



中华人民共和国国家标准

GB/T 39194—2020

真空低压渗碳高压气淬热处理技术要求

Technical requirement of heat treatment for vacuum low pressure carburizing
high pressure gas quenching

2020-10-11 发布

2021-02-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

GB/T 39194—2020

目 次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 真空低压渗碳高压气淬炉要求 2

5 工艺及工艺过程要求 6

6 质量控制与检验 7

7 安全卫生和环保要求 8

附录 A（资料性附录） 渗碳气体供气管线布置图 9

附录 B（资料性附录） 高压气体供气管道示意图 10



前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国热处理标准化技术委员会(SAC/TC 75)提出并归口。

本标准起草单位:北京机电研究所有限公司、常州新区河海热处理工程有限公司、江苏丰东热技术有限公司、北京华海中谊节能科技股份有限公司、湖南顶立科技有限公司、浙江双环传动机械股份有限公司、西安福莱特热处理有限公司。

本标准主要起草人:丛培武、徐跃明、殷和平、李俏、向建华、胡东彪、马卫东、牛万斌、杨鸿飞。

真空低压渗碳高压气淬热处理技术要求

1 范围

本标准规定了具备双室结构,且高压气淬绝对压力达到 2 MPa 的真空低压渗碳高压气淬热处理设备,及其工艺过程、质量控制和检验、安全卫生和环保等技术要求。

本标准适用于钢件采用乙炔、丙烷等烃基气体作为渗碳介质进行真空低压渗碳高压气淬的热处理工艺。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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/T 150.1 压力容器 第 1 部分:通用要求
- GB/T 150.2 压力容器 第 2 部分:材料
- GB/T 150.3 压力容器 第 3 部分:设计
- GB/T 150.4 压力容器 第 4 部分:制造、检验和验收
- GB/T 230.1 金属材料 洛氏硬度试验 第 1 部分:试验方法
- GB 3095 环境空气质量标准
- GB/T 4340.1 金属材料 维氏硬度试验 第 1 部分:试验方法
- GB/T 4844 纯氮、高纯氮和超纯氮
- GB 4962 氢气使用安全技术规程
- GB/T 5216 保证淬透性结构钢
- GB/T 5959.1 电热和电磁处理装置的安全 第 1 部分:通用要求
- GB 5959.4 电热装置的安全 第 4 部分:对电阻加热装置的特殊要求
- GB 6819 溶解乙炔
- GB/T 7232 金属热处理工艺 术语
- GB/T 9450 钢件渗碳淬火硬化层深度的测定和校核
- GB/T 9452 热处理炉有效加热区测定方法
- GB/T 10066.1 电热和电磁处理装置的试验方法 第 1 部分:通用部分
- GB/T 10066.4 电热设备的试验方法 第 4 部分:间接电阻炉
- GB/T 10067.1 电热和电磁处理装置基本技术条件 第 1 部分:通用部分
- GB/T 10067.4 电热装置基本技术条件 第 4 部分:间接电阻炉
- GB/T 13324 热处理设备术语
- GB 15735 金属热处理生产过程安全、卫生要求
- GB/T 22561 真空热处理
- GB/T 25744 钢件渗碳淬火回火金相检验
- GB/T 30822 热处理环境保护技术要求
- GB/T 32541 热处理质量控制体系

GB/T 39194—2020

GB/T 34889 钢件的渗碳与碳氮共渗淬火回火
GB/T 38751 热处理件硬度检验通则
JB/T 7530 热处理用氩气、氮气、氢气 一般技术条件
SH/T 0553 工业丙烷、丁烷

