

CS-00342

# EJ

## 中华人民共和国核行业标准

EJ 705-92

---

### 核电厂安全级电缆及 现场电缆连接的型式检验

1992-12-07 发布

1993-06-01 实施

---

中国核工业总公司 发布

## 中华人民共和国核行业标准

# 核电厂安全级电缆及 现场电缆连接的类型检验

EJ 705—92

### 1 主题内容与适用范围

本标准规定了核电厂安全级电缆及现场电缆连接质量鉴定的型式检验要求。

本标准适用于核电厂现场安装的中、低压动力电缆、控制和仪表电缆；也适用于设备内部接线的质量鉴定。

本标准不适用于反应堆压力容器内所用的电缆。

### 2 引用标准

GB 12727 核电厂安全级电气物项质量鉴定

EJ 518 核电厂安全级电动机控制中心质量鉴定

### 3 术语

#### 3.1 电缆样品 cable type

用于质量鉴定的由同一制造厂制造的具有相同材料、相似结构和额定工作参数的有代表性的电缆。

#### 3.2 连接 connection

现场电缆端接、对接或在电缆与设备接口处防恶劣环境的密封。

#### 3.3 现场电缆对接 field splice

电缆导体在现场满足所需工作条件的永久性连接和再绝缘。

#### 3.4 安装寿命 installed life

电缆及现场电缆连接从安装到拆除的时间间隔，在此期间，它们必须满足规定的设计要求。

#### 3.5 合格寿命 qualified life

相对于一组规定的运行条件，能通过鉴定证明电缆及现场电缆连接具有满意性能的时间间隔。

#### 3.6 型式检验 type tests

对产品质量进行全面考核，即对相应标准中规定的技术要求全部进行的检验（必要时由双方协议还可以增加试验项目）。

#### 4 型式检验用作质量鉴定的方法

按 GB 12727 规定,型式检验是用于证明或有助于证明电气设备能满足特定工作条件(包括正常和设计基准事件环境)下性能要求的优先使用的方法。为了对电缆、现场电缆连接进行型式检验,必须具有:有关电缆的说明(标志)、重要环境条件的说明和所要求的电缆性能的说明。这些说明以及关于绝缘材料和系统方面的工程知识和经验构成了型式检验的设计依据。某一电缆质量鉴定的结果可以外推到同一型号的其他电缆,但要考虑电缆规格和可能的故障模式的差异。

现场电缆连接的试验样品必须与电缆一起进行型式检验以证明在该环境中它们在电气、机械和化学性能方面的相容性。

##### 4.1 电缆说明

此说明或技术规格书至少应包括:

- a. 导体:材料、截面尺寸、股数、涂层;
- b. 绝缘层:材料、厚度、制造方法;
- c. 组合(只适用于多芯电缆):芯线数目和排列、填充物和绑扎带;
- d. 屏蔽:带状、挤压、编织或其他;
- e. 护套:套管、金属铠装或其他,以及护套材料、厚度、使用条件;
- f. 特性:额定电压和额定温度(正常情况和事故情况下),对仪表电缆在不同的场合还包括电容、衰减系数、特性阻抗、噪声、绝缘电阻;
- g. 标志:制造厂的商品名称、型号。

##### 4.2 现场电缆连接的说明

该说明或技术规格书至少应包括:

- a. 在工厂还是在现场进行连接;
- b. 导体连接:型号、材料和连接方法;
- c. 从 4.1.b 到 4.1.g 条。

##### 4.3 重要环境条件的说明

正常运行和设计基准事件条件以及它们的顺序和持续时间均与型式检验有关。在确定由于老化、辐射、热和蒸汽作用引起的材料性能短暂和(或)累积变化时,可能需要就设计基准事件后的环境条件对电缆及其连接提出单独的要求。下列环境因素可能对电缆运行有很大影响。

###### 4.3.1 大气

下列环境参数在正常运行条件 and 设计基准事件条件下的最大值和平均值或变化曲线:

- a. 气体组分和流速;
- b. 湿度;
- c. 温度;
- d. 压力。

###### 4.3.2 辐照

辐照应考虑:

- a. 正常剂量率和种类;
- b. 正常安装寿命内的总剂量;
- c. 设计基准事件剂量率(最大剂量率和近似变化曲线);
- d. 设计基准事件总剂量;
- e. 安装寿命内和设计基准事件一起的总剂量。

#### 4.3.3 化学物质

化学物质应考虑:

