

ICS XX.XXX  
XXX

HG

中华人民共和国行业标准

HG/T 22821-202X

## 氢气管道设计规范

Design Code for Hydrogen Piping and Pipeline

(征求意见稿)

202X年XX-XX发布

202X-XX-XX实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

中华人民共和国化工行业标准

# 氢气管道设计规范

Design Code for Hydrogen Piping and Pipeline

HG/T 22821-202X

(征求意见稿)

主编单位：中国寰球工程有限公司北京分公司

批准部门：中华人民共和国工业和信息化部

XXXX 出版社

202X 年 北京

## 前言

本规范根据《2019年第二批行业标准制修订计划的通知》（工信厅科函〔2019〕195号）的要求，由中国石油和化工勘察设计协会委托工艺配管设计专业委员会负责组织，由中国寰球工程有限公司北京分公司为主编单位，会同参编单位编制《氢气管道设计规范》HG/T 22821-202X。

本规范在编制过程中，编制组经广泛调查研究，认真总结国内外氢气管道设计和输送的实践经验，吸收国内、外技术成果，进而完成编制工作，最后经审查定稿。

本规范的主要技术内容包括总则、术语和符号、设计条件 and 设计准则、材料、管道组成件的选用、管道布置、管道应力分析和管道支吊架、管道施工及检验要求、管道系统的安全规定、氢气长输管道的规定。

本规范由工业和信息化部负责管理，由中国石油和化工勘察设计协会负责日常管理，由中国寰球工程有限公司北京分公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中如有意见和建议，请与中国石油和化工勘察设计协会工艺配管设计专业委员会联系（联系地址：北京市朝阳区来广营高科技产业园区创达二路1号；邮政编码：100012；电话：010-58676267），以供今后修订时参考。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人：

主编单位：中国寰球工程有限公司北京分公司

参编单位：中国石化工程建设公司

中国石油工程建设有限公司西南分公司

中国天辰工程有限公司

主要起草人：李敏 贾琦月 代永清 丘平 白海波 杨昀 刘中阳 王棠昱 刘建欣 杜光怡 程明 王跃

主要审查人：XXXXXX

# 目 次

1	总则 .....	5
2	术语和符号.....	6
2.1	术语 .....	6
2.2	符号 .....	7
3	设计条件 and 设计准则.....	8
3.1	设计条件.....	8
3.2	设计准则.....	8
4	材料 .....	10
4.1	一般规定.....	10
4.2	材料的使用温度及使用工况 .....	10
4.3	冲击试验方法和验收标准 .....	11
4.4	材料的使用要求.....	12
5	组成件的选用 .....	15
5.1	一般规定.....	15
5.2	管子 .....	15
5.3	法兰、垫片和紧固件.....	15
5.4	阀门 .....	15
5.5	特殊管道附件.....	16
5.6	管道组成件接头选用要求 .....	16
6	管道布置.....	17
7	应力分析及管道支吊架 .....	18
7.1	一般规定.....	18
7.2	管道应力分析的范围及方法 .....	18
7.3	管道支吊架.....	19
8	预制、施工及检验的要求 .....	21
8.1	一般规定.....	21
8.2	管道预制.....	21
8.3	管道焊接.....	23
8.4	管道检验.....	24
8.5	管道试验.....	24

9	管道系统的安全规定 .....	25
9.1	一般规定 .....	25
9.2	风险控制 .....	25
9.3	超压保护 .....	25
9.4	切断阀要求 .....	26
10	长输管道的规定 .....	27
10.1	一般规定 .....	27
10.2	线路设计 .....	27
10.3	输送站场及配套设施设计 .....	29
10.4	管线强度设计 .....	30
10.5	管线材料 .....	31
10.6	管线附件 .....	32
10.7	焊接与检验、试压、干燥与置换 .....	33
	本规范用词说明 .....	35
	引用标准名录 .....	36

## Contents

1	General.....	错误!未定义书签。
2	Term and Symbol.....	错误!未定义书签。
	2.1 Term .....	错误!未定义书签。
	2.2 Symbol.....	错误!未定义书签。
3	Design conditions and design criteria.....	错误!未定义书签。
	3.1 Design conditions .....	错误!未定义书签。
	3.2 Design criteria.....	错误!未定义书签。
4	Material.....	错误!未定义书签。
	4.1 General.....	错误!未定义书签。
	4.2 Working temperature and service of material.....	错误!未定义书签。
	4.3 Impact test methods and acceptance criteria .....	错误!未定义书签。
	4.4 Requirements of material in service .....	错误!未定义书签。
5	Selection of pipe components .....	错误!未定义书签。
	5.1 General.....	错误!未定义书签。
	5.2 Pipe .....	错误!未定义书签。
	5.3 Flange, gasket and fastener .....	错误!未定义书签。
	5.4 Valve .....	错误!未定义书签。
	5.5 Special component .....	错误!未定义书签。
	5.6 Component joint selection requirements.....	错误!未定义书签。
6	Piping layout.....	错误!未定义书签。
7	Stress analysis and pipe support hanger .....	错误!未定义书签。
	7.1 General.....	错误!未定义书签。
	7.2 Scope and method of stress analysis .....	错误!未定义书签。
	7.3 Support and hanger.....	错误!未定义书签。
8	Requirements for precast, construction and inspection.....	错误!未定义书签。
	8.1 General.....	错误!未定义书签。
	8.2 Prefabrication .....	错误!未定义书签。
	8.3 Welding .....	错误!未定义书签。
	8.4 Inspection.....	错误!未定义书签。
	8.5 Testing .....	错误!未定义书签。

9	Safety regulations for piping systems .....	错误!未定义书签。
9.1	General .....	错误!未定义书签。
9.2	Risk control .....	错误!未定义书签。
9.3	Overpressure protection .....	错误!未定义书签。
9.4	On-off valve requirement .....	错误!未定义书签。
10	Pipingline.....	错误!未定义书签。
10.1	General .....	错误!未定义书签。
10.2	Routing .....	错误!未定义书签。
10.3	Design of station and supporting facilities.....	错误!未定义书签。
10.4	Pipeline mechanical design .....	错误!未定义书签。
10.5	Pipeline material.....	错误!未定义书签。
10.6	Pipeline component .....	错误!未定义书签。
10.7	Welding and inspection, pressure test, drying and displacement	错误!未定义书签。
	Explanation of wording in this standard .....	34
	List of quoted standards.....	35
	Explanation of provisions .....	37

# 1 总则

1.0.1 为了提高氢气管道工程的设计水平，保证设计质量，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于输送氢气或者含氢混合气体，公称压力小于或等于 42MPa 的工艺金属管道的设计。

1.0.3 本规范适用于输送工作压力不高于 21MPa，输送氢气含量不低于 10%且含水量不大于 20ppm 的物料的长输管线的设计。

1.0.4 氢气管道设计除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准、规范的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 氢气工艺管道 gaseous hydrogen process piping

氢气工艺管道是指生产设施内的输送氢气或者含氢混合气体的管道系统。

#### 2.1.2 氢气长输管道 gaseous hydrogen pipeline

氢气长输管道是指从生产设施、储存库、使用单位间的输送氢气或者含氢混合物料的管道系统，亦称氢气管线。

#### 2.1.3 高温氢蚀 high temperature hydrogen attack

在温度高于 200℃ 温度，压力大于 3MPa 的含氢环境下，氢与钢材中的碳发生化学反应生成甲烷导致钢材鼓泡、开裂等损伤的现象。

#### 2.1.4 氢脆 hydrogen embrittlement

钢在临氢条件下使用，氢以原子状态扩散浸入晶格内、又以分子状态聚集于晶界或非金属夹杂物周围，从而导致材料出现脆性失效。。

## 2.2 符号

$K_{IH}$ ——应力强度因子门槛值,  $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$

$K_{IA}$ ——实际载荷下的应力强度因子,  $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$

