

气体安全使用手册

Gas Operation Manual

吴刘天，余圣圣，杨玖重 (jzhyang@ustc.edu.cn)

国家同步辐射实验室，质谱、燃烧光束线站
<http://flame.nslr.ustc.edu.cn/database/?data=Training>



本作品采用[知识共享署名-非商业性使用-相同方式共享 4.0 国际 \(CC BY-NC-SA 4.0\) 许可协议](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)进行许可。

在此许可下，您可以自由地：

- 共享 — 在任何媒介以任何形式复制、发行本作品
- 演绎 — 修改、转换或以本作品为基础进行创作

只要你遵守许可协议条款，许可人就无法收回你的这些权利。惟须遵守下列条件：

- 署名 — 您必须给出适当的署名，提供指向本许可协议的链接，同时标明是否（对原始作品）作了修改。您可以用任何合理的方式来署名，但是不得以任何方式暗示许可人为您或您的使用背书。
- 非商业性使用 — 您不得将本作品用于商业目的。
- 相同方式共享 — 如果您再混合、转换或者基于本作品进行创作，您必须基于与原先许可协议相同的许可协议 分发您贡献的作品。
- 没有附加限制 — 您不得适用法律术语或者技术措施从而限制其他人做许可协议允许的事情。

若对本作品存在版权疑问，请联系杨玖重(jzhyang@ustc.edu.cn)。

目 录

1.	气体钢瓶的结构及种类.....	1
1.1.	按气瓶充装介质的物理性质划分.....	1
1.1.1.	压缩气体钢瓶.....	1
1.1.2.	液化气体钢瓶.....	1
1.1.3.	溶解气体钢瓶.....	1
1.2.	按气体性质分类.....	2
1.3.	按气瓶设计压力分类.....	2
2.	气体钢瓶管理存在的隐患.....	2
3.	气体钢瓶安全使用规范.....	3
3.1.	规范气体钢瓶的采购和验收环节.....	3
3.1.1.	检查气瓶的颜色和标识.....	3
3.1.2.	检查气瓶外形.....	4
3.2.	气体钢瓶的搬运和存放.....	4
3.2.1.	气体钢瓶的搬运.....	4
3.2.2.	气体钢瓶的存放.....	4
3.2.3.	气体钢瓶的管路连接安全.....	5
3.3.	气体钢瓶的安全使用.....	5
4.	气体钢瓶的检查与维护.....	6
4.1.	做好日常检查工作.....	6
4.2.	日常维护.....	7
5.	气体钢瓶的安全管理.....	7
6.	质谱、燃烧光束线站泵房气瓶柜、管路布局.....	8
7.	气体钢瓶的具体操作.....	11
7.1.	气体、钢瓶、钢瓶阀类别.....	11
7.1.1.	气瓶国标.....	11
7.1.2.	钢瓶及钢瓶阀类别.....	12
7.2.	减压阀.....	12
7.3.	针阀.....	13
7.4.	二级减压阀.....	13
7.5.	气体管道.....	14
7.6.	气体压力记录规范.....	16
7.7.	钢瓶更换操作规范流程.....	16
7.7.1.	关闭气路并抽空, 拆卸减压阀.....	16
7.7.2.	更换钢瓶.....	16
7.7.3.	减压阀检漏.....	17
7.7.4.	气路检漏.....	17
7.8.	气路充气规范流程.....	17
7.9.	二级减压操作流程.....	18
7.10.	注意事项.....	18
8.	参考文献.....	18

高校实验室中所使用的气体，一般都充装在气体钢瓶中。气体钢瓶是一种移动式压力容器，具有压力稳定、纯度较高、使用方便，便于搬运等优点。气体钢瓶不仅可以充装氢气、甲烷、乙炔等可燃气体和氧气这种助燃气体，还可以充装氨气、硫化氢这种剧毒气体，同时气体钢瓶本身也是一种怕高温怕震荡的压力容器。所以，高校实验室在使用气体钢瓶中，存在诸多危险因素，如果稍有疏忽，便可能造成不堪后果的事故。因此，只有正确安全规范的使用气体钢瓶，才能避免各种事故的发生。¹⁻⁴

1. 气体钢瓶的结构及种类

气瓶是高压容器，一般用无缝钢管制成圆柱形容器，壁厚 50~80mm，底部为钢质方形平底的座，可以竖放。由于气瓶的充气和用气不是同时进行，所以只有一个接口管，即作进气口，又作出气口。它的接口管一般是锥形的内螺纹，用来装配钢瓶开关阀。瓶阀是控制气体出入的装置，一般是用黄铜或钢制造。可燃气体钢瓶如氢气、乙炔的螺纹是反扣(左旋)的，非可燃气体则为正扣(右旋)的。瓶阀的这种结构可有效的防止可燃气体与非可燃气体装错。瓶阀的外面有钢瓶帽。瓶帽是瓶阀的保护装置，它可以避免气瓶在搬运过程中因碰撞而损坏瓶阀，保护出气口螺纹不被损坏，防止灰尘、水分或油脂等杂物落入瓶内。气瓶的瓶体上套有两个橡胶防振圈。防振圈是气瓶瓶体的保护装置。气瓶在充装、使用、搬运过程中，常常会因滚动、振动、碰撞而损伤瓶壁，以致发生脆性破坏。气瓶装有两个防震圈，可防止因碰撞损坏瓶体。

1.1. 按气瓶充装介质的物理性质划分

1.1.1. 压缩气体钢瓶

临界温度低于-10°C的气体，经加高压压缩，仍处于气态者称压缩气体，如氧、氮、氢、空气、氩、氮等。这类气体钢瓶若设计压力大于或等于 12 MPa(125 kg/cm²)称高压气瓶。

1.1.2. 液化气体钢瓶

临界温度 $\geq 10^\circ\text{C}$ 的气体，经加高压压缩，转为液态并与其蒸气处于平衡状态者称为液化气体。临界温度在-10°C至 70°C者称高压液化气体，如二氧化碳、氧化亚氮。临界温度高于 70°C，且在 60°C时饱和蒸气压大于 0.1MPa 者称低压液化气体，如氨、氯、硫化氢等即是。

