

中华人民共和国石油天然气行业标准

**控制钢制设备焊缝硬度防止
硫化物应力开裂技术规范**

Technical specification of controlling weld hardness of
steel equipment to prevent sulfide stress cracking

SY/T 0059—1999

主编单位：四川石油管理局勘察设计研究院

批准部门：国家石油和化学工业局

石 油 工 业 出 版 社

1999 北 京

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	一般规定	3
4	控制原则	4
5	焊缝验收	6
标准用词和用语说明.....		8
附件 控制钢制设备焊缝硬度防止硫化物应力开裂技术规范		
	条文说明.....	9

国家石油和化学工业局文件

国石化政发(1999) 201 号

关于批准《钢质管道及储罐腐蚀 控制工程设计规范》等 87 项 石油天然气行业标准的通知

中国石油天然气集团公司：

你公司报批的《钢质管道及储罐腐蚀控制工程设计规范》等 87 项石油天然气行业标准草案，业经我局批准，现予发布。标准名称、编号为：

强制性标准

SY 0007—1999 钢质管道及储罐腐蚀控制工程设计规范
(代替 SYJ 7—84)

推荐性标准

SY/T 0005—1999 油田注水设计规范
(代替 SYJ 5—89、SY/T 0070—93)

SY/T 0006—1999	油田采出水处理设计规范 (代替 SYJ 6—89)
SY/T 0026—1999	水腐蚀性测试方法 (代替 SYJ 26—87)
SY/T 0045—1999	原油电脱水设计规范 (代替 SYJ 45—91)
SY/T 0046—1999	油田注水脱氧设计规范 (代替 SYJ 46—91)
SY/T 0047—1999	原油处理容器内部阴极保护系统技术规范 (代替 SYJ 47—91)
SY/T 0059—1999	控制钢制设备焊缝硬度防止硫化物应力开裂技术规范 (代替 SYJ 59—91)
SY/T 0063—1999	管道防腐层检漏试验方法 (代替 SY 0063—92)
SY/T 0066—1999	钢管防腐层厚度的无损测量方法 (磁性法) (代替 SY 0066—92)
SY/T 0067—1999	管道防腐层耐冲击性试验方法 (石灰石落下法) (代替 SY 0067—92)
SY/T 0094—1999	管道防腐层阴极剥离试验方法 (粘接电解槽法)
SY/T 0556—1999	快速开关盲板 (代替 SY 5256—91)
SY/T 5025—1999	钻井和修井井架、底座规范 (代替 SY 5025—91)
SY/T 5031—1999	油田用往复式内燃机规范 (代替 SY 5031—91)
SY/T 5079—1999	试井车 (代替 SY/T 5079—93)

- SY/T 5112—1999 钻井和采油提升设备规范
(代替 SY 5112—86)
- SY/T 5113—1999 吊环 (代替 SY 5113—93)
- SY/T 5122—1999 岩石有机质中碳、氢、氧元素分析方法
(代替 SY 5122—86)
- SY/T 5148—1999 石油钻采设备用气动元件 单向节流阀
(代替 SY 5148—86)
- SY/T 5153—1999 油藏岩石润湿性测定
(代替 SY 5153.1—87、SY 5153.2—87、
SY/T 5153.3—95)
- SY/T 5154—1999 油气藏流体取样方法
(代替 SY 5154—87)
- SY/T 5164—1999 三牙轮钻头 (代替 SY 5164—91)
- SY/T 5168—1999 石油钻采设备零件分类编码系统
(代替 SY 5168—87)
- SY/T 5171—1999 石油物探测量规范
(代替 SY/T 5171—93)
- SY/T 5231—1999 石油工业计算机安全保密管理规程
(代替 SY 5231—91)
- SY/T 5232—1999 石油工业应用软件工程规范
(代替 SY 5232.1—5232.8—91、
SY 5232.10—91、SY 5232.11—91、
SY 5232.14—91)
- SY/T 5327—1999 放射性核素载体法示踪测井
(代替 SY 5327—88)