## 3 设计条件 and 设计准则

### 3.1 设计条件

3.1.1 管道设计压力不应小于在操作中可能出现的最苛刻的压力和温度组合工况的压力，并应符合下列规定：

1 设置安全泄放装置的管道的设计压力不应小于安全泄放装置的设定压力或最大标定爆破压力；

2 未设置安全泄放装置或与压力泄放装置隔离的管道的设计压力不应小于装置操作过程中可能产生的最大压力；

3 离心泵出口管道的设计压力不宜小于泵的关闭压力。

3.1.2 真空工况的管道应按外压条件设计。有安全控制装置的管道，设计压力应取最大压差的 1.25 倍或 0.1MPa 中的较小值；无安全控制装置的管道，设计压力应取 0.1MPa。

3.1.3 管道设计温度应按操作中可能出现的最苛刻的压力和温度组合工况的温度确定。

3.1.4 设计时应综合分析下列环境影响因素：

- 1 被隔断管道中的流体因受环境影响引起的热膨胀所导致的压力升高；
- 2 因管道表面冷凝、冷冻而引起的阀门、泄压装置或排放管道故障的影响。

### 3.2 设计准则

3.2.1 道组成件的压力-温度额定值及允许变动范围应符合现行国家标准《工业金属管道设计规范》GB50316 的有关规定。

3.2.2 设计压力大于或等于 4.0MPa 的管道，压力和温度不应超出设计范围。

3.2.3 设计压力小于 4.0MPa 的管道，压力和温度允许的变动应符合 3.2.4 条的规定，且应同时满足下列要求：

- 1 由压力产生的管道名义应力不应超过材料在相应温度下的屈服强度；
- 2 管道系统预期寿命内，超过设计条件的压力和温度变化的总次数不应大于 1000 次；
- 3 持续和周期性变动不应改变管道系统中所有管道组成件的操作安全性能；

4 压力变动的上限值不应大于管道系统的试验压力；

5 温度变动的下限值不应小于现行国家标准《工业金属管道设计规范》**GB50316** 规定的材料最低使用温度；

6 阀门闭合元件的压力差不宜超过阀门规定的最大额定压力差。

**3.2.4** 当压力超过相应温度下的压力额定值或由压力产生的管道名义应力超过材料许用应力值时，超限的幅度和频率应满足下列条件之一：

1 变动幅度不大于 33%，每次变动时间不超过 10h，且每年累计变动时间不超过 100h；

2 变动幅度不大于 20%，每次变动时间不超过 50h，且每年累计变动时间不超过 500h。

**3.2.5** 材料许用应力应符合现行国家标准《工业金属管道设计规范》**GB50316** 的有关规定。

## 4 材料

### 4.1 一般规定

- 4.1.1 管道材料应根据设计温度、设计压力、含氢介质工况、加工性能、焊接、腐蚀、侵蚀和磨损等条件进行选用。
- 4.1.2 临氢材料应满足反应及产物的特性要求和流体不稳定性的要求
- 4.1.3 临氢材料选择应根据导电率、氢降解、氢在金属中的渗透速等因素进行选用。
- 4.1.4 材料应满足火灾工况的要求，且应满足消防过程中，热冲击和防脆断的要求。
- 4.1.5 材料在低温工况下使用时，应具有低温工况的冲击韧性。
- 4.1.6 选用不锈钢材料时，材料应具有抗氯化物应力腐蚀开裂能力；
- 4.1.7 选用铝材料时，材料应具有抗持续载荷开裂的性能。
- 4.1.8 金属材料应具有耐受应氢脆和氢加速疲劳的性能；并应采用金属材料氢脆敏感度试验方法进行测试，且应满足 GB/T 34542.3 的要求。
- 4.1.9 非金属材料应具有与氢介质良好的相容性，并应验证材料在氢气条件下的适用性，并应满足 GB/T 34542.2 的要求。
- 4.1.10 在所有使用工况范围和全寿命周期内，非金属材料应保持其机械稳定性。
- 4.1.11 在管道的预定寿命周期内，材料的化学和物理性能不应有重大变化且应具有抵抗流体的化学和物理作用以及极端环境的能力。
- 4.1.12 材料的耐氢性能应满足 GB/T 29729 的要求。

### 4.2 材料的使用温度及使用工况

- 4.2.1 材料使用温度，除了应符合本规范附录 A 的规定外，还需依据流体腐蚀的影响及对材料性能的影响等确定。
- 4.2.1 材料使用温度，除了应符合 GB50316 附录 A 的规定外，还应依据流体腐蚀的影响进行确定。
- 4.2.2 材料的使用温度上下限应符合下列规定：
- 1 材料除满足 GB50316 附录 A 的规定外，当材料的使用温度显著高于或低于环境温度时，应满足管道系统的相关要求。

2 当使用温度上限超出 GB50316 附录 A 中所示最高温度时，应满足以下两个条件：

- 1) 附录 A 中或本规范对此没有任何限制；
- 2) 工程设计时应根据本章第 5 节进行适用性验证。

3 当使用温度下限低于附录 A 中所示最低温度时，应满足以下两个条件：

- 1) 材料的许用应力不得超过附录 A 中所示最低温度下的应力值。
- 2) 材料应按照 GB50316 中 4.3 节的要求进行低温性能试验。

4.2.3 适用性验证应符合下列规定：

1 当采用非 GB50316 附录 A 所列材料，或材料用到高于 GB50316 附录 A 中所示最高温度时，设计人员应验证并确保设计中使用的许用应力和其他限值的有效性和使用材料时采取的方法，包括应力数据的推导和温度限值的确定。

2 计算得出的限值数据应符合下列规定：

- 1) 数据应具有适用性和可靠性
- 2) 在整个温度范围内，材料应具有对流体介质和环境有害影响的耐受性。
- 3) 许用应力应依据 GB50316 中 3.3 节的要求进行确定

### 4.3 冲击试验方法和验收标准

4.3.1 冲击试验应依据 GB50316 中 4.3 节的要求进行。

4.3.2 当两种有不同冲击功要求的基材焊接在一起时，应选择与焊材最小抗拉强度最接近的基材进行冲击试验。

4.3.3 低温下的冲击功值应符合低温用材料标准或按表 4.3.3-1 和表 4.3.3-2 的规定。采用小尺寸试样时，应按试样宽度的比例降低冲击吸收能量合格标准，但侧向膨胀量合格标准与标准试样相同，且均应合格。当冲击功不相同的基体材料焊接一起时，其冲击试验的冲击功应符合较小抗拉强度的基体材料的要求。

表 4.3.1-1 夏比冲击试验的冲击功合格标准（母材、焊缝金属、热影响区）

材料类别	最小抗拉强度值 $R_m$ MPa	标准试样冲击吸收能量	
		三个试样平均值 J	单个试样最低值 J
碳钢、合金钢	$R_m \leq 448$	18	16
	$448 < R_m \leq 517$	20	16
	$517 < R_m < 656$	27	20
奥氏体不锈钢 (-196℃)	$R_m \leq 515$	60	42

材料类别	最小抗拉强度值 $R_m$ MPa	标准试样冲击吸收能量	
		三个试样平均值 J	单个试样最低值 J
合金钢 ( $\leq M52$ )	$R_m \geq 656$	27	20