1.1.3. 溶解气体钢瓶

单纯加高压压缩，可产生分解、爆炸等危险性的气体，必须在加高压的同时，

将其溶解于适当溶剂,并由多孔性固体物充盛。在15°C以下压力达0.2MPa以上,称为溶解气体(或称气体溶液),如乙炔等。

1.2. 按气体性质分类

从气体的性质分类可分为剧毒气体,如氟、氯、氨、硫化氢等;易燃气体,如氢、一氧化碳、甲烷、乙炔等;助燃气体,如氧、氧化亚氮等;不燃气体,如氮、二氧化碳及惰性气体,如氩、氦等。

1.3. 按气瓶设计压力分类

按气瓶的设计压力分为高压气瓶和中低压气瓶。设计压力大于或等于12.3MPa(125 kg/cm²)为高压气瓶,设计压力小于12.3MPa(125kg/cm²)为中低压气瓶。

2. 气体钢瓶管理存在的隐患

近年来,高校实验室安全事故时有发生,与气体钢瓶相关的因素主要表现在以下几个方面:

- 1) 存在侥幸心理,将氧气、氯气、氢气、氨气等助燃、易燃、易爆气体放置在普通实验室;
- 2) 为实验方便,将多种气体钢瓶随意放置在普通实验室内设备附近,甚至在实验室实验台边放置多达十几个钢瓶,缺少安全设施,缺少专人监管。此种现象在科研实验室尤为突出;
- 3) 防爆系统不健全,尤其是旧实验楼,在漏气和发生事故时不能及时报警和得到快速妥善处理;
- 4) 人员责任分工不明确,细小问题缺少专人监督和处理。比如在实验室建设改造和设备更新过程中,旧气体钢瓶淘汰时被随意置放,对钢瓶中是否还残存气体、残存气体能否回收再利用等问题,少有专人负责监管。对实验室中使用较少的气体,对气体钢瓶内有无气体、是否存在漏气等问题,往往不能及时发现而存在的安全隐患;
- 5) 规章制度不健全,对气体钢瓶使用缺少相应的规章制度,有些制度建立后落实不到位;
- 6) 气体钢瓶没有醒目的标志,甚至以专用气瓶盛装其他气体;

- 7) 对气体钢瓶使用管理重视不够，关于钢瓶安全使用与管理的学习交流不够。
- 8) 在科学技术飞速发展的今天，实验室的建设有了很大的发展，但是实验室的气体钢瓶使用安全绝对不能忽视。

3. 气体钢瓶安全使用规范

3.1. 规范气体钢瓶的采购和验收环节

实验室在采购气体钢瓶和充装气体前，必须要检查供气或供气体钢瓶的企业是否五证齐全，五证即营业执照、特种设备制造许可证、特种设备设计许可证、危险化学品经营许可证、气瓶充装许可证。如无上述五证，禁止从该企业购买任何气瓶。气体钢瓶在进入实验室前，必须做好验收工作。只有从开始消除一切危险源头，才能使实验室的危险因素降到最低的程度。

3.1.1. 检查气瓶的颜色和标识

气瓶验收时，首先要看所购买气瓶的颜色是否符合规定，国家气瓶安全监察规程严格规定了各种气瓶的漆色和识别标志。如表 1 所示：

表 1 部分常用气瓶漆色及标志

气瓶名称	外表颜色	字样	字样颜色	横条颜色
氧气	天蓝	氧	黑	—
氢气	深绿	氢	红	—
氮气	黑	氮	黄	棕
氩气	灰	氩	绿	—
氦气	棕	氦	白	—
氯气	草绿	氯	白	白
乙炔	白	乙炔不可近火	大红	—
二氧化碳	铝白	二氧化碳	黑	—
一氧化氮	白	一氧化氮	黑	—
压缩空气	黑	压缩空气	白	—

每个气瓶上都应该贴有相应的安全警示标签和充装许可证。

另外，还应该仔细检查每个气瓶肩部是否都有明显的钢印标记，表明制造厂、气瓶编号、设计压力、制造年月等。这些钢印标记的检查十分重要，因为从这些标记中可以知道该气瓶是否过期，是否需要安全检测等信息。

3.1.2. 检查气瓶外形

检查气瓶嘴和外形是否有磨损、腐蚀、变形等缺陷。

3.2. 气体钢瓶的搬运和存放

3.2.1. 气体钢瓶的搬运

气瓶在运输或搬运过程易受到震动和冲击,可能造成瓶阀撞坏或碰断而造成安全事故。为确保气瓶在运输过程中的安全,气瓶在运输时注意以下几点:

- 1) 搬运前,应将联接气瓶的一切附件如压力调节器、橡皮管等卸去。
- 2) 在搬动存放气瓶时,应装上防震垫圈,旋紧安全帽,以保护开关阀,防止其意外转动和减少碰撞。
- 3) 搬运充装有气体的气瓶时,最好用专用的气瓶担架或小推车,也可以用手平抬或垂直转动。但绝不允许手抓开关阀移动。
- 4) 避免使用染有油脂的人手、手套、破布接触搬运气瓶。
- 5) 充装有气的气瓶装车运输时,应妥善加以固定,避免途中滚动碰撞;装卸车时应轻抬轻放,禁止采用抛丢、下滑或其它易引起碰击的方法。
- 6) 充装有互相接触后可引起燃烧、爆炸气体的气瓶(如氢气瓶和氧气瓶),不能同车搬运或同存一处,也不能与其它易燃易爆物品混合存放。

3.2.2. 气体钢瓶的存放

存放气体钢瓶的实验室必须张贴“气体钢瓶存放规则”和“气体钢瓶使用制度”,告知不良行为造成的严重后果,让教师和学生时刻意识到正确操作特种气体重要性。

同时,气瓶存放时应注意以下几点:

- 1) 存放气体钢瓶的实验室必须要有通风设备,并且气瓶必须固定在气瓶柜内或气瓶固定架上;易燃气体气瓶附近,须有合适的灭火器;有毒气体气瓶附近,须有防毒面具。
- 2) 存放气体钢瓶的实验室严禁明火,若必须有明火,距离为 10m 以上,或采取有效隔离措施;气体钢瓶不可靠近热源。
- 3) 气瓶所放置地方必须远离发热源或大功率电线,同时必须避免阳光直晒。
- 4) 气瓶禁止存放在化学实验室,以免化学药品对气瓶阀门和瓶身造成腐蚀,同时,气瓶附近禁止放置具有挥发性、腐蚀性、强还原性或强氧化性的