- SY/T 5345—1999 油水相对渗透率测定
(代替 SY 5345—89)
- SY/T 5356—1999 常规取心作业方法
(代替 SY 5356—89、SY/T 5489—92)
- SY/T 5357—1999 卡钻浸泡解卡液作业方法
(代替 SY 5357—89)
- SY/T 5370—1999 表面及界面张力测定方法
(代替 SY/T 5370—91、SY/T 5545—92、
SY/T 5617—93)
- SY/T 5383—1999 螺杆钻具 (代替 SY/T 5383—91)
- SY/T 5434—1999 碎屑岩粒度分析方法
(代替 SY 5434—92)
- SY/T 5486—1999 非常规地层测试技术规程
(代替 SY 5486—92、SY/T 5839—93、
SY/T 6061—94、SY/T 6019—94)
- SY/T 5609—1999 石油钻机型式与基本参数
(代替 SY/T 5609—93)
- SY/T 5612.1—1999 钻井液净化系统 除气器
(代替 SY/T 5612.1—93)
- SY/T 5612.2—1999 钻井液净化系统 清洁器
(代替 SY/T 5612.2—93)
- SY/T 5612.3—1999 钻井液净化系统 旋流器
(代替 SY/T 5612.3—93)
- SY/T 5619—1999 定向井下部钻具组合设计方法
(代替 SY/T 5619—93)
- SY/T 5633—1999 石油测井图件格式 (代替 SY 5633—93)

- SY/T 5634—1999 石油测井电缆的使用与维护
(代替 SY/T 5634—93)
- SY/T 5639—1999 石油钻采设备用气动元件 旋转导气接头
(代替 SY/T 5639—93)
- SY/T 5785—1999 石油工业信息分类编码导则
(代替 SY/T 5785—93)
- SY/T 5788.3—1999 油气探井地质录井规程
(代替 SY 5364—89、SY 5365—89、
SY/T 6157—1995、SY/T 5788.3—93、
SY 5090—85)
- SY/T 5801—1999 石油重磁力勘探野外资料检查验收规定
(代替 SY/T 5801—93)
- SY/T 5820—1999 石油大地电磁测深法技术规程
(代替 SY/T 5820—93、SY/T 5800—93)
- SY/T 5828—1999 石油物探测量成果质量检查验收细则
(代替 SY/T 5828—93)
- SY/T 5891.1—1999 油气井射孔器检测用混凝土靶制作规范
(代替 SY/T 5891.1—93)
- SY/T 5955—1999 定向井钻井工艺及井身质量要求
(代替 SY/T 5955—94、SY/T 5948—94)
- SY/T 5980—1999 探井试油测试设计规范
(代替 SY/T 5980—94、SY 5514—92、
SY/T 6036—94、SY 5485—92、
SY/T 5975—94、SY/T 6011—94、
SY 5484—92)
- SY/T 6382—1999 输油管道加热设备技术管理规定

SY/T 6383—1999	长输天然气管道清管作业规程
SY/T 6384—1999	稠油油藏高温相对渗透率测定
SY/T 6385—1999	覆压下岩石孔隙度和渗透率测定方法
SY/T 6386—1999	陆上高分辨率地震勘探资料采集技术规范
SY/T 6387—1999	OPSEIS-EAGLE (24 位) 地震数据采集系统检验项目及技术指标
SY/T 6388—1999	TELSEIS-STAR 地震数据采集系统检验项目及技术指标
SY/T 6389—1999	ARAM-24 地震数据采集系统检验项目及技术指标
SY/T 6390—1999	GDAPS-4 地震数据采集系统检验项目和技术指标
SY/T 6391—1999	SEG-D 地震磁带记录格式
SY/T 6392—1999	油田注水信息代码
SY/T 6393—1999	原油长输管道工程设计节能技术规定 (代替 SYJ 35—90)
SY/T 6394—1999	油井水泥与外加剂(外掺剂)干混作业方法
SY/T 6395—1999	重盐水测试程序
SY/T 6396—1999	丛式井井眼防碰技术要求
SY/T 6397—1999	钻井液用杀菌剂评价方法
SY/T 6403—1999	几丁石分析鉴定方法
SY/T 6404—1999	沉积岩中金属元素的电感耦合等离子体原子发射光谱分析方法
SY/T 6405—1999	地球物理勘探工区地质设计规范
SY/T 6406—1999	磁性单、多点照相测斜仪的维修与校验