- a. 化学物质的种类和浓度;
- b. 喷淋流量或浸没速率及时间;
- c. 作用温度。

#### 4.3.4 机械性能

下列参数在正常运行和设计基准事件条件下的量值:

- a. 弯曲或柔性;
- b. 振动;
- c. 拉力;
- d. 侧压力。

#### 4.3.5 火灾危险

### 4.4 运行要求

#### 4.4.1 满足工作条件

安装好的电缆应能在其安装寿命期间规定的最高环境温度、辐射和大气条件以及正常的电气和机械应力条件下运行。这种能力可通过符合已出版的工业标准、符合成文的运行经验、进行部件试验,或采用以上方法的组合来证明。

整个核电厂可分为若干个环境条件不同的区域。如果能保证对进入某些区域的电缆实现分隔,则电缆只需满足其所处区域的工作条件。

#### 4.4.2 电缆质量鉴定所依据的设计基准事件条件

##### 4.4.2.1 失水事故(LOCA)(仅适用于安全壳内的电缆)

电缆、现场电缆连接应能在其整个正常寿命期间在 LOCA 引起的假想环境条件下运行。在这种情况下必须假定负荷和信号电平处于预计的最不利的值。

##### 4.4.2.2 火灾

安装好的电缆应不会使火蔓延。

##### 4.4.2.3 其他设计基准事件

只要这些事件对电缆运行具有不同类型的或更为严重的危害,也应予以考虑。

### 4.5 型式检验的条件和顺序

#### 4.5.1 总则

型式检验主要用于证明电缆、现场电缆连接能在设计基准事件条件下正常运行。因为设计基准事件可能在核电厂寿期内任何时候发生,所以在模拟这些条件的型式检验中需要热

## EJ 705—92

老化和辐射老化,以便可同时证明各类电缆能在核电厂正常运行工况下运行。

#### 4.5.2 老化

正常运行条件随着时间的推移会对电缆、现场电缆连接的性能产生影响,这种影响表现为可使它们承受设计基准事件期间和事件后的极端环境条件和负荷的能力增加或减小。因此,针对设计基准事件条件的型式检验必须包括已经过老化和未经过老化的样品。“老化”是指以加速的方式按一定的顺序或同时施加的温度、辐射和其他大气条件的作用。

为了用模拟的方法来验证样品的合格寿命,对样品进行老化所需的时间和温度条件可依据阿伦纽斯曲线(Arrhenius plotting),或采用已经证实对被试材料可靠和适用的其他方法确定。

#### 4.5.3 设计基准事件条件下的试验

应使未经过老化和已经过老化的电缆、现场电缆连接受到按一定顺序施加的极端环境条件的作用,这些环境条件可模拟最严重的设计基准事件条件和特定的安装条件。型式检验必须采用使样品经受多次瞬态过程,提高严酷程度或采用其他适当的方法来证明存在适当的裕度。电缆性能优劣的程度,可根据在环境条件循环试验中和试验后对被试电缆进行相应的电气和物理性能的测量结果来评价。

附录 A(参考件)列出的压力、温度、辐射、化学物质浓度、湿度和时间并不代表所有核电厂的容许限值。在要求的型式检验中所用的参数值应代表电缆或连接在安装处工作条件的容许值。

### 5 文件

#### 5.1 总则

证明电缆及其现场连接质量鉴定的型式检验资料,应按可核查的格式编制。文件应包括:

- a. 电缆的说明或技术规格书;
- b. 现场电缆连接的说明或技术规格书;
- c. 具体环境特点的说明;
- d. 需证明的具体性能要求的说明;
- e. 试验大纲;
- f. 试验结果;
- g. 批准签字和日期。

#### 5.2 试验大纲

电缆及其连接的试验大纲必须包括:

- a. 电缆的实际排列和试验设备说明;
- b. 所有环境因素的施加时间和顺序;
- c. 监测所有环境和电缆每一变量的传感器的型号和位置;
- d. 电压或电流(和 5.2a 条一起考虑);
- e. 在环境条件作用期间所完成的电气、热和机械性能试验;

EJ 705—92

f. 环境条件循环作用之后的试验或检查。

5.3 试验结果

试验结果应证明：

- a. 环境条件作用已按预定的顺序完成；
- b. 电缆及现场电缆连接能执行其预定的功能。

5.4 试验评价

应对试验数据作出评价，以证明 5.1d 条中说明的电缆性能是适宜的。

6 变更

当电缆的材料、设计、安装条件或环境条件有某些变化时，必须对以前的型式检验进行复核，以评价此变化对电缆质量鉴定的影响。评价必须指出是否需要进行新的型式检验。必须将证明这个变化对电缆及现场电缆连接性能影响的分析数据和评价列入质量鉴定文件中。