化学药品。

- 5) 气瓶附近，不能有还原性有机物，如有油污的棉纱、棉布等，不要用塑料布、油毡之类盖，以免爆炸。
- 6) 混合能引起燃烧、爆炸的气瓶要隔离存放，空瓶与装有气体的瓶应分别存放。
- 7) 暂时不用的气瓶需盖好气瓶帽，并摆放整齐，勿放于通道，以免碰跌。

3.2.3. 气体钢瓶的管路连接安全

- 1) 供气管路须选用合适的管材。易燃、易爆、有毒危险气体的连接管路必须使用金属管，其中乙炔的连接管路不得使用铜管，以免发生反应，引起爆炸或泄漏。
- 2) 气体管线应整齐有序，并做好标志，不得直接放置在地上。对于存在多条管路或外接气源的实验室，应绘制、张贴气体管路布置图。
- 3) 气体管路、减压器安装连接后须及时检漏，使用中要定期检漏。

3.3. 气体钢瓶的安全使用

- 1) 气瓶使用前，必须做好检查工作，检查气瓶、减压阀和气体管是否有漏气现象，如果发现任何地方有泄漏时，都不得使用该气瓶。
- 2) 打开气瓶阀门时，人要站在气瓶出气口侧面。开、关减压器和开关阀时，动作要慢，以减少气流摩擦，防止产生静电。开启或关闭瓶阀时，应用手或专用扳手，不准使用其他工具，以防损坏阀件。装有手轮的阀门不能使用扳手。如果阀门损坏，应将气瓶隔离并及时维修。操作时严禁敲打撞击钢瓶，经常检查气瓶有无漏气，注意压力表读数，防止气体外泄和设备过压。
- 3) 若发现气体泄漏，应立即采取关闭气源、开窗通风、疏散人员等应急措施，切忌在易燃易爆气体泄漏时开或关电源。实验结束之后，应关紧阀门，防止漏气，使气压保持正压。
- 4) 气瓶上选用的减压器要专气专用，不可混用。尤其是氧气和可燃气的减压器不能互用。使用时要牢记开关顺序，应先旋动开关阀，后开减压器；用完后，先关闭开关阀，放尽余气后，再关减压器。切不可只关减压器，不关开关阀。
- 5) 安装减压阀、配管等，要用绝对合适的。如不合适，绝不能用力强求吻

合，接合口不要放润滑油，不要焊接。安装后，试接口，不漏气方可使用。

- 6) 保持阀门清洁，防止砂砾、秽物或污水等侵入阀门套管，引起漏气。清理时，由有经验的人慢慢开阀门，排出少量气冲走污物，操作人员应稍远离气瓶阀门。
- 7) 氧气瓶的瓶阀及其它附件都禁止沾染油脂。手或手套上和工具上沾染有油脂时不要操作氧气瓶。
- 8) 易燃气体或腐蚀气体，每次实验完毕，都应将与仪器联接管拆除，不要联接过夜。
- 9) 气瓶内的气体不能用尽，用后的气瓶，应按规定留 0.05MPa 以上的残余压力。可燃性气体应剩余 0.2MPa~0.3MPa(约 2kg/cm²~3kg/cm² 表压)，氢气应保留 2MPa，不可用完用尽，以防重新充气时发生危险。
- 10) 在可能造成回流的使用场合，使用设备或系统管路上必须配置防止倒灌的装置，如单向阀、止回阀、缓冲罐等。

4. 气体钢瓶的检查与维护

4.1. 做好日常工作

气体钢瓶的安全使用除了建立完善的使用制度，做好采购、验收、使用、存放等环节外，日常的安全检查也是必不可少的。做好安全检查工作，可以避免因实验操作不当、钢瓶老化、消防设备不到位等原因导致事故。

每学期对全实验室的气体钢瓶进行两次全面的检查，检查内容涉及：使用气瓶实验室的整个环境是否符合要求；与气瓶使用相关的配套设施是否齐全；实验室是否张贴相关规章制度和操作说明；气瓶气路是否漏气和外观是否有缺陷；气瓶的存放是否规范，以及气瓶台账是否清晰等各个方面。除全面检查之外，每月不定期抽查各实验室使用气瓶的情况。

另外，专人负责对各种购进和换装的气瓶检验期限进行检查，检查气体钢瓶是否超过检验周期，盛装一般气体的气瓶，如空气、氧气，每三年检查一次；盛装惰性气体的气瓶，如氩气、氦气，每五年检验一次；盛装腐蚀性介质的气瓶，如氯气、硫化氢，每二年检验一次。如果气瓶在检查过程中，发现有腐蚀和损伤时，不管是否有泄漏情况，都应提前送有关部门进行技术检验。

4.2. 日常维护

气体钢瓶是高校实验室中最为常见和使用频率较高的压力容器,属于易耗易损用品,所以,做好日常维护工作,可以降低气体钢瓶的损耗,避免安全事故。气体钢瓶在使用中应经常检查各配件是否完好,如有损坏必须及时更换;气瓶在使用完后,要关好气瓶阀门,如果气瓶长期不用,要在气瓶嘴处盖好气瓶帽;气瓶外壁漆面如因时间较久而有掉色或是脱落的现象,应该及时补刷;搬运气瓶时,最好使用专用的气瓶推车,要轻搬轻放,避免气瓶外部受损。

5. 气体钢瓶的安全管理

高压气体的危险性主要来自三个方面:燃点低、易爆炸、有剧毒。实验室所使用的绝大多数气体都分别或同时具有上述三方面的危险,因此防止气瓶漏气是实验室气瓶安全管理重中之重。气瓶通常会由于受热、振动、撞击或人为不当操作等因素的影响而造成内部气体体积膨胀,压力增大,导致发生漏气。易燃易爆气体扩散到空气中组成爆炸性混合气体,遇明火即发生爆炸,若剧毒气体发生泄漏混入空气中,吸入少量即可引起中毒甚至死亡。所以,有必要进行安全教育培训。

