



T/CECS ××××—202×

中国工程建设标准化协会标准

电子工业气体系统验收标准

(征求意见稿)

Technical specifications for acceptance of gas systems in the electronic
industry

×××出版社

中国工程建设标准化协会标准

电子工业气体系统验收标准

Technical specifications for acceptance of gas systems
in the electronic industry

T/CECS ××××—202×

主编单位： 中国电子工程设计院股份有限公司

批准单位： 中国工程建设标准化协会

施行日期： 2 0 2 4 年 × × 月 × × 日

×××出版社

2024 北 京

前言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2023年第二批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字[2023]50号）的要求，编制组经深入调查研究，认真总结电子工业气体系统验收实践经验，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，规范电子工业气体系统工程的验收流程、验收对象、验收方法、技术要求，确保工程质量可靠、系统运行安全稳定，制定本标准。

本标准共分7章和2个附录，主要技术内容包括：总则、术语、基本规定、进场验收、施工验收、测试验收、在线监测系统验收。附录包括：附录A：电子工业气体系统验收流程、附录B：管道及附件技术要求、附录C：管道尺寸上下限要求、附录D：露点与水分对照表。

本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国工程建设标准化协会电子工程分会归口管理，由中国电子工程设计院股份有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中，如有意见或建议，请反馈给中国电子工程设计院股份有限公司（地址：北京市海淀区西四环北路160号C座，邮编：100142，邮箱：lishuai3@ceedi.cn）。

目 次

1 总则	8
2 术语和缩略语	9
2.1 术语	9
2.2 缩略语	10
3 基本规定	11
4 进场验收	11
4.1 一般规定	12
4.2 施工及测试设备验收	12
4.3 管道、管件、阀门验收	13
4.4 存储及输配设备验收	14
5 施工验收	16
5.1 一般规定	16
5.2 管道施工、接地验收	错误！未定义书签。
5.3 设备施工安装、接地验收	错误！未定义书签。
5.4 气体标识验收	错误！未定义书签。
6 测试验收	27
6.1 一般规定	27
6.2 管道预检	27
6.3 管道系统压力测试	28
6.4 管道系统漏率测试	29
6.5 管道颗粒物、水分含量、氧分含量测试	30
6.6 露点测试	31
6.7 油分测试	32
7 在线监测系统验收	27
7.1 气体探测系统	34
7.2 气体在线分析系统	34

附录 A	(资料性)	电子工业气体系统验收流程.....	36
附录 B	(资料性)	管道及附件技术要求.....	37
附录 C	(资料性)	管道尺寸上下限要求.....	39
附录 D	(资料性)	露点与水分对照表.....	41

Contents

1 General	8
2 Terms and Abbreviations	9
2.1 Terms	9
2.2 Abbreviations	10
3 Basic specification	11
4 Inspection and Acceptance	11
4.1 General Requirements	12
4.2 Construction and Testing Equipment Acceptance	12
4.3 Tubing, Fittings, and Valves Acceptance	13
4.4 Storage and Distribution Equipment Acceptance	14
5 Construction Acceptance	16
5.1 General Requirements	16
5.2 Tubing Construction and Grounding Acceptance	错误！未定义书签。
5.3 Equipment Installation and Grounding Acceptance	错误！未定义书签。
5.4 Gas Identification Acceptance	错误！未定义书签。
6 Testing Acceptance	27
6.1 General Requirements	27
6.2 Tubing Pre-Inspection	27
6.3 Tubing System Pressure Test	28
6.4 Tubing System Leak Rate Test	29
6.5 Tubing Particulate Matter, Moisture Content, and Oxygen Content Test	30
6.6 Dew Point Test	31
6.7 Oil Content Test	32
7 Online Monitoring System Acceptance	27
7.1 Gas Detection System	34
7.2 Gas Online Analysis System	34

Appendix A (Informative) Electronic Industrial Gas System Acceptance Process	36
Appendix B (Informative) Technical Requirements for Piping and Accessories	37
Appendix C (Informative) Tubing Dimension Tolerance Requirements	39
Appendix D (Informative) Dew Point and Moisture Content Reference Table	41

1 总则

1.0.1 为规范电子工业气体系统工程的验收流程、验收对象、验收方法、技术要求，确保工程质量可靠、系统运行安全稳定，制定本标准。

【条文说明】本条规定了本标准的制定意义，制定电子工业气体系统验收规程，从材料、设备进场，到工程实施，到调试、检测，到最终系统交付的全过程，对电子工业气体系统验收流程、验收对象、验收方法、技术要求进行统一规定，保障系统质量可靠，运行安全稳定。