## EJ 705—92

## 附录 A

### 型式检验的实例

(参考件)

#### A1 引言

本附录阐述的各种型式检验是对核电厂电缆、现场电缆连接进行质量鉴定的实例。为了鉴定电缆连接和其他方面符合预定的使用条件,需要时,应进行电缆或连接的组件试验作为电缆试验的补充。

所采用的压力、温度、辐射、化学物质浓度、湿度和时间等并不代表所有核电厂的容许限值。

如果现在的试验采用以前的试验结果作依据应在文件相应处注明。

#### A2 型式检验样品

被试样品应代表所鉴定电缆的导体、绝缘层、填充物、套管、绑扎带、屏蔽层和电缆连接。表 A1 列出了各种代表性电缆的导体截面尺寸。样品应有足够的长度以便可靠地进行试验读数和评价。

#### A3 正常运行的鉴定试验

##### A3.1 抗温度和湿度能力

该鉴定可通过提供合格文件来证明。这种文件证明电缆已按一个或多个有关工业标准或准则进行制造和试验合格。

##### A3.2 长期自然老化性能

应提交老化数据以确定绝缘层的长期性能。可以采用阿伦纽斯方法对数据进行评价,应至少提供三个数据点,包括 136℃ 和两个或两个以上至少相隔 10℃ 的其他温度点。

##### A3.3 热老化和辐照老化

可以采用以下试验顺序证明电缆经过模拟热老化和辐照老化后仍可运行。

**A3.3.1** 将适当长度的符合适用标准的电缆弯成若干个试验线圈,每个线圈的有效试验长度不小于 3m。

**A3.3.2** 将线圈放入循环空气烘炉中进行老化。老化的温度和时间关系数据可用阿伦纽斯方法或其他对被模拟的安装寿命有效的方法得出。

**A3.3.3** 将经 A3.3.2 条处理过的样品置于空气中受一个  $\gamma$  辐射源(如  $^{60}\text{Co}$  源)的照射,在不大于  $1 \times 10^4 \text{Gy/h}$  的剂量率下达到累积剂量  $5 \times 10^5 \text{Gy}$ 。

**A3.3.4** 将 A3.3.3 条辐照后的样品拉直,然后重新弯成内径为电缆外径 20 倍左右的线圈,再浸入室温下的自来水中。浸在水中的这些样品应能通过耐压试验(根据相应的国家标准或如无适用数据,可采用交流 31.5kV/cm 持续 5min 或直流 94.5kV/cm 持续 5min 的数

据。

## A4 设计基准事件条件下的运行试验

### A4.1 总则

本章针对失水事故(LOCA)制定,但不限于失水事故。

按照下述要求准备两组样品:

- a. 一组未经过老化;
- b. 另一组按 A3.3.1 和 A3.3.2 条进行了热老化。

注:如果遵守 A4 章的要求,可略去 A3.3.3 和 A3.3.4 条要求,因为 A4 章要求高于 A3.3.3 和 A3.3.4 条要求。

### A4.2 辐照

使样品受到预计在整个安装寿命内受到的最大累积辐照剂量(见 A3.3.3 条)加上 GB 12727 附录 A 或附录 B 中特定安装地点的一次 LOCA 辐照剂量。辐照剂量率不得大于  $1 \times 10^4 \text{Gy/h}$ 。当模拟 LOCA 曲线要求更大的剂量率时,可不受此限制。

### A4.3 LOCA 模拟

将受辐照过的样品放在一压力容器内进行试验,此容器的结构使样品能在额定电压和额定负荷下运行,同时受到 LOCA 事件条件的压力、温度、湿度和化学物质喷淋的作用。容器内应设有监测和改变温度及蒸汽压力、使化学喷淋物质再循环及对样品施加规定电气负荷的手段。

A4.3.1 将按规定处理过的样品装在压力容器内,并在正常运行条件下将其通电至额定电压和额定工作电流。然后,使处于通电状态下的样品受到 GB 12727 规定的为特定安装地点假设的极端环境条件下的一次循环作用。