表 4.3.1-2 冲击试验的侧向膨胀量合格标准（母材、焊缝金属）

材料类别	最低使用温度 ℃	冲击试验温度 ℃	侧向膨胀量 mm
奥氏体不锈钢、铁素体不锈 钢、双相不锈钢 $>M52$ 且 $R_m \geq$ 656 的碳钢、合金钢	$\leq -196$	最低设计温度	0.38
	$< -196$	-196	0.46

4.3.4 试样应从同批、同规格、同样加工、焊接和热处理条件的材料中制取。

4.3.5 焊接接头的冲击试验应符合下列规定：

- 1 焊接接头的冲击试验应在焊接工艺评定中进行；
- 2 焊接接头冲击试验的试件制备、试样位置及数量应符合表 4.3.5 的规定；
- 3 材料的焊接接头冲击试验应包括焊缝金属和热影响区，奥氏体不锈钢的焊接接头冲击试验应包括焊接堆积的焊缝金属。

表 4.3.5 焊接接头冲击试验

制备冲击试样的试件	试验的覆盖范围	试样位置及数据量	冲击试验进行者
每一种焊接工艺、 每种焊接材料型号每 种焊剂均要进行一套 冲击试验。试样的热 处理状态与完工管道 相同（包括热处理温 度、保温时间、冷却 速度）	试件厚度为 T， 则可覆盖的厚度 范围为： $T/2 \sim (T+6\text{mm})$	1、焊缝金属（三个一组）： a) 试样横贯焊缝； b) 缺口位于焊缝金属并垂直于接头表 面。 2、热影响区（如果需要，三个一组）： a) 缺口位于根部及其后的断口尽可能 多的位于焊接接头的热影响区； b) 其余同焊缝金属要求。	制作、安装

## 4.4 材料的使用要求

4.4.1 铸铁类材料不得用于氢气管道。

4.4.2 碳钢和中低合金钢类材料应符合下列规定：

1 碳钢、普通镍钢、碳锰钢、锰钒钢和碳硅钢在长期暴露在  $427^\circ\text{C}$  以上的温度时，应注意碳化物的石墨化倾向；

2 碳钼钢、锰钼钒钢和铬钒钢在长时间暴露在  $468^\circ\text{C}$  以上的温度时，应注意碳化物的石墨化倾向；

3 介质温度在 482℃ 以上时，宜选用硅镇静碳钢(硅含量最低 0.1%)。

4.4.3 奥氏体不锈钢在管道内部或外部暴露于氯化物和其他卤化物等介质时，应避免应力腐蚀开裂；

4.4.4 镍及镍基合金类材料应符合下列规定：

- 1 材料应避免氢脆；
- 2 材料应避免使用在易发生晶界侵蚀的介质工况中；
- 3 不含铬的镍和镍基合金应避免使用在 316℃ 以上温度的含硫工况；
- 4 含铬镍基合金应避免使用在温度高于 593℃ 时的还原条件下。

4.4.5 铝及铝合金类材料应符合下列规定：

- 1 用于铝螺纹接头的螺纹化合物与铝应具有相容性，应避免抓伤和磨损；
- 2 材料应避免与建筑物或结构中使用的混凝土、灰浆、石灰、石膏或其他碱性材料之间发生腐蚀；
- 3 材料应避免剥落和晶间侵蚀，应使用在 66℃ 的温度以下，以避免此类材料的变质弱化。

4.4.6 铜及铜合金类材料应符合下列规定：

- 1 黄铜合金应避免脱锌；
- 2 铜基合金应避免与氨或铵化合物接触时产生应力腐蚀开裂；
- 3 材料应避免暴露于乙炔介质。

4.4.7 铅，锡，铅-锡合金不应用于氢气管道。

4.4.8 钛及钛合金应避免变质。

4.4.9 锆及锆合金存应避免变质。

4.4.10 钽宜使用在 299℃ 以下，钽应避免被新生的单原子氢脆化。

4.4.11 当使用经过热处理得到性能提升的材料时，应避免长期暴露在超过回火温度的工况下。

4.4.12 有金属覆层或金属衬里的材料应符合下列规定：

1 每一种材料(基材和覆层)的许用应力值应根据 GB50316 附录 A 中的要求，复层金属的许用应力取值不应大于基层金属的许用应力值；

2 在承压设计计算厚度时，不应包括覆层或衬里的厚度。使用的许用应力应为基材在设计温度下的许用应力值；

3 对于非整体结构的金属复层或衬里的管道组成件，其基层金属材料的厚度应符合耐压强度计算的厚度，计算厚度不应包括复层或衬里的厚度；

4 除本条的要求外，在本规范中对输送不同流体的管道材料所作的各种限制，不适用于管道组成件的复层材料或衬里材料。复层或衬里材料和基层材料以及粘结剂应根据设计条件及流体性质选用；

5 复层为奥氏体不锈钢时，使用温度不宜超过 400℃；

6 外部基材(包括组件和接头)应满足介质工况对材料的要求，衬里材料和基材之间粘结的温度应满足介质的工况要求。

4.4.13 选择连接接头和辅助材料诸如胶泥、溶剂、钎焊材料、填料、衬垫及“O”形环、螺纹的润滑剂与密封剂等用以制作或用作密封接头的材料时，材料应与所输送流体具有相容性，应满足介质流体中的氢之外成分对材料的要求。

4.4.14 材料性能的减损应满足介质工况的要求。

## 5 组成件的选用

### 5.1 一般规定

5.1.1 管道组成件的选用应根据介质的性质、各种可能出现的操作工况以及外部环境的要求进行，并考虑经济合理性。

5.1.2 管道组成件的选用应符合本规范耐压强度设计规定外，尚应符合现行国家标准《工业金属管道设计规范》GB50316 的规定。

5.1.3 氢气管道组成件的材质应与氢具有良好的相容性。

5.1.4 高温氢气管道的材料应符合 API RP 941 的相关规定。

5.1.5 液氢气管道组成件以及设计压力大于或等于 20MPa 的氢气管道组成件应按照现行国家标准《汽车加油加气加氢站技术标准》GB 50156 的要求进行低温冲击试验。

### 5.2 管子

5.2.1 设计压力大于或等于 20MPa 的氢管子和管件宜采用 316/316L 或 304/304L 双牌号材料，或经试验验证的与氢具有良好的相容性的材料。

5.2.2 超低温氢管子和管件宜采用 316/316L 或 304/304L 双牌号，或经试验验证的与氢具有良好的相容性的材料。

### 5.3 法兰、垫片和紧固件

5.3.1 标准法兰、垫片和紧固件的选用应符合现行国家标准《工业金属管道设计规范》GB50316 的规定。

5.3.2 氢气管道的法兰密封面宜采用突面、榫槽面或环连接面。

5.3.3 垫片的选用应根据耐火要求，宜优先选用柔性石墨缠绕垫，金属环垫宜优先采用紫铜垫低压力工况下可选用柔性石墨基的复合垫。

5.3.4 金属管道组成件上使用直接拧入螺柱的螺纹孔时，应有足够的螺孔深度，螺纹的有效啮合长度不小于 0.875 倍的螺柱公称直径。

### 5.4 阀门

5.4.1 分段式阀门的阀体之间的连接不允许用螺纹连接。

- 5.4.2 栓接阀盖的螺栓个数不应少于 4 个，U 型螺栓不允许使用。
- 5.4.3 闸阀应作为切断阀使用，大于或等于 DN50 时应采用弹性闸板结构。
- 5.4.4 截止阀可用在调节和切断阀，阀瓣和阀座密封面应做表面硬化处理。
- 5.4.5 球阀作为切断阀使用，应采用双密封或者填料密封结构。
- 5.4.6 蝶阀作为调节阀使用，可采用双偏心（高性能蝶阀）或三偏心结构。
- 5.4.7 低温阀门应符合低温阀门标准 GB/T24925 的要求。
- 5.4.8 填料材料应为与氢相容且耐高温的材料。优先选用柔性石墨基的填料。
- 5.4.9 氢阀门应为低逸散阀门，低逸散符合 ISO 15848-1 C01 A 级密封和 GB/T26481 的 A 级密封要求。

