SY

# 中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/ T 5992—94

# 输送钢管静水压爆破试验方法

1995-01-18 发布　　1995-07-01 实施

中国石油天然气总公司　　发 布

# 中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/ T 5992—94

# 输送钢管静水压爆破试验方法

## 1 主题内容与适用范围

本标准规定了输送钢管静水压爆破试验方法的术语、试验原理、试样、试验装置和测试仪器、试验条件、试验程序、测试方法、试验结果及试验报告和试验过程注意事项等内容。

本标准适用于输送钢管在环境温度下的静水压爆破试验。

## 2 术语

### 2.1 试样

用于静水压爆破试验的输送钢管。

### 2.2 输送钢管

用于石油、天然气、水、煤气等气体或液体输送的钢管，包括无缝钢管、螺旋缝和直缝焊接钢管。

## 3 试验原理

采用静水压注法在密闭的试样上持续加压，使钢管发生变形直至爆破（特殊要求时，也可不爆破）。并运用一定的方法测定钢管承压过程变形情况，管体性能扩展等特征值。

## 4 试样

### 4.1 试样长度

试样长度应按式（1）计算，但试样最大长度不超过 12.2m。

$$L \geqslant 10D \qquad \cdots\cdots(1)$$

式中：$L$——试样长度，mm；

$D$——钢管外径，mm。

### 4.2 试样检验

**4.2.1** 试样在试验前应按有关标准进行外观、尺寸（管径、壁厚、长度等）检测，无损检验和工艺性能试验，对焊接钢管的焊缝应进行无损探伤，并进行静水压试验。

**4.2.2** 试样在试验前应进行母材横向拉伸试验，对焊接钢管还应进行焊缝拉伸试验，测定母材和焊缝力学性能。

**4.2.3** 试样在试验前应进行母材和焊缝化学分析。

### 4.3 试样制备

**4.3.1** 选取按 4.2 条检验的试样，在制备前应清理试样内外表面，内部不得有任何残留物。

**4.3.2** 试样两端应密封牢固。密封可采取以下任一种形式，密封应能保证试验安全可靠和试验结果的准确性。

**4.3.2.1** 可采用不小于试样 3 倍壁厚的焊接性能良好的钢板焊接密封，且密封板上应交叉焊接加强筋板。筋板均匀分布，沿试样圆周上筋板间距不得大于 200mm，且至少有一个通筋，如图 1 所示。

试样两端沿外表面圆周方向应均布加强筋，其数量、分布位置应与密封板上的加强筋相同，如图

中国石油天然气总公司 1995-01-18 批准　　1995-07-01 实施

1 所示。

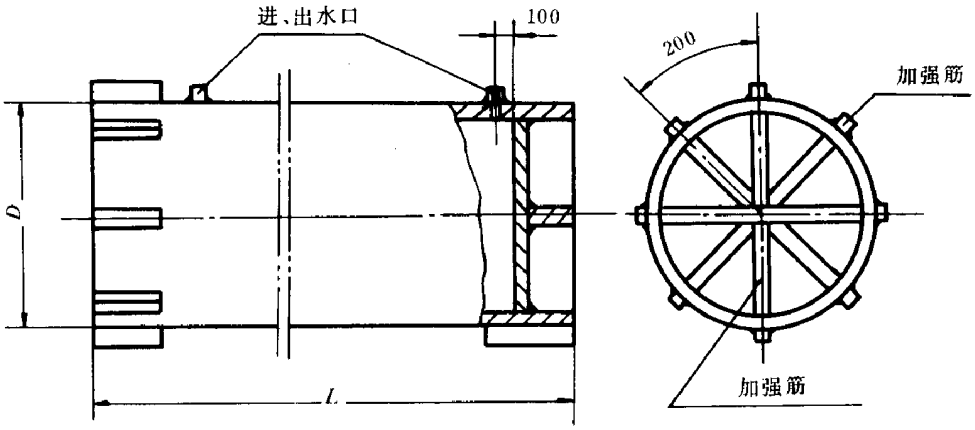



图 1　试样结构示意图

**4.3.2.2**　试样两端可采用球状密封头焊接密封.

**4.3.2.3**　试样两端也可采用其它堵头形式的密封装置密封。

**4.3.3**　分别在试样两端距管端密封板 100mm 处，垂直钢管轴线钻一直径不小于加压注水管的进、出水孔，并焊接进、出水口，如图 1 所示。

## 5　试验装置和测试仪器

### 5.1　试压泵

应采用电动往复式柱塞泵或其它能满足本试验要求的试压泵或液压源。

**5.1.1**　试压泵的额定出口压力应为试样承受最大压力的 1.5 倍以上。

**5.1.2**　试压泵流量应满足低压时进水量大，高压时进水量小的要求。

### 5.2　压力表

**5.2.1**　试验装置应至少安装 1 只能准确显示试验压力的压力表。其量程应为试样承受最大压力的 1.5～3 倍。

**5.2.2**　压力表应定期校验，试验前检查，经校验合格方能使用，其精度不得低于 1.5 级，分辨率为 0.1MPa。

**5.2.3**　应配置能够自动记录压力的装置。

### 5.3　试验装置连接管道

**5.3.1**　试验装置连接管道（加压注水管）须采用金属管或高压胶管。

**5.3.2**　试验装置连接处必须有良好的密封性能。

**5.3.3**　试验装置与加压注水管耐压值不低于试样承受最大压力的 1.5 倍。

### 5.4　温度测量仪

用于测量试验用水温度和环境温度的温度测量仪，其最小刻度值不大于 1℃。