A4.3.2 电缆在受极端环境条件作用期间,应始终能在规定的电气参数范围内正常运行。

### A4.4 LOCA 模拟后的试验

LOCA 模拟完毕后,应将样品拉直并绕一个直径约为电缆外径 40 倍的金属卷筒弯成的线圈,然后浸入室温下的自来水中。浸在水中的这些样品应能通过 A3.3.4 条相同的耐压试验。

注:LOCA 后模拟试验的目的是通过环境条件模拟后电缆仍有适当的机械耐久性(卷筒弯曲),以证明存在足够的安全裕度,它比环境条件两个循环作用更为严酷。

## A5 火焰试验

### A5.1 总则

本章阐述成组电缆通过垂直托架火焰试验来证明其耐火能力的型式检验方法。

### A5.2 准则

A5.2.1 火焰试验应证明在火灾危险区内的电缆,即使在其外护套和绝缘层已经损坏的情况下也不会使火蔓延。

A5.2.2 火焰试验应在接近安装条件下进行,并提供符合要求的结果。



## EJ 705—92

**A5.3 试验样品**

**A5.3.1** 试验是对动力、控制和仪表电缆进行的。

**A5.3.2** 表 A1 列出了进行型式检验推荐的导体截面尺寸,但不限于这些。

**A5.4 火焰试验装置和程序**

**A5.4.1** 试验应在自然通风房间或没有过度抽风和杂散空气流的封闭空间内进行。

**A5.4.2** 垂直电缆托架是确定电缆能否使火蔓延的最佳结构型式,托架应是立式、金属质、梯形,约 76mm 深、300mm 宽和 2.5m 长。托架底部可以用螺栓固定在一段水平托架上。

**A5.4.3** 试验样品的布置:多根电缆应单层排列,至少布满托架中央 150mm 的范围。电缆之间的间距约为电缆直径的一半。应用不同的电缆样品进行三次试验以证明其复现性。

**A5.4.4** 当用气体燃烧灯作火焰源时必须遵守下列操作规定。

**A5.4.4.1** 扁形气体燃烧灯必须水平安装,火焰喷在托架梯条之间样品的中部,燃烧灯灯头表面在垂直托架后面 76mm 并高于垂直托架底部约 600mm 处。因为天然级的丙烷气具有均匀的热容量,故优先采用它而不用一般煤气。

**A5.4.4.2** 当用装在火焰中靠近但不触及试验样品表面(间距约 3.2mm)的热电偶测量温度时,火焰温度应接近 816℃。

**A5.4.4.3** 火焰源的示意图见图 A1。在动态条件下,如果采用丙烷气,则在文丘利混合器的气源侧 A 的压力必须为  $-260 \pm 30\text{Pa}$  ( $-2.6 \pm 0.3\text{cm}$  水柱)。如果采用一般煤气,则在文丘利混合器的气源侧的压力必须为  $-90 \pm 10\text{Pa}$  ( $-0.9 \pm 0.1\text{cm}$  水柱)。对于丙烷气,空气压力应为  $430 \pm 50\text{Pa}$  ( $4.3 \pm 0.5\text{cm}$  水柱)。对于一般煤气,混合器空气入口 B 处测得的压力必须为  $560 \pm 50\text{Pa}$  ( $5.6 \pm 0.5\text{cm}$  水柱),实际上,当沿火焰路径测量时,火焰长度约为 380mm。

**A5.4.4.4** 气体燃烧灯操作步骤:点燃燃烧灯并燃烧 20min。在整个试验期间,记录喷火点上的温度,并记录熄掉气体燃烧灯后火焰继续燃烧的持续时间、护套碳化的长度和绝缘层损坏的长度。

**A5.4.5** 当采用燃油麻布作火焰源时,必须遵守下列操作规定。

**A5.4.5.1** 用一块重量为  $305\text{g}/\text{m}^2$ ,面积为  $600\text{mm} \times 600\text{mm}$  的麻布,按图 A2 折成  $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 150\text{mm}$  的布卷。用细铜丝按图 A2 所示将其捆扎,以保持布卷的形状。将它浸在燃油罐内 5min,然后取出,敞露地挂在空气中滴油约 15min、在浸入油中之前和滴油之后称一下它的重量,其滴油量应保持为  $160 \pm 5\text{g}$ 。这个试验要用具有恒定尺寸和重量、恒定滴油量的燃烧物重复进行。应监测被试电缆最大火焰喷射点处的温度。