## 5.5 特殊管道附件

- 5.5.1 氢气管道宜采用自然补偿的方式，不宜使用软管。
- 5.5.2 氢气管道不宜使用爆破片。

## 5.6 管道组成件接头选用要求

- 5.6.1 管道组成件连接型式的选用应符合现行国家标准《工业金属管道设计规范》GB50316 的规定。
- 5.6.2 管道组成件可采用焊接连接、法兰连接、卡套连接。当上述连接都不切实际时，可用螺纹连接。螺纹密封剂应耐火耐高温。
- 5.6.3 液氢气管道组成件之间的焊接接头应采用不带垫板的全焊透对接焊接接头。

## 6 管道布置

- 6.0.1 管道布置应满足工艺管道及仪表流程图的要求，并便于施工、操作和检修。
- 6.0.2 氢气管道布置除应遵守本规定外，尚应符合现行国家标准《工业金属管道设计规范》GB50316 的规定。
- 6.0.3 管道宜架空敷设；当与其他管道共架敷设或分层布置时，氢气管道宜布置在外侧并在上层。
- 6.0.4 管道不应布置在通风不良的建筑物内及封闭的夹层内。
- 6.0.5 管道不应穿越或跨越与其无关的建筑物、工艺装置及储罐组。
- 6.0.6 管道穿过墙壁或楼板时，应敷设在套管内，套管内的管段不应有焊缝。管道与套管间，应采用不燃材料填塞。
- 6.0.7 输送湿氢或需做水压试验的管道，应有不小于 3‰的坡度，在管道最低点处应设排水装置。
- 6.0.8 管道的连接，应采用焊接。但与设备、阀门的连接，可采用法兰或锥管螺纹连接。螺纹连接处，应采用聚四氟乙烯薄膜作为填料。
- 6.0.9 氢气放空管上的阻火器应靠近放空口端部布置；放空口应有防雨雪侵入和杂物堵塞的措施。
- 6.0.10 制氢站、加氢站和车间内氢气管道敷设时，除应遵守本规定外，尚应符合国家现行标准《氢气站设计规范》GB 50177 的要求。

## 7 应力分析及管道支吊架

### 7.1 一般规定

7.1.1 管道系统在各种可能的荷载作用下，管道系统（含管道、管道元件及管道支吊架）应具有足够的强度和适当的刚度，以避免出现下列情况：

- 1 因应力超限或疲劳原因造成的管道或支吊架失效；
- 2 因力或力矩过大造成的管道连接部位产生泄漏；
- 3 因力或力矩过大造成的管道元件或与管道相连接的设备产生过大应力或变形，影响设备正常运行；
- 4 因力或力矩过大造成的管道支吊架破坏；
- 5 管道弹性失稳而造成管道破坏。

7.1.2 管道应力分析应符合下列规定：

- 1 管道应力分析中的任何假设与简化，不对计算结果产生不利或不安全的影响；
- 2 应按管道运行中可能出现的各种工况条件计算；
- 3 管道应力分析应计及支吊架的作用。管道系统中支吊架的数量、位置和型式影响管道系统的应力分布，管道系统设计应保证支吊架具有足够的强度和适当的刚度。

### 7.2 管道应力分析的范围及方法

7.2.1 管道均应进行应力分析，工程设计中宜根据管道的温度、压力、公称直径、连接的设备类型以及设备和管道布置情况等确定分析方法和详细程度

7.2.2 管道应力分析方法应符合下列规定：

1 管道应力分析方法包括简化分析方法和详细分析方法。简化分析方法包括目测法、表格法、图解法、公式法等，所采用的表和图应经计算验证；详细应力分析法应采用专门的应力分析软件进行计算机详细分析。

2 符合下列条件之一的管道，可使用简化分析方法进行应力分析：

- 1) 公称直径小于 DN50；
- 2) 设计温度大于-46℃小于 150℃；
- 3) 设计温度大于或等于 150℃，小于 200℃，公称直径大于或等于 DN50，

小于或等于 DN400；

4) 设计温度大于或等于 200℃，小于 350℃，公称直径大于或等于 DN50，小于或等于 DN200；

5) 对无分支管道或管系的局部，在详细的应力分析前进行初步柔性判断时，可采用简化的分析方法。

3 符合下列条件之一的管道，应采用详细分析方法进行应力分析：

1) 与敏感机器、设备相连；

2) 与有特殊荷载要求的设备管口相连；

3) 预期寿命内温度循环次数超过 7000 次；

4) 设计温度高于或等于 350℃，或者低于或等于 -46℃，且管道公称直径大于或等于 DN100；

5) 利用简化分析方法后，表明需要进行详细应力分析的。

7.2.3 管道应力分析时计算管系的划分应符合下列规定：

1 管系可按设备连接点或固定点划分为若干计算分管系，每一计算分管系中应包括其所有管道组成件和各种支吊架；

2 分支管道不宜从分支点处进行分段计算，仅当支管刚度与主管刚度的差别导致分支管对主管牵制作用可略去不计时才可分段，但计算支管时应计入主管在分支点处附加给支管的线位移和角位移。

7.2.4 管道应力分析除应遵守本规定外，尚应符合现行国家标准《工业金属管道设计规范》GB 50316 的规定。

## 7.3 管道支吊架

7.3.1 管道支吊架的设置和设计应根据管径、管道走向、管道元件位置以及可生根的部位等确定，并应满足管道的承重、柔性和防振的要求。

7.3.2 管道支吊架的结构件应具有足够的强度和适宜的刚度。

7.3.3 管道支吊架的设置及跨距要求应符合现行国家标准《工业金属管道设计规范》GB 50316 的规定。

7.3.4 管道支吊架的材料应符合下列规定：

1 满足现行国家标准《管道支吊架 第 1 部分：技术规范》GB/T 17116.1 的要求。

2 若钢材为冷成型且成型半径少于其两倍壁厚时，材料在成型后应进行退火或正火处理。

3 对于可能承受压力脉动或振动等冲击荷载的管道，不应采用铸铁。

4 未知牌号的钢材不得直接和管道焊接，且其拉伸或压缩基本许用应力不应高于82MPa，温度范围在-20℃~340℃之间。

5 非金属材料用于管架材料时应进行设计，考虑其耐受温度、强度、耐久度等。

6 直接焊接在管道上的管架附件的材质应与主管材质具有相容性。

7.6.5 管道支吊架的结构设计及选用要求应符合现行国家标准《工业金属管道设计规范》GB 50316 的规定。

## 8 预制、施工及检验的要求

### 8.1 一般规定

8.1.1 从事管道工程的工厂化预制管段制造单位、施工和检验单位应取得相应的资质并在资质等级许可的范围内从事相应工作。

8.1.3 从事金属管道施工的焊工应取得相应的合格证书，并在有效期内从事合格项目范围内的焊接工作；无损检测人员应取得相应的资格证书，并在资格允许范围内从事无损检测工作。

