

国际电信联盟

ITU-T

国际电信联盟
电信标准化部门

G.664

(03/2006)

G系列：传输系统和媒质、数字系统和网络
传输媒质的特性 — 光部件和子系统的特性

光传送系统的光安全程序和要求

ITU-T G.664建议书

ITU-T G系列建议书
传输系统和媒质、数字系统和网络

国际电话连接和电路	G.100-G.199
所有模拟载波传输系统共有的一般特性	G.200-G.299
金属线路上国际载波电话系统的各项特性	G.300-G.399
在无线接力或卫星链路上传输并与金属线路互连的国际载波电话系统的一般特性	G.400-G.449
无线电话和有线电话的配合	G.450-G.499
传输媒质的特性	G.600-G.699
概述	G.600-G.609
对称电缆线对	G.610-G.619
陆上同轴电缆线对	G.620-G.629
海底电缆	G.630-G.649
光导纤维缆	G.650-G.659
光部件和子系统的特性	G.660-G.699
数字终端设备	G.700-G.799
数字网	G.800-G.899
数字段和数字线路系统	G.900-G.999
服务质量和性能 — 一般和与用户相关的概况	G.1000-G.1999
传输媒质的特性	G.6000-G.6999
经传送网的数据 — 一般概况	G.7000-G.7999
经传送网的以太网概况	G.8000-G.8999
接入网	G.9000-G.9999

如果需要进一步了解细目，请查阅ITU-T建议书目录。

光传送系统的光安全程序和要求

摘 要

为了在光传送网络的光接口上，特别是在采用大功率喇曼放大技术的系统的光接口上促成光学上（对人的眼睛与皮肤）安全的工作条件，本建议书对所用技术提出了指导原则和要求，用于限定位置和受控位置的设备。

由于对相关的 IEC 要求做了修订，本建议书原先的一个版本对 SDH 系统规定的 ALS 程序已不再必要，因此移到了一个资料性附录中。另外，本建议书还给出了新的关于采用大功率喇曼放大技术的系统的 APR 程序的指导原则。

来 源

ITU-T 第 15 研究组(2005-2008)根据 ITU-T A.8 建议书规定的程序于 2006 年 3 月 29 日批准了 ITU-T G.664 建议书。

前 言

国际电信联盟（ITU）是从事电信领域工作的联合国专门机构。ITU-T（国际电信联盟电信标准化部门）是国际电信联盟的常设机构，负责研究技术、操作和资费问题，并且为在世界范围内实现电信标准化，发表有关上述研究项目的建议书。

每四年一届的世界电信标准化全会（WTSA）确定 ITU-T 各研究组的研究课题，再由各研究组制定有关这些课题的建议书。

WTSA 第 1 号决议规定了批准建议书须遵循的程序。

属 ITU-T 研究范围的某些信息技术领域的必要标准，是与国际标准化组织（ISO）和国际电工委员会（IEC）合作制定的。

注

本建议书为简明扼要起见而使用的“主管部门”一词，既指电信主管部门，又指经认可的运营机构。

遵守本建议书的规定是以自愿为基础的，但建议书可能包含某些强制性条款（以确保例如互操作性或适用性等），只有满足所有强制性条款的规定，才能达到遵守建议书的目的。“应该”或“必须”等其他一些强制性用语及其否定形式被用于表达特定要求。使用此类用语不表示要求任何一方遵守本建议书。

知识产权

国际电联请注意：本建议书的应用或实施可能涉及使用已申报的知识产权。国际电联对无论是其成员还是建议书制定程序之外的其他机构提出的有关已申报的知识产权的证据、有效性或适用性不表示意见。

至本建议书批准之日止，国际电联已经收到实施本建议书可能需要的受专利保护的知识产权的通知。但需要提醒实施者注意的是，这可能并非最新信息，因此特大力提倡他们查询电信标准化局（TSB）的专利数据库。

© 国际电联 2006

版权所有。未经国际电联事先书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

目 录

	页码
1 范围	1
2 参考文献	1
3 术语和定义	2
3.1 定义	2
3.2 其他建议书中规定的术语	2
3.3 其他标准中规定的术语	3
4 缩写	3
5 一般考虑	4
5.1 避免损伤人的眼睛与皮肤要考虑的安全问题	4
5.2 保持光纤免受损害要考虑的问题	5
6 程序和指导原则	5
6.1 概述	5
6.2 采用分离式光放大的系统的 APR 程序	6
6.3 以分布式喇曼放大为基础的系统的 APR 程序	8
附录一 — 采用 OAC 的系统（包括以喇曼放大为基础的系统）的 APR 体系结构示例	10
I.1 关于自动重启时采用 OAC 而不采用重启脉冲的考虑	10
I.2 采用同向传播 OSC 的 APR 程序的说明	10
I.3 采用反向传播 OSC 的 APR 程序的说明	12
附录二 — 单路点对点 SDH 系统的 ALS/APSD 程序的说明	13
II.1 引言	13
II.2 不带线路放大器的单路点对点 SDH	14
II.3 带线路放大器的单路点对点 SDH	18

光传送系统的光安全程序和要求

1 范围

为了在光传送网络的光接口上，包括在常规 SDH 系统的光接口上促成光学上（对人的眼睛与皮肤）安全的工作条件，本建议书对所用技术提出了指导原则和要求，用于限定位置和受控位置的设备。

关于光学上的安全级别的实际规定和规范不在本建议书的考虑范围之内(IEC 给出了这些规定和规范)。

主要应用领域是采用喇曼放大的光传送网所用的系统和信道数量较大的 DWDM 系统。为了便于操作这些系统，本建议书重点放在采用自动重启的功率自动降低（APR）技术上。

由于希望能向下兼容已不再有效的关于光安全课题的建议书，本建议书对采用或不采用线路放大器的单路或多路 SDH 系统情况下的安全程序做了说明。本建议书原先的一个版本中规定了激光器自动关闭（ALS）和功率自动切断（APSD），在 ITU-T G.691、G.693、G.695、G.957 和 G.959.1 建议书中对程序为何将重启脉冲用于 ALS 和 APSD 做了澄清。

还考虑了 ITU-T G.692 建议书中说明的双向传输的影响。

为保证在较高的光功率电平下工作时光纤不受损，给出了一些参考文献。

2 参考文献

下列 ITU-T 建议书和其他参考文献的条款，通过在本建议书中的引用而构成本建议书的条款。在出版时，所指出的版本是有效的。所有的建议书和其他参考文献都面临修订，使用本建议书的各方应探讨使用下列建议书和其他参考文献最新版本的可能性。当前有效的 ITU-T 建议书清单定期出版。本建议书中引用某个独立文件，并非确定该文件具备建议书的地位。

- ITU-T Recommendation G.662 (2005), *Generic characteristics of optical amplifier devices and subsystems.*
- ITU-T Recommendation G.665 (2005), *Generic characteristics of Raman amplifiers and Raman amplified subsystems.*
- ITU-T Recommendation G.691 (2006), *Optical interfaces for single channel STM-64 and other SDH systems with optical amplifiers.*
- ITU-T Recommendation G.692 (1998), *Optical interfaces for multichannel systems with optical amplifiers.*
- ITU-T Recommendation G.693 (2006), *Optical interfaces for intra-office systems.*

- ITU-T Recommendation G.783 (2006), *Characteristics of synchronous digital hierarchy (SDH) equipment functional blocks.*
- ITU-T Recommendation G.872 (2001), *Architecture of optical transport networks.*
- ITU-T Recommendation G.957 (2006), *Optical interfaces for equipments and systems relating to the synchronous digital hierarchy.*
- ITU-T Recommendation G.959.1 (2006), *Optical transport network physical layer interfaces.*
- IEC 60825-1 (2001), *Safety of laser products – Part 1: Equipment classification, requirements and user's guide.*
- IEC 60825-2 (2005), *Safety of laser products – Part 2: Safety of optical fibre communication systems (OFCS).*
- IEC/TR 61292-4 (2004), *Optical amplifiers – Part 4: Maximum permissible optical power for the damage-free and safe use of optical amplifiers, including Raman amplifiers.*