1.0.2 本标准适用于电子工业中新建、改建、扩建气体主系统及二次配的全过程验收，包括管道、设备、焊接机具的进场检验，焊接人员的技术考核，施工过程中的设备安装、管道敷设、焊道检验，以及系统吹扫、调试、检测、监测系统验证。

【条文说明】本条规定了本标准的适用范围以及标准主要章节内容。

1.0.3 电子工业气体系统的验收，除应符合本标准的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

【条文说明】本标准未涉及气体系统验收工作的其他内容应按现行国家标准《特种气体系统工程技术标准》GB 50646、《大宗气体纯化及输送系统工程技术规范》GB 50724 等其他有关规定执行。

2 术语和缩略语

2.1 术语

2.1.1 气体系统 gas systems

本标准气体系统指大宗气体系统、特种气体系统和压缩干燥空气系统，包括站房、输配系统、排气或尾气处理系统和监测控制系统。

2.1.2 管道洁净度 pipe system cleanliness

管道内部清洁程度，或施工安装后的管道内部清洁程度。

2.1.3 抽样检验 random sampling examination

在指定的一个检验批次中，对某一具体项目的某一百分数进行检查。

2.1.4 轨道焊接 orbital welding

管道固定不动，焊头按照一定的轨道旋转焊接的自动化机械焊接过程，按照此标准操作的轨道焊接不需要添加焊丝。

2.1.5 钨电极惰性气体保护焊 gas tungsten arc welding

一种在钨电极（非自耗）和熔池间使用电弧进行焊接的焊接形式，焊接期间使用惰性气体保护。

2.1.6 自融焊 autogenous weld

不使用焊丝，仅靠母材自行融合的焊接方式。

2.1.7 焊道 weld bead

焊接过程中留下的焊缝。

2.1.8 角度错口 angular misalignment

管路焊接面有一定角度差，未平整对接。

2.1.9 自动焊收尾 automatic arc welding downslope

从最终象限焊接完成后，电流逐渐减小直至电弧熄灭时形成的焊道。

2.1.10 轴向错口 axial misalignment

管路焊接时在轴心没有对正，导致管路错位。

2.1.11 保护气 backing gas

一种惰性气体（或混合气体）用于保护管路焊接内部焊缝，防止焊接期间焊缝处氧化和其他对焊缝表面有害的污染，并产生一定压力，帮助焊缝更好的成型。

2.1.12 焊道重叠 bead overlap

在焊道的脉冲焊接过程中，第二个脉冲焊道对前一个脉冲焊道的覆盖范围，通常使用脉冲焊道的直径百分比来衡量。

2.1.13 焊道宽度 bead width

焊道的宽度，通常以管道壁厚T 来做测量，T 代表标称管壁厚度。

2.1.14 焊道中心线收缩 center line shrinkage

在焊缝固化过程中形成的焊道大小边。

2.1.15 焊道凹陷 concavity

焊道相对于管路表面低凹的现象，焊道凹陷以外径或内径距离焊脚处的垂直最大距离为测量标准。

2.1.16 焊道凸出 convexity

焊道相对于管路表面外凸的现象，焊道凸出以外径或内径距离焊脚处的垂直最大距离为测量标准。

2.1.17 焊样 Coupon

焊接完成后剖开检查，以确认是否符合焊接要求。

2.1.18 焊道变色 discoloration

母材表面任何颜色变化，与金属焊接时加热产生的热量有关，通常出现在外焊道和内焊道热影响区处。

2.1.19 焊道弯曲 meandering

焊道在焊接过程中左右摇摆，未按照一条直线前进导致焊道成型有缺陷

2.1.20 氧化 oxidation

金属表面氧化层的一种形式，如果焊接中出现了过多的氧化，就会产生变色现象。

2.1.21 点焊 Tack weld

在最终焊接过程开始前，需使用点焊对焊接物进行固定的操作。

2.1.22 咬边 Undercut

焊接完成后，焊缝边缘与母材间未被金属完全填充的焊缝凹槽。

2.2 缩略语

2.2.1 GC Gas Cabinet 气瓶柜

2.2.2 GR Gas Rack 气瓶架

2.2.3 VDB Valve Distributing Box 阀门分配箱

2.2.4 VDP Valve Distributing Panel 阀门分配盘

2.2.5 VMB Valve Manifold Box 阀门箱

2.2.6 VMP Valve Manifold Panel 阀门盘