3 术语和定义

GB/T 7232、GB/T 13324 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

真空低压渗碳 vacuum low pressure carburizing

在真空炉内采用低于 3 000 Pa 的乙炔、丙烷等烃基气体作为介质进行的渗碳热处理。

3.2

真空高压气淬 vacuum high pressure gas quenching

在真空炉内采用高于 0.5 MPa 的单一或多种非氧化性气体作为介质进行的淬火。

4 真空低压渗碳高压气淬炉要求

4.1 一般要求

真空低压渗碳炉应满足热处理工艺规范,技术参数应符合 GB/T 22561、GB/T 10067.1 和 GB/T 10067.4 的规定。

4.2 真空低压渗碳高压气淬炉组成

真空低压渗碳高压气淬炉主要由炉体、渗碳加热室(炉胆)、渗碳气体送排气系统、高压气淬室、真空系统、控制系统和辅助设备组成。

4.3 真空低压渗碳高压气淬炉要求

4.3.1 炉体

4.3.1.1 炉体由炉壳和炉门组成,采用碳钢或不锈钢板焊接制成。可采用双层水冷套或其他冷却结构对炉体进行冷却。

4.3.1.2 炉体的设计、制造、检验安装应符合 GB/T 150.1、GB/T 150.2、GB/T 150.3 和 GB/T 150.4 的规定。对于高压炉体,制造商应具有压力容器设计和制造资质。

4.3.1.3 炉壳焊接加工后,应经过去应力处理,并采用水压、气压或检漏仪进行检测,保证焊接质量和炉壳的气密性。

4.3.1.4 具备高压气淬功能的炉体,其炉门法兰和炉体法兰采用卡啮式卡箍连接结构。卡箍连接系统应配有安全联锁装置,只有安全联锁装置确认卸压后,炉门才能打开。

4.3.2 渗碳加热室

4.3.2.1 真空低压渗碳炉渗碳加热室的炉胆材料在热处理过程中不应与工件或渗碳气体发生反应。

4.3.2.2 加热室内的加热元件采用石墨材质。加热元件的布置和功率分布要保证炉温均匀性和加热工艺的要求。

4.3.2.3 隔热层一般采用多层碳毡,最内层为经过高温烧结的石墨硬毡。隔热层总厚度一般不低于

50 mm。隔热层应设计排气通道。

4.3.2.4 渗碳加热室内安装有石墨料台,料台应在最高加热温度和最大装载量条件下具有足够的强度。在料台横梁上应有陶瓷隔条,防止料盘或工装直接与石墨横梁接触。

4.3.2.5 渗碳加热室内设有与外部充气系统相连接的渗碳气体喷嘴,喷嘴一般为多组,以保证渗碳加热室内的气氛均匀。

4.3.2.6 应定期检查和维修渗碳加热室。

4.3.3 渗碳气体送排气系统

4.3.3.1 渗碳气体送气系统一般包括:外部气源、送气管路、阻火器、充气阀、质量流量计、炉内喷嘴等。渗碳气体供气管线布置参见附录 A。

4.3.3.2 渗碳气体排气系统一般包括:真空机组、排气管路、放气阀、炭黑过滤器等。排气系统的真空机组配置应满足脉冲渗碳排气速度的工艺要求。

4.3.3.3 真空低压渗碳炉采用低压脉冲等方式向炉内送入渗碳气。

4.3.3.4 根据装炉条件和渗层等工艺要求的不同,开启一组或多组渗碳气体喷嘴。每组喷嘴应能够通过质量流量计独立精确控制渗碳气体送气的流量,确保炉内气氛均匀。

4.3.4 高压气淬系统

4.3.4.1 高压气淬系统一般包括:冷却电机、风机、热交换器、导流装置等。附录 B 为高压气体供气管道示意图。

4.3.4.2 气淬方式可以采用外循环或内循环方式。炉内气体喷射可以采用 360°圆周、上下交替、左右交替、前后交替任一种或组合的方式喷射,满足高压气淬工艺要求。气淬最高压力应达到 2 MPa。