SY/T 6407—1999	旋转钻井钻柱构件规范
SY/T 6408—1999	钻井和修井井架、底座的维护与使用
SY/T 6410—1999	生产井产出剖面测井仪刻度
SY/T 6411—1999	油气井用导爆索通用技术条件
SY/T 6412—1999	油管输送射孔工艺规程
SY/T 6413—1999	数控测井数据采集规程
SY/T 6414—1999	全岩光片显微组分测定方法
SY/T 6415—1999	油气探井录井资料质量评定与归档项目
SY/T 6416—1999	内燃机的安装、维护和操作推荐方法
SY/T 6417—1999	套管、油管和钻杆使用性能
SY/T 6418—1999	内压和弯曲复合作用下圆螺纹套管的连接性能
SY/T 6419—1999	玻璃纤维管的使用与维护
SY/T 6420—1999	油田地面工程设计节能技术规范 (代替 SYJ 44—90)
SY/T 6421—1999	设备及管道散热损失的测定 (代替 SYJ 4018—87)
SY/T 6422—1999	石油企业节能产品节能效果测定
SY/T 7502—1999	油田气组成分析 低温冷凝取样气相色谱法 (代替 SY 7502—85)

以上标准自 1999 年 12 月 1 日起实施。

前 言

本标准是根据原中国石油天然气总公司（98）中油技监字第33号文《关于下达1998年石油天然气工业国家标准行业标准制修订项目计划的通知》下达的任务，由四川石油管理局勘察设计研究院负责对SYJ 59—91《控制钢制设备焊缝硬度与防止硫化物应力开裂作法》进行修定。本标准非等效采用了API RP 942《控制碳钢炼油设备焊缝硬度防止环境破裂》。

本次修订是按建标（1996）626号文中的《工程建设标准编写规定》进行的。其主要变更如下：

1. 标准的名称改为《控制钢制设备焊缝硬度防止硫化物应力开裂技术规范》。
2. 删去原标准中关于引用标准的条文，增加“术语”一章。
3. 将原标准中的“一般规定”分为“一般规定”和“控制原则”二章。
4. 条文中所有的引用标准均按其最新版本进行了修改。
5. 原标准为参照API RP 942，本标准改为非等效采用API RP 942。

本标准由中国石油天然气集团公司提出。

本标准由油气田及管道建设设计专业标准化委员会归口。

本标准由四川石油管理局勘察设计研究院负责解释。

本标准起草单位：四川石油管理局勘察设计研究院。

本标准起草人 林雪梅

1 总 则

1.0.1 用抗硫化物应力开裂的低碳钢和普通低合金钢材料制成的压力容器、储罐、配管等，由于其焊缝的强度过高，局部残余应力过大，以及存在局部过硬区等原因，容易造成焊缝对硫化物应力开裂敏感。为了防止这种现象发生，特制定本标准。

1.0.2 本标准仅对暴露于湿含硫化氢酸性油气环境中的压力容器、储罐、配管等焊缝硬度提出了控制要求。

1.0.3 本标准主要适用于符合《天然气地面设施抗硫化物应力开裂金属材料要求》SY/T 0599 规定的优质低碳钢和屈服强度低于 360MPa 的低合金钢材料的焊缝。

