

前 言

本标准参照国际 IEC 875-2(1992)《纤维光学分路器 第二部分:分规范 非波长选择分路器》; IEC 875-1(1992)《纤维光学分路器第一部分:总规范》的有关章节,根据我国的具体情况进行编写。

本标准由邮电部电信科学研究规划院提出并归口。

本标准由邮电部武汉邮电科学研究院起草。

本标准主要起草人:张秋华、吴小顺。

光纤耦合器技术条件

1 范围

本标准规定了单模光纤耦合器的光学性能、测量和检验方法及标志、包装等条件。
本标准适用于单模光纤耦合器的设计、生产、检验和使用。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB 13713—1992 纤维光学分路器,第1部分:总规范;
GB 2421—1989 电工电子产品基本环境试验规范:总则;
GB 2828—1987 逐批检查抽样程序及抽样表(适用于连续批的检查);
YD/T 717—1994 FC型单模光纤光缆活动连接器。

3 术语

光纤耦合器——在两根光纤之间或者多根光纤之间实现光信号传输的一种器件。
尾纤型耦合器——全部是光纤形式引出端,没有连接器。
连接器形耦合器——在尾纤型器件每个尾纤引出端上都带有一个连接器作引出端。
端口——隶属于耦合器的光信号的入口或出口的光纤或光纤连接器。

4 光纤耦合器的基本描述

4.1 光纤耦合器有以下几种形式:

- (1) 1×2 光纤耦合器
- (2) 2×2 光纤耦合器
- (3) $N \times M$ 光纤耦合器

4.2 光纤耦合器线路图和传输矩阵

光纤耦合器按线路图和传输矩阵来定义。其传输矩阵的定义参见 GB 13713—1992 中 7.1。

(1) 1×2 光纤耦合器线路图如图 1 所示。

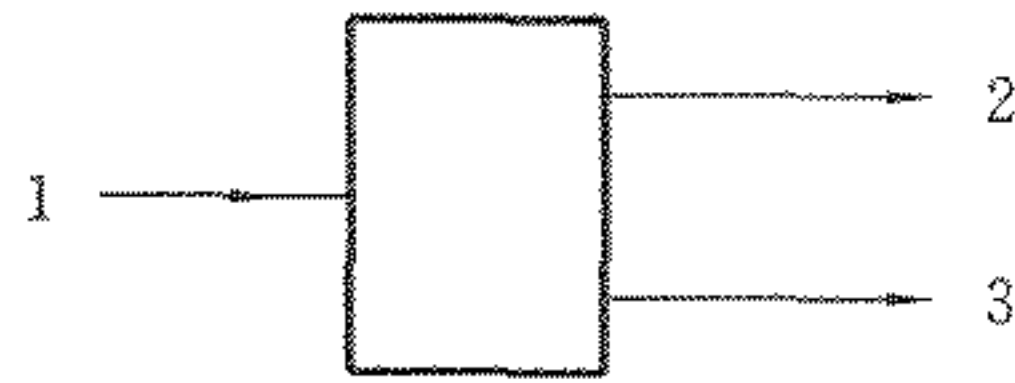


图 1 1×2 光纤耦合器线路图

图中光信号从 1 端口进,2 和 3 端口输出,其传输矩阵如图 2 所示。

$$\begin{array}{c} \text{接收端口} \\ 1 \quad 2 \quad 3 \\ \text{入射端口} \\ \begin{array}{c} 1 \\ 2 \\ 3 \end{array} \end{array} \begin{bmatrix} 0 & t_{12} & t_{13} \\ t_{21} & 0 & 0 \\ t_{31} & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