4.3.4.3 高压气淬室设计、制造、检验、安装应符合 GB/T 150.3 和 GB/T 150.4 的规定。

4.3.4.4 高压气淬室应配备压力传感器、自动放气阀、安全保护阀等装置。

4.3.4.5 高压气淬室应配备淬火冷却气体充入压力自动控制和压力自动补偿功能。

4.3.4.6 工件从加热室转移至冷却室完成高压气淬的过程中,从打开中间门开始计时,至充气至额定充气压力和冷却电机启动并达到规定转速所需的时间一般不大于 25 s。

4.3.4.7 冷却风机需配变频器,其转速和冷却时间应可以调节,以适用不同的工艺要求。

4.3.4.8 高压气淬室热交换器一般采用单独供水的水冷方式,冷却水进口温度为 5℃~35℃(对于有特殊要求的应配有冷却水控温装置,水温不高于 27℃);出水口温升不应超过 20℃(气淬时允许短时超过)。快速冷却水压力不小于 0.2 MPa,流量可以调节,配有断水报警保护装置。

4.3.4.9 高压气淬室放气管路应配备消声器。

4.3.4.10 高压气淬室应具有压力调节功能,可以适应工件缓冷要求。

4.3.4.11 高压淬火用气优先选用高纯氮气(N₂),也可用氩气(Ar)、氦气(He)、氢气(H₂)等气体以及不同比例的混合气;氮气纯度应符合 JB/T 7530 要求,氦气的使用应符合 GB/T 4844 的规定,氢气的使用应符合 GB 4962 的规定。

4.3.5 真空系统

4.3.5.1 真空系统应配有具备足够抽气能力的真空泵组以满足并维持真空炉的真空度要求。

4.3.5.2 在空炉并经干燥、除气的情况下,加热室冷态极限真空度不低于 0.5 Pa。不同工作容积的真空炉,应在表 1 规定的时间内达到规定的工作真空度。

表 1 空炉达到工作真空度规定的时间

真空炉工作容积 m ³	工作真空度 Pa	达到工作真空度时间 min
<1.0	≤10	≤20
1.0~5.0	≤10	≤40
>5.0	≤10	≤60

4.3.5.3 真空泵组与真空炉体之间应配备炭黑、焦油过滤装置并定期清理,真空泵内的油应定期更换,做好维护保养工作。

4.3.6 控制系统

4.3.6.1 以智能化温控仪表、可编程序控制器、加热变压器、真空计及记录仪为核心构成包括供电、控制、记录、监视、报警保护功能在内的控制系统。可以通过自动或手动方式实现全部工艺过程。

4.3.6.2 真空低压渗碳炉可选用计算机监控系统进行控制。计算机监控系统具备半自动控制系统或全自动控制系统,可对生产和工艺全过程进行监控和记录。

4.3.6.3 真空低压渗碳高压气淬炉各加热区段都必须配置独立的温度控制系统,各区段的加热功率配置应满足所涉及额定载荷的加热、保温的需要,且应保证温度均匀性符合要求。

4.3.6.4 真空低压渗碳高压气淬炉控温仪表精度不大于 0.2 级,记录仪表精度不大于 0.5 级,有效加热区内温度均匀性偏差应不大于±5℃,炉温均匀性应按 GB/T 32541 的规定定期测量,炉子应配备炉温均匀性测定用安装孔或专用装置。

4.3.6.5 加热室的每个加热区至少应有两支热电偶,安装在有效工作区内。一支热电偶接记录仪表,另一支热电偶接控温仪表,其中至少应有一块仪表应具有报警功能并接报警保护装置,符合 GB/T 32541 的规定。