3 术语和定义

3.1 定义

本建议书规定下列术语：

3.1.1 automatic laser shutdown (ALS) 激光器自动关闭：自动切断激光发送器和光放大器输出功率以避免处于危险等级的一种技术（程序）。

3.1.2 automatic power reduction (APR) 功率自动降低：自动降低光放大器输出功率以避免处于危险等级的一种技术（程序）。

3.1.3 automatic power shutdown (APSD) 功率自动切断：自动切断光放大器输出功率以避免处于危险等级的一种技术（程序）；在本建议书范围内，APSD 一词等同于 ALS 一词。

3.1.4 loss of continuity (of an optical link) （光链路）连接中断：可引起光传输系统的通路上某个位置发射危险光功率电平的任何事件。光链路连接中断的常见原因为光缆断裂、设备失效、连接器松脱等。

3.1.5 optical auxiliary channel (OAC) 辅助光信道：某个光信号在光纤连接中断的情况下失效但不需要危险光功率即可满意工作。OAC 的一种实现方式是采用一条监视光信道（OSC）。

3.1.6 main (optical) path 主（光）通路：发送设备的 MPI-S、S 或 S' 点与接收设备的 MPI-R、R 或 R' 点之间的设备。

3.1.7 main path interfaces 主通路接口：连至光纤设备的接口。

3.2 其他建议书中规定的术语

本建议书采用其他建议书中规定的下列术语：

Loss of Signal (LOS)	信号丢失	ITU-T G.783 建议书
LOS overhead (LOS-O)	LOS 开销	ITU-T G.798 建议书
LOS payload (LOS-P)	LOS 有效载荷	ITU-T G.798 建议书
Optical Multiplex Section (OMS)	光复用段	ITU-T G.872 建议书
Optical Supervisory Channel (OSC)	监视光信道	ITU-T G.692 建议书

3.3 其他标准中规定的术语

本建议书采用 IEC 标准中规定的下列术语：

Laser Class	激光类别	IEC 60825-1
Hazard Level	危险等级	IEC 60825-2
Unrestricted locations	非限定位置	IEC 60825-2
Restricted locations	限定位置	IEC 60825-2
Controlled locations	受控位置	IEC 60825-2

4 缩写

本建议书采用下列缩写：

AEL	可用发射限值
ALS	激光器自动关闭
APR	功率自动降低
APSD	功率自动切断
ASE	放大的自发发射
BA	功率提升放大器
DEMUX	去复用器
dLOS	信号丢失缺陷
IaDI	域内接口
LA	线路放大器
LOS	信号丢失
LOS-O	LOS 开销
LOS-P	LOS 有效载荷
MPE	最大可允许暴露
MPI	主通路接口
MPI-R	主通路接口接收参考点
MPI-S	主通路接口信源参考点
MSP	复用段保护
MUX	复用器
OA	光放大器
OAC	辅助光信道
OAR	光放大接收器
OAT	光放大发送器
OMS	光复用段
OSC	监视光信道
OTN	光传送网

OTS	光传输段
PA	前置放大器
SDH	同步数字体系
WDM	波分复用

5 一般考虑

5.1 避免损伤人的眼睛与皮肤要考虑的安全问题

IEC 60825-2 对激光类别与危险等级之间的差别做了澄清。下面的文字即摘自 IEC 60825-2。

“类别：‘类别’一词指的是以发射等级为基础的一种分类方案，用于对某种产品或某种内发射器的安全进行分类。这些等级用 IEC 60825-1 中的可用发射限值来说明。共分为 1 至 4 类，1 类指在合理的可预见条件下是安全的，4 类指可能的最危险情况。在 IEC 60825-1 中，产品的分类以合理的可预见工作条件为基础，包括单个故障条件。”

“危险等级：本标准所用的术语‘危险等级’指在端对端光纤通信系统中在使用和维护时可以接触到的任何位置，或在出现失效或光纤中断情况的位置因激光器发射引起的可能危险。评估危险等级采用 IEC 60825-1 中说明的各类别可用发射限值。”

“一个完整的光纤通信系统不会用 IEC 60825-1 所要求的方式分类。这是因为对于所需的操作，光辐射是完全封闭的，而且已经表明，如果严格解释 IEC 60825-1 的话会令所有的系统都划分为 1 类，不能准确反映可能的危险。”

“根据这一表述，一个完整的光纤通信系统可以被认为是一个 1 类激光产品，因为在正常条件下发射是完全封闭的（像激光打印机），保护外壳之外不应漏光。只有在光纤断裂或光连接器松脱的情况下人才可能受到光辐射，发生危险（如果内发射器或放大器具有足够大的功率的话）。”

“因此，务必对每一个光输出端口评估其危险等级。危险等级限值取决于‘主要’波长范围，同时要考虑 IEC 60825-1 为不同的波长范围规定了不同的限值。详细情况见 IEC 60825-1。另外，本标准允许采用功率自动降低（APR）技术，以便根据光纤中的正常功率和功率自动降低的速度获得较低的（危险性较小的）危险等级。”

在本建议书中，附录二还对激光器自动关闭（ALS）技术（使用 SDH 系统的情况下）做了说明，这种技术原本也是要达到同样的目的，即提供安全的工作环境。

注 1 — 过去几年功率自动切断（APSD）一词也一直用于有光放大器的系统。由于 ALS 一词使用的年限更长，在本建议书中将采用 ALS 一词，同时要注意到在本建议书范围内 APSD 一词是想要等同于 ALS 一词的。

关于各种类别和危险等级限值的具体情况分别在 IEC 60825-1 和 60825-2 中给出。IEC/TR 61292-4 对各种安全类别的实际等级和功率降低时间做了进一步澄清。

还应进一步注意到，对危险等级评估而言，应只考虑在合理的可预见条件下可能出现的功率电平。IEC 60825-2 对规定“合理的可预见”的含义做了说明并提出了指导意见。

就本建议书而言，假定一般情况下 OTN 设备(包括 SDH 设备)只部署在受控和限定位置。在 IEC 60825-2 中，规定设备的危险等级在限定位置不得超过 1M，在受控位置不得超过 3B。这些规定超出了本建议书的范围，见 IEC 60825-2。

注 2— 在 IEC 60825-1 和 60825-2 原先的版本中，分别采用 3A 类别和 3A 危险等级。在现场部署的许多系统中，有可能已使用 3A 危险等级。在最新的 IEC 60825-1 和 60825-2 中，该 3A 类别已由一个新的 1M 类别取代。尤其是在 1550 nm 窗口内，3A 暴露限值固定，而 1M 等级则不同，它由一个公式表示，因此取决于 IEC 60825-1 规定的若干因素（如暴露时间、波长、光纤模场直径、测量直径和测量距离）。对于本建议书所述的应用而言，由于波束从光纤内向自由空间的发散，1M 危险等级限值通常高于原先的 3A 危险等级限值。在本建议书中，采用 1M 危险等级作为一般基准，而不用原先的 3A 危险等级。对于危险等级评估仍为 3A 的情况，建议采用 1M 危险等级适用的指导原则。

对于在受控位置和限定位置光纤的运行功率分别超过 1M 或 3B 危险等级的系统，必须采用 APR 或 ALS 能力，以便牢靠地把运行功率电平降低到相关位置适用的安全等级之下。其他具体要求见第 6 节的规定。

另外，IEC 60825-2 提供了关于 APR 程序可靠性的指导原则。

5.2 保持光纤免受损害要考虑的问题

如果光纤工作于较高的光功率电平，则光纤和光连接器在一定条件下可能会受损。光纤和光连接器在这种大功率下工作，其某些方面还间接涉及安全问题。例如，承载较大光功率的连接器的脏污后局部发热可能会引发燃烧。