图 2 1×2 光纤耦合器传输矩阵

矩阵中 t_{13}/t_{12} 或其倒数中的较小值定义为“分光比”。

(2) 2×2 光纤耦合器线路图如图 3 所示。

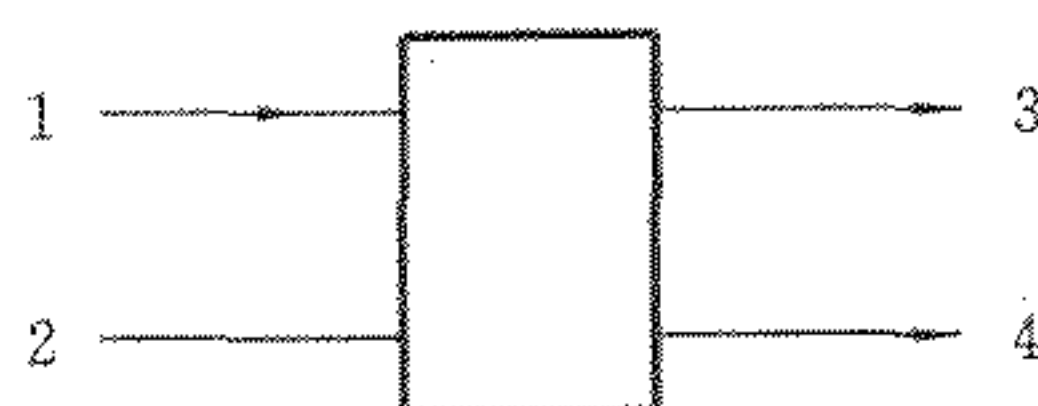


图 3 2×2 光纤耦合器线路图

图中光信号从 1 端或 2 端口进,从 3 和 4 端输出,并保持和另一入射端隔离。其传输矩阵如图 4 所示。

分光比定义为 t_{13}/t_{14} 或其倒数及 t_{23}/t_{24} 或其倒数中的较小值。

$$\begin{array}{c} \text{接收端口} \\ 1 \quad 2 \quad 3 \quad 4 \\ \text{入射端口} \\ \begin{array}{c} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{array} \end{array} \begin{bmatrix} 0 & 0 & t_{13} & t_{14} \\ 0 & 0 & t_{23} & t_{24} \\ t_{31} & t_{32} & 0 & 0 \\ t_{41} & t_{42} & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

图 4 2×2 光纤耦合器传输矩阵

(3) $N \times M$ 光纤耦合器线路图如图 5 所示。

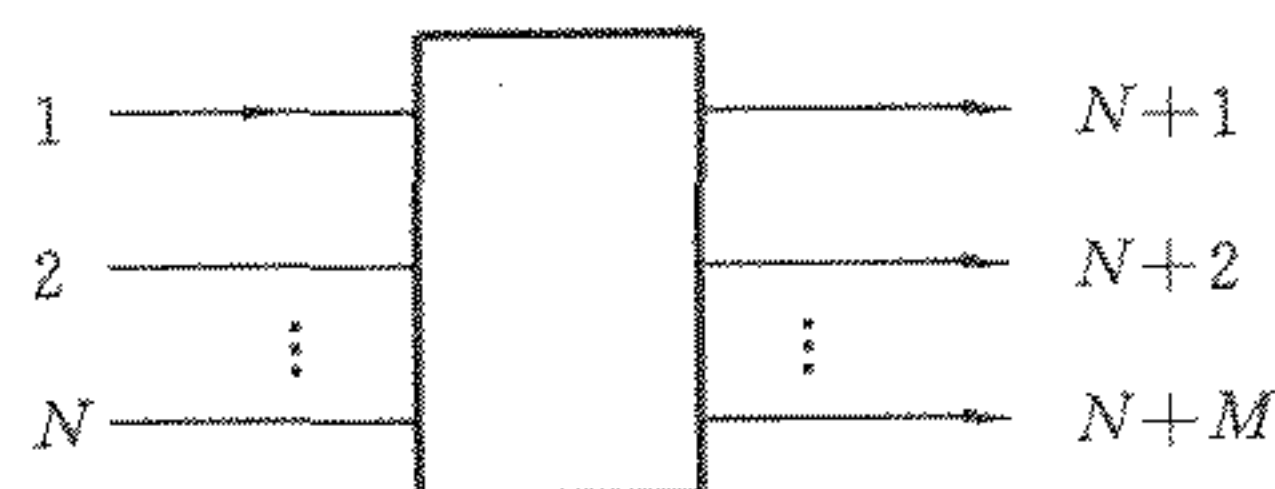


图 5 $N \times M$ 光纤耦合器线路图

注: $N \times M$ 线路图不一定与耦合器的端口相对应。

这种器件有 N 个输入端口和 M 个输出端口,端口组是可逆的,即如果“ M ”组端口之一用作输入端口,则“ N ”组端口就是相对于输入光的输出端口。其传输矩阵如图 6 所示。

$$\begin{array}{c} \text{接收端口} \\ 1 \quad 2 \quad \dots N \quad N+1 \quad N+M \\ \text{入射端口} \\ \begin{array}{c} 1 \\ 2 \\ \vdots \\ N \\ N+1 \\ N+2 \\ \vdots \\ N+M \end{array} \end{array} \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & \dots t_{1N} & t_{1N+1}, t_{1N+2} & \dots t_{1N+M} \\ t_{21} & & & & t_{2N+M} \\ \vdots & & & & \vdots \\ t_{N1} & & & & t'_{N,N+M} \\ t_{N+1,1} & & & & t_{N+1,N+M} \\ t_{N+2,1} & & & & t_{N+2,N+M} \\ \vdots & & & & \vdots \\ t_{N+M,1} & \dots & t_{N+M,N} & & t_{N+M,N+M} \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} A & B \\ B & A \end{bmatrix}$$

图 6 $N \times M$ 光纤耦合器传输矩阵

“ A ”区中各传输系数通常为零(相应于隔离端口),而“ B ”区中的传输系数名义上不为零(相应于传输端口)。

5 技术要求

5.1 主要光学性能

5.1.1 附加损耗

$N \times M$ 光纤耦合器是以 $1 \times 2, 2 \times 2$ 耦合器为基本单元制作的,而每个基本单元的附加损耗应 $\leq 0.3\text{dB}$ 。对于其他多端口耦合器,视其制作方法不同,附加损耗有所区别,本标准不做具体规定。