8.1.4 管道在安装过程中及安装后，管道表面应清理干净，并采用严格措施防止焊渣、铁锈和可燃物等进入或遗留在管内。

8.1.4 管道法兰接头的安装应根据的螺栓安装载荷、紧固方法和紧固程序的要求，编制书面的安装程序文件，并经安装单位技术负责人批准后方可进行装配操作。

8.1.5 管道预制、施工、检验及试压的要求，除了应符合本规范的规定外，尚应符合国家现行标准《石油化工有毒、可燃介质钢制管道工程施工及验收规范》SH/T 3501 的规定。

### 8.2 管道预制

8.2.1 管道焊接接头的坡口形式、尺寸应符合焊接工艺文件的要求。

8.2.2 管子坡口宜采用机械方法加工。当采用热切割方法加工时，加工后应采用机械方法除去影响焊接质量的表面层，火焰方法切割只能用于碳钢材料。

8.2.3 热切割和焊接前管道表面应清理干净，彻底去除油漆、油污、锈斑、氧化皮、油脂、焊渣、氧化物和其他对母材有害的物质。

8.2.4 管道焊接组对时，应使内壁平齐，错边量应符合焊接工艺文件的要求，且不应大于 1mm，且应符合下列规定：

1 当相连材料的最小屈服强度相同，壁厚不同的管道组对，当管道壁厚的内壁差大于 1.0mm 时，应按图 9.2.4-1~3 的要求加工；

2 当相连材料的最小屈服强度不相同，壁厚不同的管道组对，当管道壁厚的内壁差大于 1.0mm 时，应按图 9.2.4-4 的要求加工，且  $tD$  至少应等于连接管道壁厚乘以管道的最小屈服强度与法兰的最小屈服强度之比所得之值。

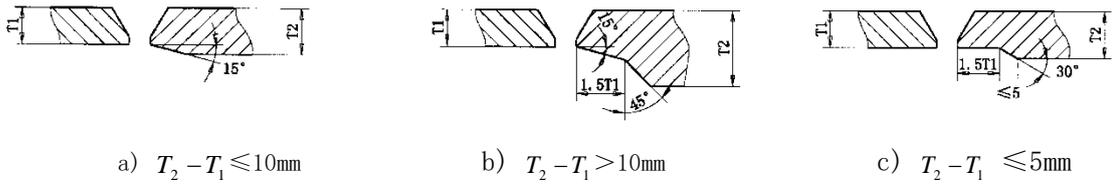


图 9.2.4-1 外侧齐平不同壁厚管道组成件坡口端部加工

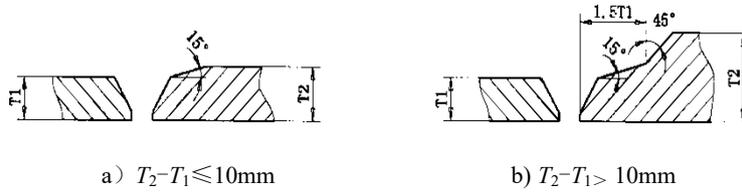


图 9.2.4-2 内侧齐平不同壁厚管道组成件坡口端部加工

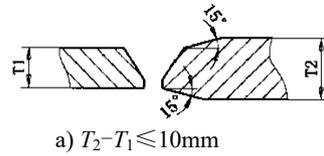


图 9.2.4-3 内外侧均不齐平不同壁厚管道组成件坡口端部加工

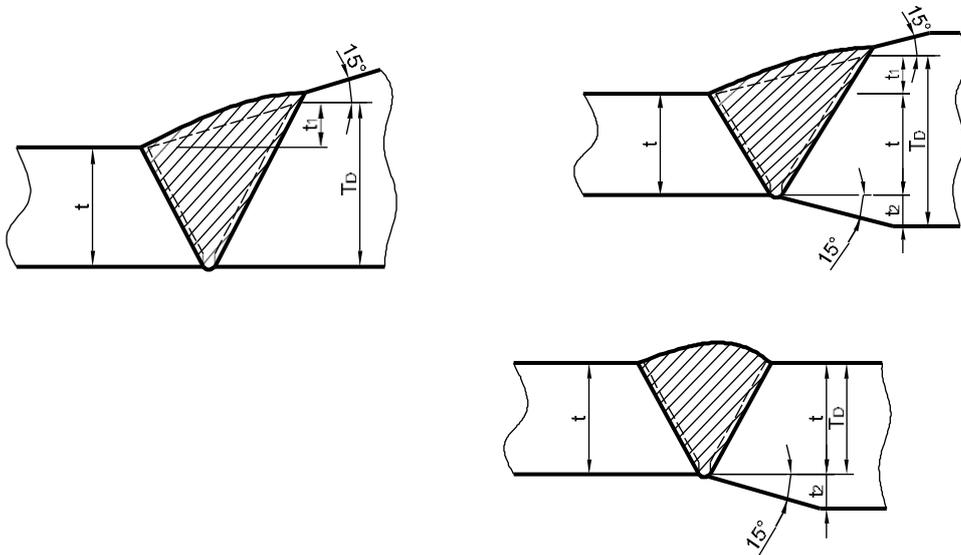


图 9.2.4-4 不同强度不同壁厚管道组成件坡口端部加工

8.2.5 管道焊接组对时，不得对焊件包括焊缝进行敲打或掰扭造成管道变形。

### 8.3 管道焊接

8.3.1 管道承压件与承压件、承压件与非承压件的焊接均应采用经评定合格的焊接工艺，并由合格焊工施焊。

8.3.2 焊接材料相容性应符合本规范第 4 章的规定，管道焊接应采用相容性评定合格的焊接工艺。

8.3.3 焊缝金属的抗拉强度应不小于母材规定抗拉强度的下限值。对于两种不同强度的母材相互焊接，焊缝金属的抗拉强度应不低于规定抗拉强度较高母材的下限值。

8.3.4 管道组成件焊前预热温度应符合表 8.3.4 的规定，对于无预热要求的钢种，焊件两侧 305mm 范围内金属表面温度不得低于 16℃。中断焊接后需要继续焊接时，应重新预热。

表 8.3.4 管道组成件焊前预热要求

母材类别	名义壁厚 mm	附加限制条件	最低预热温度 ℃
碳钢	<25	母材最小抗拉强度≤490 MPa	80
	≥25	-	95
	全部	母材最小抗拉强度>490 MPa	95
铬钼合金钢 Cr≤0.5%	<13	母材最小抗拉强度≤490 MPa	80
	≥13	-	95
	全部	母材最小抗拉强度>490 MPa	95
铬钼合金钢 0.5%<Cr≤2%	全部	-	150
铬钼合金钢 2.25%≤Cr≤10%	全部	母材最小抗拉强度≤414 MPa	175
	全部	母材最小抗拉强度>414 MPa	200
	>13	Cr>6.0%	200

8.3.5 端部为焊接连接的阀门，施焊时所采用的焊接程序以及热处理，应保持阀座的密封性能。

8.3.6 焊接过程中应清除所有的熔渣、氧化物和其他有害材料，清除不得损伤焊件和焊缝。

8.3.7 焊后热处理工艺应在焊接工艺规程中规定，并经焊接工艺评定验证。除设计文件另有规定外，常用钢材焊接接头的热处理温度按表 8.3.7 的规定确定。

表 8.3.7 常用钢材焊接接头热处理基本要求

母材类别	名义厚度 δ mm	热处理温度 ℃	相应焊后热处理厚度下最短保温时间 h			布氏硬度 HBW
			≤50 mm	50 mm~125 mm	>125 mm	
碳钢	≤20 <sup>a</sup>	600~650				200