IEC/TR 61292-4 就下列议题给出了各种指导意见：

- 光纤熔融及其传播；
- 连接器或接头处损耗引起的发热；
- 灰尘/脏污引起的连接器端面受损；
- 光纤死弯引起的光纤涂层烫伤/融化。

另外，ITU-T 建议书 G 系列的增补 39 纳入了关于下列议题的资料：

- 光功率安全的最佳做法。

特别指出，光纤熔融的传播有可能引起燃烧危险。尽管本建议书中所述的功率自动降低技术可限制光纤熔融的传播，但不能把它看做此类功率降低技术的一个主要目标。

6 程序和指导原则

6.1 概述

出于对人眼安全的考虑，按照 IEC 60825-1 和 IEC 60825-2，可能有必要在一段主光通路上出现光功率损耗的情况下提供某种（光）功率自动降低（APR）能力。例如，这种功率损耗可能是由光缆断裂、设备失效、连接器松脱等引起的。这种状况通常指的是光纤链路中的连接中断。为便于链路重新连接后的系统恢复，建议采用带自动重启的 APR 程序，并且进一步建议不采用需要人工重启的 APR 程序。

6.2 和 6.3 节给出了功率自动降低 (APR) 的基本要求和指导原则, 还给出了重启程序, 功率电平在限定位置超过 1M 危险等级和在受控位置超过 3B 危险等级的系统 (包括 OTN 应用) 不可避免地要使用这些程序。

注 1 — 重启的停用机制可能也是需要的, 例如, 避免过早的重启尝试扰乱断裂光纤的修复工作。

注 2 — 尽管 IEC 60825-2 允许在受控位置使用危险等级为 3B 的系统, 但还是应注意到, 危险等级限定为 1M 的系统 (无论直接限制还是通过 APR 机制限制) 无论在限定位置还是在受控位置使用都是可以接受的, 因此会部署得更为广泛。

在本建议书原先的一个版本中, 使用了定期发射的 (重启) 脉冲以便于系统的恢复。对于在可横向兼容的程序中安排重启而言, 使用脉冲是一种特别方便的手段。不过, 正如附录二所做的澄清, 由于 IEC 修订了安全要求, 已不再认为使用满运行功率的重启脉冲是合适的。由于 ITU-T 尚未提出其他可横向兼容的 APR 程序, 建议具体规定光功率等级为 1M (在受控位置为 3B) 或危险等级更低的可横向兼容的接口。

正如第 5 节所做的澄清, 按照 IEC 60825-2, 对于危险等级为 1 和 1M 的系统, 不必提供功率降低程序。更进一步讲, 对于受控位置危险等级为 3B 的系统, 不必提供功率降低程序。目前在 ITU-T G.691、G.693、G.695、G.957 和 G.959.1 建议书中具体规定的光功率电平皆为 1M 或更低的危险等级。尤其是 ITU-T G.693 和 G.957 建议书的光功率电平均为危险等级 1, 因此被认为十分安全。在讨论第一版 ITU-T G.957 建议书时, 认为 APR 对维持足够的光安全是必要的。因此规定了一个关闭程序 (称为 ALS)。由于过去已广泛采用了该程序 (该程序被认为对上述应用已不再必要), 例如用于 SDH 终端设备, 附录二仍出于历史原因而纳入了该程序。

6.2 采用分离式光放大的系统的 APR 程序

在本节中, 以分离式光放大为基础给出了系统功率自动降低 (APR) 的基本要求和指导原则, 在这些系统中, 功率电平在限定位置超过 1M 危险等级和在受控位置超过 3B 危险等级 (包括 OTN 应用) 是不可避免的。

在本建议书中, 与其他情况相同, 在运行功率 (主光信号) 与光接口的泵激光器输出功率之和超过 IEC 60825-2 规定的适用危险等级时, APR 技术是必要的。总的功率是所用的功率中所有光信道中任一方向的功率、所有泵激光器输出功率与辅助光信道 (OAC) 功率三者之和。在本建议书的范围内, 监视光信道 (OSC) 被认为是 OAC 的一个特定补充。

在 6.1 节中, 建议只采用能触发自动重启的 APR 程序。在本建议书公布之时确认的能够提供自动重启的 APR 方法只有那些以 OAC 的使用为基础的方法。因此为了完成重启, 建议采用具备一条 OAC 的 APR 程序。附录二给出了具体的实施示例。在本建议书公布之时尚未规定可横向兼容的 OAC, 因此需要进一步研究适于支持在横向兼容光接口上操作的可自动重启的 APR 程序规范。

完成功率降低的时间长度取决于实际的运行功率电平。换言之，功率电平越高，关闭时间越短。关闭时间的要求可由 IEC 60825-1 计算得出。

在降低功率之后，剩余的总的功率电平，即所有光信道功率、剩余泵激光器输出功率与 OAC 功率三者之和，务必不超过 1M（或在受控位置不超过 3B）危险等级，同时应注意到总的功率降低到危险等级 1 之下甚至完全切断功率也不能排除。

图 1 示出了 OTN 应用中一个 APR 的一般性说明。对于采用 OAC 的系统，附录一给出了 APR 程序的若干实施示例。

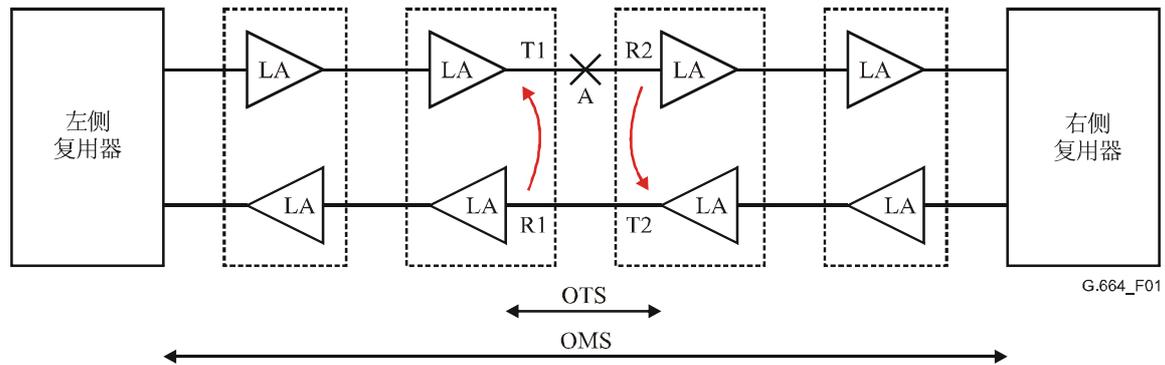


图 1/G.664—光缆连接中断情况下APR能力的说明

在图 1 中 A 点发生连接中断的情况下，用接收接口 R2 处出现的 LOS 缺陷指示符来降低发送接口 T2 处的输出功率，T2 接口是相反方向临近的信源。在接收接口 R1 处对此进行检测，而 R1 接口又接着降低了发送接口 T1 处的输出功率。R1 接口检测功率降低的原理需要进一步研究。在 OTN 应用中，可采用 LOS-O（LOS 开销）和 LOS-P（LOS 有效载荷）。LOS-O 和 LOS-P 的定义见 ITU-T G.798 建议书。

注 1— 在上述一般性说明中，OTS 中受影响链路和相反传播方向链路的功率都要降低。在 I.3 节中，给出了一个示例程序，其中只有受影响链路的功率降低了。

注 2— 在 ITU-T G.798 建议书中，为 OTN 应用规定了一个 APR 命令。

从 OTS 中的连接中断之时起，对于受影响 OTS 中的所有的光输出，必须在一定时间（最长 3 s）内将限定位置的功率降到 1M 危险等级（或在受控位置降到 3B 危险等级）。具体关闭时间取决于实际使用的光功率，可由 IEC 60825-1 中的最大可允许暴露（MPE）规范计算得出。

注 3— 虽然未排除对受影响 OMS 段中的其他放大器采取的次要措施，包括对 OMS 之外的设备（如单路设备）可能启用的措施，但有一项相应的规范被认为超出了本建议书的范围。此等次要措施不得干扰对受影响 OTS 采取的安全程序。

如果 OTS 中的连接已经修复，就需要自动重启以恢复 OTS 中的传输。恢复了链路连接，从连接中断发生之时起 100 s 过后就可恢复高于 1M（或在受控位置为 3B）危险等级的功率。时间短于 100 s 也可以，但必须考虑到在 100 秒时间段内有可能出现多重暴露，有可能需要更短的 APR 功率降低时间。

