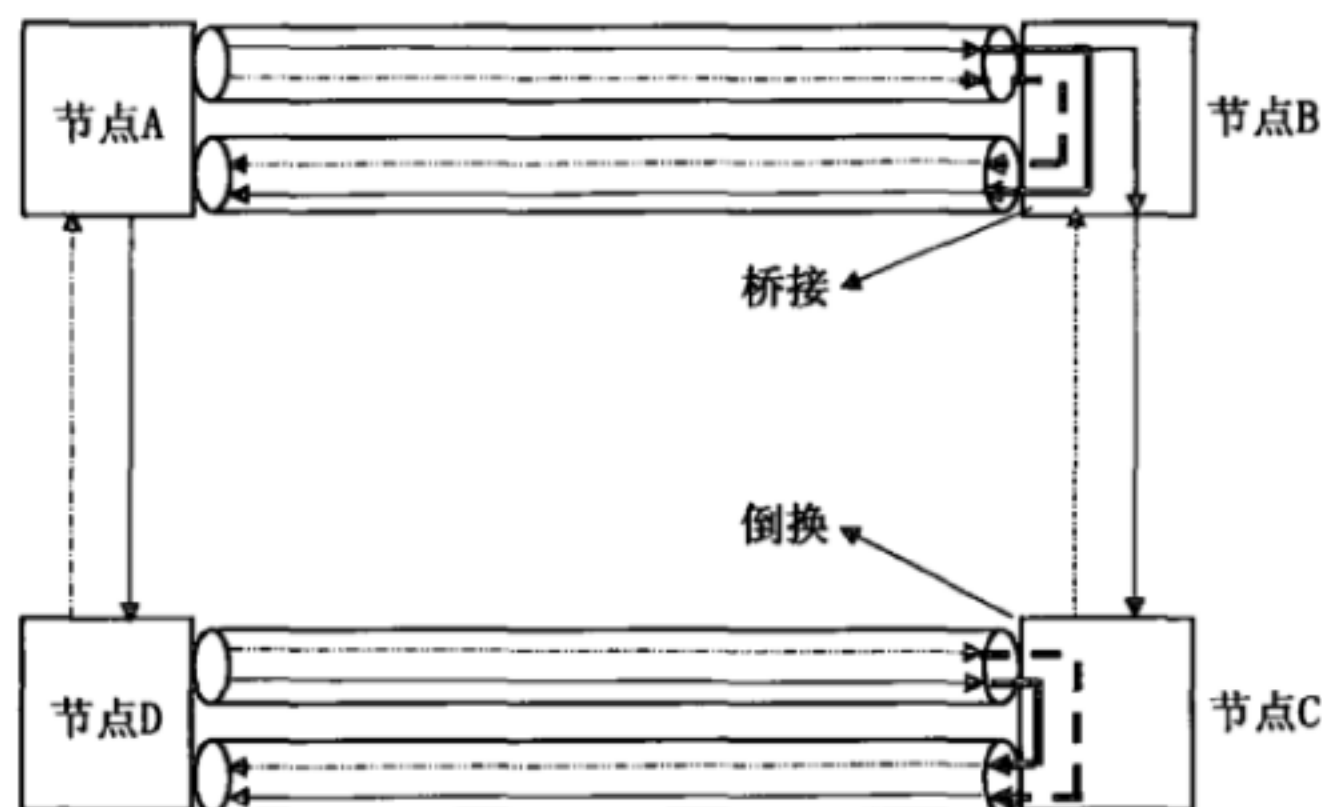


图 B.1 双纤 ODUk 环网保护中的桥接和倒换

上述例子的最终结果是所有原先从 B 经故障跨段向 C 送出的通路现在则从 B 沿环经由长路径通过节点 A 和 D 而送向 C, 系统的对称动作恢复了原先从 C 送往 B 的通路。

当故障消除后, 发出桥接请求的节点将撤消它们各自的请求和倒换, 环中其他节点停止保护通路和 APS 字节的直通。一般说, 业务只是从保护通路返回到工作通路。

#### B.2 四纤 ODUk 环网保护

该保护需在每个站点配置四块线路板卡, 其中两块作为西向工作和保护线路接口板卡, 另外两块作为东向工作和保护线路接口板卡, 并在每块线路接口板卡中指定一个 ODUk 时隙构成 ODUk 环网保护。

