

团 体 标 准

T/GDAQI XXX—2023

实验室供气系统设计、建设和验收 规范

Specification for design, construction and acceptance of laboratory gas
supply system

2023-XX-XX 发布

2023-XX-XX 实施

广东省质量检验协会 发 布

目 次

前言..... II

引言..... III

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 设计要求..... 2

 4.1 气瓶室与移动式防爆供气柜..... 3

 4.2 管路铺设与连接..... 3

 4.3 图纸设计..... 4

 4.4 设备选择..... 4

5 建设要求..... 5

 5.1 连接与固定..... 5

 5.2 气路施工..... 8

 5.3 安全技术..... 8

 5.4 标识标牌..... 9

6 验收要求..... 9

 6.1 外观检查..... 9

 6.2 系统耐压试验..... 9

 6.3 气密性试验..... 9

 6.4 泡沫试验..... 9

 6.5 竣工验收资料..... 9

参考文献..... 10

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由广州德标智能化工程有限公司提出。

本文件由广东省质量检验协会归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

引 言

近年来,因用气不规范而导致实验室发生火灾及爆炸的事件屡见不鲜。部分实验室存在气瓶摆放杂乱、对易燃易爆气体气瓶未做防护、气路走管不规范、软管连接使用仪器等情况,制度保障不规范,使得实验室发生危险事故概率大大提高。

当前对于实验室安全用气建设方面尚未建立统一标准,亟待通过标准规范保护实验室建设安全及相关工作人员安全。

通过制定本标准作为组织协调实验室供气系统设计、建设和验收的依据。

实验室供气系统设计、建设和验收规范

1 范围

本文件规定了实验室供气系统设计、建设和验收规范的术语和定义、设计要求、建设要求、验收要求。

本文件适用于实验室供气系统现场勘查、图纸设计、施工方案制定、供气设备安装、标识标牌制作、验收等相关工作，大专院校、科研院所、科研型企业等实验室可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 190 危险货物包装标志
- GB 12268 危险货物品名表
- GB/T 12716 60° 密封管螺纹
- GB 50236 现场设备、工业管道焊接工程施工规范
- JGJ 91 科研建筑设计标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

现场勘查 scene investigation

项目人员在项目开始实施前期到实施项目场地进行勘查的过程，勘查内容包括但不限于场地位置、场地尺寸、场地方向、场地建设、场地设备、场地水电、场地风向。项目人员包括但不限于该项目实施的设计人员、施工人员、项目负责人员。

3.2

图纸设计 layout design

根据项目所需实现功能、需求，以及项目人员对现场勘查后统计数据项目进行图纸设计的过程。

3.3

施工方案 construction scheme

施工前对项目实施内容、时间、地点、人员及该项目实施过程注意事项所给出项目实施的统一方案文件。

3.4

供气设备 gas supply equipment

实验室内所使用的需提供气体运作的仪器和设备，包括用气实验设备和用气保护设备。

3.5

标识标牌 sign and signage

起到说明、指示、警示等作用的明确内容或图片。

3.6

钢瓶 cylinder

装载高压气体的钢制容器。

3.7

钢瓶固定架 cylinder bracket

放置并固定钢瓶的架体结构。

3.8

全钢气瓶柜 gas cylinder cabinet

放置并固定钢瓶的钢制柜体结构，可用于隐藏气瓶。

3.9

钢瓶接头 cylinder joint

连接钢瓶和外部管道的接头。

3.10

高压金属软管 high pressure metal hose

由不锈钢等金属制成，用于输送高压气体的可弯曲管道。

3.11

单瓶供气系统 single bottle gas supply system

使用单瓶气瓶供气，具有调节气体压力由高降低功能，并能保证气体纯度的供气系统。

3.12

手动切换系统 manual switching system

对于两瓶或两瓶以上气瓶供气情况，工作人员可根据气瓶气压情况手动切换单侧气体通过，并具有调节气体压力由高降低功能，且能保证气体纯度的供气系统。

3.13

自动切换系统 automatic switching system

对于两瓶或两瓶以上气瓶供气情况，可根据气瓶气压情况自动实现切换单侧气体通过，并具有调节气体压力由高降低功能，且能保证气体纯度的供气系统。

3.14

终端控制系统 terminal control system

控制管道末端气体输出，具有再次调节气体压力并控制气体通过功能的系统。

3.15

回火防止阀 antidim light

当管内易燃气体压力降低时，阻止燃烧点的火通过管道向气源方向蔓延的阀门。

3.16

不锈钢管道（BA/EP） stainless steel piping (BA/EP)