1.0.4 钢制设备焊缝除应符合本标准外，尚应符合国家现行的有关强制性标准的规定。

2 术 语

2.0.1 焊缝 weld

焊缝是指熔敷金属、熔合线及热影响区三部分的总称。

2.0.2 湿含硫化氢酸性油气环境 wet sour oil-gas environments of containing hydrogen sulfide

湿含硫化氢酸性油气环境是指 SY/T 0599—1997 中 4.4 节规定的酸性天然气系统和酸性天然气—油系统。

3 一般规定

3.0.1 影响低碳钢和普通低合金钢设备焊缝在湿含硫化氢酸性油气环境中发生硫化物应力开裂的三个主要因素是：

- 1 腐蚀环境的苛刻程度。
- 2 焊缝的强度、化学成分及显微组织。
- 3 总应力值（作用应力和残余应力）。

以上影响因素中的每个因素的临界值以及它们的综合作用，至今尚未准确掌握。大量的研究和实践表明，合理选择母材、焊接材料及焊接工艺以控制焊缝硬度低于某规定值，和（或）采用焊后热处理，可有效地避免焊缝硫化物应力开裂。

4 控制原则

4.0.1 为避免焊缝硫化物应力开裂，在制造过程中宜采用下列方法：

- 1 严格控制焊缝熔敷金属的化学成分，避免焊缝熔敷金属的合金成分超高。
- 2 保证焊缝硬度（强度）在允许的范围內。
- 3 需要时应进行焊后热处理。

4.0.2 合理地选择焊接材料和焊接工艺，控制焊缝的机械性能和焊缝熔敷金属的化学成分，是防止焊缝硫化物应力开裂的关键。在焊接本标准 1.0.3 条规定的材料时，应符合下列要求：

1 焊条应符合《碳钢焊条》GB/T 5117 和《低合金钢焊条》GB/T 5118 的规定。

2 焊剂应符合《碳素钢埋弧焊用焊剂》GB/T 5293 和《低合金钢埋弧焊用焊剂》GB/T 12470 的规定。

3 焊丝应符合《熔化焊用钢丝》GB/T 14957 和《气体保护焊用钢丝》GB/T 14958 的规定。

4 焊丝与焊剂的匹配应按焊缝与母材等强度、其他的机械性能基本相同的原则。如果在制造过程中变更焊剂的牌号，则应重新进行焊缝试验，检验其焊缝的硬度和化学成分。

4.0.3 焊缝的硬度值可表示焊缝对硫化物应力开裂的敏感性，开裂的发生取决于环境的腐蚀性以及焊缝自身的残余应力、作用应力和金相组织等综合效应。宏观硬度检验宜用于监测硬度。对产品焊缝硬度的要求，对缺少腐蚀环境资料或几乎没有经验的使用场合，通常硬度极限应取 HB200；对于有硬度极限高于 HB200 使用经验的场合，硬度极限可取 HB225。

4.0.4 焊后热处理能有效地提高焊缝抗硫化物应力开裂的能力，

焊后热处理不仅能使残余应力降至最小，而且也可降低热影响区的硬度。在很多情况下，焊后热处理也会使焊缝熔敷金属得到一定程度的软化，但软化的程度取决于熔敷金属中锰、硅含量及其金相组织。

4.0.5 对于苛刻环境条件，如 pH 值低的酸性水环境，即使硬度符合要求，还宜考虑采用焊后热处理。为了起到回火和解除残余应力的作用，热处理温度不应低于 620℃。

5 焊缝验收

5.0.1 焊缝验收应符合本标准的规定。本标准未涉及部分应执行现行的国家和行业标准（规范）。

5.0.2 焊缝熔敷金属的化学成分：

1 锰含量不应超过 1.6%，硅含量不应超过 1%。

2 不进行焊后热处理的焊缝金属，残余元素铬、镍和钼的总合金量不应超过 0.25%，碳含量不应超过 0.15%。

5.0.3 当产品的焊缝不是按照规定的焊接工艺施焊或焊缝硬度超出规定的极限时，可以对最后一道焊缝金属进行化学分析。分析应在产品焊缝上进行，分析的成分应包括碳、锰、硅、铬、镍、钼等。