如图 B.2 所示, 由节点 A~F 构成 ODUk 环网, 实线为工作通路, 虚线为保护通路。假设节点 A、B 间和节点 D、F 间分别有 1 路 ODUk 业务。正常情况下:

节点 A、B 间业务路由为  $A \leftrightarrow B$  节点间的工作通路, 节点 D、F 间的业务路由为  $D \leftrightarrow E \leftrightarrow F$  间的工作通路。

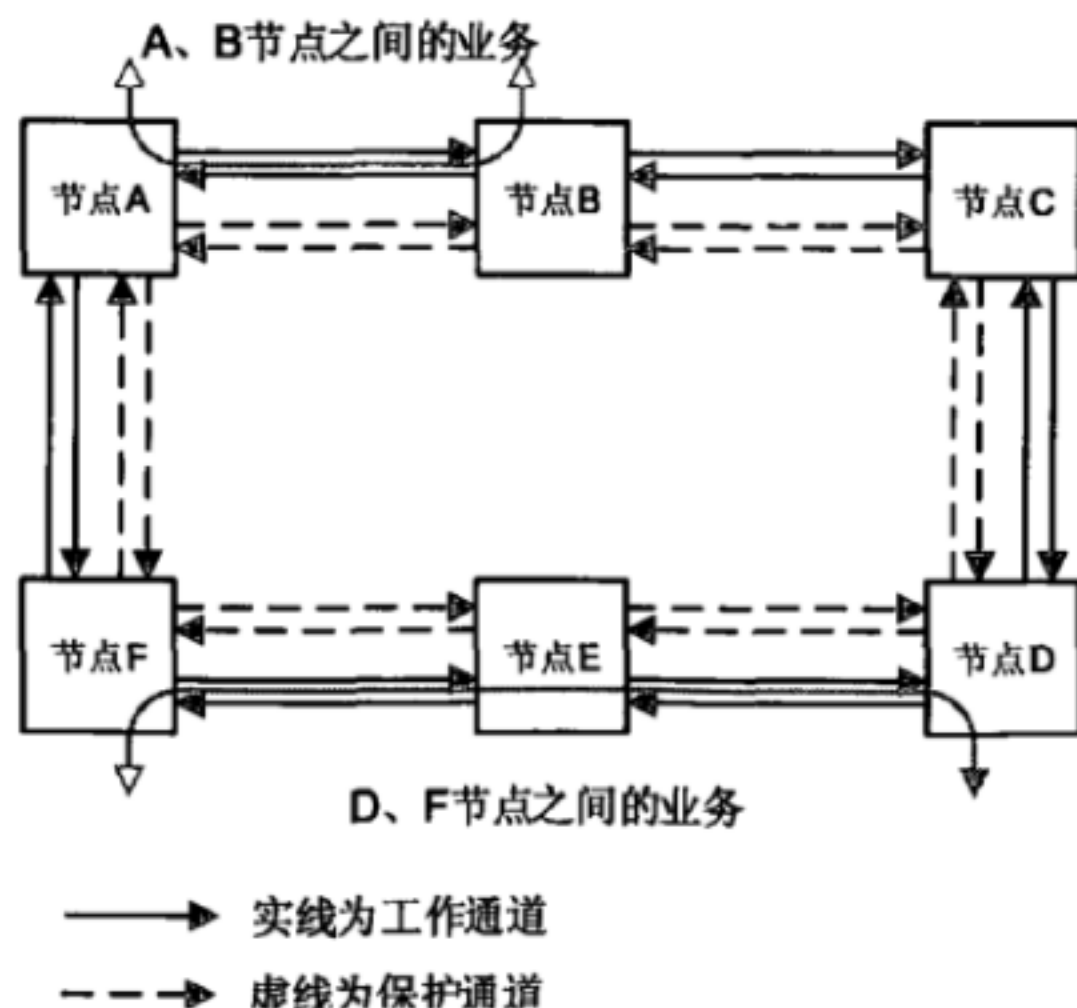


图 B.2 ODUk 环网保护示意

如图 B.3 所示, 若仅节点 A $\leftrightarrow$ B 间的工作通路出现故障, 则节点 D、F 间的业务不受影响, 而节点 A、B 间业务将受影响:

节点 A、B 检测到故障满足倒换条件, 将互相传送 APS 信息, 节点 A、B 将执行桥接和倒换, 此时节点 A、B 间的业务路由为节点 A $\leftrightarrow$ B 间的保护通路, 该保护路由与原业务路由同向, 即近端倒换路由。