5.1.2 插入损耗

光纤耦合器的插入损耗是指一个输出端光功率与输入端光功率之比。插入损耗由两部分组成:一部分是附加损耗,另一部分是分光比的因素。器件的分光比不同,插入损耗各有所异,因此,本标准不做具体规定。

5.1.3 均匀性(分光比容差)

光纤耦合器的均匀性是指均匀分光的多端口耦合器,各输出端口光功率的最大变化量。均匀性按下式计算:

$$U = \pm 1/2 [(\alpha_{ij})_{\max} - (\alpha_{ij})_{\min}] \dots\dots\dots (1)$$

其中: $(\alpha_{ij})_{\max}$ ——最大插入损耗,dB;
 $(\alpha_{ij})_{\min}$ ——最小插入损耗,dB。

5.1.4 方向性

光纤耦合器的方向性是衡量器件定向传输特性的参数。按公式(2)计算:

$$D = -10\lg \frac{P_{k(i)}}{P_{n(i)}} \dots\dots\dots (2)$$

其中: D ——方向性,dB;
 $P_{n(i)}$ ——第 n 入射端口入射光功率;
 $P_{k(i)}$ ——同端第 k 入射端口反射光功率。
其方向性有两种:
a) 尾纤输入/输出型 $\geq 60\text{dB}$;
b) 连接器输入/输出型 $\geq 45\text{dB}$ 。

5.1.5 各种试验后耦合器损耗变化量和分光比变化量不应超过表 1 所示的数据。

表 1 试验后变化量

标 记	试 验 项 目	插入损耗变化量,dB	分光比变化量
a	振动试验	≤ 0.1	$\leq 0.5\%$
b	冲击试验	≤ 0.1	$\leq 0.5\%$
c	高温试验	≤ 0.2	$\leq 3\%$
d	低温试验	≤ 0.2	$\leq 3\%$
e	高低温循环试验	≤ 0.2	$\leq 3\%$

6 测量

6.1 测量环境

耦合器的测量应在 GB 2421—1989 中所规定的正常大气条件下进行。即:
温度: $15^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$;
湿度: $45\% \sim 75\%$;
气压: $86\text{kPa} \sim 106\text{kPa}$

6.2 测量条件

6.2.1 光源(S)

本试验所用光源应是稳定激光器光源,其稳定度要求优于 0.05dB(1h);

光谱宽度: $\leq 5\text{nm}$;

温度稳定性: $\leq 0.3\text{dB}$ 。

6.2.2 激励单元(E)

本试验所用激励单元是一段长约 1 km 的单模光纤,其参数应符合 YD/T 717—1994 中第 4 章规定。

6.2.3 探测单元(D)

所用光功率计具体参数:

分辨率: 0.01dB

测试范围: $(-80 \sim +3)\text{dBm}$

6.2.4 标准连接器(SR)

这种连接器是精确制作与选择的,参数应符合 YD/T 717—1994 中 3.4.1 要求。

6.2.5 临时接点(TJ)

本方法是用元器件或机械装置临时将两个光纤端对接成一条直线,对接点损耗要低,稳定性好。

6.2.6 耦合器引出端光纤 L_1, L_2 段长度:

L_1 与 L_2 等长,为 $(0.75 \sim 1)\text{m}$ 或根据要求。

6.3 附加损耗的测量

6.3.1 带有尾纤端口的耦合器附加损耗的测量(剪断法)

测量步骤:

选择好耦合器的两个相关端口之后;