**A5.4.5.2** 滴油后,应用适当的金属丝或带将燃烧物固定在托架前面距托架底部高度 600mm 处。燃烧物的  $100\text{mm} \times 150\text{mm}$  表面贴着电缆。

**A5.4.5.3** 点燃浸有燃油的麻布。火焰应自然地把麻布烧掉。

**A5.5 评价**

凡火焰蔓延并使火焰源以上全部电缆燃烧者就认为该电缆通不过火焰试验。当火焰源移开或烧完后能自熄的电缆则认为它通过这个试验。在熄灭火焰源或移去火焰源后仍继续燃烧的电缆,应让它继续燃烧以确定其是否能自熄。

**A5.6 仪表电缆和多芯电缆中的各单芯导体**

EJ 705-92

每一种仪表电缆或从每一种多芯控制电缆中取出的单独的绝缘导体或绝缘并加护套的导体样品应通过规定的耐火试验。

表 A1 型式检验用的代表性电缆

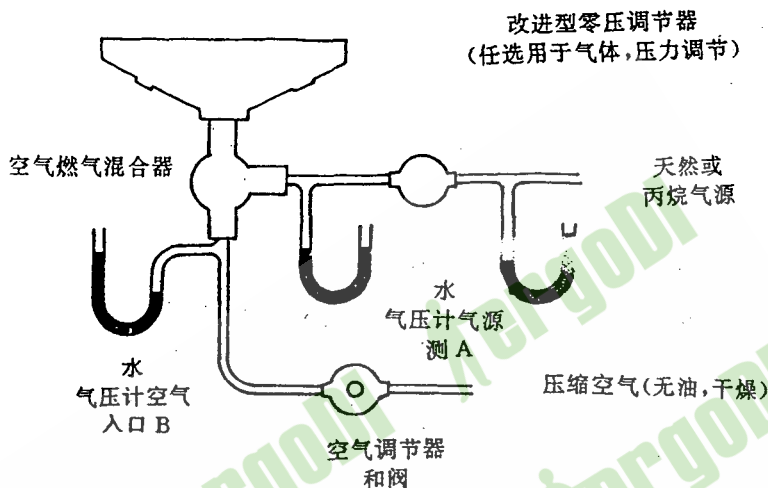
| 类 型   | 试 验  | 条 条                                    | 导体截面,<br>mm <sup>2</sup>   |
|---|--|--|--|
| 1000V 及以下多芯控制电缆或多芯屏蔽信号电缆(单独部件见本页以下部分)或单芯动力电缆) | 抗温度和湿度能力<br>热老化和辐照老化<br>设计基准事件模拟<br><br>电缆组件中单芯的垂直火焰试验<br>垂直托架火焰试验 | A3.1<br>A3.3<br>A4<br><br>A5.6<br>A5.4 | 单芯:2.5 或 4<br>单芯或多芯:2.5 或 4<br>单芯或多芯:2.5 或 4<br>单芯:16,25 或 35<br>单芯:2.5 或 4<br>7 芯:1.5,2.5 或 4 |
| 多芯信号电缆的屏蔽双芯、三芯或四芯                             | 抗温度和湿度能力<br>热老化和辐照老化<br>设计基准事件模拟<br>垂直火焰试验                         | A3.1<br>A3.3<br>A4<br>A5.6             | 15 屏蔽双芯或实际电缆   |
| 同轴、三同轴或特种仪表电缆                                 | 抗温度和湿度能力<br>热老化和辐照老化<br>设计基准事件模拟<br>电缆组件中单芯的垂直火焰试验                 | A3.1<br>A3.3<br>A4<br>A5.6             | 实际尺寸   |
| 双芯 热电偶补偿电缆                                    | 抗温度和湿度能力<br>热老化和辐照老化<br>设计基准事件模拟<br>垂直托架火焰试验<br>电缆组件中单芯的垂直火焰试验     | A3.1<br>A3.3<br>A4<br>A5.4<br>A5.6     | 2 芯:0.5<br>小于此尺寸时采用<br>实际尺寸  |
| 1001~15000V 动力电缆(单芯、三芯或多芯)                    | 垂直托架火焰试验   | A5.4                                   | 16(1~5kV),70,95<br>或 120(1~15kV)   |