出于实际原因，上述 APR 程序最好不导致下游随之发生告警。换言之，告警通知应只由受影响的 OTS 产生。

注 4 — 对于向下兼容性而言，已经安装的带线路放大器的 SDH 多路系统在所用的输出功率为 3B 危险等级（受控位置的情况）时，允许使用下述 II.3 节说明的 ALS 程序（图 II.1 所示 ALS 程序，但时间要求有改动）。此时，按照图 II.5 和具体实施方案，“Tx”既可以是与经适当改动的 MUX/OA 设备组合在一起的任何 SDH 发送器，也可以是与 MUX/OA 设备组合在一起的任何 SDH 发送器。此外，“Rx”既可以是与经适当改动的 OA/DEMUX 设备组合在一起的相应 SDH 接收器，也可以是与 OA/DEMUX 设备组合在一起的相应 SDH 接收器。

注 5 — 双向系统一定要满足同样的光安全要求，并将采用与单向系统相同的原则。此等程序的确切规范有待进一步研究。

6.3 以分布式喇曼放大为基础的系统的 APR 程序

需要特别关注采用分布式喇曼放大的光传输系统，确保光学上安全的工作条件，因为较大的泵功率（高于+30 dBm 的功率电平也并非罕见）可能会输入光缆内。因此，对于运行功率电平高于 1M（或在受控位置高于 3B）危险等级的采用喇曼放大的所有系统，建议采用 APR 程序。采用这种方式，可避免激光辐射对人的眼睛或皮肤造成的危险以及其他危险，如由于连接器脏污或损坏时局部吸收增加引起的温度增高（甚或燃烧）。5.2 节已经提到，IEC/TR 61292-4 给出了进一步的指导意见。

由于在链路的“接收”侧可能存在泵激光器，会在链路中后向产生较大的光功率，以分布式喇曼放大为基础的系统不同于离散的光放大系统。为了确保从断裂或脱落的光纤连接器处发射的功率电平处于安全级别内，必须不仅降低主光信号源的功率，也降低所用全部泵激光器的功率，包括反向泵激光器的功率。由于喇曼泵的工作波长通常有别于实际数据信号，需要对所用的各种波长（因而既包括泵激光器波长，也包括主信号波长）分别进行评估。

出于与采用离散式光放大（见 6.2 节）的系统同样的原因，对于采用分布式喇曼放大的系统，建议只采用可触发自动重启的 APR 程序。因此，还建议在此种情况下采用带有 OAC 的 APR 程序，以完成自动重启。具体实施示例见附录一。在本建议书公布之时尚未规定可横向兼容的 OAC，因此需要进一步研究适于支持在横向兼容光接口上操作的可自动重启的 APR 程序规范。

在降低功率之后，剩余的总的功率电平，即所有光信道的功率、采用分布式喇曼放大的情况下泵激光器的功率与 OAC 功率三者之和，务必不超过 1M（或在受控位置不超过 3B）危险等级，同时应注意到总的功率降低到危险等级 1 之下甚至完全切断功率也不能排除。

另外，对于本节说明的 APR 程序，6.2 节规定的定时要求适用。

对于以分布式喇曼放大为基础的应用，图 1 所示的配置必须修改，因为在受影响的段内可能存在正向/反向泵功率。

图 2 示出了一个采用分布式喇曼放大的系统中一个特定接力段（可能分为多重接力段）正反两个方向的泵激光器配置。T1 和 T2 表示该段的发送接口，而 R1 和 R2 表示接收接口。

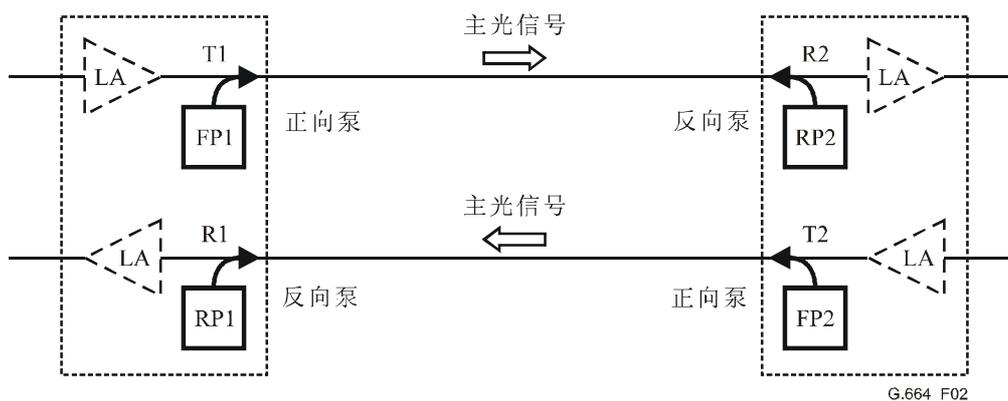


图 2/G.664—在采用分布式喇曼放大的多重接力段传输系统中正向和反向泵激光器的配置

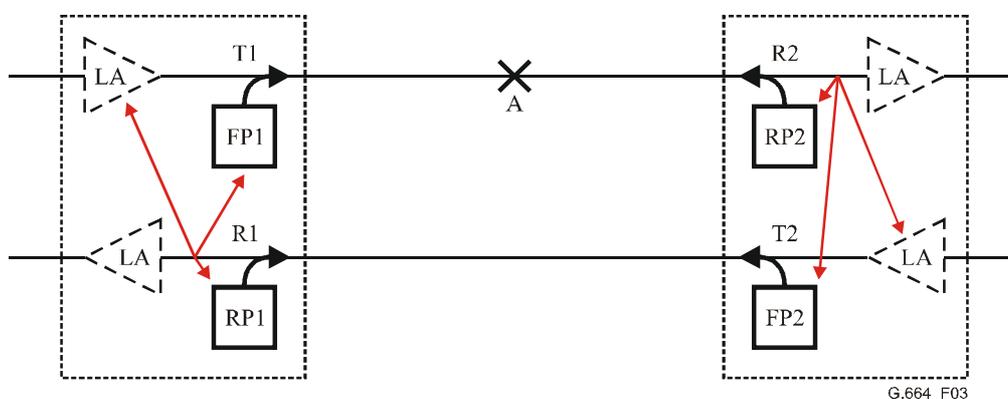


图 3/G.664—在光缆连接中断的情况下可能采取的措施

如图 3 所示，如果一条光纤链路上发生连接中断，为确保受影响链路（此例中为上方链路）上的安全工作条件，需要采取若干措施。根据所用的 OAC 的结构，或者需要只降低受影响链路的功率，或者还需要降低反向（此例中为下方）链路的功率。不管是哪种情况，正向（泵和信号）与反向（泵）功率都必须降低。在图 3 的示例中，将在 R2 处检测到 LOS 信号，根据该信号降低 R2 处的反向泵功率以及 T2 处的正向功率。T2 处的正向功率应降到足够低，以触发 R1 处的 LOS 信号，该信号用于降低 R1 处的反向泵功率以及 T1 处的正向功率。

注一 必须注意，可能存在的后向受激喇曼放大发射不要影响 LOS 检测器的正常工作。

附 录 一

采用OAC的系统（包括以喇曼放大为基础的系统）的APR体系结构示例

I.1 关于自动重启时采用OAC而不采用重启脉冲的考虑

II.2 节规定的 ALS 程序当初是在 1988-1990 年时间段内规定的。该 ALS 程序的一个最基本部分是短（2 s）脉冲频率发射，以满光发射功率运行，以便在被关闭链路的两侧重启发送器及随后重启接收器。按照 IEC 当时有效的规则，使用了上述 ALS 程序，具备符合 ITU-T G.957 建议书要求的光接口的系统就变得安全了。

此后，对 IEC 60825-1 进行了几次修改，且又出现了具有越来越高的输出功率电平的光放大器技术。采用喇曼放大器的系统运行的光功率更是显著超过了 1M 危险等级限值。

由于 IEC 修订了安全要求，采用满运行功率的频率发射重启脉冲进行重启的方式被认为对于可横向兼容的程序已不再适用，6.1 节和附录二对此做了澄清。

因此考虑了完成重启的其他方式。一种方法是采用辅助光信道（OAC）来验证链路的连接。

OAC 的一种常见实施方法是采用监视光信道（OSC）。由于 OSC 通常运行在安全的光功率电平（危险等级 1 或 1M），所以在功率降低到安全等级之后可以在光纤上保持该信道“存在”。恢复 OSC 通信表明链路连接完全恢复，此后系统可回到满运行功率状态。这种方式可以确保满运行功率只出现在能够保证光安全的全封闭配置中。