a) 按照下图测量并记录功率 $P_{ij}(j=1, 2 \dots M)$

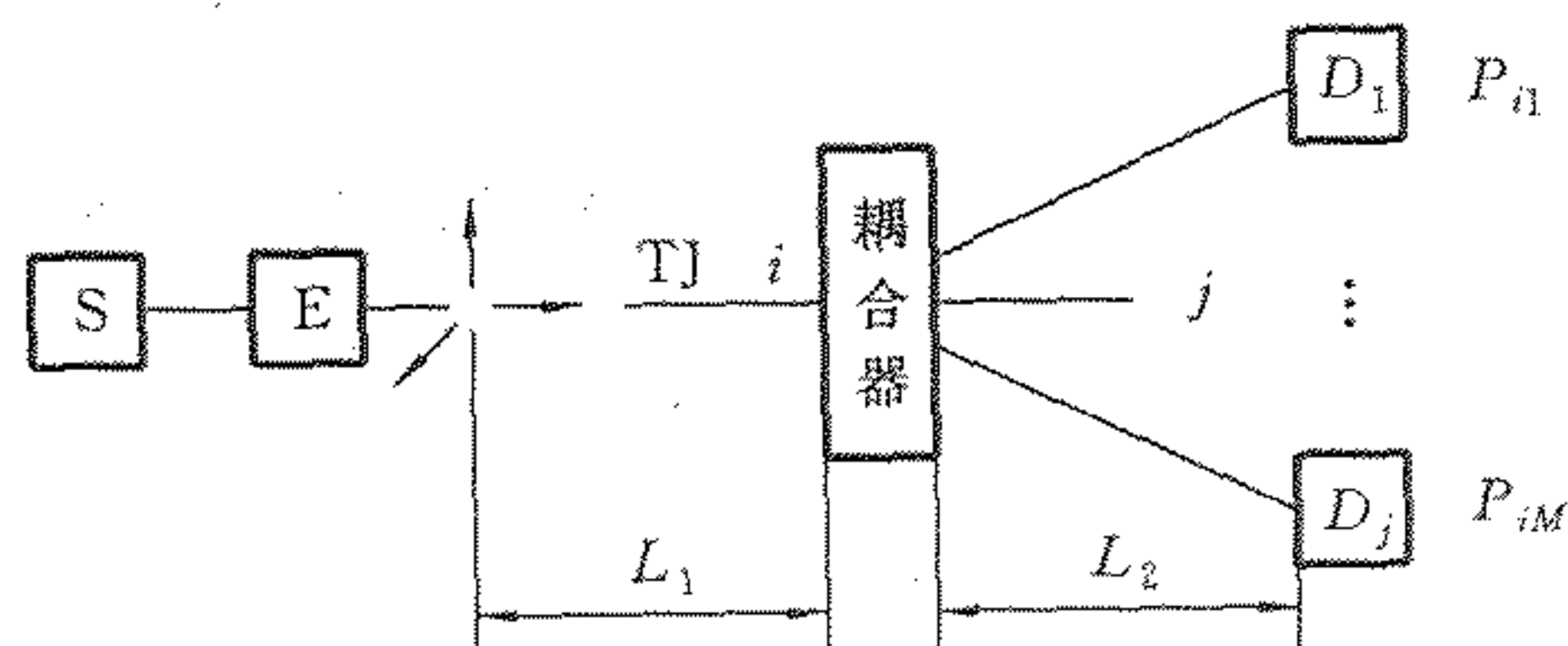


图7 尾纤型耦合器附加损耗测量原理图

b) 保证 P_{ij} 稳定后,在距临时接点(TJ)不少于 30cm 处切断耦合器的尾纤,如图 8 所示。

c) 从测量装置中取出耦合器及其所附带的尾纤,制备好光纤端面,使光纤端面与检测单元相耦合。

测量并记录光功率 P_i 如图 9 所示。

d) 由下列公式给出被测器件的附加损耗:

$$\alpha_i = -10 \lg \frac{\sum_{j=1}^M P_{ij}}{P_i} \dots\dots\dots (3)$$

其中: α_i ——附加损耗, dB;

$\sum_{j=1}^M P_{ij}$ ——M 个输出光功率之和;