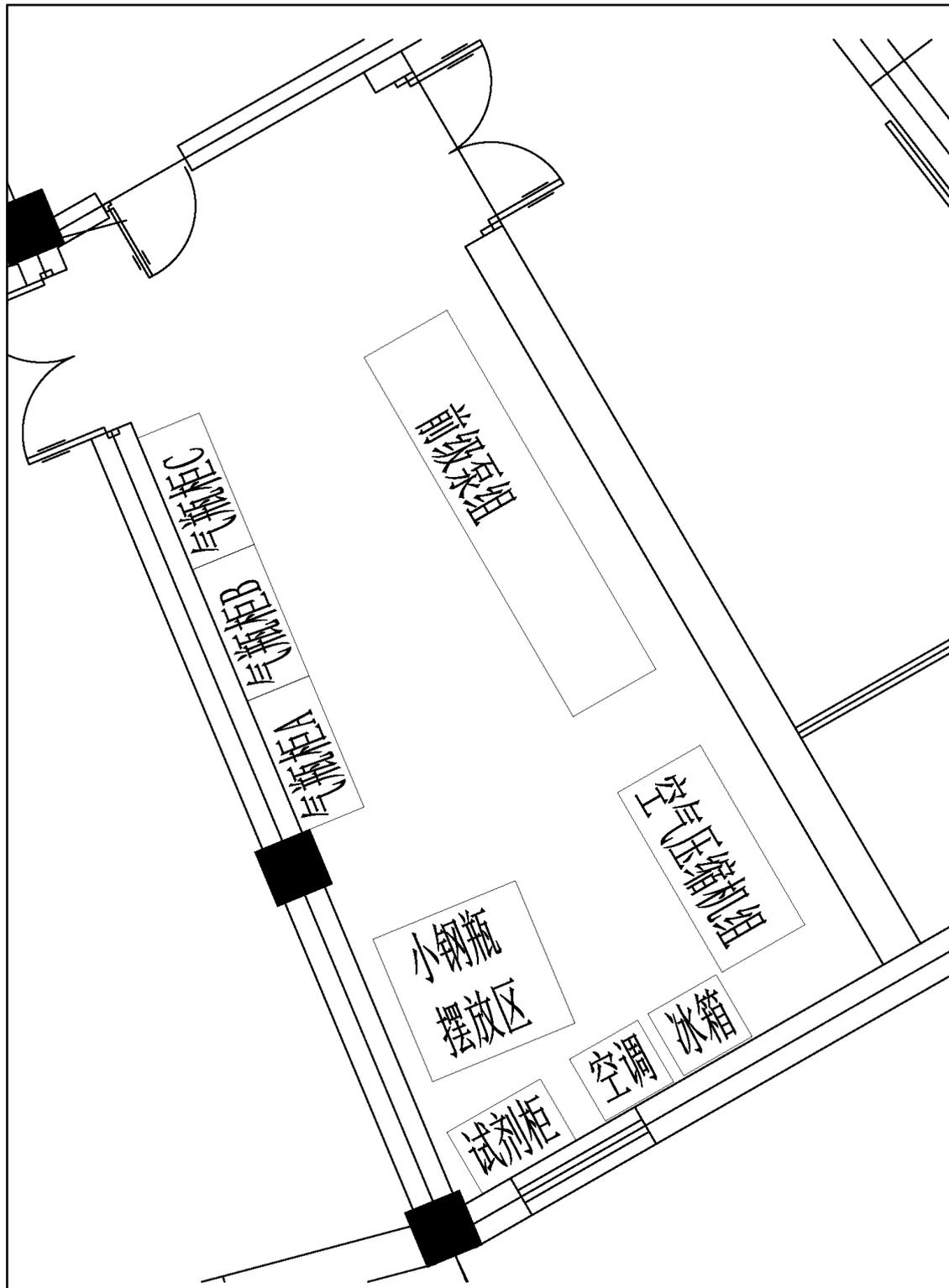
研究生是实验室气瓶的主要操作人员,由于导师亲自指导学生做实验的时间有限,研究生实验中与气瓶有关的操作主要通过高年级学生指导和自己找使用说明摸索,没有专门的培训。很多研究生在操作气瓶时为了图简单方便,缺乏安全意识,怀抱侥幸心理,思想麻痹大意,存在很多安全隐患。因此对研究生进行安全教育培训是一项长期持续的工作。

在每学期开学时应以讲座的形式组织全体研究生进行实验室安全教育,气体钢瓶负责人应以气体安全为主要内容做专题报告,介绍我组实验室常用的气体性质、气瓶存放规定、安全使用方法以及错误使用导致的危险后果,并会播放一些因不当操作而发生事故的图片和视频来达到警觉效果,以提高学生的安全意识和安全素质。

在此基础上,不定期的举办现场气瓶安全使用操作培训,组织实验中会使用到气体的研究生参加,亲自示范并指导研究生气瓶使用的规范操作:如何搬运气瓶,如何正确的打开和关闭装有减压器的气瓶等等,通过现场的操作培训,使研究生能够进一步了解不当使用气瓶的危害,掌握气瓶的规范操作,进而提高气体安全使用意识,养成良好的实验习惯。