注 1 — 在 OSC 失效时，重启将不会发生，这是采用 OSC 的缺点。不过这个缺点不会影响系统的安全。

在可横向兼容的链路上目前尚不需要 OSC。另一方面，OSC 常常出现在 IaDI 系统中，这是一项专利技术。因此，本附录给出了若干示例，说明光纤链路发生连接中断后，采用 OSC 重启一个关闭的系统的 APR 程序的原则。

实施 OAC 的另一种方式，是系统在发生连接中断后立即在受影响的 OTS 上以降低的（安全）功率电平运行。可采用一个专用的检测器专门检测低电平的光功率，以监视链路连接并随后进行验证。只要证实了链路连接，该检测器即触发系统的重启。就此而言，只要保持低于 1M（或在受控位置为 3B）危险等级，降低的光功率即可以恒定电平或脉动方式使用。

注 2 — 必须注意，可能存在的后向受激喇曼放大发射不要影响 LOS 检测器的正常工作。

I.2 采用同向传播OSC的APR程序的说明

图 I.1 示出了一种多路配置，在上部链路中，除了传输“业务量”外，还有一条称为 OSC-WE 的 OSC，也从左侧复用器移向右侧复用器；在下方链路中有一条称为 OSC-EW 的 OSC，从右侧复用器移向左侧复用器。就本例而言，该配置称为同向传播配置。

在图 1 所示的 OTS 的 A 点发生连接中断的情况下，在接收接口 R2 处会出现 LOS-P（LOS 有效载荷）也出现 LOS-O（LOS 开销）。然后，按照 6.2 节说明的 APR 程序，发送接口 T2 处的光功率应降到足够低，以满足相应的危险等级。在使用反向泵喇曼放大器的情况下，从接收接口 R2 反向注入到上方链路的功率也应降低。同时，OSC-EW 应向接收接口 R1 发送一个信号，表明在发送接口 T1，光功率应相应降低。T1 和 T2 两处的功率都应在一定时间内降低，这取决于若干参数，如光纤内的运行功率、光纤直径和波长。IEC 60825-1 给出了具体内容。应注意的是，在接收接口 R1 也会出现 LOS-P，但不出现 LOS-O，因此（如果存在的话）喇曼放大器从接收接口 R1 反向泵回到下方链路的功率不必降低。

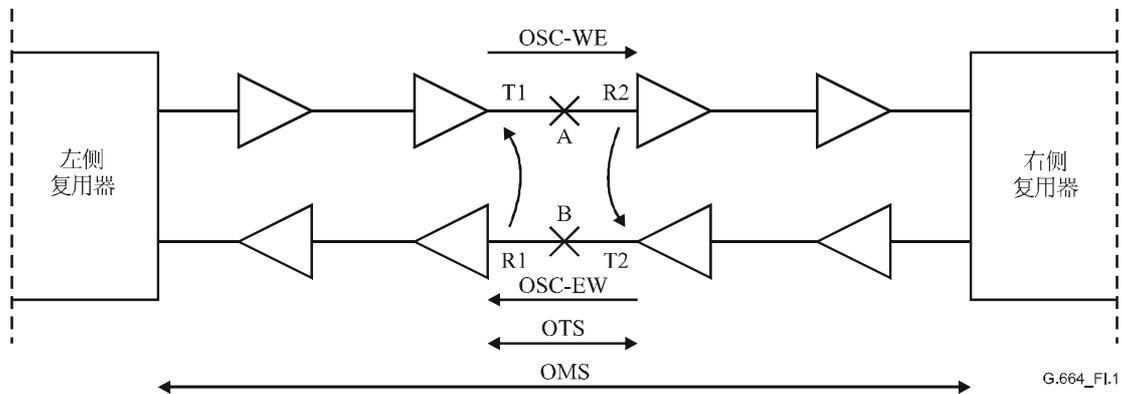


图 I.1/G.664—采用同向传播OSC的配置中光缆出现连接中断的情况下APR能力的说明

只要 A 点的光缆连接恢复，接收接口 R2 处就会出现 LOS-O，全面的 OSC 通信也将恢复。到此为止，完整的连接得到了保证。发送接口 T2 处的功率和接收接口 R2 处的反向泵功率（如果有的话）可立即得到恢复，而 OSC-EW 向 R1 发送一个信号，表明发送接口 T1 处的功率也可以恢复。图 I.1 所示的光纤连接在 B 点中断的情况，与光纤连接在 A 点中断的情况完全相同。

对于两个方向（A 点和 B 点两处）同时发生连接中断的情况，在接收接口 R1 和 R2 两处，将出现 LOS-P 和 LOS-O，会立即触发 T1 和 T2 两处的功率降低以及 R1 和 R2 两处的泵功率降低。在所有情况下，与 OSC 有关的光功率都将维持不变。

措施/事件的先后次序：

- 1) A 点发生连接中断；
- 2) R2 处出现 LOS-O 和 LOS-P；
- 3) T2 处功率降低且 R2 处泵功率降低且 OSC-EW 向 R1 发出连接中断信号；
- 4) R1 处出现 LOS-P 并在 R1 处接收由 OSC-EW 发出的消息；
- 5) R1 处出现 LOS-P 或在 R1 处接收由 OSC-EW 发出等消息，启动 T1 处的功率降低；
- 6) 链路功率降低到安全等级；
- 7) 修复 A 点的链路连接；

- 8) 清除 R2 处的 LOS-O，表明 WE 和 EW 两条 OSC 链路完全恢复，因此证实链路连接；
- 9) 恢复 R2 处的反向泵功率且恢复 T2 处的正向功率且 OSC-EW 向左侧复用器发出链路连接修复信号；
- 10) 清除 R1 处的 LOS-P 并在 R1 处接收由 OSC-EW 发出的修复消息；
- 11) 恢复 T1 处的正向功率；
- 12) 清除 R2 处的 LOS-P；
- 13) 链路操作彻底恢复。

I.3 采用反向传播OSC的APR程序的说明

图 I.2 示出了一种多路配置，在上方链路中，除“业务量”外，还在链路中出现了一条称为 OSC-EW 的 OSC。与 I.2 节说明的配置不同，该 OSC 是以相反的方向从右侧复用器移向左侧复用器。在下方链路中，一条称为 OSC-WE 的 OSC 从左侧复用器移向右侧复用器，也与业务量的方向相反。就本例而言，该配置称为反向传播配置。

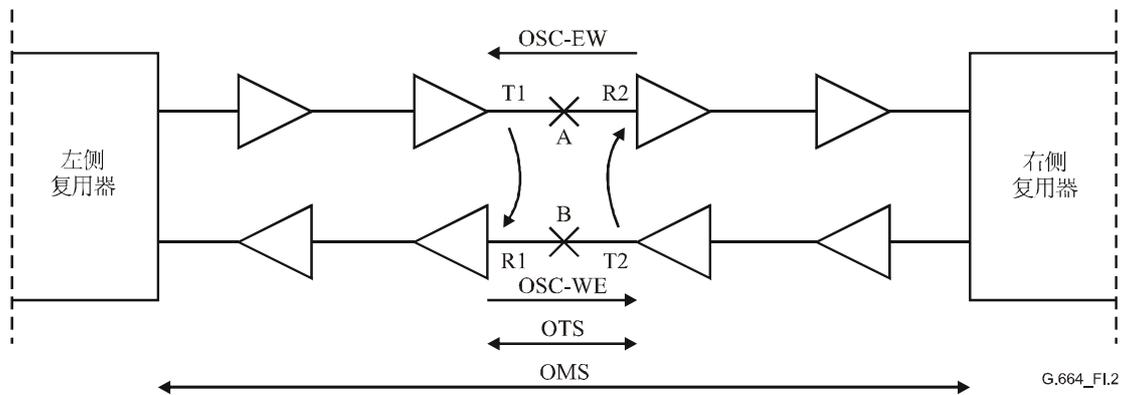


图 I.2/G.664—采用反向传播OSC的配置中光缆出现连接中断的情况下APR能力的说明

在图 I.2 所示的 OTS 的 A 点发生连接中断的情况下，在接收接口 R2 处会出现 LOS-P (LOS 有效载荷)，在发送接口 T1 处会出现 LOS-O (LOS 开销)。然后，发送接口 T1 处的光功率和 R2 处的反向泵功率（如果存在的话）应立即降到足够低，以满足相应的危险等级。此后上方链路就是安全的了，且不必关闭下方链路，因为每一链路可以单独管理。