一般指SS316L不锈钢管道，BA/EP代表其加工工艺类型。BA工艺流程为光亮退火、无损检测、一次清洗；EP工艺流程为光亮退火、无损检测、化学抛光、电抛光。

3.17

气体监控报警装置 gas monitoring and alarm system

可自动检测空气中某一指定气体浓度，在气体浓度偏离相关规定（空气中该气体浓度的允许存在值）时实现视觉和听觉报警，并实现输出电子信号到指定信号接收端的装置。

3.18

压力报警装置 pressure alarm system

可自动检测气体气瓶或单侧管路内气体压力情况，在压力低于阈值时实现报警，并实现输出电子信号到指定接收端的装置。

3.19

PLC 联动控制系统 PLC linkage control system

接收电子信号并进行处理，可根据接收不同的电子信号分别作出反应，控制电子信号发生源的设备或仪器或部件作出所需反应的系统。

3.20

移动式防爆供气柜 mobile explosion-proof gas supply system

用于存放气瓶，具有防爆、自动灭火、监控、排风、智能化管理等功能的可移动式供气柜。

4 设计要求

4.1 气瓶室与移动式防爆供气柜

4.1.1 选址

4.1.1.1 气瓶室选址应符合以下要求：

- a) 远离实验室主出入口；
- b) 严禁靠近火源、热源、有腐蚀性环境和电气设备；
- c) 具有良好的通风条件，保持干燥阴凉，避免阳光直射；
- d) 气瓶室内不应有地沟、暗道；
- e) 宜规划设计独立气瓶室，可根据实验室布局和用气情况在实验室的每层或几层设置一个气瓶室。

4.1.1.2 移动式防爆供气柜的选址应符合以下要求：

- a) 远离人流主干道、人员密集处；
- b) 严禁靠近火源、热源、有腐蚀性环境和电气设备；
- c) 不宜建立在地势低洼处；
- d) 宜在实验室外部设计为整个实验室供气的移动式防爆供气柜；
- e) 钢瓶储存区应合理布置，保持可燃性容器和助燃性容器间的安全间距。

4.1.2 设计

应符合以下设计要求：

- a) 易燃易爆气体与助燃气体分开放置，设可燃气体室和不可燃气体室；
- b) 相互间可能反应的气体应分开设置；
- c) 应分区存放实瓶与空瓶；
- d) 气瓶室的墙宜采用实体结构，应设置防爆门；
- e) 存放钢瓶屋内不宜采用吊顶结构。

4.1.3 配置

应符合以下配置要求：

- a) 气瓶室内应安装防爆灯及防爆风机，还应设有气体泄漏、低压换气报警设施及排风装置，同时设计时还应考虑防雷、防静电，配备温湿度监测、空调设备等设施；
- b) 应按照相关要求设计消防联动设施；
- c) 为保证气体纯度和压力稳定性，应采用多级减压方式供气，宜设置气路吹扫、排空、杂质过滤、水分和油汽净化等装置，宜采用双气源自动切换模式供气。

4.2 管路铺设与连接

4.2.1 放空管的设计应遵循以下原则：

- a) 放空管排至气瓶间外上方，高出顶层 2 m 以上，禁止将气体排放在建筑物内部；
- b) 对于混合后可能产生爆炸危险的气体应隔开布置；
- c) 放空管应垂直设置，并设在防雷保护区内；
- d) 放空管应设有防止空气回流的措施和防雨雪、杂物堵塞的措施。