6. 质谱、燃烧光束线站泵房气瓶柜、管路布局

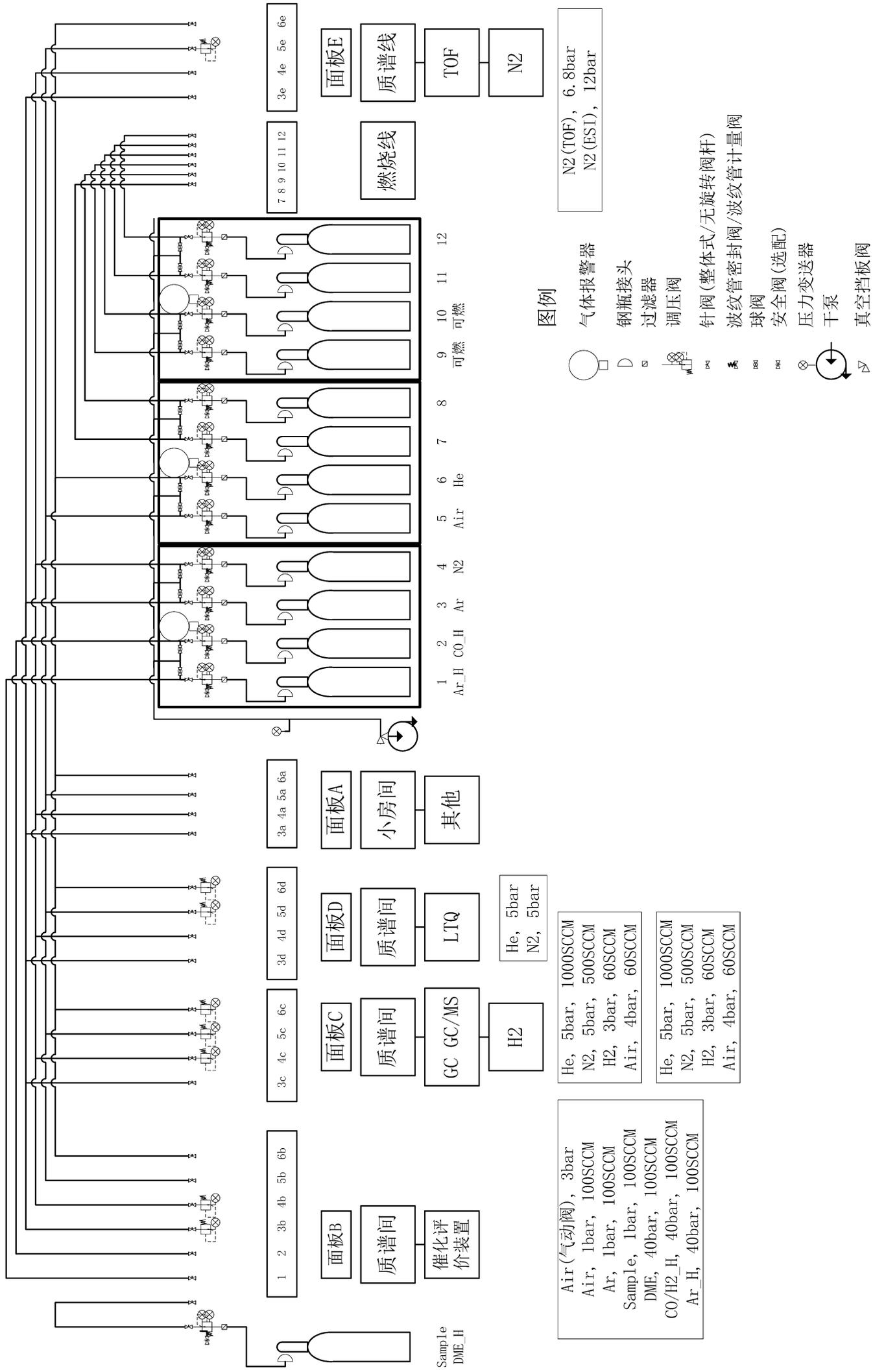
质谱、燃烧光束线站所用气瓶，40L 钢制气瓶放置于配套泵房内的气瓶柜中，有持续排风管道相连；4~10L 铝制气瓶放置于小钢瓶摆放区内，上、下方放置可燃气体探测器。



下图所示为气瓶柜及附属气体报警器。气瓶柜外应张贴气体 MSDS 等资料。



质谱/燃烧光栅站气体供气管路图



图例

- 气体报警器
- 钢瓶接头
- 过滤器
- 调压阀
- 针阀 (整体式/无旋转阀杆)
- 波纹管密封阀/波纹管计量阀
- 球阀
- 安全阀 (选配)
- 压力变送器
- 干泵
- 真空挡板阀

He, 5bar, 100SCCM
 N2, 5bar, 500SCCM
 H2, 3bar, 60SCCM
 Air, 4bar, 60SCCM

He, 5bar, 100SCCM
 N2, 5bar, 500SCCM
 H2, 3bar, 60SCCM
 Air, 4bar, 60SCCM

Air (气动阀), 3bar
 Air, 1bar, 100SCCM
 Ar, 1bar, 100SCCM
 Sample, 1bar, 100SCCM
 DME, 40bar, 100SCCM
 CO/H2_H, 40bar, 100SCCM
 Ar_H, 40bar, 100SCCM