4.3.6.6 设备温度测量系统在正常使用状态下,应定期做系统精度校验。设备应配有系统精度校验热电偶安装孔。

4.3.6.7 高压气淬控制系统应配备压力传感器、自动充气阀、自动放气阀、安全保护阀等装置。

4.3.6.8 高压气淬控制系统能控制和调节充气压力,当压力不足时可以自动补气,当超压时可以自动泄压。

4.3.6.9 低压渗碳控制系统应配置炉外工艺气体控制装置,不同的工艺气体应配置独立的压力、流量控制仪表。

4.3.6.10 低压渗碳控制系统应配置具备工艺参数调节功能,工艺气体的种类、混合比例、渗碳压力、脉冲周期和次数等均可以按实际工艺要求调整。

4.3.6.11 真空低压渗碳炉的其他技术要求应符合 GB/T 32541 的要求。

4.4 真空低压渗碳炉基本技术指标

4.4.1 最高工作温度

真空低压渗碳高压气淬炉最高工作温度一般为 1 350℃。

4.4.2 额定工作温度

真空低压渗碳高压气淬炉额定工作温度一般为 900℃~1 050℃。

4.4.3 炉温均匀性(空载)

真空低压渗碳高压气淬炉在有效加热区内的炉温均匀性不低于 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。其炉温均匀性测试方法应符合 GB/T 9452 的规定。

4.4.4 极限真空度

真空低压渗碳高压气淬炉的极限真空度 $\leq 0.5\text{ Pa}$ 。

4.4.5 工作真空度及抽真空时间

不同工作容积下抽至工作真空度的时间应符合表 1 规定。

4.4.6 压升率

真空低压渗碳炉加热室在冷态、空炉状态并经过充分干燥后的压升率应小于 1.33 Pa/h 。

4.4.7 空炉升温时间

真空低压渗碳炉温度应在加热开始后 1 h 内从室温升至 $1\ 050^{\circ}\text{C}$ 。

4.5 性能测试要求

4.5.1 试验条件

真空低压渗碳炉的试验条件应按 GB/T 10066.1 和 GB/T 10066.4 的相关规定进行。

4.5.2 压升率的测量

真空低压渗碳炉的压升率按 GB/T 10066.1 中规定的方法测量。

4.5.3 工作真空度的测量

按真空炉额定装载量和试验工艺进行工业运行以测量工作真空度。

4.5.4 极限真空度的测量

炉子经烘炉并充分除气后,在空炉冷态情况下,用真空炉自身配套的真空系统进行测量。按常规方法启动真空泵,其极限真空度应达到 $\leq 0.5\text{ Pa}$ 的规定。

4.5.5 抽真空时间的测量

空炉条件下,从炉内起始大气压为一个大气压($1\times 10^5\text{ Pa}$)时启动真空泵抽气,到炉内真空度达到 4.3.5.2 规定的工作真空度的时间,即为抽真空时间。

4.5.6 空炉升温时间的测量

空炉条件下,炉内真空度达到工作真空度后,即可进行试验。从真空炉启动加热到炉温升至额定温度的时间即为空炉升温时间。如炉中使用多支热电偶,以最后一支到温热电偶的时间为准。

4.6 设备可靠性

4.6.1 真空低压渗碳炉故障分类

一类故障——在生产中发生必须停炉降温检修的故障。

GB/T 39194—2020

二类故障——在生产中炉内发生可在不影响生产的情况下迅速修复的故障。

三类故障——在生产中发生属于电器元件质量、安装不牢固或运行不顺畅等只需稍作紧固或调整即可解决的问题。

注：易耗品的正常损坏和更换不视为故障。

4.6.2 真空低压渗碳炉可靠性指标

4.6.2.1 一年内不应出现因设备设计制造不当造成的一类故障(不包括因操作维护不当或易损件提前失效造成的停炉故障)。

4.6.2.2 六个月内不应出现因设备设计制造不当造成的二类故障(不包括因操作维护不当或易损件提前失效造成的停炉故障)。

4.6.2.3 一个月内不应出现 3 次三类故障(不包括零部件异常失效等造成的停炉故障)。

4.6.2.4 设备本体的炉壳及炉胆隔热屏使用寿命应保证在 5 年以上,加热元件使用寿命应保证在 2 年以上,热交换器使用寿命应保证在 2 年以上。

5 工艺及工艺过程要求

5.1 渗碳气体要求

5.1.1 真空低压渗碳气体为乙炔气(C_2H_2)或丙烷气(C_3H_8),纯度应不低于 96%,并应符合 GB 6819 和 SH/T 0553 的规定。

5.1.2 工艺过程压力调节用气体为高纯氮气(N_2),纯度应不低于 99.99%,并应符合 JB/T 7530 的规定。

5.2 工艺参数

5.2.1 真空渗碳加热温度

真空低压渗碳温度一般采用 $920\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 1\ 050\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。对于畸变量要求严格的工件可选择较低的渗碳温度。