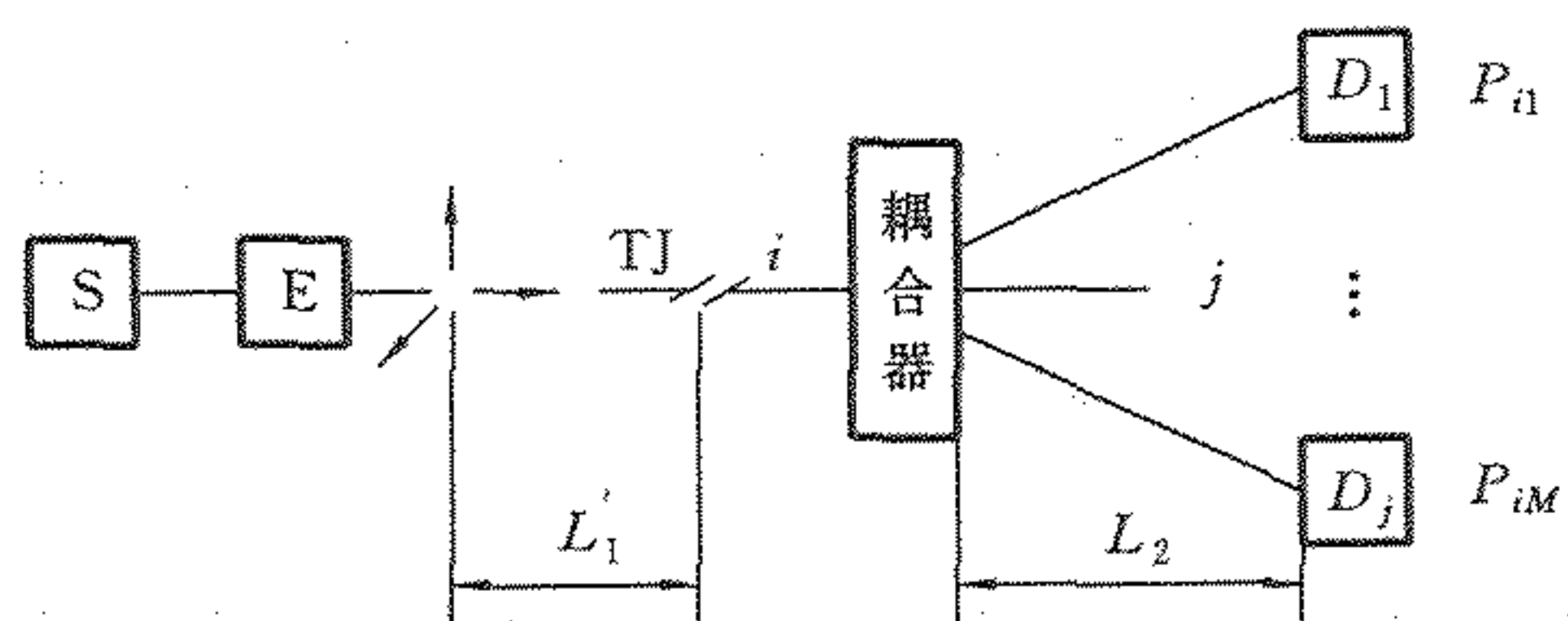


图 8 尾纤型耦合器附加损耗测量原理图

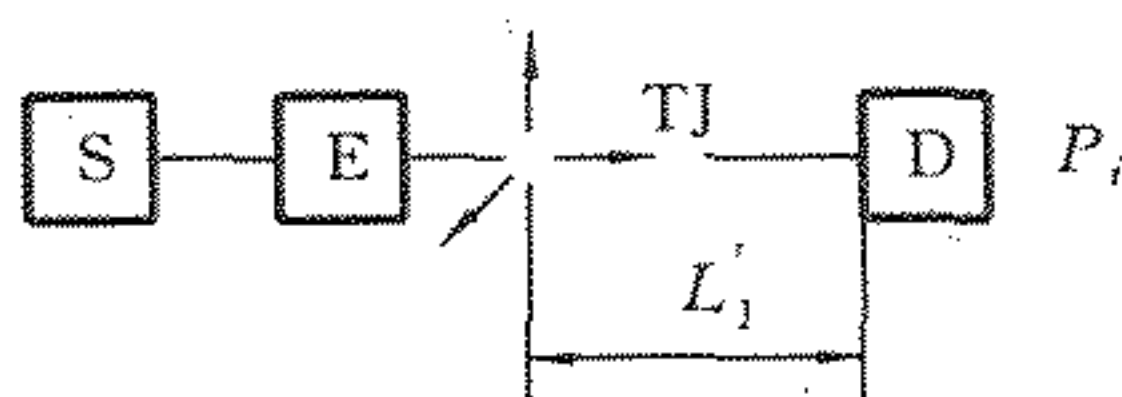


图 9 尾纤型耦合器附加损耗测量原理图

P_i ——第 i 个端口的输入光功率。

6.3.2 带连接器端口的耦合器附加损耗的测量

测量方法参照节 6.3.1。

6.4 插入损耗的测量

6.4.1 带有尾纤端口的耦合器插入损耗的测量(剪断法)

测量步骤:

在选择好耦合器的两个相关端口之后:

a) 按照图 10 测量和记录光功率 P_{ij} ;