4.2.2 按标准单元组合设计的通用实验室，对各种气体管道也应按标准单元组合设计。

4.2.3 根据实验室用气量，计算供气压力、流量和管道内径，所有气体主管道原则上不低于 9.52 mm (3/8 inch)，仪器空气管道直径为 12.7 mm(1/2 inch)。管道末端原则上不低于 6.35 mm(1/4 inch)，也可根据实际使用量而确定。

4.2.4 氢气、氧气和乙炔甲烷等气体管道以及引入实验室的各种气体管道支管应采用明敷。在管道井、管道技术层内敷设有可燃气体氢气、氧气和乙炔甲烷等管路时，应有通风装置保证每小时有 (1~3) 次的换气。

4.2.5 需穿过实验室墙体或楼板的部位应设有预埋套管，管路经套管穿过，套管内的管段不应有焊接。管道与套管间应采用非燃烧材料封堵严密。

4.2.6 氢气、氧气管道的末端和最高点宜设放空管。放空管应高出层顶 2 m 以上，并应设置在防雷保护区内。氢气管道上还应设取样口和吹扫口。放空管、取样口和吹扫口的位置应能满足管道内气体吹扫置换的要求。氢气、氧气管道应有导除静电的接地装置。有接地要求的其它管道，其接地和跨接方法应按现行有效的国家标准执行。

4.2.7 管道的敷设应按以下进行：

- a) 干燥气体的管道宜水平布置，如气体中含较高水分，其管道应有 $\leq 0.3\%$ 坡度，坡度向冷凝液体收集器方向；
- b) 其它气体管道与氧气管道需同架安装时，其管道间距离 ≤ 0.25 m。氧气管道应在其它管道之上，但氢气管道除外；
- c) 平行安装氢气管道与可燃气体管道时，其管道间距不应 ≤ 0.25 m，管道交汇时，其间距不应 ≤ 0.25 m；分层敷设时，氢气管道应在最上方；
- d) 每隔 1.5 m 左右，气体管路需有支架固定。可根据气体管路弯曲直径，设置合适的支架位置；
- e) 室内敷设氢气管道时不应直接埋地或布置在地沟内，避免直接穿过不使用氢气房间；
- f) 钢瓶接头与调节阀之间应设有耐高压金属软管，管道与阀件的连接应设有高压双卡套接头，以便于部件的维修和更换。

4.2.8 材料的选择应符合以下要求：

- a) 供气系统材料选择的基本原则为不宜采用非金属材料，材料不吸附气体、不产生气体，不产生粒子。
- b) 为保证气路系统的气密性和气体纯度，宜对所有管道材质采用 BA 级以上 SS316L 不锈钢。对于更高纯度气体要求的，宜采用 EP 级 SS316L 不锈钢。
- c) 管道与设备的连接段宜采用金属管道。如选用非金属软管，宜采用聚四氟乙烯管、聚氯乙烯管等工程塑料管，不应采用乳胶管；对氢气和氧气管道使用的部件、仪表应是该介质的专用产品，不得使用替代品。对其它部件的选择应给出设计建议。
- d) 如输送阀门与氧接触部分采用非燃烧材料，其密封圈应使用有色金属、不锈钢、镍基合金等材料；管道接口法兰垫片的材质应根据管内输送的气体确定；管道固定件（管夹）材质应采用耐高温金属材料，同时确保坚固、轻巧、耐用。

4.3 图纸设计

4.3.1 在设计前应进行现场勘查，并对实验室内结构、仪器摆放位置、使用仪器名称、仪器使用气体等进行记录。应对实验室房间尺寸测量精确，误差率应小于 0.5%。

4.3.2 设计图纸时应标识清晰，应在图纸上清晰标注：不锈钢气体管路走向、气源终端放置位置、不锈钢气体管道安装高度（如 FL+2.5）、气体种类名称（如氮气 N_2 ）、气源部分纯净度（如氢气纯度 99.999%）、终端使用压力（如氮气使用压力 1.6 MPa）、不锈钢气体管道墙面排序标识、不锈钢气体管道材质（如 SS316L EP）、不锈钢气体管道截面尺寸规格（如 1/4"）等。