T1 和 R2 两处的功率都应在一定时间内降低，这取决于若干参数，如光纤内的运行功率、光纤直径和波长。IEC 60825-1 给出了具体内容。

只要光缆连接得到恢复，发送接口 T1 处就会出现 LOS-O，全面的 OSC 通信也将在上方链路得到恢复。到此为止，完整的连接得到了保证，此等情况由 OSC-WE 在下方链路由左侧向右侧复用器发出通知信号予以通报。发送接口 T1 处的功率和接收接口 R2 处的反向泵功率（如果存在的话）都可立即得到恢复。

图 I.2 所示的光纤连接在 B 点中断的情况，与光纤连接在 A 点中断的情况完全相同。

对于两个方向（A点和B点两处）同时发生连接中断的情况，在接收接口R1和R2两处将出现LOS-P，在发送接口T1和T2两处将出现LOS-O。这将立即触发T1和T2两处的功率降低以及R1和R2两处的泵功率降低。在所有情况下，与OSC有关的光功率都将维持不变。

措施/事件的先后次序：

- 1) A点发生连接中断；
- 2) T1处出现LOS-O且R2处出现LOS-P；
- 3) T1处功率降低且R2处反向泵功率降低；
- 4) 链路功率降低到安全等级；
- 5) 修复A点的链路连接；
- 6) 清除T1处的LOS-O，表明EW这条OSC链路完全恢复，因此证实链路连接；
- 7) 恢复T1处的正向功率且OSC-WE向右侧复用器发出链路连接修复信号；
- 8) 恢复R2处的反向功率；
- 9) 清除R2处的LOS-P；
- 10) 链路操作彻底恢复。

附 录 二

单路点对点SDH系统的ALS/APSD程序的说明

II.1 引言

在本建议书的第一版中，本附录说明的ALS程序是正文的一部分。由于IEC 60825-1和IEC 60825-2（自1984年起）随着时间的推移有了改动，ALS程序不再像原来设想的那样提供光安全了。特别是因为下文所述原因，使用重复脉冲以重启系统被认为已不再适用。另外，除了原先的3A危险等级（无观测器材时的安全）外，ITU-T G.957建议书规定的光功率电平全都处于1类危险等级（十分安全）内，ITU-T G.691建议书规定的光功率电平全都在1M危险等级内。

由于ALS程序过去已在SDH系统中广泛采用，II.2节出于历史原因仍纳入了该程序。另外，II.3节说明了一种经修改的ALS程序。该程序使用了更长的重启脉冲，令程序变得更为不适用了。

ALS程序当初是1989年根据一个1984年版本的IEC 60825规定的。当时ITU-T G.957建议书规定的1310 nm和1550 nm两个窗口的光功率电平都被认为在危险等级1之上。

此后，对IEC 60825-1进行了几次改动。最新的正式版本是1.2版（2001-08）。

特别说明的是，对于2.25秒重启脉冲，已修改了有关暴露时间范围（0.35至10 s）内的AEL（可用发射限值）。

由 IEC 60825-1 中所给的公式可以算出，对于采用 ALS 并规定处于危险等级 1 的 1550 nm 系统，2.25 秒重启脉冲期间的最大光功率可能“仅”比连续功率的危险等级 1 限值高 1.7 dB。如果重启脉冲功率（可等于满运行功率）超过了该值，则系统将超过危险等级 1，例如可能变为危险等级 1M。这意味着此时采用 ALS 程序仅能在比连续功率的危险等级 1 限值高 0 至 1.7 dB 的有限功率范围内降低危险等级。

例如：一个使用输出功率为+16 dBm（危险等级 1M 或原先的 3A）的功率提升放大器的 SDH 系统，使用 ALS 时危险等级仍为 1M。因此这种情况下使用 ALS 危险等级也不会更低。

另一个具体例子是 ITU-T G.691 建议书中代码为 U-16.2 和 V-64.2b 的应用，其规定的发送器输出功率范围是+12 至+15 dBm。该范围对应的使用和不使用 ALS 的危险等级为 1M。

但是对于具有较高运行功率电平（最高为 3B 类限值）的单路系统，使用 ALS 程序可将危险等级降到 1M（条件是满足 IEC 60825-2 中关于关闭和重启的要求）。

II.2 不带线路放大器的单路点对点SDH

本节对单路 SDH 系统的激光器自动关闭（ALS）和重启程序做了说明。该程序当初拟用于支持可横向兼容的 SDH 光接口上的光安全要求。在增加光线路放大器的情况下要对该程序进行调整，II.3 节对此做了说明。

注 1 — II.1 节提到，由于重启脉冲采用满运行功率，通常不可能达到较低的危险等级。使用 ALS 时确切危险等级取决于若干参数，如光纤内的运行功率、光纤直径和波长。IEC 60825-1 给出了具体内容。

该 ALS 程序由两部分组成，分别是关闭部分和重启部分。“完全”关闭用于触发相关接收器的 LOS。重启部分的规定对可横向兼容的接口（链路两端为两个不同的设备供应商）尤为关键。在 ALS 程序中，用满运行光功率的定时发送的短重启脉冲检查链路是否修复。在相关的接收器中清除 LOS 缺陷需要使用满运行功率。

注 2 — 本节规定的 ALS 程序，特别是相关的时间常数，拟只在 MPI-S 与 MPI-R 之间没有附加设备的情况下（见图 II.2）正常使用。

十分笼统地说，SDH 单路系统可由两个终端（左侧和右侧）和若干连在一起的再生器组成，如图 II.1 所示。这两个终端与各再生器之间的光接口被认为符合 ITU-T G.957 建议书。另外，还可能有光功率提升器和前置放大器，以增强这些接口上的功率余量。