5.2.2 渗碳压力和气体流量

真空低压渗碳气体压力一般为 $300\text{ Pa} \sim 3\ 000\text{ Pa}$,渗碳气体进口压力一般设定为 $2 \times 10^5\text{ Pa}$,并能维持恒定。强渗过程中渗碳气的供给应采用脉冲等方式通入,气体压力、流量应保持稳定。为了平衡炉内压力,扩散过程可通入适量氮气。强渗过程中渗碳气通入量一般按装入工件表面积确定。

5.3 工艺过程要求

5.3.1 工件及工装

5.3.1.1 装炉时工件之间的间隙不应影响渗碳和淬火冷却,装炉量不应超过设备允许的最大装炉量。

5.3.1.2 入炉工件及工装夹具应经过清洗,不应有锈斑,不应有对工件、炉膛产生有害影响的污物、低熔点涂层、镀层等。

5.3.1.3 需要防渗碳部位可采用增加加工余量、涂层、镀层或机械屏蔽等办法。

5.3.1.4 工装夹具的选择应防止与工件在工艺过程中发生低熔点共晶反应或黏合。

5.3.1.5 对工件的畸变量要求比较严格时,可使用专用工装夹具或模具。

5.3.1.6 工件装炉时应附带随炉试样,其材料和前期处理条件与工件完全相同,试样的尺寸应符合相关标准,组织层深应能代表实物。

5.3.2 加热及保温

5.3.2.1 工件入炉后达到规定的工作压力加热升温。控制升温速率,使工件各部分之间无明显温差。

5.3.2.2 根据工件形状、装炉方式以及对畸变量的要求选择不同的加热速率,低温阶段可采用对流加热。

5.3.2.3 一般在 600 °C~800 °C 预热,待工件温度一致,继续升温到工作温度并充分保温后开始渗碳。

5.3.3 渗碳

真空低压渗碳时间分为强渗期和扩散期。强渗期时间和扩散期时间以及脉冲参数可通过试验或工艺软件获得。

5.3.4 高压气淬淬火冷却

真空低压渗碳高压气淬的工件,应选用高淬透性低碳合金钢,并应符合 GB/T 5216 的规定。高压气淬压力一般为 0.5 MPa~2.0 MPa。为了减少工件畸变,高压气淬过程可以在不同阶段通过选择不同的冷却速度和冷却时间来实现对工件的分阶段冷却淬火。

5.3.5 出炉

工件应冷到 100 °C 以下后出炉,工件出炉后应及时进行回火。

6 质量控制与检验

6.1 质量控制

6.1.1 工件的热处理质量应符合 GB/T 32541 的规定或按本标准的规定执行。

6.1.2 处理前工件的表面应无油污、伤痕及锈蚀,其原材料及金相组织应符合要求。

6.1.3 对工件有防渗要求的部位应采取有效的保护措施。

6.1.4 工件装夹具应避免与工件渗碳部位相互接触。

6.1.5 真空渗碳炉的各工艺参数应稳定在工艺规定的范围内,定期对温度仪表、热电偶、真空计、质量流量计等进行检查并定期校验,以保证其工作准确性。

6.1.6 渗碳气气源质量应稳定,符合相应的标准或技术规范要求。

6.2 工件质量检验

6.2.1 外观

工件表面应光亮、无裂纹、磕碰、锈蚀及氧化皮等缺陷。一般采用目视检查,必要时可采用体视显微镜或放大镜等确认。

6.2.2 硬度

工件表面硬度和心部硬度应符合图样规定或符合工艺规定的技术要求,偏差应符合 GB/T 34889 规定,硬度检验方法应符合 GB/T 230.1、GB/T 4340.1 和 GB/T 38751 的规定。