4.3.3 图纸绘制应符合 JGJ 91 的要求。

4.4 设备选择

4.4.1 组成

实验室供气设备一般由钢瓶（或气体发生器等）、钢瓶固定架、全钢气瓶柜、钢瓶接头、高压金属软管（或高压盘管）、自动切换系统、手动切换系统、单瓶供气系统、终端控制系统、焊接三通、焊接变径接头、卡套阀门（或 VCR 阀门等）、回火防止阀、不锈钢管道（BA/EP）、压力表、可燃有毒气体监测报警装置、压力报警装置、PLC 联动控制系统等组成。

4.4.2 要求

应符合以下要求：

- a) 主要减压设备及供气管道全部采用不锈钢 SS316L BA/EP 级，不应用铜、铜镀镍、铜镀铬等次之材质。

- b) 选用的供气设备应附带认证证书或检测检定报告，如安全与防爆用品检测认证证书、省级以上不锈钢材质检测报告、省级以上计量检测单位检定证书等。

5 建设要求

5.1 连接与固定

5.1.1 管与管连接

管与管连接应符合以下要求：

- a) 供气系统的连接应符合 GB 50236 等标准的要求；
- b) 管道的连接宜采用 TIG 轨道自动焊接，以最大限度保证管道内部洁净度和减少泄漏点；
- c) 气体管道与设备、阀门与管道或管件的连接应采用丝扣或法兰连接；丝扣接头中的填料应采用聚四氟乙烯膜、一氧化铅、甘油调合填料；
- d) 对于高纯气体管道与阀件的连接应采用高压双卡套接头连接，以便于阀件的更换和维修；
- e) 管道宜集中布置在天花板下方，并沿墙明设，便于安装及检修；管道成排安装时，应排列整齐，间距应均匀一致。管道行进线路的设计应尽可能简化，尽量减少连接件、弯管的数目，尽量减少管路的长度。

5.1.2 管与阀连接

管道与三通、异径直通宜采用全自动轨道焊接，穿墙部分应采用套管保护，在穿墙隐蔽部分不应有焊接接头。

5.1.3 固定

5.1.3.1 基本要求

管道固定应采用绝缘材料，宜采用PVC固定管夹在管道每间隔1 m布置1个，对于隐蔽工程（如天花上）管道应采用吊顶式固定，宜对整条固定滑轨管道排开固定。

5.1.3.2 阀件支撑

阀件支撑应符合以下要求：

- a) 阀件支撑架的材质应为镀锌钢制品，且可利用在天花板、墙缘、梁柱及设施等之上固件；
- b) 阀件支撑的摆设位置应根据现场实际状况，测量并安装固定；
- c) 阀件支撑架应综合考虑阀门操作、气体种类、维护及配设之美观程度等；
- d) 阀件之间的架设间距应考虑平行架设之预留量；
- e) 阀件支撑前，应首先确认阀件配置点，视施工环境需求加入辅助配件，如 T 型板固定、L 行角钢等；
- f) 阀件支撑应考虑便于日后维护之拆装；
- g) 阀件支撑架以调压阀为中心，再连结其它阀件；固定时，应调整与管道呈垂直状，不得歪斜。

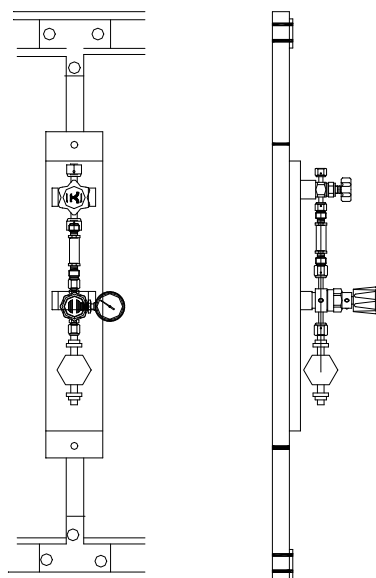


图 1 阀件支撑示意图(≤1/2" 带调压装置)