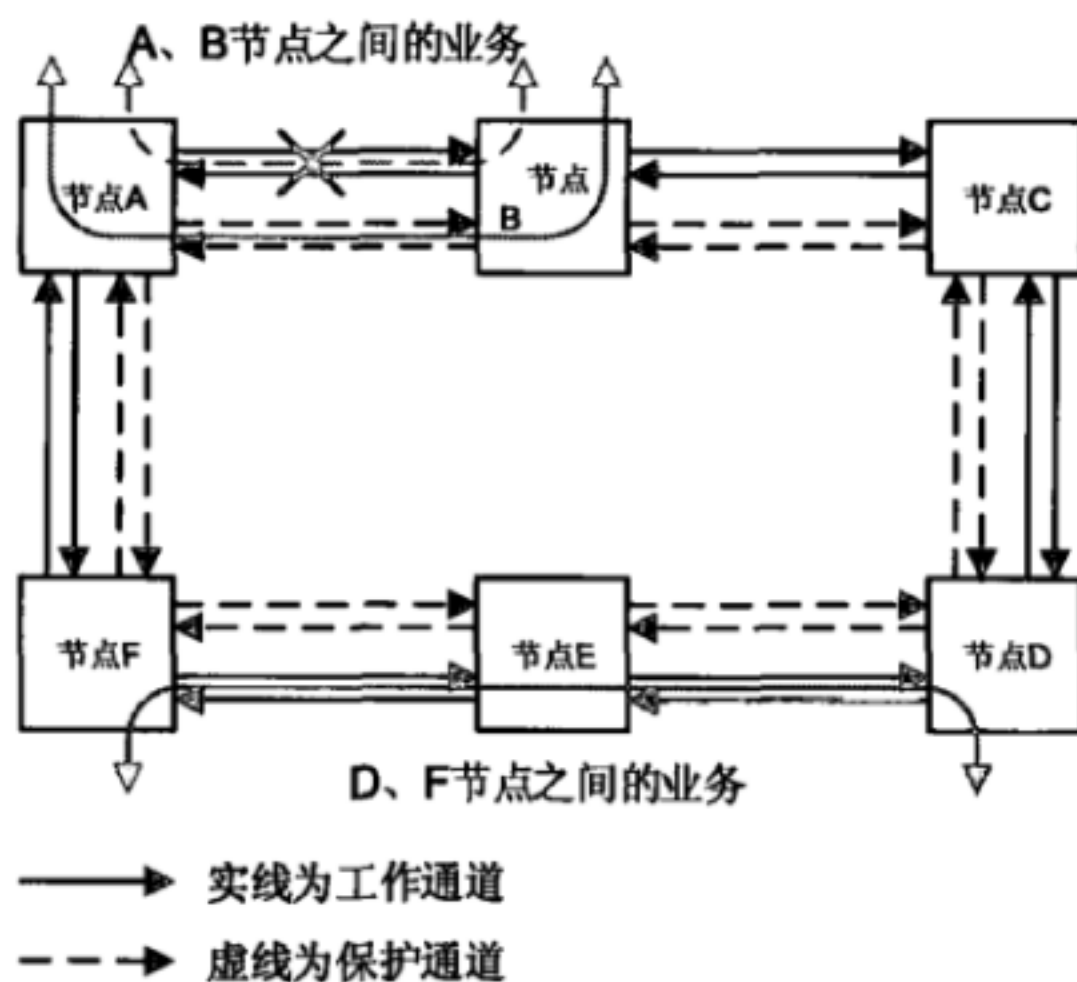


图 B.3 ODUk Ring 保护近端倒换示意

如图 B.4 所示, 若节点 A $\leftrightarrow$ B 间的工作通路、保护通路均出现故障, 同样节点 D、F 间的业务不受影响, 而节点 A、B 间业务将受影响:

此时节点 A、C 业务根据 APS 协议将改走远端保护路由 (与原业务路由逆向), 即采用节点 A $\leftrightarrow$ F $\leftrightarrow$ E $\leftrightarrow$ D $\leftrightarrow$ C $\leftrightarrow$ B 间的保护通路。