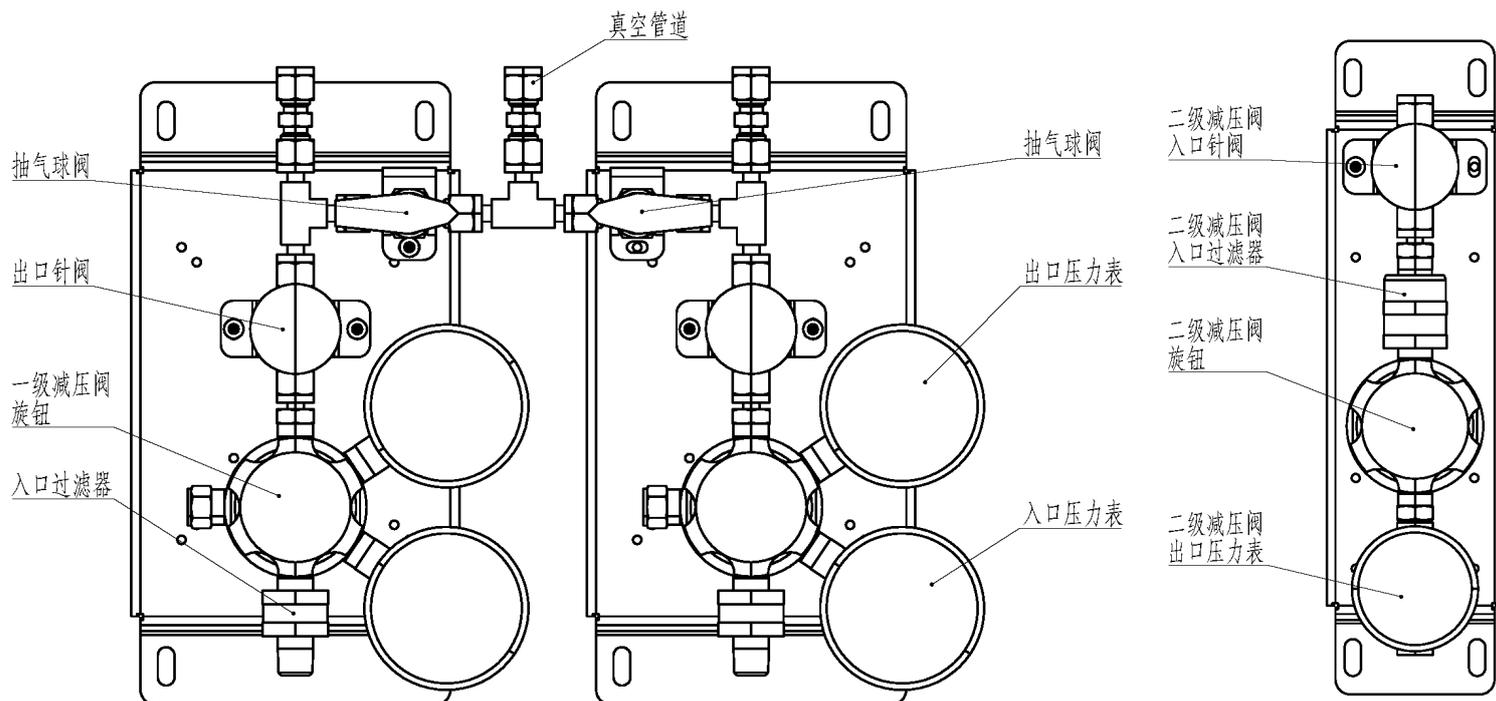
He, 5bar
 N2, 5bar

H2

Sample
 DME_H

上图为质谱、燃烧光束线站泵房气瓶柜、管路布局示意图，气瓶柜分为柜 A、柜 B、柜 C，内部顺序放置 1~12 号钢瓶及气体管路。其中气路 1~2 末端位于质谱间催化评价装置旁面板 B 处；气路 3~6 中每条管路一分为五，末端分别位于小房间面板 A、质谱间催化评价装置旁面板 B、质谱间 GC/MS 旁面板 C、质谱间 LTQ 旁面板 D，以及质谱线站面板 E 处；气路 7~12 末端位于燃烧线站处。

气路 3~6 由两级减压阀控制，一级、二级减压阀示意图如下。操作步骤及注意事项详见后文。



7. 气体钢瓶的具体操作

针对国家同步辐射实验室质谱及燃烧线站所使用气体钢瓶的种类和数量，结合所有用气实验及仪器的具体情况，规范具体操作步骤。

7.1. 气体、钢瓶、钢瓶阀类别

7.1.1. 气瓶国标

- GB 5099-94 钢制无缝气瓶
- GB 11640-2011 铝合金无缝气瓶
- GB 11638-2011 溶解乙炔气瓶
- GB 15383-2011 气瓶阀出气口连接型式和尺寸

7.1.2. 钢瓶及钢瓶阀类别

表 2 钢瓶及钢瓶阀类别

钢瓶	气体种类	钢瓶阀螺纹	对应减压阀接头螺纹
40L 钢制气瓶	可燃气体	W21.8-14LH	W21.8-14LH(F)
40L 钢制气瓶	不可燃气体	G5/8-14RH	G5/8-14RH(F)
8L 铝合金气瓶	可燃/不可燃气体	W21.8-14RH	W21.8-14RH(F)
4L 铝合金气瓶	可燃/不可燃气体	W21.8-14RH	W21.8-14RH(F)
乙炔气瓶	乙炔	专用	专用

螺纹型号各部分含义:

G5/8-14RH(F): G5/8-14: 螺纹型号, 14 表示一英寸 14 圈螺纹, RH: 右旋, F: Female, 螺母, 内螺纹;

W21.8-14RH(F): W21.8-14: 螺纹型号, 14 表示一英寸 14 圈螺纹;

W21.8-14LH(F): LH: 左旋, 多用于可燃气瓶;

注意:

- 1) 部分铝合金钢瓶填充 C₃H₈、Kr、SO₂ 等特殊气体, 可能使用 W21.8-14LH(F)、G5/8-14RH(F)、G3/4-RH(F)等螺纹, 需注意;
- 2) 黄铜减压阀标注气体类别, 不得混用;
- 3) 乙炔、丙烷钢瓶使用专用减压阀。

7.2. 减压阀

本组主要使用 GENTEC R21SL 系列或 Swagelok KPR 系列不锈钢减压阀、乙炔专用减压阀, 一般不使用黄铜减压阀。



图 1 R21SL 系列不锈钢减压阀



图 2 乙炔专用减压阀

减压阀入口压力表，高压端，在钢瓶侧，显示钢瓶压力；

减压阀出口压力表，低压端，连接气路，显示气路压力；

使用时，顺时针旋转为增大流量，逆时针旋转为减小流量。

注意：

- 1) 接流量计时，由于流量计能承受的最大压差为 0.26MPa，因此减压阀出口压力表一般控制在反应器压力加上 0.2MPa 左右，如反应器压力为真空，减压阀出口压力表一般控制在+0.1MPa。
- 2) 氧气减压阀单独使用，不得与其他气体混用。