5.1.3.3 管道支撑

管道支撑应符合以下要求：

- a) 管道支撑架的材质为 PE 和镀锌钢制品，且可利用在天花板、墙缘、梁柱及设施等之上固定阀件；
- b) 管道支撑的摆设位置应根据现场实际状况，测量并安装固定；
- c) 管道支撑架应综合考虑阀门操作、气体种类、维护及配设之美观程度等；
- d) 管道之间的架设间距应考虑平行架设之预留量；
- e) 管道支撑前，应首先确认阀件配置点，视施工环境需求加入辅助配件，如 T 型板固定、L 行角钢等。
- f) 管道支撑应考虑便于日后维护之拆装；
- g) 管道支撑架以调压阀为中心，再连结其它阀件；固定时，应调整与管道呈垂直状，不得歪斜。

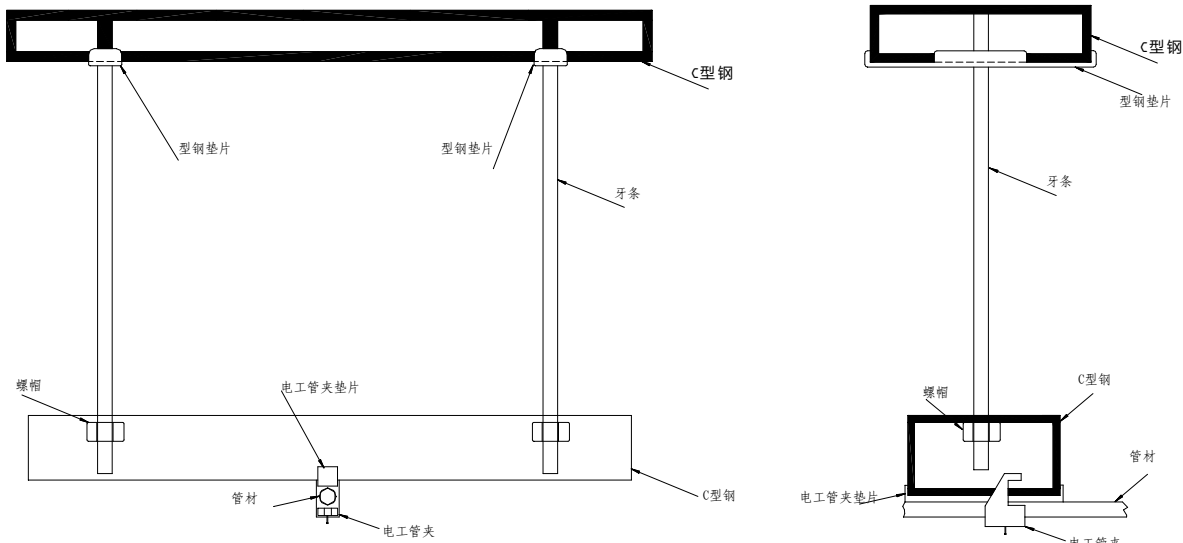


图 2 管道支撑示意图

5.1.3.4 其它支撑

- 管道安装技术规格应符合以下要求：
- a) 气体管路所有的支架应使用镀锌防腐；
 - b) 气路设计应提供图纸供招标方审核；
 - c) 每隔 2 m 左右，对气体管路设置支架，另根据气体管路弯曲直径设置合适的支架位置；
 - d) 所有弯曲处应有支撑；
 - e) 所有 U 型弯曲情况的支撑设置应符合表 1 要求，示意见图 3。

表 1 U 型弯曲管道支撑设置要求

序号	管道直径	弯曲宽度	支架数量和位置
1	6 mm	超过 0.75 m	a) 每隔 1 m 设 1 处支撑； b) U 型弯曲处每隔 0.5 m 设 1 处支撑； c) 弯曲前面和后面各设 1 处撑。
2	10 mm	超过 0.5 m	a) 每隔 1 m 设 1 处支撑； b) U 型弯曲处每隔 1 m 设 1 处支撑； c) 弯曲前面和后面各设 1 处撑。
3	8 mm	超过 0.3 m	a) 每隔 0.7 m 设 1 处支撑； b) U 型弯曲处每隔 0.7 m 设 1 处支撑； c) 弯曲前面和后面各设 1 处撑。