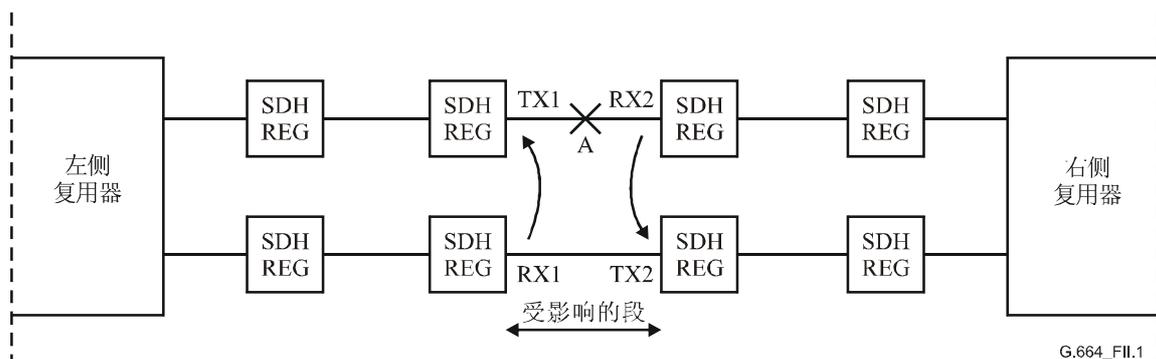


图 II.1/G.664—若干连在一起的再生器间光缆连接中断的情况下ALS操作的说明

图 II.2 示出了该配置中某一段的参考配置。

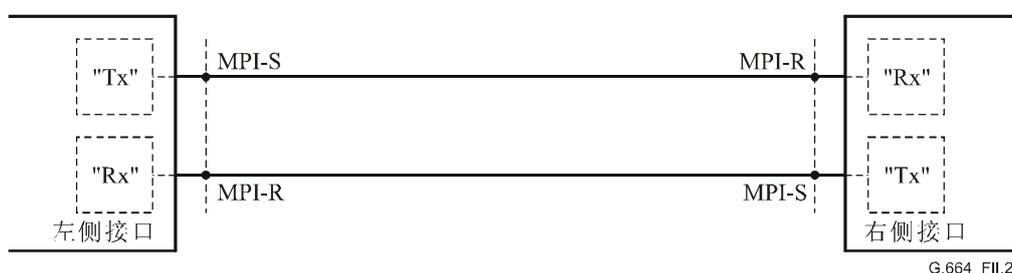


图 II.2/G.664—用于说明ALS能力的参考配置

在图 II.2 中，“Tx”既可以是一个符合 ITU-T G.957 建议书的发送器（在参考点 S 规定），也可以包括增大输出功率的光放大（即 OAT 或 BA，与适当改造的符合 ITU-T G.957 建议书的设备一并使用）。另外“Rx”既可以是一个符合 ITU-T G.957 建议书的接收器（在参考点 R 规定），也可以包括光前置放大（即 OAR 或 PA，与适当改造的符合 ITU-T G.957 建议书的设备一并使用）。“左侧”和“右侧”接口可以是终端设备的一部分或电气再生器的一部分。

在图 II.1 中 A 点发生连接中断的情况下，用“常规”接收器 RX₂ 处的连续信号丢失缺陷（dLOS）关闭“常规”发送器 TX₂ 的输出，该发送器是反方向的相邻发送器。由此导致在“常规”接收器 RX₁ 处出现 dLOS，并接着关闭“常规”发送器 TX₁。关闭之后，发送器的输出功率必须足够小，以便在接收器侧产生 dLOS。LOS 的定义见 ITU-T G.783 建议书。在所有情况下，只有受影响的段可以关闭，图 II.1 对此做了澄清。

在连续出现 LOS 缺陷至少 500 m 后，将启动实际关闭命令，自 MPI-R 处出现光信号丢失之时起 800 ms 以内，该命令必须在 MPI-S 处形成光功率的降低。

注 3—IEC 60825-2 未要求“常规”发送器的彻底关闭，不过本例还是需要的，不然的话在“常规”接收器处有可能检测不到 LOS。在“常规”发送器关闭后相关光放大器的剩余功率对于限定位置必须低于危险等级 1M，同时要注意到不排除降到危险等级 1 之下（包括彻底关闭）。

假定光功率提升器以主/从配置工作，即输入信号消失时输出就应关闭，输入信号返回时输出就应恢复。在合理的可预见条件下，对于危险等级 1 或 1M 的情况，不需要关闭前置放大器的输出，IEC 60825-2 对此做了澄清。

图 II.3 示出了激光器自动关闭和重启程序的概念框图，应注意的是不要把该图当成状态图。图 II.4 给出了对相关的关闭定时要求的说明。

注 4 — 如果实施了激光器自动关闭，该措施不应损害发送器或接收器出现信号丢失情况时的故障分段能力，除非信号丢失是由光缆中断引起的。

光缆连接修复后，为了恢复传输，需要在 TX₁ 或 TX₂ 处按照图 II.3 完成自动或手动重启。重启被关闭的系统原则上是使用重启脉冲，其功率电平必须在 1M 危险等级之内（不排除危险等级 1），以便把处于危险功率电平的风险降至最低。

注 5 — 此段文字并不意味着同时实施自动和手动重启。

注 6 — 图 II.3 规定重启脉冲之间的最小延迟为 100 s，但为了与不再有效的建议书向下兼容，如果重启脉冲的光功率比 100 s 最小延迟时间所允许的光功率低 3 dB 的话，则可使用 60 s 的最小延迟。IEC 60825 要求必须考虑 100 s 的时段内所有脉冲的总能量，以计算危险等级。

从“接收器”输入（MPI-R 点）至发送器输出（MPI-S 点）测得的“发送器”/“接收器”组合（如图 II.1 所示）的激活响应时间应小于 0.85 s。在“发送器”关闭的情况下，该 0.85 s 的响应时间指的是光从 MPI-R 点进入“接收器”的时刻与“发送器”在 MPI-S 点开始光发射的时刻之间的时间差。光放大器的重启必须足够慢（在上述的激活响应时间内），尽量减小光的波动。

功率提升器和前置放大器的最大去活时间须为 100 ms。功率提升器和前置放大器的最大激活时间须分别为 100 ms 和 300 ms。

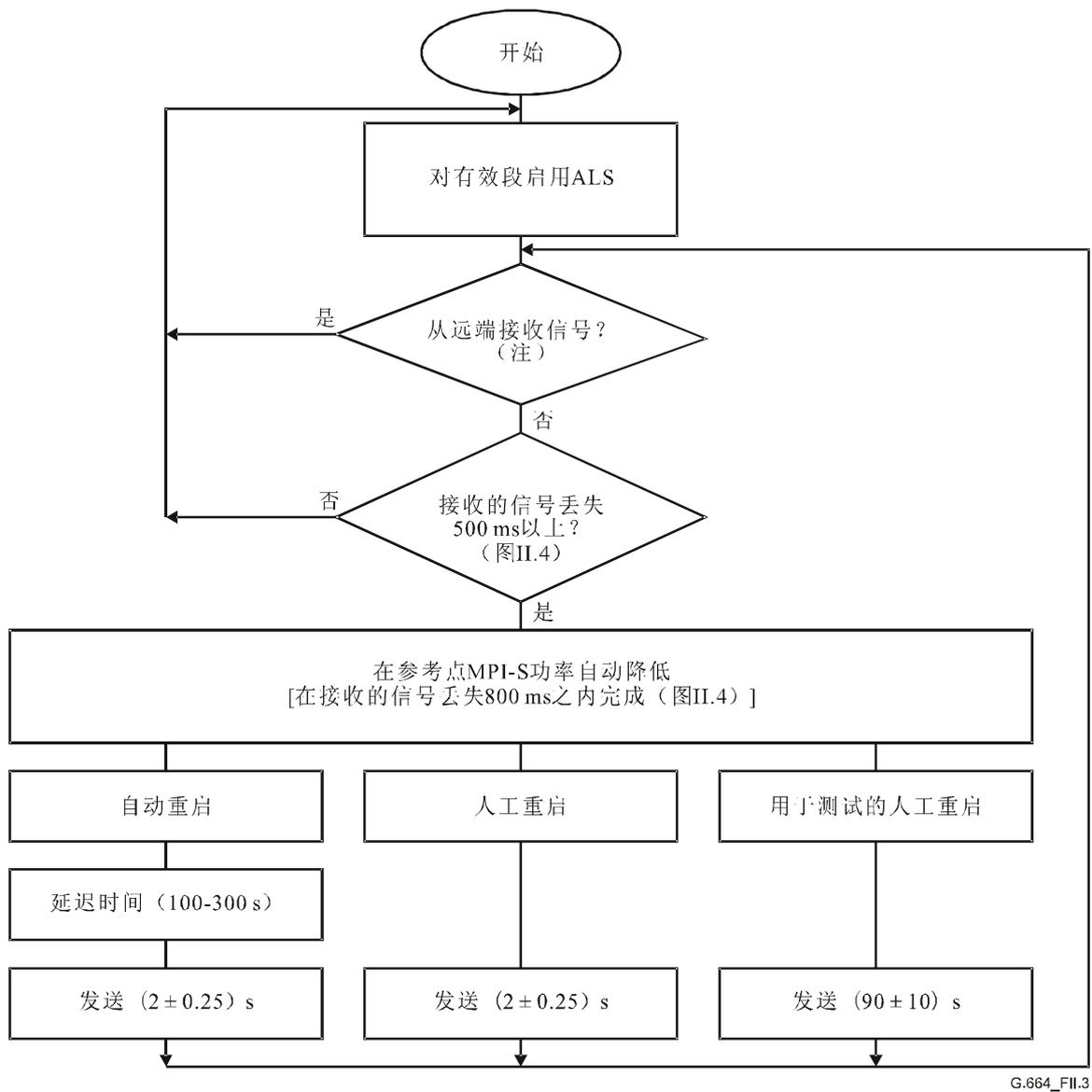
表 II.1 归纳了各时间常数。

就测试和监视而言，有可能通过手动开启激光器方式优先取代关闭机制。

注 7 — 在“用于测试的人工重启”期间，务必特别注意确保连接，避免处于危险光等级，特别是在位于受控位置的设备处于危险等级 3B 的情况。另外为避免过度暴露，建议在每个人工重启脉冲之间有足够的延迟，如 100 s。