7.3. 针阀

采用 Swaglok KS 系列针阀，用于调节出气速率。

使用时，顺时针关，逆时针开。

注意：

由于密封面为 PCTFE 聚合物塑料，关闭针阀时旋转到底遇到阻力即可停止，不需要也不得用力拧紧。

开启针阀或其他阀门时，全开之后往回旋一点，是阀门旋钮保持松弛，以便其他人接触时，了解阀门为开启的状态。

7.4. 二级减压阀

对于钢瓶与设备较远，或者一瓶气需要供应多台不同压力需求的设备的情况，需要使用二级减压控制。

先由与气瓶直接连接的一级减压阀将压力降到某一合适压力，再根据各台设备所需的不同压力，调节与设备端相连的二级减压阀压力。

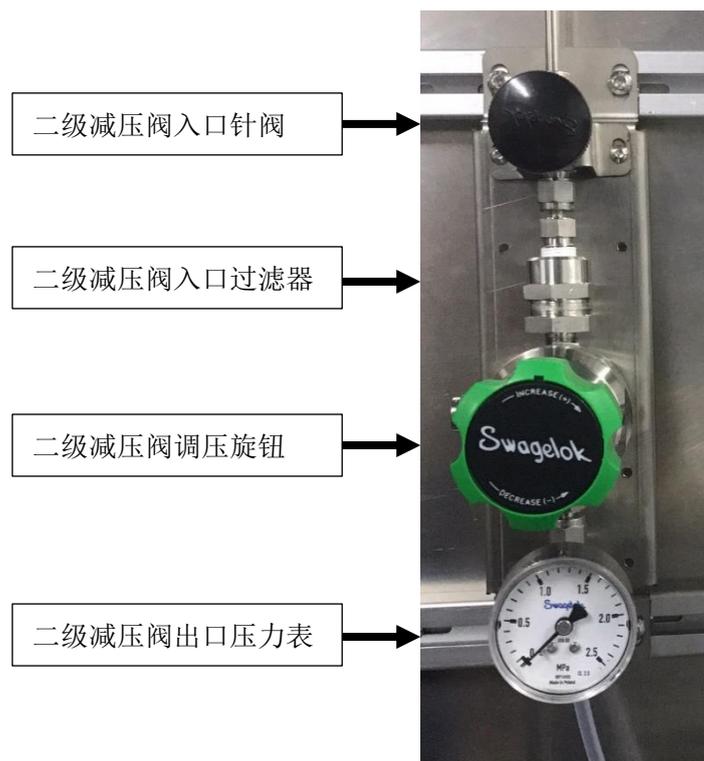


图 3 二级减压阀

7.5. 气体管道

本实验室气体管道一般使用 316L 无缝不锈钢管，BA 级。

不锈钢管按材质分有 304、316、316L 等，按制造工艺分有缝焊接、无缝两种，按照表面处理工艺不同分为 AP、MP、BA、EP4 种，区别如下：

表 3 不锈钢管类别

	AP (酸洗钝化) Annealed Pickled Pipe	MP (机械抛光) Mechanical Polished Pipe	BA (光亮退火) Bright Annealed Pipe	EP (电解抛光) Electro Polished Pipe
表面粗糙度	≤2.5 μm	≤0.4 μm	≤0.3 μm	≤0.2 μm
特点	酸洗，脱油脱脂	不耐腐蚀，有颗粒残留	退火、钝化	超光洁、超高纯气体应用

特别地，对于氧气管路，管道材质选择需遵循 GB 16912-2008 表 9、表 10 之规定，在超出特定压力及流速的情况下，必须使用指定材料的管道。

由于本实验室所用氧气压力及流速均不高，所以使用 316L 减压阀及 PFA 管。如实验条件所需压力较高，则采用铜管。

-GB 16912-2008 深度冷冻法生产氧气及相关气体安全技术规程

气体安全使用手册 Gas Operation Manual
©国家同步辐射实验室, 质谱、燃烧光束线站

GB 16912-2008 表 9 管道中氧气最高允许流速 v

材质	工作压力 P/MPa					
	P≤0.1	0.1<P≤1.0	1.0<P≤3.0	3.0<P≤10.0	10.0<P<15.0	P≥15.0
碳钢		20 m/s	15 m/s	不允许	不允许	不允许
奥氏体不锈钢	根据管系压降确定	30 m/s	25 m/s	P*v≤45 MPa·m/s (撞击场合)	4.5 m/s (撞击场合)	4.5 m/s
				P*v≤80 MPa·m/s (非撞击场合)	8.0 m/s (非撞击场合)	

注 1 最高允许流速是指管系最低工作压力、最高工作温度时的实际流速。
 注 2 撞击场合和非撞击场合：使流体流动方向突然改变或产生漩涡的位置，从而引起流体中颗粒对管壁的撞击，这样的位置称做撞击场合，否则称为非撞击场合。
 注 3 铜及铜合金（含铝铜合金除外）、镍及镍铜合金，在小于或等于 21.0MPa 条件下，流速在压力降允许时没有限制。

GB 16912-2008 表 10 氧气管道材质选用表

工作压力 P/MPa	P≤0.6		0.6<P≤3.0		3.0<P≤10.0		P>10.0		液氧管道
	一般场所	分配主管上阀门频繁操作区 阀后，放散阀后	一般场所	阀后 5 倍公称直径（并不小于 1.5m）范围；调节阀组前后各 5 倍公称直径（各并不小于 1.5m）范围内；氧压车间内部；放散阀后；湿氧输送	一般场所	阀后 5 倍公称直径（并不小于 1.5m）范围；调节阀组前后各 5 倍公称直径（各并不小于 1.5m）范围内；氧压车间内部；放散阀后；湿氧输送	一般场所	氧气充装台、汇流排	
钢板卷焊管	✓	×	×	×	×	×	×	×	×
焊接钢管	✓	×	×	×	×	×	×	×	×
无缝钢管	✓	×	✓	×	×	×	×	×	×
不锈钢焊接钢管	✓	✓	✓	✓	×	×	×	×	×
不锈钢板卷焊管	✓	✓	✓	✓	×	×	×	×	×
不锈钢无缝钢管	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	×	✓
铜及铜合金挤制管	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
铜及铜合金拉制管	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
镍及镍基合金	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

注 1：“✓”允许采用，“×”不允许采用。
 注 2：碳钢钢板卷焊管宜用于工作压力小于 0.1 MPa，且管径超过现有焊接钢管、无缝钢管产品管径情况下。
 注 3：表中阀指干管阀门、供一个系统的支管阀门、车间入口阀门。
 注 4：氧气储罐区内氧气管道宜采用不锈钢。
 注 5：工作压力大于 3.0 MPa 的铜合金管不包括含铝铜合金。

特别地，对于乙炔管路，禁止使用紫铜材质管道，否则会形成乙炔铜，乙炔铜是一种引爆剂。

7.6. 气体压力记录规范

当更换减压阀、钢瓶时，应及时记录当时剩余气体的压力，当剩余气体压力（氢气除外，0.1MPa）接近 0.2MPa 时，记录此时气体压力并将有“空”字样的纸片放在所有纸片最前面。