6.2.3 硬化层深度



经渗碳淬火后的工件其硬化层深度应符合图样要求或工艺规定的技术要求,偏差应符合 GB/T 34889 规定或供需双方技术协议的要求,硬化层深度的检验方法应符合 GB/T 9450 的规定。

GB/T 39194—2020

6.2.4 金相组织

金相组织检验应包括马氏体级别、残留奥氏体级别、碳化物形态和级别、非马氏体层或晶界氧化层深度等。

金相组织检验及评级按 GB/T 25744 执行,其级别应符合或按供需双方的技术协议要求。

6.2.5 畸变

畸变量检测应使用相应的测量仪器或量具,工件畸变应符合产品过程控制中对畸变量的要求。

6.2.6 其他要求

依据产品要求,进行力学性能测试。

检测方法采用相应设备和按相应标准进行。

7 安全卫生和环保要求

7.1 安全卫生应符合 GB 15735、GB/T 5959.1、GB 5959.4 和 GB/T 30822 的规定。

7.2 真空低压渗碳炉操作人员应接受设备生产厂家或拥有相关资质的机构进行设备操作及安全培训后持证上岗。

7.3 真空渗碳淬火工艺使用气体中不允许混入空气,保证安全进出炉。

7.4 真空热处理过程中气体排放应符合 GB 3095 的要求,必要时应对排出气体进行净化处理。

7.5 真空低压渗碳炉工作时,主炉体表面温升不高于 20℃。

7.6 在常压不通冷却水条件下,首次安装的加热元件对地绝缘电阻应不低于 5 MΩ。

7.7 对渗碳加热室应进行定期检查和维修。

7.8 设备停炉或长期放置时,所有真空室应抽真空,防止炉内材料长期接触空气造成设备真空度等性能指标的下降。

7.9 高压气淬室设计、制造、检验、安装应符合 GB 150.3 和 GB 150.4 的规定;高压储罐、增压系统、充气管路安装按特种设备要求,应有相应资质部门的人员完成并严格执行安检程序,所在地技术质量监督局应进行定期检定。