5.0.4 产品焊缝硬度的测定。

1 产品焊缝硬度最低测定次数应满足下列要求：

- 1) 容器或储罐的纵向焊缝，每 6m 测试一次，每节筒体上的每条纵向焊缝至少测试一次；
- 2) 容器或储罐的环向焊缝，每 6m 测试一次，每条环向焊缝至少测试一次；
- 3) 开口接管上的焊缝，每条测试一次；
- 4) 除本条已要求测试硬度的焊缝外，其余的属《钢制压力容器》GB150 规定的 A 类和 B 类焊缝，每条至少测试一次；
- 5) 无法用仪器测定硬度的开口接管的角焊缝，应特别注意采取必要的工艺措施，避免硬度超过极限值；
- 6) 配管对接焊缝，应对使用者挑选的总数 5% 的焊缝进行硬度检测，每条对接焊缝测试一次。

2 焊缝硬度测定的位置应符合如下要求：

1) 硬度测试的部位应包括焊缝熔敷金属区和热影响区，每区测定一处，每处硬度值为三个压痕平均值；

2) 有条件时应测定与工艺环境相接触的焊缝硬度。

3 硬度测定可使用手提式布氏硬度测定仪，有条件时应采用理氏硬度计，待测定硬度的表面应符合《金属布氏硬度试验方法》GB/T 231 的要求。

5.0.5 硬度极限：

1 焊缝的硬度极限分为两级：

I 级：小于或等于 HB200；

II 级：小于或等于 HB225。

2 任一焊缝硬度超过规定的极限时，必须在此焊缝超限的部位附近增测三处硬度。如果这三处硬度测定值的平均值超过规定极限值 5 个 HB 或其中任一处硬度测定值超过规定极限值 10 个 HB 时，则此焊缝应判为不合格。

5.0.6 修复不合格焊缝可以采用以下两种方法：

1 铲除清理后，按规定重新焊接。

2 在不低于 620℃ 温度下进行回火处理，使其焊缝硬度下降至能满足规定的硬度极限要求。但应注意焊缝熔敷金属和母材机械性能的变化，保持其性能符合有关规定。

5.0.7 修复后的焊缝的复验：对铲除重焊或高温回火热处理方法修复的焊缝，均应按本标准 5.0.4 条的规定测试焊缝的硬度，且必须使其硬度不超过规定的极限。

标准用词和用语说明

本标准条文中要求严格程度的用词，在执行时按下述说明区别对待。

一、表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

二、表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

三、表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

附件

控制钢制设备焊缝硬度防止 硫化物应力开裂技术规范

条文说明

修 订 说 明

根据原中国石油天然气总公司(98)中油技监字第33号文《关于下达1998年石油天然气工业国家标准行业标准制修订项目计划的通知》的要求,由四川石油管理局勘察设计研究院负责对SYJ 59—91《控制钢制设备焊缝硬度与防止硫化物应力开裂作法》进行修定。本标准为非等效采用API RP 942《控制碳钢炼油设备焊缝硬度防止环境破裂》。

对SYJ 59—91的修订,均是在参照API RP 942规定的相应技术内容的基础上,结合我国油气田上常用的碳钢和低合金钢及相应焊接材料,按我国工程建设标准编写规定进行编制的。本标准的修定,征求了有关设计、制造和使用单位等方面的意见,认为按本标准规定控制钢制设备焊缝硬度,对防止焊缝硫化物应力开裂(SSC)是有效的。

在执行本标准过程中,如发现有需要修改和补充之处,请将意见和资料寄至四川石油管理局勘察设计研究院(地址:四川省成都市小关庙后街28号,邮编:610017),以便今后再次修订时参考。