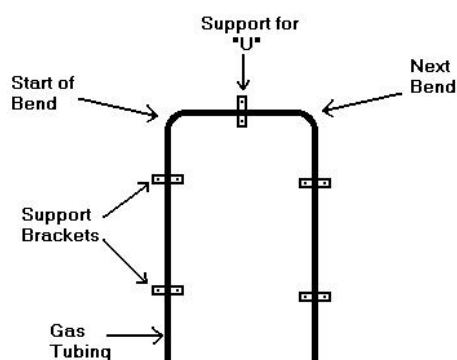


图3 U型弯曲管道固定示意图

5.1.3.5 隐蔽管道防护

隐蔽管道防护应配置绝缘材料，以防止裸露在外导致与电源线交叉。

5.1.3.6 穿墙保护

所有穿墙部分应做大于穿墙管径的钢管保护，并设置绝缘层，防止与墙体内电源线交叉。

5.2 气路施工

气路施工应符合以下要求：

- 气瓶阀出口应为符合 GB/T 12716 规定的外螺纹形式，为便于管路系统与气瓶连接，从气瓶阀出口到管道系统之间应设有转换接头（气瓶接头）；
- 管道铺设时，应注意平直，应采用专用弯管器进行弯管，不得徒手弯曲管道；切断管道时，应使用专用切管器操作，严禁使用锯子锯断管道。管道切断后，应用专用工具处理断口，严禁用普通锉刀处理断口；
- 为保证系统的气密性，螺纹连接处应采取密封带等密封措施。应保证管道弯管及切管器、焊接机及焊针等专用工具可在（-40~+40）℃环境温度条件下正常使用。整个焊接过程中，应严格按程序使用 99.999% 的高纯氩气不断吹扫施工管道；
- 所有不锈钢管道在安装前，均应保证两端使用塑料盖密封，外部有塑料套密封的管道，不得提前拆封。所有管件在安装前和安装后，应采用 99.999% 的高纯氮气至少吹扫三遍；
- 易燃易爆气体管道不得穿越与其无关的房间；
- 所有管道在安装完毕后应在明确位置标有介质标识及介质走向，并用不同颜色区别。助燃气体和易燃易爆气体管道应有导除静电的接地装置。气体管道不得与电缆、导电路同架敷设。管道需柱子架空敷设时，其高度应不妨碍交通和便于检修；
- 管道固定件应坚固、轻巧、耐用。

5.3 安全技术

5.3.1 气体管路系统应具有良好的气密性、可靠性、可维护性。

5.3.2 气体管道设计的安全技术应符合相关的设计规范和以下要求：

- 在同一槽架内不应同时敷设气体管道和导电路及电缆；
- 所有减压阀应设有排气管路到气体存放区外。易燃气体、氧化气体排气管路不应并在一起；
- 管道系统应设有调压装置，其组成包括各种阀门（调节阀、截止阀、球阀等），实现气体的开启、关闭、调节等作用。设单独的阀门（球阀或针阀）控制工作台上气体出口；
- 各种气体管道应有明显的指示标志。安全减压阀的标识应标明压力释放级别；
- 使用氢气及可燃气体的实验室应设置报警装置，放空管路上应安装气体回火防止阀；