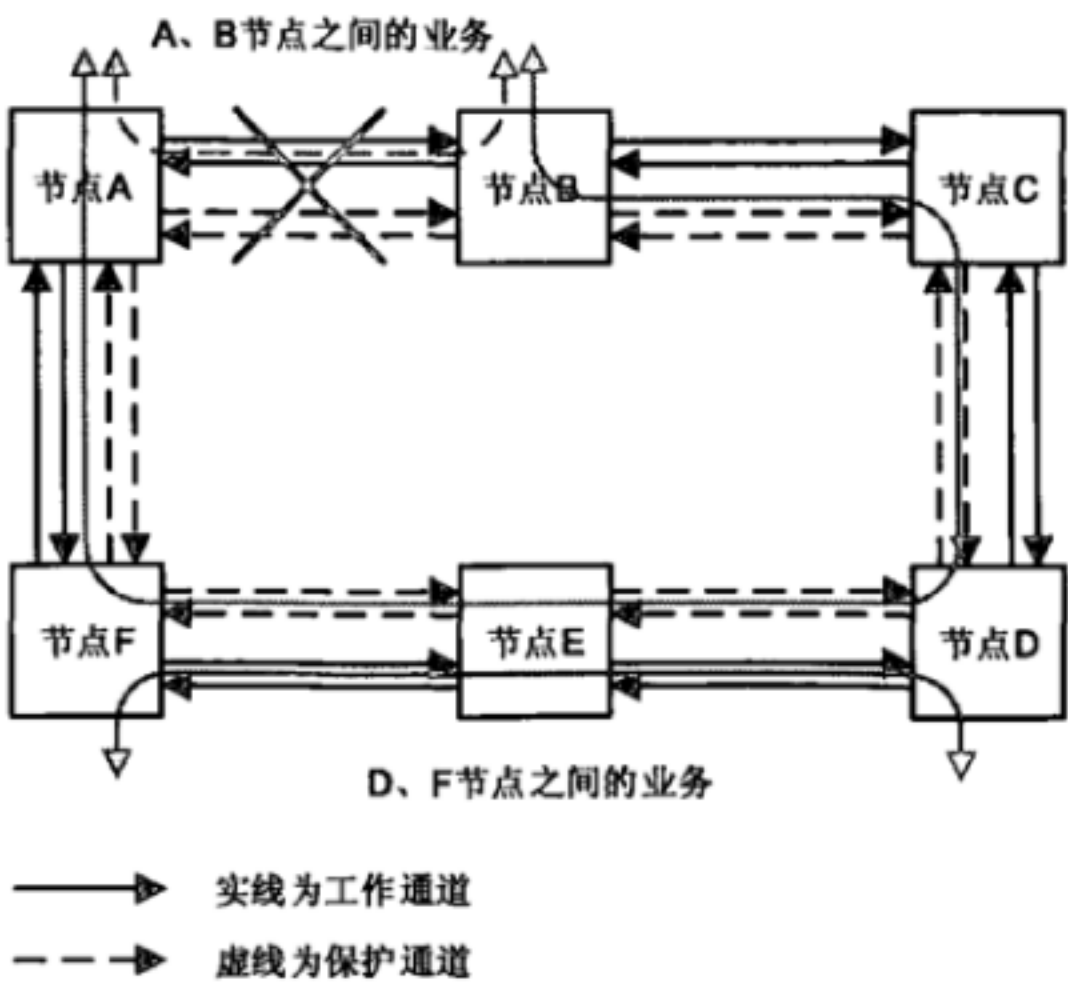


图 B.4 ODUk 环网保护远端倒换示意



## 附录 C

### (资料性附录)

### 超长环网保护应用

#### C.1 网络应用结构

对于 OTN 环网保护，当环中节点距离超过 1200km 时，对于某些类型的故障，完全采用通用共享保护环的保护方法将会导致恢复的传输路径变长，甚至超出环网周长，这种保护方法的固有时延会带来性能的劣化。

当倒换出现于某个超长环网时，所有受影响的通道在源节点桥接到保护通路上，保护通路在离开故障的路由上进行。当受影响的通道到达目标节点时，受影响的通道倒换到原先的下路点，如图 C.1 所示。这是通过利用本地节点的环构成图及 APS 协议完成的。图 C.1 和图 B.1 的差别说明了保护通路路径长度的差异。

因为在倒换节点没有环回，超长环网的应用消除了误连的问题，因此附录 D 所描述的阻错已无必要。此外，造成环倒换的单个和多个故障可通过简单的桥接和切换并利用环构成图信息，以同样方式进行处理。