母材类别	名义厚度 $\delta$ mm	热处理温度 ℃	相应焊后热处理厚度下最短保温时间 h			布氏硬度 HBW
			≤ 50 mm	50 mm~125 mm	>125 mm	
铬钼合金钢 Cr≤0.5%	≤16 >16	600~650	$\frac{\delta}{25}$ , 最少 1.0	$2 + \frac{\delta-50}{100}$	≤225	
铬钼合金钢 0.5%<Cr≤2%	全部	705~745			≤225	
铬钼合金钢 2.25%<Cr≤10%	全部	705~760			≤241	
a. 焊接接头硬度满足要求时, 可不进行热处理。						

8.3.8 异种铁素体材料焊件焊后热处理, 按较高热处理温度的铁素体材料的热处理温度进行。

8.3.9 铁素体和奥氏体焊件焊后热处理, 按铁素体材料的热处理温度进行。

## 8.4 管道检验

8.4.1 焊缝金属应平滑地与焊件表面融合, 焊缝表面不得有低于母材的局部凹陷。

8.4.2 焊缝表面不允许有裂纹、未熔合、未焊透、气孔、夹渣、飞溅存在。

8.4.3 经焊后热处理的焊接接头, 应对焊缝和热影响区进行 100%硬度值测定, 且其硬度值均不得超过表 8.3.7 的规定。热影响区的测定区域应紧邻熔合线。

8.4.4 除设计文件另有规定外, 名义厚度小于和等于 20mm 的碳钢管道焊接接头, 应对焊缝和热影响区进行 20%硬度值测定, 且其硬度值均不得超过表 8.3.7 的规定

## 8.5 管道试验

8.5.1 在初次运行前, 管道系统应进行压力试验、泄漏试验和泄漏量试验。

8.5.2 管道系统的压力试验介质应以液体进行。受条件限制不能进行液压试验, 需采用气压试验代替时, 应符合国家现行标准《石油化工有毒、可燃介质钢制管道工程施工及验收规范》SH/T 3501 的相关规定。

8.5.3 管道系统压力试验合格后, 应进行气体泄漏性试验或敏感性泄漏试验, 试验应符合国家现行标准《石油化工有毒、可燃介质钢制管道工程施工及验收规范》SH/T 3501 的相关规定。

8.5.4 管道系统泄漏试验合格后, 应进行气体泄漏量试验, 试验应符合现行国家标准《汽车加油加气加氢站技术标准》GB 50156 的相关规定。

## 9 管道系统的安全规定

### 9.1 一般规定

9.1.1 除本规范外，管道系统的安全设计尚应符合现行国家标准《压力管道规范 工业管道 第6部分：安全防护》GB/T 20801.6和《工业金属管道设计规范》GB 50316的有关规定。

9.1.2 管道系统检维修前应采取泄压、隔断和惰性气体置换等措施；管道系统使用前应进行泄漏检测，并采用惰性气体吹扫和氢气置换。

9.1.3 液氢或低温氢气管道应吹扫清除系统中的油、脂、水气，避免阀门的冻结、管道或小孔的堵塞。

### 9.2 风险控制

9.2.1 管道应采用焊接连接或其它能有效防止介质泄漏的连接方式。

9.2.2 管道系统应设置安全泄放装置、阻火器等安全保护装置。

9.2.3 与用设备连接的管道应设置切断阀。

9.2.4 管道宜采用架空敷设，地下敷设的管道应采取防止氢泄漏、积聚的措施。

9.2.5 管道应设放净、取样、吹扫和置换管口，其位置应能满足管道内介质放净、取样、吹扫和置换要求。

9.2.6 管道系统应定期检测介质泄漏，并应根据介质泄漏的情况，采取处置措施。

9.2.7 可能出现氢气介质泄漏和积聚的位置宜设置固定式可燃气体检测报警仪。

9.2.8 管道系统应保持在正压状态，防止系统外部的空气进入，避免氢/空气（氧气）混合物在密闭空间积聚。

### 9.3 超压保护

9.3.1 安全泄放装置应能保证系统压力不高于系统的最大允许工作压力，其通量应满足安全泄放量，且在极端条件下仍应有足够的泄放能力。

9.3.2 若低压系统通过压力调节器与高压系统相连，且低压系统的承压上限低于高压系统的压力，则低压系统应设置安全泄放装置。

9.3.3 当管道安装多个安全泄放装置，并共用一条出口管道时，应确保各个安全泄放装置不影响管道流速，且运行时不影响其它安全泄放装置的开启压力。

9.3.4 安全泄放装置应能适应管道系统的压力温度等级，且材料与氢有良好的相容性。

9.3.5 安全泄压装置的出口管道的设计，应考虑氢气泄压排放时介质温度的升高，以及液氢或低温氢气排放时管道的防冻措施。

9.3.6 安全泄压装置的出口管道的布置，应考虑泄压排放引起的反作用力，合理设置管道支架。

9.3.7 安全泄压装置直接向大气排放时，排放管口不得朝向邻近管道或设备，并应远离平台和有人通过的区域。

9.3.8 安全泄压装置直接向大气排放时，应采取防止空气和水进入排放管的措施，必要时可通入惰性气体。

#### **9.4 切断阀要求**

9.4.1 安全泄放装置和被保护的设备或管道之间不宜设置切断阀。

9.4.2 安全泄放装置进出口管道的切断阀应采用全通径阀门，或压力降不影响安全泄放装置正常运行和安全泄放的阀门。

9.4.3 安全泄放装置进出口管道的切断阀，应附加锁定或铅封的要求，严格控制在开或关的位置。

9.4.4 阀门应根据设计压力、设计温度及与氢的相容性等选用阀门材料和密封填料。

9.4.5 管道的切断阀宜采用球阀或截止阀。

## 10 长输管道的规定

### 10.1 一般规定

10.1.1 长输管道设计应符合国家现行标准《氢气储存输送系统第 1 部分 通用要求》GB/T 34542.1 的基本要求。

10.1.2 长输管道宜开展风险评价。

10.1.3 长输管道的年设计输送能力应满足设计委托书或设计合同的规定，设计年工作天数宜为 350 天。

10.1.4 长输管道施工及验收应符合国家现行标准《油气长输管道工程施工及验收规范》GB50369 的相关要求。

### 10.2 线路设计

10.2.1 氢气长输管道线路选择、管道敷设要求、线路水工防护、管道标识应符合现行国家标准 GB 50251 的有关规定，同时还应满足以下要求：

1 埋地管道正常的最小覆土厚度不得小于 910mm；对于岩石地段，埋深不得小于 610mm；农田段的最小埋深不得小于 1210mm；

2 埋地管道与其他埋地管道及构筑物交叉时，间距应大于 0.5m；

3 管道穿越采用套管保护时，应设置排气管；

10.2.2 氢气长输管道线路通过的地区，应按沿线居民户数和（建筑物）的密集程度，划分为四个等级。

10.2.3 地区等级划分应沿管道中心线两侧各 200m 范围内，任意划分成长度为 2km 并能包括最大聚居户数的若干地段，按划定地段内的户数划分为四个等级。在乡村人口聚集的村庄、大院、住宅楼，应以每一独立户作为一个供人居住的建筑物计算。地区等级划分应按下列原则划分：