### 5.5　应变仪

应采用具有测量精度高、分辨率高、测量范围宽和适用应变片范围宽特点的应变仪。

### 5.6　应变片

应变片为应变测量元件。应选用粘贴强度大、应变率较高、能适应常温爆破的应变片，应变极限为 2%。

### 5.7　钢管环胀变形仪

用于测试试样环向弹性变形情况，可采用多节滚链或其它装置。对于埋弧焊钢管，采用多节滚链

时，滚链的接口处安装一跨越焊缝的过桥和一套装夹大位移传感器的夹具，其变形量集中在传感器部位。

### 5.8 传感器

测试系统用传感器包括温度、压力、流量传感器，其精度和分辨率要求分别为：温度传感器允许误差± 0.5℃，分辨率为 0.1℃；压力传感器精度为 1.5 级，分辨率为 0.02MPa；流量传感器精度为 2.5 级,灵敏度为 0.5%。

## 6 试验条件

### 6.1 试验用水

**6.1.1** 试验用水必须清洁，并能稳定连续供给。

**6.1.2** 试验用水的温度应不低于 5℃。

### 6.2 试验场地

试验场地可为周围无建筑物的空旷地带、试验坑或封闭的试验场。

**6.2.1** 空旷地作为试验场地时，必须设置安全防护措施和醒目标志,并应符合下列要求:

**a.** 试验场地必须设立隔离带;

**b.** 试验场地周围不得有其它压力容器及易燃易爆物品;

**c.** 试验装置和测试仪器应放置在离试样一定距离的、耐冲击和振动的房间内;

**d.** 试验操作人员应在安全防护圈以外或在安全的观察室内，其他人员不得靠近。

**6.2.2** 试验坑作为试验场地时，坑深至少为试样最大外径的 3 倍以上，或在坑上面两边加防护墙，坑深加防护墙高度至少为试样最大外径的 3 倍以上。试验人员、试验测试仪器应在安全的观察室内。

**6.2.3** 封闭试验场，试验场应为钢筋水泥浇注、内壁四周用钢板焊接内衬并留若干观察口，试验人员和测试仪器应在安全的观察室内。

### 6.3 试验环境

**6.3.1** 试验的环境温度不得低于 5℃。

**6.3.2** 试验场地周围不得有影响试验正常进行的冲击、振动源。

### 6.4 试样放置

**6.4.1** 试样应用适当的支承物支承放置，且支点能自由滑动，不得嵌固。

**6.4.2** 试样出水口应尽可能在试样的上部，且出水口应略高于进水口，有预制缺陷的试样，其缺陷应布置在试样的上部。

## 7 试验程序

### 7.1 记录原始数据

**7.1.1** 将试样种类（无缝钢管、螺旋缝或直缝焊接钢管）、材质、规格、尺寸、外观、无损检验，理论强度和力学试验值（包括材料弹性模量、泊松比等常数），水压试验等原始数据填入试验记录。

**7.1.2** 测定试验用水温度和环境温度，并填写记录。

### 7.2 确定试验方案

**7.2.1** 按式（2）计算试样屈服压力和最高压力值:

$$p=\frac{2\sigma t}{D} \qquad \cdots\cdots(2)$$

式中:$p$——分别为试样屈服压力$p_s$和最高压力$P_b$，MPa;

$t$——试样壁厚，mm;

$\sigma$——分别为试样屈服强度$\sigma_s$和抗拉强度最小值$\sigma_b$，MPa;

$D$——试样公称外径,mm。

注:当$\sigma$值取理论值时,$p_s$、$p_b$为理论计算值,$D$、$t$均取公称值;当$\sigma$值取实测值时,$p_s$、$p_b$为实测计算值,$D$、$t$取实测值。