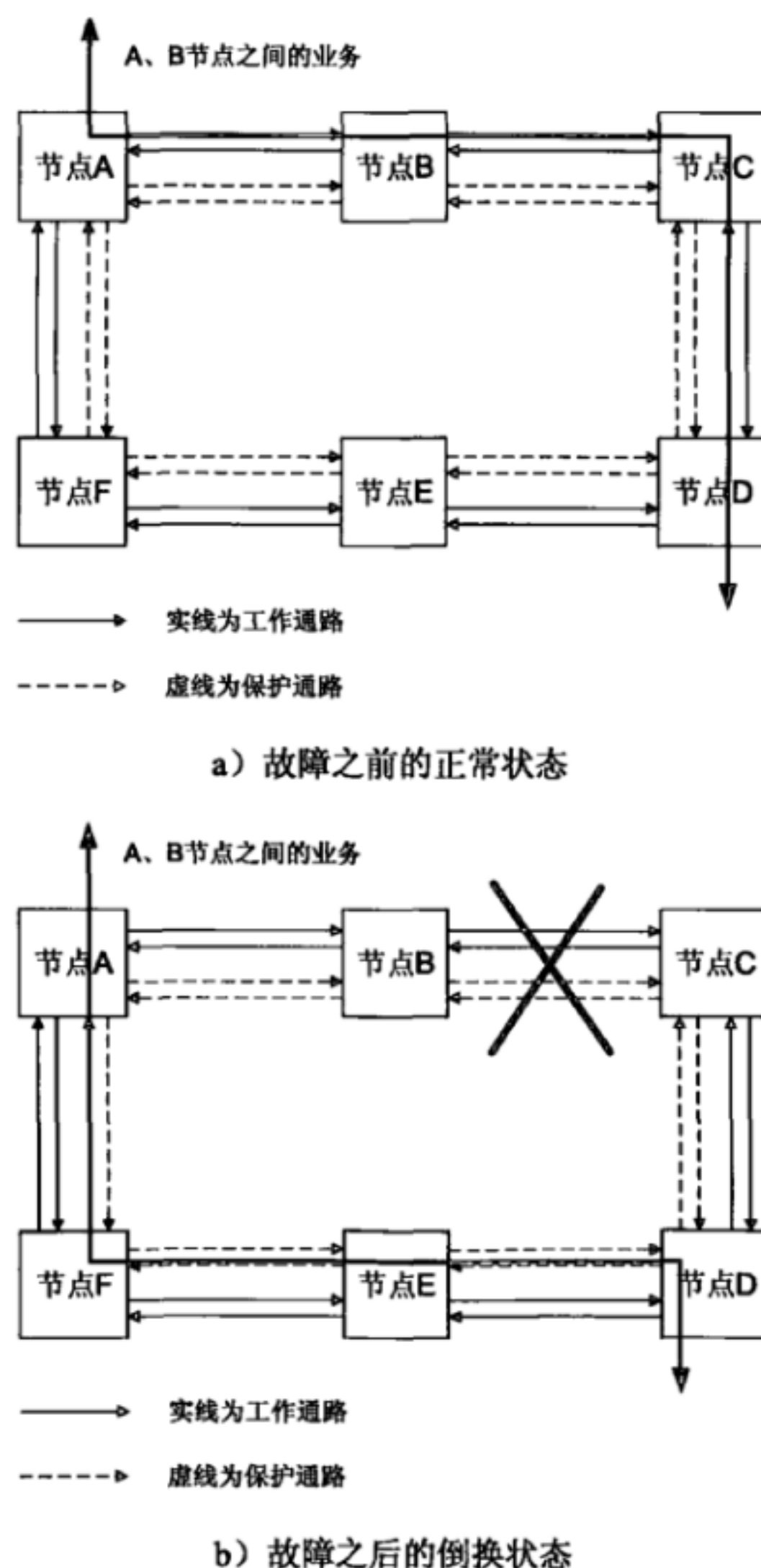


图 C.1 故障条件下超长环倒换的路由示例

## C.2 网络目标

对于超长共享环网应用，网络目标变化如下：

- a) 倒换时间：倒换完成时间应小于300ms，它与环是否承载额外业务无关。
- b) 保护程度：即使在多个同样优先级的桥接请求的条件下，环也应能恢复所有可能的业务。
- c) APS协议和实施方法包括以下情况：
  - 1) 阻断不再需要。
  - 2) 在故障发生期间，争先的额外业务可以在那些未用于恢复正常工作业务的保护通路上重建。
  - 3) 对于超长环网，环构成图用于倒换那些受中间节点故障影响的业务。推荐使用 GCC 通路来提供构成图所需的数据并保护其一致性。
  - 4) 如果存在一个环倒换同时在另一个跨段上出现要求环倒换的故障，那么如果桥接请求的优先级为信号失效或更高的情况，则两个环倒换都应建立，这将导致环被分割为两个分开的网络。