1 一级地区：户数在 12 户或以下区段；

2 二级地区：户数在 12 户以上 60 户以下的区段；

3 三级地区：户数在 60 户或以上的区段，包括市郊居住区、商业区、工业区、规划发展区以及不够四级地区条件的人口稠密区；

4 四级地区：四层及四层以上楼房（不计地下室层数）普遍集中、交通频繁、地下设施多的区段。

10.2.4 管道线路沿线应开展高后果区识别，识别方法应符合现行国家标准 GB 32167 的有关规定。

10.2.5 氢气长输管道高后果区管段识别分级见表 10.2.5。

表 10.2.5 氢气输送管道高后果区管段识别分级

分级	识别项
I 级	一级、二级地区管道潜在影响半径或 200m 范围以内有特定场所。
II 级	管道两侧各 50m 范围内有铁路、高速公路、国道、省道、易燃易爆场所及文物保护单位等。
III 级	管道经过的三级地区。
IV 级	管道经过的四级地区。

注：识别范围以 200m 或潜在影响半径取大者。

10.2.6 氢气管道潜在影响半径计算应按下列公式计算：

$$r = m\sqrt{pd^2} \quad (10.2.6)$$

式中：d——管道外径，单位为毫米（mm）；

p——最大允许操作压力（MAOP），单位为兆帕（MPa）；

r——受影响区域的半径，单位为米（m）；

m——浓度修正系数，m 的典型取值如下表 10.2.6。

表 10.2.6 不同氢含量浓度修正系数表

天然气浓度，%	氢气浓度，%	m 取值
0	100	0.069
10	90	0.070
40	60	0.080
80	20	0.093
100	0	0.099

10.2.7 管道强度设计系数应符合表 10.2.7 的规定。

表 10.2.7 强度设计系数

类型	地区等级划分			
	一级地区	二级地区	三级地区	四级地区
管道线路	0.5	0.5	0.5	0.4
公路铁路穿越或并行	0.5	0.5	0.5	0.4
跨越管道	0.5	0.5	0.5	0.4
输送站场管道	0.5	0.5	0.5	0.4
预制组件	0.5	0.5	0.4	0.4
高后果区范围内有特定场所	0.4	0.4	0.4	0.4
输送站场和阀室内用管	0.4	0.4	0.4	0.4

10.2.8 氢气输送管道应设置线路截断阀（室），线路管道沿线相邻截断阀之间的间距应符合下列规定：

- 1 以一级地区为主的管段不应大于 32km；
- 2 以二级地区为主的管段不应大于 24km；
- 3 以三级地区为主的管段不应大于 16km；
- 4 以四级地区为主的管段不应大于 8km。

### 10.3 输送站场及配套设施设计

12.3.1 氢气站场设计输气能力应与管道系统设计输气能力匹配。

12.3.2 当采用管道输送氢气时宜采用质量流量计计量。

12.3.3 清管设施设计应符合下列规定：

1 清管设施宜与站场合并建设，当站间距超过清管器可靠运行距离时，应单独设置清管站；

2 清管工艺应采用不停气密闭清管工艺流程，进出站的管段上宜设置清管器通过指示器；

3 清管器收、发筒的结构尺寸应能满足通过清管器或智能检测器的要求；

4 清管作业清除的污物应进行收集处理，不得随意排放。

10.3.4 进、出站场的氢气输送管道应设置紧急截断阀。

10.3.5 氢气输送管道站场宜在进站截断阀上游和出站截断阀下游设置放空设施；相邻线路截断阀（室）之间的管段上应设置氢气放空阀或预留放空阀接口。

10.3.6 存在超压可能的管道、设备和容器，应设置安全阀或压力控制设施。

10.3.7 管道站场放空的氢气应安全处理。

10.3.8 氢气管道、阀门、管件的设计压力不应小于最大工作压力的 1.10 倍。

10.3.9 为了防止气体中杂质对关键部件的影响，宜在站场入口设置过滤设施。

10.3.10 站内管线应采用地上或埋地敷设，不宜采用管沟敷设。当采用管沟敷设时，应采取防止天然气泄漏积聚的措施。

10.3.11 氢气系统和设备，均应设置氮气吹扫装置，所有氮气吹扫口前应配置切断阀、止回阀。吹扫氮气中含氧量不得大于 0.5%。

10.3.12 氢气管道的连接宜采用焊接；氢气管道与设备、阀门的连接，可采用法兰连接。

10.3.13 阀门材料和密封填料应根据工作压力、工作温度及与氢的相容性等选用。

10.3.14 氢气管道系统应具有满足降低应力集中要求的柔性，并确保管道在温

度变化导致热胀冷缩时的安全。与分离器、清管收发筒、压缩机组等设备相连的地面和埋地管道应采取防止管道沉降或位移的措施。

10.3.15 仪表管路宜选用不锈钢材质。

10.3.16 站内工艺系统中可能产生和积聚静电而造成静电危险的设备、管道、作业工具，均应采取防静电措施。

10.3.17 除绝缘法兰外，所有地面管道应在每个连接处保持电气连续性，并留以适当的间隔接地，以减少雷电和静电的影响。为避免人员免受电击或高压电击，所安装管道的接地电阻应不超过 10 欧姆。

10.3.18 在易发生气体泄漏、聚集的场所，应设置可燃气体检测报警系统。

10.3.19 对易导致氢积聚的密闭空间采用强制通风。阀室、压缩机厂房等含氢气管道并存在泄漏可能的建筑物，正常通风次数应不少于 5 次/h，事故排风换气次数不得少于 15 次/h。当空气中的氢气含量达到 1%时应启动相应事故排风风机。

10.3.20 氢气压缩机站的建筑应采用不燃材料或有限可燃材料建造。

10.3.21 压缩机房的每一操作层及其高出地面 3m 以上的操作平台（不包括单独的发动机平台），应至少设置两个安全出口及通向地面的梯子。操作平台上的任意点沿通道中心线与安全出口之间的最大距离不得大于 25m。安全出口和通往安全地带的通道，必须畅通无阻。压缩机房设置的平开门应朝外开。

## 10.4 管线强度设计

12.4.1 管线强度和稳定性计算应符合现行 GB 50251 相关规定，同时直管段管壁厚度应按下式计算：

$$\delta = \frac{PD}{2\sigma_s\varphi FtH_f} \quad (12.4.1)$$

式中： $\delta$ ——钢管计算壁厚（mm）；

$P$ ——设计压力（MPa）；

$D$ ——管道外径（mm）；

$\sigma_s$ ——管材标准规定的最小屈服强度（MPa）；

$F$ ——强度设计系数，按表 10.2.7 选取；

$\varphi$ ——焊缝系数，焊缝系数取 1；

$t$ ——温度折减系数，当温度小于 120℃时， $t$  值取 1.0；

$H_f$ ——钢管材料性能系数，见表 10.4.2。

10.4.2 钢管材料性能系数见下表：

表 10.4.2 钢管材料性能系数  $H_f$

规定的最小强度/MPa		设计压力/MPa						
拉伸强度	屈服强度	6.9	13.8	15.2	16.6	17.9	19.3	20.7
≤460	≤360	1	1	0.954	0.910	0.880	0.840	0.780
≤520	≤415	0.874	0.874	0.874	0.796	0.770	0.734	0.682
≤570	≤485	0.776	0.776	0.742	0.706	0.684	0.652	0.606
≤625	≤555	0.694	0.694	0.662	0.632	0.610	0.584	0.542

12.4.3 穿跨越管段强度和稳定性校核应符合现行国家标准《油气输送管道穿越工程设计规范》GB 50423 和《油气输送管道跨越工程设计标准》GB/T 50459 的有关规定。

12.4.4 管道抗震设计应符合现行国家标准《油气输送管道线路工程抗震技术规范》GB/T 50470 的有关规定。

## 10.5 管线材料

10.5.1 站场管道材料应符合本规范第 4 章的规定。

10.5.2 管道应采用无缝钢管、直缝埋弧焊钢管、奥氏体不锈钢钢管、镍基合金钢管或者耐蚀合金复合钢管，严禁使用铸铁件。采用耐蚀合金材料时，管道氢气分压宜大于 0.2MPa。