- f) 存放氢气钢瓶的区域应有每小时不少于三次的换气措施；
- g) 应确保瓶阀、接管螺丝和减压阀等附件无泄漏、滑丝、松动等危险情况，对各种气压表不应混用。

5.4 标识标牌

- 5.4.1 在供气室（楼内高压容器存放点）或移动式防爆供气柜（室外可移动式高压容器存放点）门外应贴有禁止明火等危险标识，并标识存放点内的所有对应气体种类，符合 GB 12268 和 GB 190 要求。
- 5.4.2 在供气室（楼内高压容器存放点）或移动式防爆供气柜（室外可移动式高压容器存放点）内应贴有气瓶室安全管理制度、气瓶室事故应急预案、供气柜安全管理制度、供气柜事故应急预案。
- 5.4.3 气源供气面板及终端控制面板处应标识对应的面板操作手册，防爆气瓶柜应标识禁火标识等危险标识，且应标识柜内对应气体种类。
- 5.4.4 对于不锈钢管道，应在管道上标识对应气体种类名称，并且标识气体走向。
- 5.4.5 终端控制系统处应标识对应的气体种类名称。
- 5.4.6 应在供气室外部或管理人员办公区域标识气路平面布置图，清楚标识气源、管路、终端位置，并附带图例标识。

6 验收要求

6.1 外观检查

- 6.1.1 管道（包括隐蔽工程）走线应横平竖直；管道均固定牢固。
- 6.1.2 管道外表面应无明显破损。
- 6.1.3 各个阀件应无明显破损。

6.2 系统耐压试验

对系统冲入高纯氮气至 0.8 MPa，关闭所有阀门，经过 24 h 后，系统中不得有鼓泡、扭曲、膨胀等形变产生

6.3 气密性试验

对系统冲入高纯氮气至 0.8 MPa，关闭所有阀门，经过 24 h 后，系统的压力变化率 $< 1\%$ 。计算方法如下：

$$\gamma = \left[1 - \frac{(273+T_1)P_2}{(273+T_2)P_1} \right] \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- γ —— 压力变化率，单位为 %；
- T_1 —— 试验开始时的环境温度，单位为 $^{\circ}\text{C}$ ；
- T_2 —— 试验结束时的环境温度，单位为 $^{\circ}\text{C}$ ；
- P_1 —— 试验开始时的绝对压力，单位为 MPa；
- P_2 —— 试验结束时的绝对压力，单位为 MPa。

6.4 泡沫试验

- 6.4.1 对气源及终端面板接头处含有螺纹及卡套连接部位，使用泡沫测试接头处是否存在漏气情况。
- 6.4.2 泡沫测试一般随着保压测试同时进行，在保压测试中，对含有螺纹、卡套、焊接等类型接头连接处进行泡沫测试，在测试期间接头处不起泡为合格。
- 6.4.3 泡沫测试完成后留存泡沫测试记录，验收时提供泡沫测试报告。

6.5 竣工验收资料

在项目验收时提供竣工图、竣工验收报告、验收清单、验收依据、质量保证书等。

参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国消防法（主席令第6号）
 - [2] GB 4962—2008 氢气使用安全技术规程
 - [3] GB 6222—2005 工业企业煤气安全规程
 - [4] GB/T 14976—2012 流体输送用不锈钢无缝钢管
 - [5] GB 15603—2022 危险化学品仓库储存通则
 - [6] GB 17914—2013 易燃易爆性商品储存养护技术条件
 - [7] GB/T 24777—2009 化学品理化及危险性检测实验室安全要求
 - [8] GB/T 27476.1—2014 检测实验室安全 第1部分：总则
 - [9] GB/T 34525—2017 气瓶搬运、装卸、储存和使用安全规定
 - [10] GB/T 37140—2018 检验检测实验室技术要求验收规范
 - [11] GB 50016—2014 建筑设计防火规范
 - [12] GB 50028—2006 城镇燃气设计规范
 - [13] GB 50029—2014 压缩空气站设计规范
 - [14] GB 50030—2013 氧气站设计规范
 - [15] GB 50073—2013 洁净厂房设计规范
 - [16] GB 50177—2005 氢气站设计规范
 - [17] GB 50235—2010 工业金属管道工程施工规范
 - [18] GB 50236—2010 现场设备、工业管道焊接工程施工规范
 - [19] GB 50316—2000 工业金属管道设计规范（2008年版）
 - [20] GB 50646—2020 特种气体系统工程技术标准
 - [21] GB 50724—2011 大宗气体纯化及输送系统工程技术规范
 - [22] TSG D0001—2009 压力管道安全技术监察规程——工业管道
-