7.2.2 确定测试内容,根据试验要求可选择下列任一项或多项测试内容:

a. 试样开始屈服变形时的压力,$p_s$;

b. 试样承受的最高压力,$p_b$;

c. 试样爆破压力,$p_k$;

d. 试样的应力与应变,$\sigma$、$\varepsilon$;

e. 绘制试验压力曲线。

f. 试样的整体变形;

g. 爆破口位置、形状、尺寸和特征。

### 7.3 试验准备

7.3.1 按第4章规定制备试样。

7.3.2 检查试压泵和测试仪器是否处于正常工作状态。

7.3.3 进行试样与泵体之间的加压注水管连接,包括试压泵与加压注水管、试样进水口与加压注水管。

### 7.4 注水、排气

7.4.1 打开试样出水口,用压力泵向试样注水并将水注满。

7.4.2 待水从出水口溢出,排出管道及试样内空气后,关闭压力泵,将试样出水口封住。

### 7.5 预压

7.5.1 第一次预压,加压至2MPa,检查试验装置以及管道的密封情况后泄压。

7.5.2 第二次预压,加压至2MPa,使试样变形前得以适当调整,泄压。

### 7.6 升压

7.6.1 一切正常后,按照试验方案逐级升压至规定压力值。

7.6.2 在升压过程中应注意试验压力的升高以及出现的异常现象。

7.6.3 按照第8章规定测试有关内容。

### 7.7 稳压和爆破

7.7.1 在达到规定试验压力时,停止加压并按规定时间稳压计时。

7.7.2 注意观测压力表示值,压力值不得回降以及出现其它异常现象。

7.7.3 根据试验要求,继续加压直至试样爆破。

### 7.8 泄压

7.8.1 试验结束后,先对试压泵泄载。

7.8.2 关闭各仪器电源,取下连接导线。

7.8.3 将试样从试验装置卸下。

## 8 测试方法

钢管静水压爆破试验各项参数的测试和数据处理采用专用仪器或计算机进行,也可采用钢管爆破试验微机测量系统。

### 8.1 环向变形测试

环向变形测试是指试样承受压力后,在弹性范围内,测试试样变形情况。

8.1.1 根据试验要求在试样适当位置安装环向变形仪。

8.1.2 调节位移输出旋钮,使初始位移值为零。

8.1.3 压力每升高1MPa采集一次数据直至试样屈服。

8.1.4 将压力缓慢降至零点，观察变形恢复情况。

8.1.5 停止试压泵，取下测试仪。

8.1.6 根据测得的压力与变形量数据，绘制升、降压过程压力—变形曲线。

### 8.2 微区应力、应变测试

8.2.1 试样受力分析

分析试样受力情况，试样是否存在薄弱或应力集中部位，并同试验目的一起考虑。确定布片位置、布片数量及选用应变（花）类型（为提高测试精度，最好采用做好的应变花）。一般情况下，试样受力为平面应力状态，主应变（主应力）在轴向和径向。

8.2.2 应变片布置

按应变片粘贴有关技术要求进行。

8.2.3 应力、应变测试

将粘贴好的应变片用导线引入应变仪，当所有的连线正确无误后方可进行试验。记录压力对应的应变、应力值。

8.2.4 绘制压力—应变、压力—应力曲线。

### 8.3 进水量测试

可采用下列任何一种方法，测试试样在加压到爆破试验过程中进入试样的水量。

8.3.1 通过试压泵带有刻度的水箱、量筒或量杯等方法测试进水量。

8.3.2 通过安装在试压泵水箱里的电动浮筒液位测量仪进行测试，当试压泵向试样充水时，液位下降高度可转化为电流信号，该信号输入计算机，由于水箱的面积一定，可得到进入试样内水的体积。