附录 D  
(资料性附录)

环网保护错连阻错功能

在环网保护（电层/光层）中，多个业务会共享一个跨段或多个跨段的保护资源。当发生单点（如节点）或多点（如多跨段）故障时，业务可能为接入同一保护通路而发生争用，从而导致业务错连的可能。

正常状态下的环网保护如图 D.1 所示。如果没有相应的错连阻错机制，下面的故障情况会造成错连。如图 D.2 所示，节点 F 的故障或跨段 H-G 和跨段 F-E 的故障会引起节点 A、F 之间的业务和节点 F、E 之间的业务同时试图接入保护通路，从而导致错连。

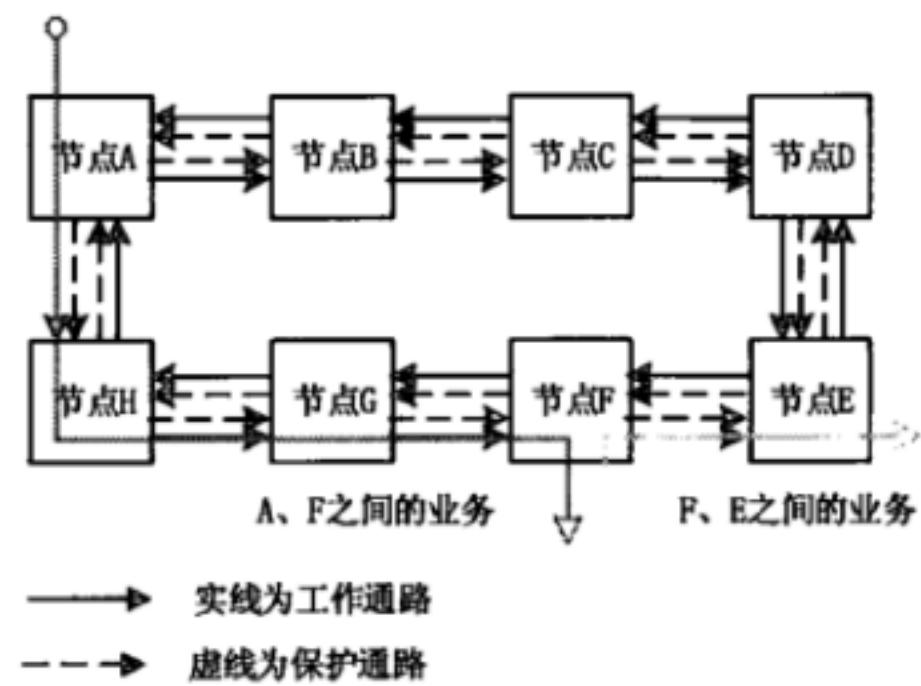


图 D.1 业务正常时的环网保护

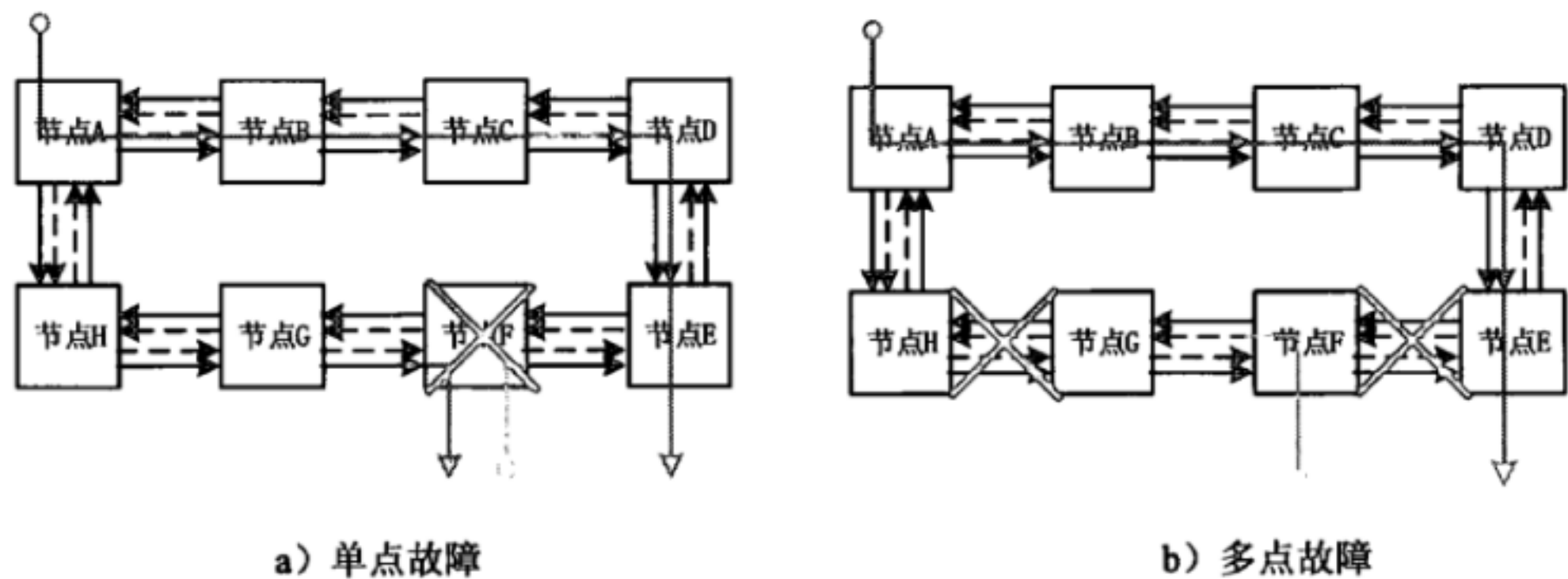


图 D.2 故障状态时的环网保护

错连阻错有以下两种情况：

a) 当被保护业务未被倒换到保护通路时，则不将此业务倒换到保护路径。

潜在的错连可以通过识别将要发起桥接请求的倒换节点作用的节点，以及通过检查将受到倒换影响的业务加以确定。倒换节点可以根据 APS 字节给出的节点地址来确定；根据包含在环构成图中的信息和根据倒换节点的识别符，保护节点确定受保护倒换影响的业务。在业务错连可能出现的通道中插入适当的 ODUk-AIS 或关闭激光器阻断潜在的错连。特别是在从环中因故障而孤立出来的节点处起源（插入）或分出的业务应该被阻断。例如，考虑一段由 A、B 和 C 构成环的一个片段中的 B 节点出现故障。在典型场合下，A 和 C 都将送出终止于 B 的桥接请求。当 A 收到来自于 C 的桥接请求并看到 B 是在 A 和 C 之间（根据节点构成图）时，可以得出结论是 B 从环中被隔离。A 和 C 将利用各自的节点构成图来找出哪些通路被 B 所插入和分出，在环倒换被执行之前 A 和 C 将通过插入 ODUk-AIS 或关断激光器来阻断这些通路。这样，环中任何与 B 相连接的节点都将收到这些通路上的 AIS。