A6 型式检验的文件

按照本附录规定的试验程序,提供型式检验文件所需的数据。需要时,提供上述试验结果的合格证书。

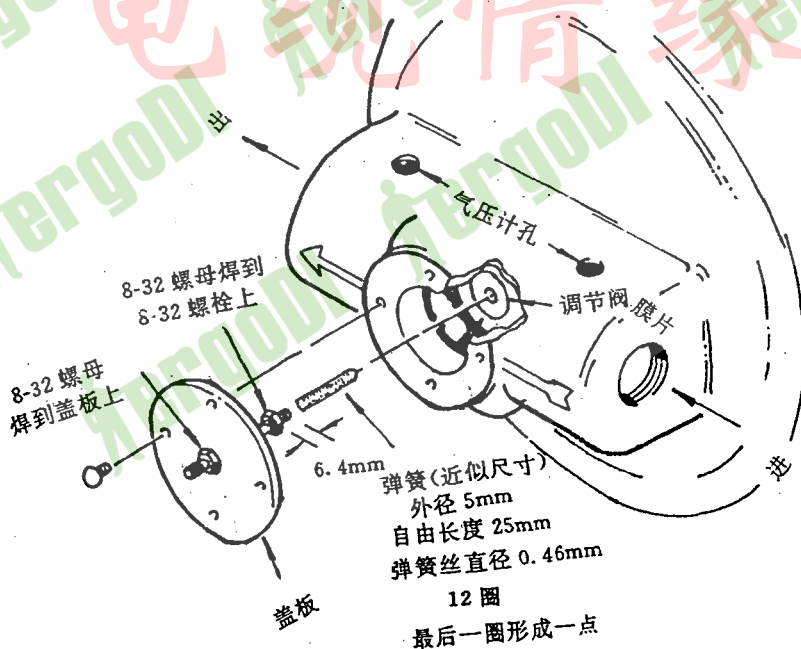
EJ 705-92

254mm 宽, 11-55 孔扁形喷灯



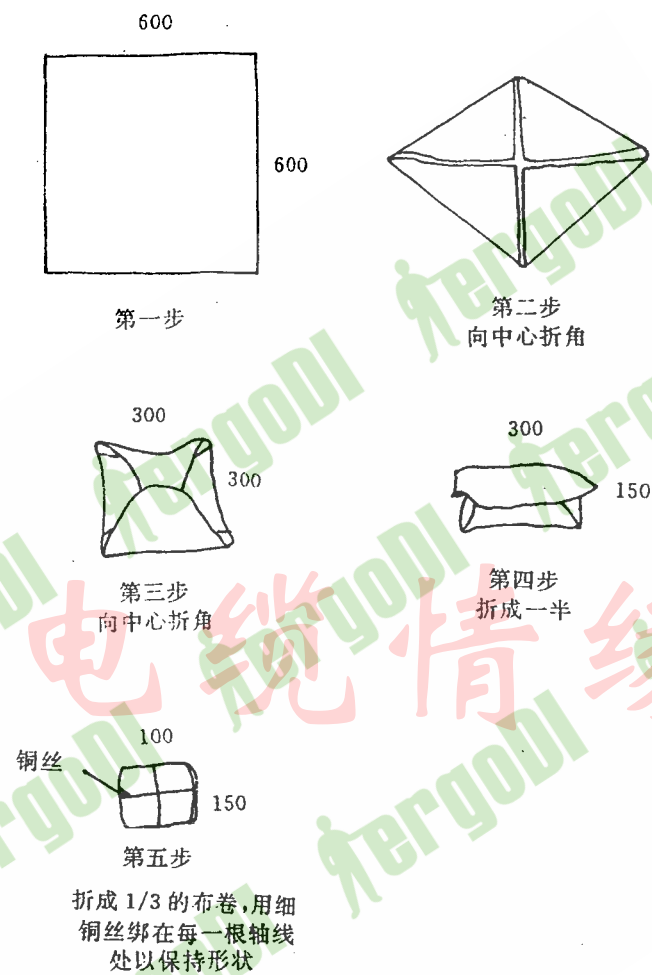
注: 所有压力都在动态条件下测量。

A 示意图



B 改进型零压调节器的详图

图 A1 火焰源



注: 所有尺寸均为 mm。

图 A2 麻布折迭顺序

EJ 705-92

附加说明:

本标准由全国核仪器仪表标准化技术委员会提出。

本标准由上海核工程研究设计院负责起草。

本标准主要起草人:陆曙东、谢为驹。

本标准参照采用美国标准 IEEE383-1974《核电厂 1E 级电缆、现场电缆接头和连接的形式检验》。