8.3.3 通过在加压注水管安装水流量测试仪测试。

8.3.4 绘制压力—进水量曲线。

### 8.4 压力测试

试验压力可通过试压泵上的压力表直接读出，也可通过压力传感器将压力转化为电压信号并输入到计算机，计算机对电压信号进行处理获得压力值。

8.4.1 屈服压力的测试

由压力和进水量的变化关系来确定屈服压力，当试样在弹性范围时，压力—进水量呈线性变化；当屈服时，压力—进水量呈非线性关系，其转折点即为屈服压力值。

8.4.2 最高压力测试

试样的最高压力直接从压力表读出或通过计算机采集获得。

8.4.3 爆破压力测试

试样的爆破压力直接从压力表读出或通过计算机采集获得。

### 8.5 爆破口测试

试样爆破后，应对爆破口进行测试、分析，并根据试验要求选定以下项目：

a. 爆破口位置、形状、尺寸、壁厚减薄量，包括周长变化等；

b. 断裂与主应力之间夹角；

c. 裂纹扩展方向；

d. 低倍组织；

e. 金相组织；

f. 起爆点断口扫描电镜分析；

g. 起爆原因分析。

## 9 试验结果及试验报告

试验结果及试验报告参照附录 A(参考件)规定填写、出据。

## 10 试验过程注意事项

### 10.1 试验人员要求

试验操作人员应由专门从事此项工作的人员进行，操作人员应熟悉试验装置，熟练掌握测试方法。

### 10.2 试验过程应注意事项

**10.2.1** 安装压力表时，应排净压力表及管道内的空气。

**10.2.2** 试验过程如发现异常现象，应停机、泄压、排除故障后，方可重新试验。

**10.2.3** 试验过程中，承压试样应避免冲击和碰撞。

**10.2.4** 试样承压过程中，任何人不得接近试样。

**10.2.5** 试验过程中，不得进行拆装管道、压力表及试样或在加压注水管道的连接处进行操作。

### 10.3 试验设备的操作

所有试验用仪器、设备均应按各自说明书进行操作。

# 附 录 A
# 试验结果及试验报告
(参 考 件)

## A1 记录原始数据

试验结果及试验报告可参照下列规定填写、撰写。

按 7.1 条要求记录原始数据，并填入表 A1。

表 A1 试验原始数据记录表

| 序号 | 管号 | 钢管生产日期 | 钢管生产单位 | 试验日期 | 钢管类型 | 材质 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |

| 试样规格尺寸,mm | | | | | | | | 试验温度,℃ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 公称尺寸 | | | | 实测尺寸 | | | | | | |
| 直径 | 壁厚 | 圆周长度 | 试样长度 | 直径 | 壁厚 | 圆周长度 | 试样长度 | 水 | 环境 | |
| | | | | | | | | | | |

试样检验结果

| 无损检验 | | | | 水压试验 | | 工艺性能 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 超声波 | X 射线 | 电磁 | | 试验压力,MPa | 稳压时间,s | 压扁 | 弯曲 | |
| | | | | | | | | |

试样性能值

| 弹性模量 | 泊松比 | 理论值 | | | 试验值 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $E$ | $\mu$ | $\sigma_s$,MPa | $\sigma_b$,MPa | $\delta$,% | $\sigma_s$,MPa | $\sigma_b$,MPa | $\delta$,% |
| | | | | | | | |

计算压力值,MPa

| 按理论强度值计算 | | 按力学试验值计算 | |
|---|---|---|---|
| 屈服压力,$p_s$ | 最高压力,$p_b$ | 屈服压力,$p_s$ | 最高压力,$p_b$ |
| | | | |

注:表格中 $\delta$ 代表伸长率最小值。

## A2 试验压力测试结果

试验压力测试结果，填入表 A2。

表 A2 试验压力测试结果 MPa

| 屈服压力,$p_s$ | 最高压力,$p_b$ | 爆破压力 $p_k$ |
|---|---|---|
| | | |

## A3 环向变形测试结果

**A3.1** 环向变形测试结果按表 A3 填写。

表 A3 环向变形测试结果

| 压　　力,MPa | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 升压时变形量,mm | | | | | | | |
| 降压时变形量,mm | | | | | | | |

**A3.2** 绘制压力—变形曲线。

**A3.3** 结果分析。

## A4 微区应力、应变测试结果

**A4.1** 按表 A4 填写 45° 或 60° 应变花测试结果。

表 A4 微区应力、应变测试结果

| 压力,MPa | $\sigma$ | | $\varepsilon$ | | $\theta$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\sigma_1$ | $\sigma_2$ | $\varepsilon_1$ | $\varepsilon_2$ | $\theta_1$ | $\theta_2$ |
| | | | | | | |

**A4.2** 绘制压力—应变曲线、压力—应力曲线。

**A4.3** 结果分析。

## A5 进水量测试结果

**A5.1** 按表 A5 填写进水量测试结果。

表 A5 进水量测试结果

| 压力,MPa | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 水流量,$m^3$ | | | | | | |

**A5.2** 绘制压力—进水量曲线。

**A5.3** 结果分析。

## A6 爆破口分析

## A7 综合分析

**试验人员:**

**报告执笔:**

**审　　核:**

**日　　期:**

**附加说明:**

本标准由石油管材专业标准化委员会提出并归口。

本标准由宝鸡石油钢管厂负责起草。