b) 当被保护业务已被倒换到保护通路时,则需停止此业务在保护通路上的传输,即业务的上路节点把该业务从保护通路切回工作通路。

当环中有额外业务时,工作通路中的业务也可能因为接入载送额外业务的同一保护通路时隙而发生争用,这同样会导致业务错连的可能。为防止额外业务的错连,在倒换节点见到额外业务被移出保护倒换所需要的跨段之前,桥接和切换操作不排除在外。

对额外业务进行争先的节点可按下述方式阻断被争先的额外业务通路:

a) 对于执行一个跨段倒换的一个节点(该倒换对该跨段上的额外业务进行争先),可在那些在节点分出的额外业务通路或在节点穿通的额外业务通路的插入 ODUk-AIS 或关闭激光器方法将这个跨段阻断。

b) 对于一个进入完全穿通的节点,可在节点分出的额外业务通路插入 ODUk-AIS 或关闭激光器的方法而加以阻断。



## 附录 E

(资料性附录)

### 多层保护拖延时间设置

### E.1 多层保护的拖延时间设置

当存在多层保护的情况时，如图 E.1 所示，节点 B、C 间有服务层的保护组 1，节点 A、C 间有客户层的保护组 2，考虑到多层保护的协调，保护组 2 需要设置一定的拖延时间。

在此情况下，小步长拖延时间设置能有效解决多层保护可能导致总的倒换时间过长的问题。举例描述如下：

如果在节点 A、B 之间出现故障，由于保护组 1 无法使业务恢复，而保护组 2 设置了 100ms 拖延时间，这样总的业务受影响时间将大于 100ms。

如果将客户层保护组 2 配置较小步长的拖延时间如 10ms、20ms 时, 当节点 A、B 之间出现故障, 保护组 1 无法使业务恢复时, 而保护组 2 拖延时间减少, 这样总的业务受损时间将会减少。