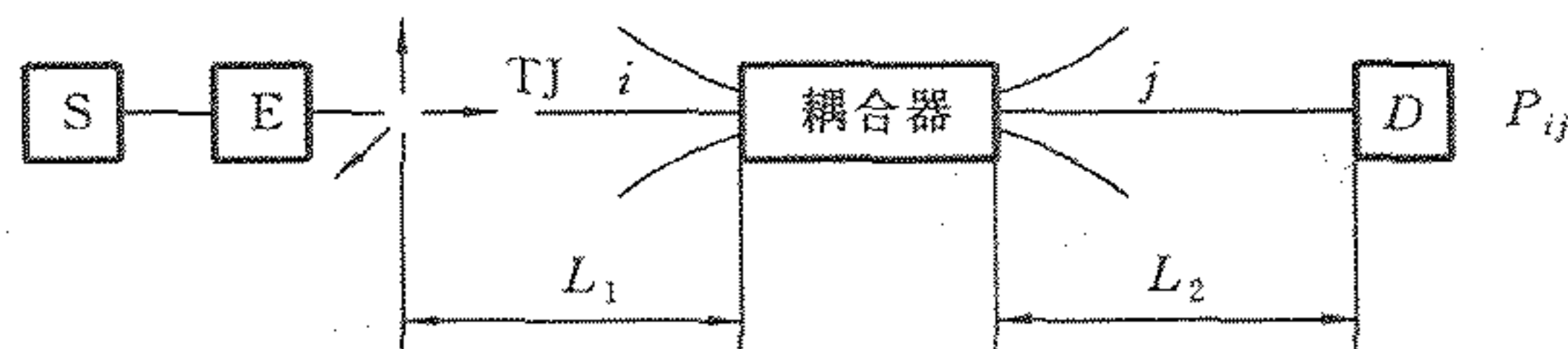


图 10 尾纤型耦合器插入损耗测量原理

b) 保证稳定后,在距离临时接点(TJ)不少于 30cm 处切断耦合器尾纤,如图 11 所示。

c) 从测量装置中取出耦合器及其所附带的尾纤,制备好光纤端面,使光纤端面与检测单元相耦合测量并记录光功率 P_i ,如图 12 所示。

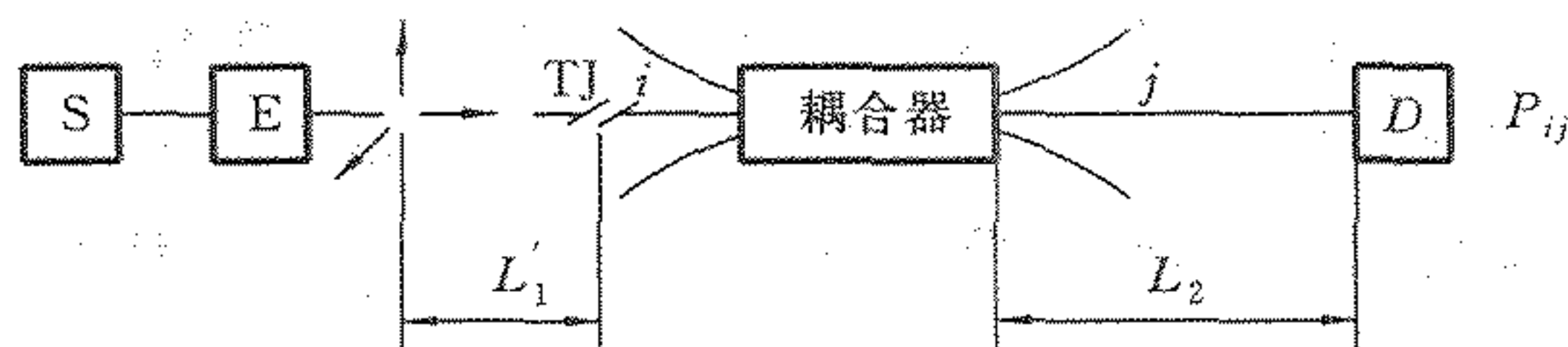


图 11 尾纤型耦合器插入损耗测量原理图

d) 由下列公式给出该通路的插入损耗:

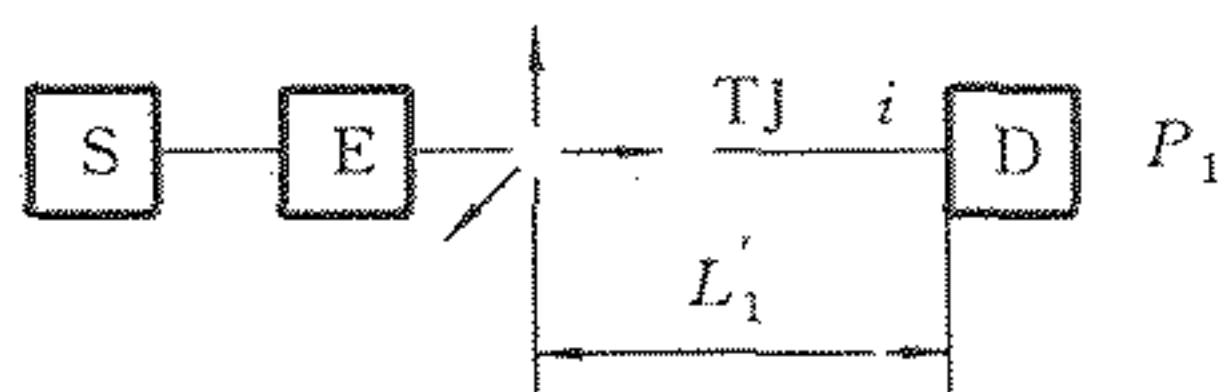


图 12 尾纤型耦合器插入损耗测量原理图

$$\alpha_{ij} = -10 \lg \frac{P_j}{P_i} \dots\dots\dots (4)$$

其中: α_{ij} ——插入损耗,dB;

P_i ——第 i 个端口的输入光功率;

P_j ——第 j 个端口的输出光功率。

6.4.2 带有连接器端口的耦合器的插入损耗的测量。

测量方法参照节 6.4.1。

6.5 方向性

测量尾纤型光纤耦合器的方向性,方法如下:

a) 如图 13 所示测量 2 端口光功率 P_2 。

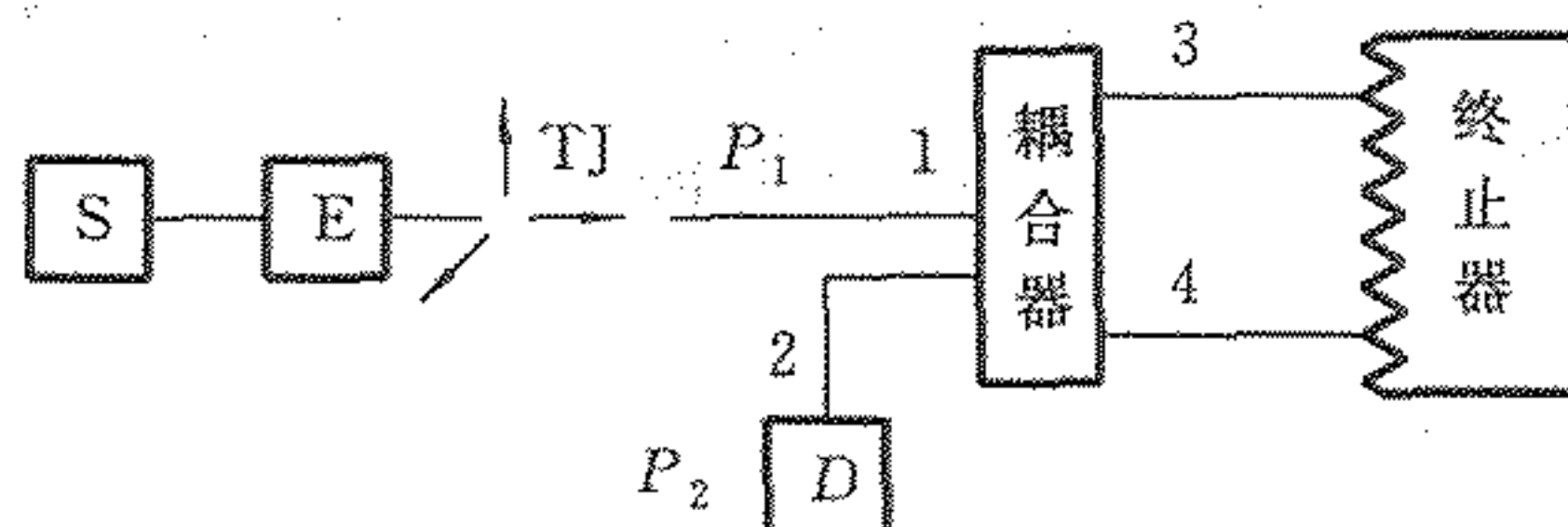


图 13 尾纤型耦合器方向性测量原理

b) 在距临时接点(TJ)不少于 30cm 处切断耦合器的尾纤,制备好光纤端面测量端口 1 输入光功率。如图 12 所示。

c) 按下列公式计算出光纤耦合器的方向性。

$$a = -10 \lg \frac{P_1}{P_2} \dots\dots\dots (5)$$

其中: a ——方向性, dB;

P_1 ——输入光功率;

P_2 ——2 端口输出光功率。

6.6 带有连接器端口的光纤耦合器方向性的测量

其测量方法应参照尾纤型耦合器方向性的测量法。

7 试验

试验条件应与 6.1 相同。试验前,试样应先在正常大气条件下作预处理,试验后亦在正常大气条件下恢复。

7.1 机械性能试验

7.1.1 振动试验

a) 条件按 GB/T 2423.10—1981 试验 Fc;

b) 方法

试样放在振动台上应在 X、Y、Z3 个垂直方向的每一个方向上承受振动,方向之一与耦合器的公共轴线平行。

c) 试验后试样应满足下面要求:

无变形,无裂痕,表面光滑。

光学性能符合表 1 中 a 点。

7.1.2 冲击试验

a) 条件按 GB/T 2423.15—1981 试验 Ga;

b) 方法:

试样放在冲击台上应在 X、Y 两个垂直向的每一个方向上承受冲击,每个方向冲击 3 次。任选一种条件作试验。

c) 试验后试样应满足下面要求:

无变形,无裂痕,表面光滑。

光学性能符合表 1 中 b 点。

7.2 温度特性试验

7.2.1 高温试验

a) 条件

最高温度: +85℃

温度变化速率: 不大于 1℃/min(不超过 5min 平均值)

对试样进行在线光学性能监测。

b) 程序

先将试样在常温下测量插入损耗, 然后将其放入精度±2℃的高低温恒温箱内, 见图 14, 每升高 5℃观察并记录一次插入损耗值, 直至+85℃。尔后保持恒温 2h, 记录其插入损耗。恢复至常温后, 记录其插入损耗值。

c) 试样试验后, 应满足下面要求:

试验后试样无变形, 损伤;

光学性能符合表 1 中 c 点。

7.2.2 低温试验

a) 条件与方法

最低温度: -40℃

温度变化速率: 不大于 1℃/min(不超过 5min 平均值)

对试样进行在线光学性能监测。

b) 程序

先将试样在常温下测量插入损耗。然后将其放入精度为±2℃的高低温恒温箱内, 见图 14, 降低温度, 每降低 5℃观察并记录一次插入损耗值, 直至-40℃。保持恒温 2h, 记录其插入损耗。恢复至常温后, 记录其插入损耗值。

c) 试样试验后, 应满足下面要求:

试验后试样无变形, 损伤

光学性能符合表 1 中 d 点。

7.2.3 高低温循环试验

a) 条件与做法

温度范围: -25℃~70℃

温度变化速率: 1℃/min

循环次数: 3 次

将试样在常温下测量其插入损耗, 然后置于精度为±2℃的高低温恒温箱内, 见图 14, 升温直至+85℃, 保持恒温 30min。然后降温, 至-40℃, 保持 30min, 至此为一个循环。试样取出放在常温下 2h, 擦净水珠, 测量并记录其插入损耗值, 继续进行下次循环试验。

b) 试验后, 试样应满足下面要求:

试验后试样无变形, 损伤;

光学性能符合表 1 中 e 点。

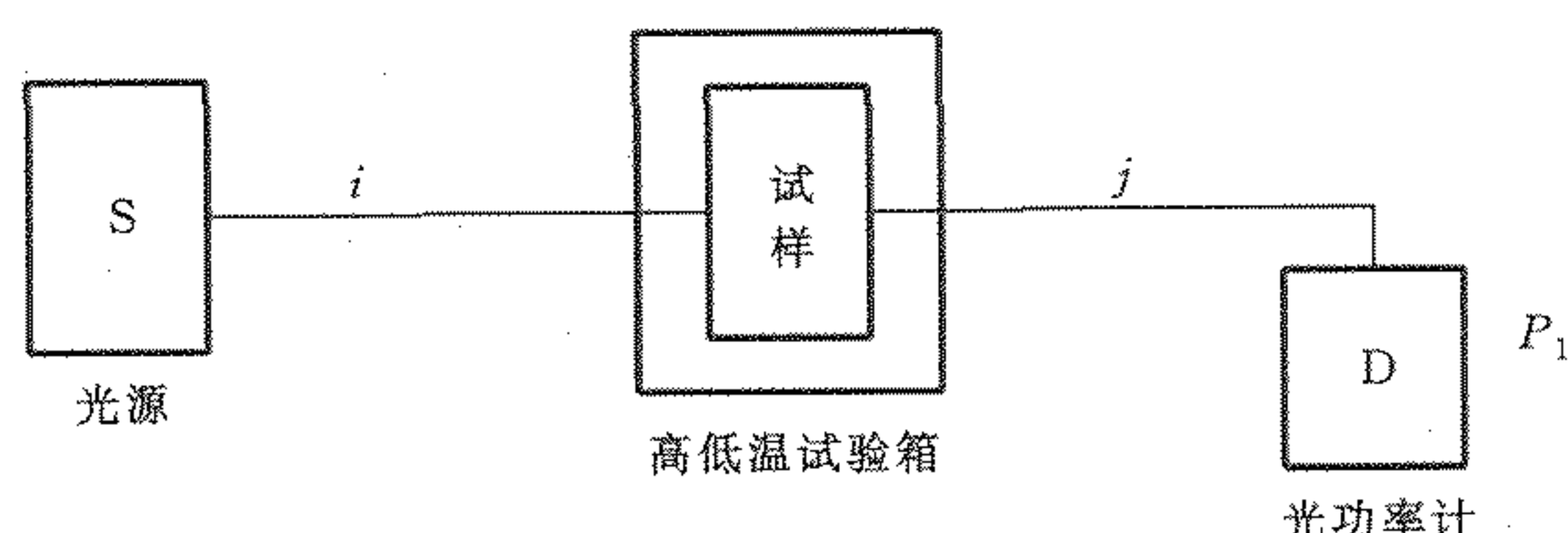


图 14 温度特性实验

8 检验

光纤耦合器,由具有独立职能的质量检验部门按标准要求检验合格发给合格证后方可出厂。光纤耦合器的检验分两类,出厂检验(交收检验)和型式检验。

8.1 出厂检验

分日常检验和抽样检验两种。

8.1.1 日常检验

该检验是生产厂家对全部产品进行的检验,其检验数据应随同产品提交给用户,光纤耦合器需要进行日常检验的项目是:外观、附加损耗、插入损耗、均匀性、方向性。

8.1.2 抽样检验

它是从批量生产中或不同时期产品中按一定的比例抽取完整的产品或样品进行的检验。光纤耦合器的抽样检验项目是:附加损耗、插入损耗、均匀性、方向性及高温试验、低温试验、振动试验、冲击试验。抽样数量按 GB/T 2828—1987 规定进行。

8.2 型式检验

光纤耦合器有下列情况之一时,一般进行型式检验:

- 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定;
- 正式生产后,如结构、材料、工艺有较大改变,可能影响产品性能时;
- 正常生产时,应定期进行检验;
- 产品长期停产后,恢复生产时;
- 出厂检验结果与上次型式检验有较大差别时;
- 国家质量监督机构提出进行型式检验要求时。

9 标志、包装

9.1 标志

在每个耦合器上均应有清晰和耐久的标志,标志的顺序如下:

- 器件识别号;
- 制造厂的商标;
- 制造日期(年、月)。

9.2 包装

耦合器的包装上应有下列内容:

- 型号命名;
- 表示评定水平的一个字母。