“人工重启”或“用于测试的人工重启”只能在激光器关闭时激活。

在电域内实施保护切换（如 MSP 或 MSSPRING）的情况下，应由工作信道接收器关闭工作信道发送器。类似的，应由保护信道接收器关闭保护信道发送器。



G.664_FII.3

注一 在发送器关闭的情况下也激活“从远端接收信号?”。

图 II.3/G.664—包括光测试程序在内的激光器自动关闭和重启概念

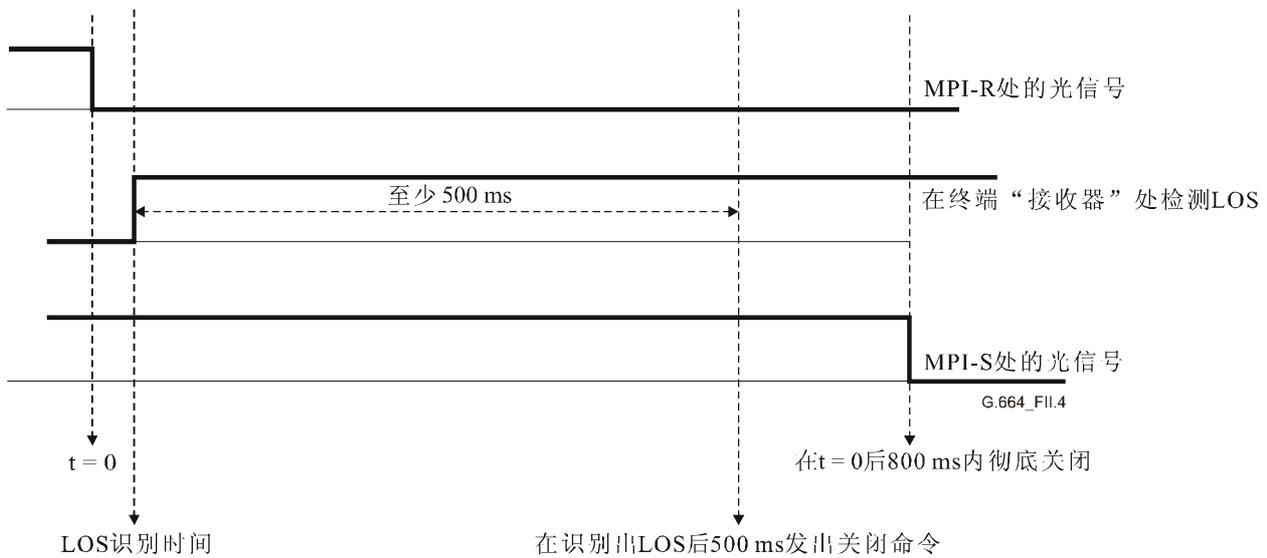


图 II.4/G.664—关闭定时要求的说明

表 II.1/G.664—自动关闭的时间常量

时间常量	参 考 点	值	注 释
终端响应激活时间	MPI-R 至 MPI-S	最大 850 ms	
终端去活时间	MPI-R 至 MPI-S	(500-800) ms	1
BA 去活时间	R'至 MPI-S	最大 100 ms	
BA 激活时间	R'至 MPI-S	最大 100 ms	2
PA 去活时间	MPI-R 至 S'	最大 100 ms	2
PA 激活时间	MPI-R 至 S'	最大 300 ms	2
人工和自动重启的脉冲时长	N/A	(1.75-2.25) s	
自动重启的脉冲重复时间	N/A	(100-300) s	
注 1 — 即便是存在 ASE 的情况，LOS 条件也适用。			
注 2 — ITU-T G.662 建议书规定了 S'和 R'参考点。			

II.3 带线路放大器的单路点对点SDH

对于单路点对点 SDH 系统的一些特定情况，在常规 SDH 系统与再生器之间（除插入功率提升放大器和前置放大器之外）插入了光线路放大器，以进一步增加这些终端与再生器之间的实际距离。图 II.5 示出了该应用的参考配置。另外，在这种情况下，线路放大器应以主/从方式工作，II.2 对此已经做了说明。

因为要与不再有效的建议书向下兼容，在限定位置使用的输出功率为 3B 危险等级的情况下，本节说明的技术允许对带线路放大器的 SDH 系统启用更安全的工作条件。

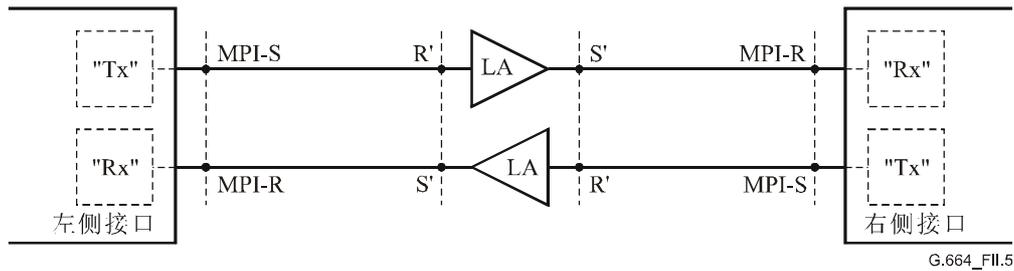
在 MPI-S 与 MPI-R 之间的某一点(见图 II.5)发生连接中断时，不仅受影响的段将关闭，MPI-S 与 MPI-R 之间的所有段都将关闭。线路放大器确实具有特定的激活和去活响应时间（最大激活时间为 300 ms，最大去活时间为 100 ms）。因此，要确保 ALS 程序正常起作用，6.2 节规定的关闭和重启时间常数就不够大了。

为了避免处于危险的光功率电平，所有放大器（功率提升器和线路放大器）必须具有足够小的去活时间，以便从实际检测到中断发生之时起 3 s 之内完成 MPI-S 与 MPI-R 之间所有放大器的关闭。

注 1 — 根据实际的运行功率，（过去规定的）3 s 的关闭时间有可能还不够快。建议查询 IEC 60825-1。

为了自动重启带线路放大器的 SDH 系统，可能有必要在最大值 2.25 s 之外增加重启脉冲的持续时间（如 9 ± 0.5 s），实际值取决于所用的线路放大器的数量。重启脉冲的持续时间取决于插入的线路放大器的实际数量和输出功率，关于其修订值的规定被认为超出了本建议书的范围。对于限定位置的情况该重启脉冲必须为 1M 危险等级。

注 2 — 要保证 1M 的危险等级，实际功率电平取决于重启脉冲的持续时间，即持续时间短的重启脉冲可以比持续时间长的重启脉冲具有更高的功率电平。



G.664_F11.5

图 II.5/G.664—用于说明带线路放大器的情况下ALS能力的参考配置

ITU-T 系列建议书

A系列	ITU-T工作的组织
D系列	一般资费原则
E系列	综合网络运行、电话业务、业务运行和人为因素
F系列	非话电信业务
G系列	传输系统和媒质、数字系统和网络
H系列	视听及多媒体系统
I系列	综合业务数字网
J系列	有线网络和电视、声音节目及其它多媒体信号的传输
K系列	干扰的防护
L系列	电缆和外部设备其它组件的结构、安装和保护
M系列	电信管理，包括TMN和网络维护
N系列	维护：国际声音节目和电视传输电路
O系列	测量设备的技术规范
P系列	电话传输质量、电话设施及本地线路网络
Q系列	交换和信令
R系列	电报传输
S系列	电报业务终端设备
T系列	远程信息处理业务的终端设备
U系列	电报交换
V系列	电话网上的数据通信
X系列	数据网、开放系统通信和安全性
Y系列	全球信息基础设施、互联网协议问题和下一代网络
Z系列	用于电信系统的语言和一般软件问题