四川石油管理局勘察设计研究院

1998年12月

目 次

1	总则	12
2	术语	13
3	一般规定	14
4	控制原则	15
5	焊缝验收	16

1 总 则

1.0.1、1.0.3 这两条分别阐明了制定本标准的目的、共性要求和适用范围，内容均取自 API RP 942 第 1 章“范围”中的 1.1 “总则”。内容上有以下变动：为适应我国国情，将原文中为控制炼油厂而引用的《ASME 锅炉与压力容器规范》第Ⅸ篇表 QW-422 中 P-1 类钢第 1 组和第 2 组的低碳钢焊缝硬度，改为控制湿含硫化氢酸性油气环境中的低碳钢的低合金钢焊缝硬度；为了与 SY/T 0599《天然气地面设施抗硫化物应力开裂金属材料要求》一致，将标准适用材料的强度从原文最低抗拉强度大于 70000lb/in^2 (482MPa) 改为低碳钢和屈服强度低于 360MPa 的低合金钢；为了与 NACE（美国腐蚀工程师协会）标准和我国关于 H_2S 环境腐蚀标准的提法一致，将原文中湿硫化氢导致的氢应力开裂改为硫化物应力开裂。

2 术 语

2.0.2 在 API RP 942 中, 没有明确暴露于怎样的湿含硫化氢腐蚀环境的焊缝需控制硬度, 这将会对标准的采用带来分歧。为此本条对“湿含硫化氢酸性油气环境”按 SY/T 0599—1997 中第 4.4 节的规定进行了定义。湿含硫化氢酸性油气环境指:

1 酸性天然气系统

含有水和硫化氢的天然气, 当气体总压大于或等于 0.4MPa (绝), 气体中的硫化氢分压大于或等于 0.0003MPa (绝), 称为酸性天然气。酸性天然气可引起敏感材料的硫化物应力开裂 (SSC)。天然气中硫化氢气体分压等于天然气中硫化氢气体的体积分数与天然气总压的乘积。

2 酸性天然气—油系统

含有水和硫化氢的天然气—油系统, 当天然气与油之比大于 $1000\text{m}^3/\text{t}$ 时, 能否引起 SSC 应按酸性天然气系统规定划分; 当天然气与油之比等于或小于 $1000\text{m}^3/\text{t}$ 时, 按酸性天然气—油系统规定划分, 即系统总压大于 1.8MPa (绝), 天然气中硫化氢气体分压大于 0.0003MPa (绝); 或天然气中硫化氢气体分压大于 0.07MPa (绝); 或天然气中硫化氢体积分数大于 15%, 可引敏感材料的 SSC。

3 一般规定

3.0.1 本条指出虽然研究已表明影响低碳钢和普通低合金钢设备焊缝在湿硫化氢酸性油气环境中发生硫化物应力开裂有三个主要因素，但在实际生产中，能用于控制焊缝发生硫化物应力开裂的手段只有宏观硬度检验。本条文取自 API RP 942 第 2 章“综述”中的 2.1 “环境破裂”。

4 控制原则

4.0.1 本条指出为控制焊缝硫化物应力开裂，在制造过程中宜采用的方法。本条文取自 API RP 942 第 2 章“综述”中的 2.2 “制造参数”。

4.0.2 本条指出控制焊缝硫化物应力开裂的关键是合理选择焊接材料和焊接工艺。本条文取自 API RP 942 第 2 章“综述”中的 2.2 “制造参数”，但焊接材料应符合的标准全改为国标。

4.0.3~4.0.5 此三条给出了控制焊缝硬度的极限及需考虑焊后热处理的规定。条文均取自 API RP 942 第 2 章“综述”中的 2.3 “确定硬度极限”。

5 焊缝验收

5.0.2、5.0.3 此两条分别指出了焊缝熔敷金属的化学成分和产品焊缝的检验，条文分别取自 API RP 942 第 3 章“验收标准”中的 3.2“焊缝的化学成分”和 3.3“化学成分的检验”。

5.0.4 本条规定了产品焊缝硬度测定的部位和次数。本条文取自 API RP 942 第 3 章“验收标准”中的 3.4“产品焊缝的硬度测定”。

5.0.5、5.0.6 此两条分别规定了两级硬度极限值及其平均值与单次测量值的偏差和硬度不合格焊缝的修复。条文均取自 API RP 942 第 3 章“验收标准”中的 3.5“硬度极限和硬焊缝的修复”。

5.0.7 本条指出修复后的焊缝的复验。条文取自 API RP 942 第 3 章“验收标准”中的 3.6“修复焊缝的复验”。