7.10 设备所有电加热系统和可能伤及操作人员的运动部件均应设有可靠防护罩和明显警示牌。

7.11 生产过程中突发停电、停水、停气等意外状况时,设备本身和现场管理应有相应的安全应急措施以保证人员、设备和工件的安全。

7.12 在结冰天气或长时间停炉时,应注意排放炉体夹层和管路中的循环水,防止炉体、真空泵机组等部件冻裂。

7.13 易燃易爆气体应存放在专用库房内,设置明显安全警示标志,并应妥善保管和安全使用。

附录 A
(资料性附录)
渗碳气体供气管线布置图

渗碳气体供气管线布置如图 A.1 所示。

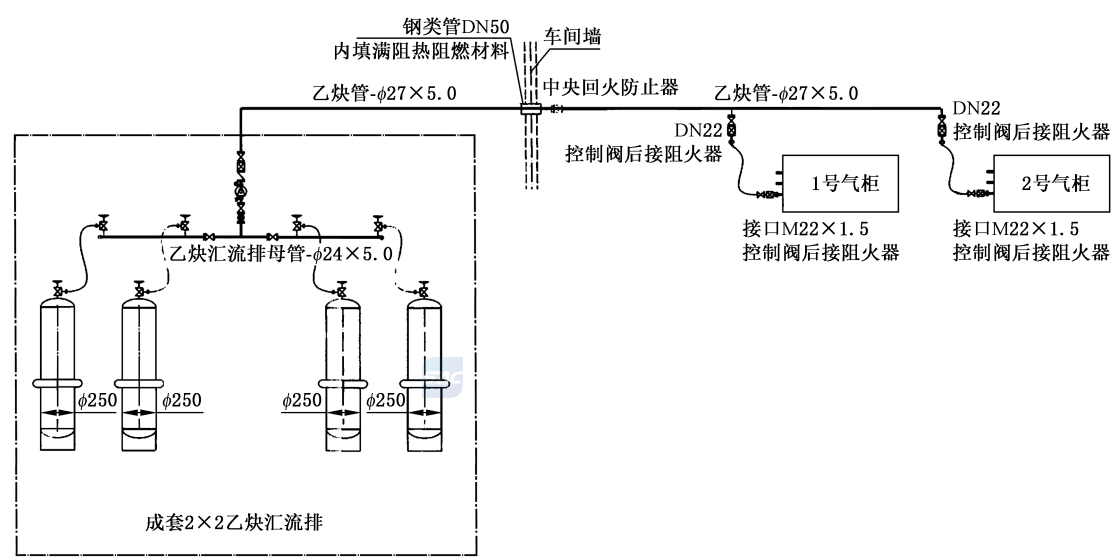


图 A.1 渗碳气体供气管线布置图

GB/T 39194—2020

附 录 B
(资料性附录)
高压气体供气管道示意图

高压气体供气管道布置见图 B.1 所示。

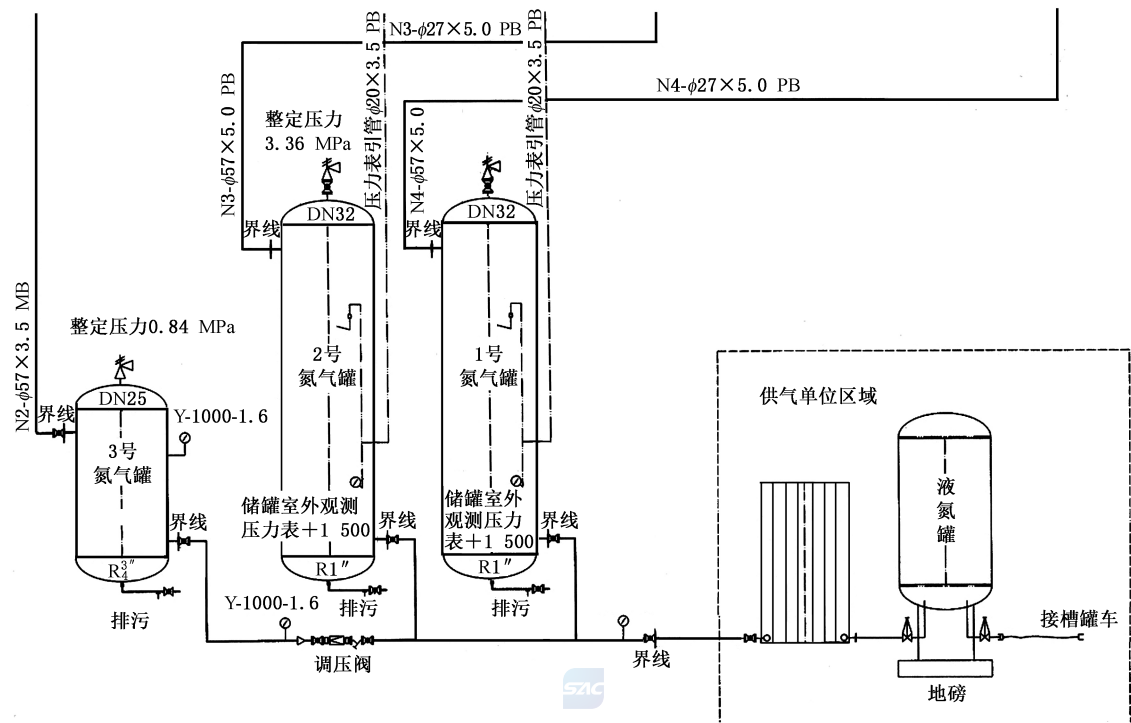


图 B.1 高压气体供气管道示意图