10.5.3 管道材料（包含管体和焊缝）在氢气环境下应具有足够的韧性，应采用经过验证的能抵抗氢损伤的材质。管道材料应进行化学成分及碳当量、微观组织、晶粒度、力学性能、热处理状态等要求限制。

10.5.4 氢气输送碳钢管道钢级不应大于 GB/T 9711 PSL2 L485/X70，最大抗拉强度不宜超过 800MPa，且线路用 GB/T 9711 PSL2 L450/X65 及以上钢级管道最大操作压力不应大于 10.34MPa。纯氢气输送管道钢级不宜大于 GB/T 9711 PSL2 L360/X52。

10.5.5 管道材料在氢气环境下的适应性评价试验应按照《氢气储存输送系统 第 2 部分：金属材料与氢环境相容性试验方法》GB/T 34542.2 标准规定执行。除非管道材料在规定氢气环境下的应力强度因子门槛值  $K_{IH}$  不低于实际载荷下的应

力强度因子  $K_{Ia}$  且不低于  $55\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ ，否则均应按照《金属材料 准静态断裂韧性的统一试验方法》GB/T 21143 或者《金属材料焊接接头准静态断裂韧度测定的试验》GB/T 28896 标准规定进行母材或焊缝的断裂韧性评估。

10.5.6 碳钢管道材质化学成分中镍元素质量分数不应大于 0.50%，磷元素质量分数不应大于 0.015%，硫元素质量分数不应大于 0.010%。

10.5.7 碳钢管道母材、焊缝及其热影响区的硬度不宜超过 22HRC 或者其他设计规定值。

10.5.8 碳钢管道在纯氢气环境下的流速限制不应超过《氢气站设计规范》GB 50177-2005 标准中表 12.0.1 的规定要求。

10.5.9 钢管外径与壁厚之比应不大于 80，线路管道选用的钢管最小壁厚应不小于 6mm，站内工艺管道选用的钢管最小壁厚不应小于 4.5mm。

## 10.6 管线附件

10.6.1 长输管线的所有部件包括阀门、法兰、管接头、特殊组件等，应承受运行压力和其他规定加载。

10.6.2 阀门的选用应符合以下规定：

1 阀门应满足 ASME B16.34、ASME B16.38、API 6D、API 609、API 600、API 602 的相关要求；

2 不应使用由铸铁或球墨铸铁阀门；

3 按照 API 6D 要求采购的管线阀门应通过 API 6D 附录 C 中所述的压力试验，并使用氢气为试验介质。其他阀门应通过 API 598 中所述的压力试验，并使用氢气作为试验介质；

4 在防爆区内使用的阀门应具有耐火性能；

5 需要通过清管器和检测仪器的阀门应选用全通径阀门；

6 氢气阀门的填料宜选择双填料型式。

10.6.3 法兰、垫片应符合以下规定：

1 铸铁和球墨铸铁法兰不得用于氢气工况；

2 应使用具有优良防泄漏性能的法兰；

3 垫片材料选用应适合设计压力和设计温度要求，并具有氢兼容性和耐泄漏性能，能在任何预期可能发生的情况下保持密封可靠性。垫片密封应避免在火

灾中完全失效。

## 10.7 焊接与检验、试压、干燥与置换

10.7.1 氢气管线焊接应符合现行国家标准《钢质管道焊接及验收》GB/T 31032的有关规定，站场管道焊接工艺评定应符合现行行业标准《承压设备焊接工艺评定》NB/T 47014的有关规定，应采用经氢相容性评定合格的焊接工艺。

10.7.2 氢气长输管道所有焊接接头应进行全周长 100%射线和 100%超声波无损检测，合格等级为 II 级，对无法进行射线检测或超声波检测的焊接接头，应进行 100%磁粉检测和渗透检测，合格等级为 I 级。无损检测应符合现行行业标准《承压设备无损检测》NB/T 47013。

10.7.3 管线强度试验压力应不低于设计压力的 1.5 倍，且应符合下列规定：

- 1 管线强度试验应在回填后进行；
- 2 管线强度试验宜采用水作试压介质，站场及阀室的强度试验应采用水作试压介质；
- 3 当满足表 10.7.3 规定时，三、四级地区的线路、氢气站场和阀室内的工艺管道可采用空气或惰性气体作为强度试验介质；

表 10.7.3 采用气体为强度试验介质条件

现场最大试验压力产生的环向应力		最大操作压力不超过现场最大试验压力的 80%
三级地区 $< 50\% \sigma_s$	四级地区 $< 40\% \sigma_s$	

- 4 用水做强度试验介质时应满足下列要求：
    - 1) 试验压力在低点处产生的环向应力不应大于管材标准规定的最小屈服强度的 95%；
    - 2) 试压宜在环境温度为 5℃以上进行，低于 5℃时应采取防冻措施；
    - 3) 注水宜连续，并应采取措施排除管线内的气体；
    - 4) 水试压合格后，应将管段内积水清扫干净。
  - 5 强度试验的稳压时间不应少于 4h。
- 10.7.4 氢气管道严密性试验应符合下列规定：
- 1 严密性试验应在强度试验合格后进行；
  - 2 管道线路和阀室严密性试验可用水或气体作试验介质，宜与强度试验介质相同；

3 管道站场的严密性试验应采用空气或其他不易燃和无毒的气体作试验介质；

4 严密性试验压力应为设计压力，并应以稳压 24h 不泄漏为合格。

10.7.5 管道干燥及验收应符合《天然气管道、液化天然气站（厂）干燥施工技术规范》SY/T4114 的相关要求。

10.7.6 管道气体置换应符合下列规定：

1 管道内的气体置换应在干燥结束后或投产前进行，置换过程中的混合气体应集中放空，置换管道末端应用检测仪对气体进行检测；

2 用氢气推动惰性气体作隔离段置换空气时，隔离气段的长度应保证到达置换管线末端氢气与空气不混合，置换管道末端放空检测口测得的含氧量不应大于 1%；

3 置换过程中管内气体流速度不宜大于 5m/s；

4 氢气站场可结合线路管道一并置换，当氢气站场单独置换时，应先用惰性气体置换工艺管道及设备内空气，再用氢气置换惰性气体，并应满足下游使用要求；

5 管道干燥结束后，如果不能立即投入运行，宜用干燥氮气置换管内气体，并保持内压 0.12MPa-0.15MPa（绝压）的干燥状态下的密闭封存。

## 本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

《管道支吊架第 1 部分：技术规范》GB/T 17116.1

《工业金属管道设计规范》GB 50316

《汽车加油加气加氢站技术标准》GB 50156

《氢气站设计规范》GB 50177

中华人民共和国化工行业标准

# 氢气管道设计规范

Design Code for Hydrogen Piping and Pipeline

HG/T 22821-20XX

条文说明

## 目 次

1	总 则 .....	39
3	设计条件和基准.....	40
3.1	设计条件.....	40
6	管道布置.....	41

## 1 总 则

1.0.1 本规范的公称压力上限为 42MPa，与国家现行监察规程的要求保持一致。

## 3 设计条件和基准

### 3.1 设计条件

**3.1.3** 设计时需要根据管道系统的极端温度进行管道材料的选择，在管道材料选定后，依据最苛刻的温度-压力的组合工况确定设计温度，同一管道中的不同管道组成件的设计温度可以不同。

## 6 管道布置

6.0.7 湿氢管道和水压试验后的管道有积水和排水的问题，要求坡度不小于 3‰。