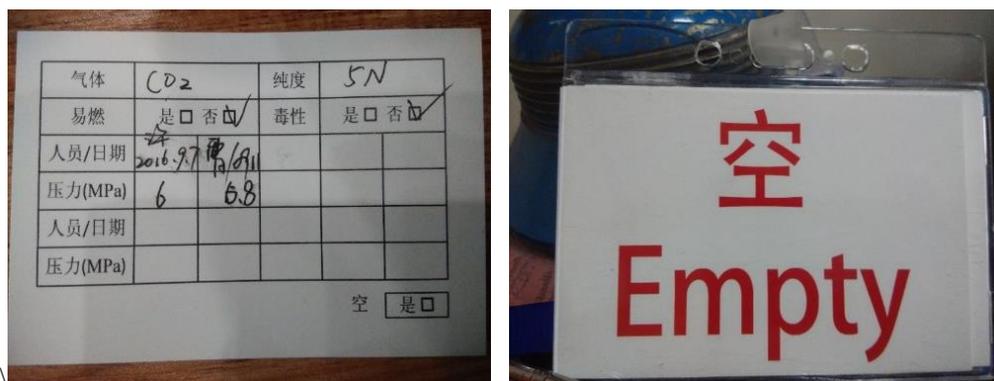


图 4 气体标牌（左）；“空”标签（右）

当满气钢瓶送达时，应及时将钢瓶安全放置于相应位置，并及时记录挂牌。

7.7. 钢瓶更换操作规范流程

7.7.1. 关闭气路并抽空，拆卸减压阀

- 1) 关闭钢瓶阀、减压阀出口针阀，检查气路中是否有残余气体。打开真空泵及阀门，观察抽气管道压力表，降为-0.1MPa 后，再依次缓慢打开旁通抽气球阀、减压阀出口针阀、减压阀调节旋钮，将气路及减压阀抽真空。不得排放至室内；
- 2) 依次关闭减压阀调节旋钮、减压阀出口针阀、旁通抽气球阀、真空泵阀门及真空泵，拆卸减压阀或软管钢瓶接头。

7.7.2. 更换钢瓶

- 1) 使用钢瓶车运输钢瓶；
- 2) 确保钢瓶牢靠固定于钢瓶柜中；
- 3) 确保钢瓶阀螺纹与减压阀接头螺纹匹配；
- 4) 确保减压阀接头旋紧（注意右旋与左旋）；
- 5) 更换钢瓶时，减压阀接头朝外侧放置；

- 6) 高压软管不得过分扭曲，应保持最大曲率半径状态。

7.7.3. 减压阀检漏

- 1) 减压阀、气路抽真空：关闭钢瓶阀，打开真空泵及阀门，再依次缓慢打开旁通抽气球阀、减压阀出口针阀、减压阀调节旋钮，将气路及减压阀抽真空；
- 2) 依次关闭减压阀调节旋钮、减压阀出口针阀、旁通抽气球阀、真空泵阀门及真空泵；
- 3) 打开钢瓶阀，并快速关闭，将减压阀充入一定气体；
- 4) 旋紧减压阀调节旋钮调节出口压力表为一定数值；
- 5) 关闭减压阀调节旋钮。观察压力表指针变化。如有泄漏继续用 Snoop 检漏液检查各接口（管螺纹检查螺纹密封处，卡套接头检查螺母与管子接口处不检查螺纹）。

7.7.4. 气路检漏

- 1) 根据减压阀检漏情况适当跳过 7.7.3 减压阀检漏中的 2~3 步；
- 2) 减压阀、气路抽真空：关闭钢瓶阀，打开真空泵及阀门，再依次缓慢打开旁通抽气球阀、减压阀出口针阀、减压阀调节旋钮，将气路及减压阀抽真空；
- 3) 依次关闭减压阀调节旋钮、减压阀出口针阀、旁通抽气球阀、真空泵阀门及真空泵；
- 4) 打开钢瓶阀，并快速关闭，将减压阀充入一定气体；
- 5) 旋紧减压阀调节旋钮调节出口压力表为一定数值；
- 6) 缓慢打开减压阀出口针阀（注意出口压力表压力，不得下降太快以冲坏下游设备），将管路充入一定气体；
- 7) 保持减压阀出口针阀打开，关闭减压阀调节旋钮。观察压力表指针变化。如有泄漏继续用 Snoop 检漏液检查。

7.8. 气路充气规范流程

- 1) 确保减压阀及气路不漏；
- 2) 确保减压阀及气路内气体与钢瓶气体一致，否则抽空减压阀或气路；
- 3) 确保减压阀调节旋钮、出口针阀、旁路抽气阀（如有）为关闭状态；

- 4) 打开钢瓶阀，减压阀充入气体；
- 5) 旋紧减压阀调节旋钮调节出口压力表为一定数值；
- 6) 缓慢打开减压阀出口针阀（注意出口压力表压力，不得下降太快以冲坏下游设备），将管路充入气体；
- 7) 如出口压力表压力不是实验压力，微调减压阀调节旋钮。

7.9. 二级减压操作流程

- 1) 知会相关设备负责人：
气体用完需更换钢瓶时，首先通知该气路各分支设备负责人，确认设备状态，是否可以停止供气。相关设备负责人应到场或合理授权。
确认后，关闭该气路所有支路上的二级减压阀入口针阀及二级减压阀调压旋钮。注意针阀时关上即可，勿大力关紧
- 2) 更换钢瓶：
按 7.7 节步骤抽真空、换气体钢瓶
- 3) 调节压力：
首先调节一级减压阀出口压力，本实验室一级减压阀出口统一设为 2MPa。随后根据设备使用需求，缓慢打开相应支路的二级减压阀入口针阀，并调节二级减压阀出口压力。
最后通知相应设备负责人，相关设备负责人应到场或合理授权。

7.10. 注意事项

- 1) 气体钢瓶应牢固、直立放置；
- 2) 选择匹配的减压阀；
- 3) 选择合适的管路；
- 4) 操作钢瓶阀时，应站在钢瓶阀侧面；
- 5) 针阀关闭时不得过分拧紧；针阀全开后往回旋一点以便他人知晓状态；
- 6) 更换钢瓶时，务必确保钢瓶阀充分拧紧，其他阀门保持关闭；
- 7) 及时更新气体记录牌。

8. 参考文献

1. 李玉萍, 实验室气体钢瓶的安全使用与维护. *石油化工安全技术* **2006**, (03), 7+59-61.

气体安全使用手册 Gas Operation Manual
©国家同步辐射实验室, 质谱、燃烧光束线站

2. 程世红; 马旭灵; 白德成, 高校实验室气体钢瓶的安全管理探讨. *实验技术与管理* **2012**, v.29;No.187 (04), 226-228.
3. 高锴; 刘博, 某气体钢瓶堆场的事故树分析. *消防技术与产品信息* **2013**, No.308 (08), 102-104.
4. 马智锟, 高校实验室气体钢瓶的安全使用规范. *高校实验室工作研究* **2016**, (03), 114-116.