同时考虑到要保证当节点 B、C 之间出现故障时，保护组 1 能够先检测到故障并进行倒换，因此拖延时间也不能配置太小，可根据需要设置为 30ms、40ms 等。

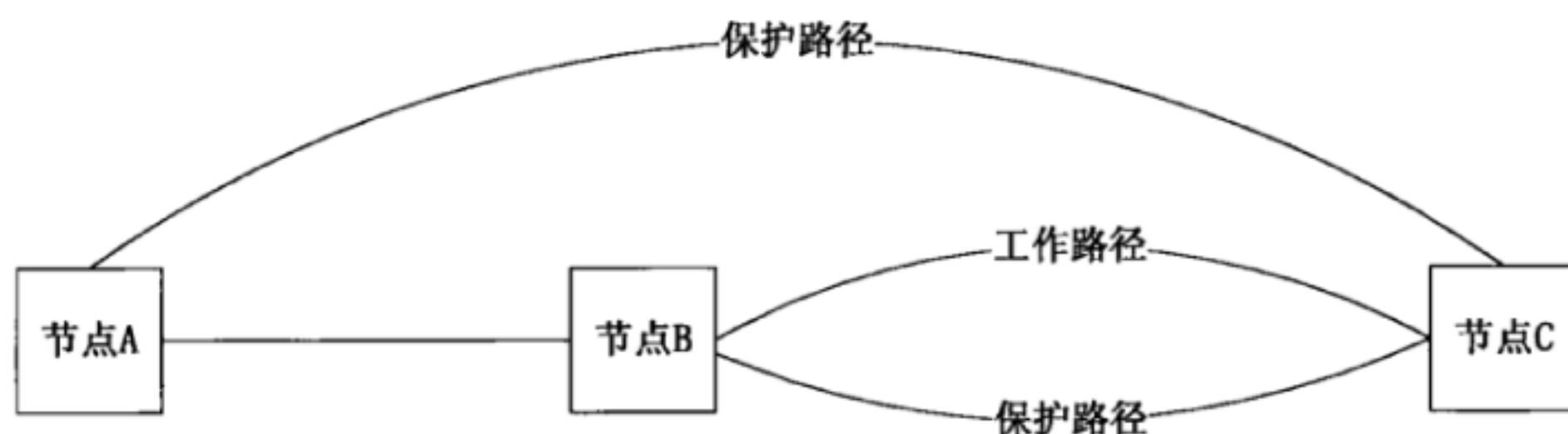


图 E.1 多层保护嵌套

## E.2 故障恢复场景下的拖延时间配置

故障恢复场景下的拖延时间配置可有效解决误倒换的问题。

如图 E.1 所示, 节点 B、C 间有服务层的保护组 1, 节点 A、C 间有客户层的保护组 2。当节点 A、B 之间、节点 B、C 之间的工作通道均出现故障时, 保护组 1 和保护组 2 均在节点 C 选收保护通道, 可能出现误倒换问题。

故障恢复的情况下，即节点 A、B 之间故障消失的情况下，可能保护组 1 和保护组 2 都在执行倒换动作，假如节点 B、C 间的工作通道光纤总长度远小于保护通道的长度，则可能抢先发现业务已经恢复。这样，多个保护组都在执行倒换，并且可能还会有互相影响。可能使得总的倒换时间超标。

如果配置其中一个保护组如保护组 1 延迟时间 100ms，在故障恢复的情况下，使得保护组 2 执行倒换动作，保护组 1 不执行倒换，当保护组 1 延迟计时完成后，工作通道和保护通道均正常状态，此时不再执行倒换动作，从而避免错误倒换。





中华人民共和国  
通信行业标准  
光传送网（OTN）保护技术要求  
YD/T 2713-2014

\*

人民邮电出版社出版发行  
北京市丰台区成寿寺路1号邮电出版大厦  
邮政编码：100164  
北京康利胶印厂印刷  
版权所有 不得翻印

\*

开本：880×1230 1/16 2015年9月第1版  
印张：2.25 2015年9月北京第1次印刷  
字数：59千字

15115 • 505

定价：25元

本书如有印装质量问题，请与本社联系 电话：(010)81055492