2.2.7 GMS Gas Monitoring System 气体监控系统

2.2.8 GIS Gas Information System 气体信息系统

2.2.9 GDS Gas Detector System 气体侦测系统

3 基本规定

3.0.1 电子工业气体系统验收应按照系统工程实施程序进行，每个验收程序应在下一道施工工序开始前完成。

3.0.2 电子工业气体系统验收方案应包含特殊工种认证、施工及测试设备、管材及附件、存储及输配设备、监测系统等，且应由建设单位和验收机构共同确认。

【条文说明】本条规定了电子工业气体系统验收方案应包括的内容，施工单位提交验收方案，建设单位组织专家评估，评估通过后，作为施工质量管控基准。

3.0.3 电子工业气体系统施工过程中涉及压力容器、压力管道等特种设备的检测、验收工作，应符合国家特种设备监察管理规定。

【条文说明】电子工业气体系统施工过程中涉及压力容器、压力管道等特种设备，压力容器：符合《TSG 21-2016 固定式压力容器安全技术监察规程》中“容规”定义的设备（工作压力 $\geq 0.1\text{MPa}$ 且容积 $\geq 30\text{L}$ ），压力管道：依据《TSG D7005-2018 压力管道定期检验规则》，输送易燃、有毒、高纯化学品且设计压力 $> 1.6\text{MPa}$ 的管道，这些设备应由属地特种设备检验机构进行安装过程监督检验（出具《监督检验证书》），设备投入使用前30日内，建设单位需向监管部门办理《特种设备使用登记证》（提交产品合格证、监检报告、操作规程等）。

3.0.4 气体系统所使用的设备、材料、附件应具有质量合格证明文件，其性能技术指标及规格、型号除应符合本标准外，还应符合国家现行相关标准和设计文件的规定，进场时应进行检查验收，形成验收文字记录。

【条文说明】气体系统所使用的设备、材料等应提供合格准入证明文件（含出厂报告等），性能技术指标及规格、型号。除应符合本标准第四章相关内容要求外，还应符合《特种气体系统工程技术标准》50646，各地方标准及有关规定执行。

3.0.5 用于气体系统施工的机具和检测的设备，进场前应全部检验。

3.0.6 焊接材料、安装仪表、管配件的采购、储存和使用应符合设计文件要求。

【条文说明】用于气体系统施工的机具和检测的设备，进场前应审查机具和设备投入清单和计划、校准和维护记录及证明文件等，焊接材料、安装仪表、管配件的采购、储存和使用应符合设计文件要求。

3.0.7 施工及测试设备、存储及输配设备、管道及附件、管道及设备安装、系统测试、在线监测系统应按照本标准附录A执行。

【条文说明】各项目阶段对应的验收内容应按照附录A中内容参考执行。

4 进场验收

4.1 一般规定

4.1.1 设备及材料进场检验应提供产品合格证和质量保证书，检验应有记录。工程合同约定的其他相关质量、安全要求，供方也应在设备或材料进场时提供相关的文件。

4.1.2 进口设备及材料进场验收应提供海关的高检证明、原产地证明、产品质量证书和产品合格证，还应提供安装、使用、维护和试验要求的技术手册。

4.1.3 设备材料进场验收、管道清洗，安装安全阀、流量计、过滤器及压力试验、纯度测试、焊接试件鉴定时，建设单位代表或验收技术代表应在现场。

【条文说明】本条提到的建设单位代表或验收技术代表在上述环节到场，是履行质量监督职责、保障工程质量与安全、确保项目符合设计及规范要求的必要措施。

4.1.4 安装和试验用各类计量器具应经技术确认，且在有效期内。

【条文说明】各类计量器具的校准检定报告应对关键技术参数确认，如示值误差、重复性、回程误差等关键指标、修正值或修正因子（如适用）、不确定度分析、扩展不确定度（U）等。第三方校验机构应具备相关校验资质。

4.2 机具验收

4.2.1 所有参与验收及被验收的焊接机械、仪表、仪器、测量和测试设备应确保其在技术确认有效期内。

4.2.2 焊机、量规、仪表、测试设备和施工用设备应登记在册，并持续跟踪，确保其性能符合使用要求。

4.2.3 校准贴纸应附在工具或仪器上方醒目位置，贴纸内容应包括校准日期、下一次校准到期日期、执行校准的人员姓名。

【条文说明】应确认焊接机械、热熔机械、仪表、仪器、测量和测试设备校准证书，并由建设单位代表或检查员确认并贴校准标签，校准标签的规范化管理是确保工具/仪器可追溯性和状态可视化的关键环节。

4.2.4 被验收测试设备应至少包括下列信息：

- 1 标识编号；
- 2 设备描述；
- 3 最大读数范围；
- 4 设备精度；
- 5 校准证书编号；
- 6 校准日期；
- 7 再校日期。

【条文说明】被验收机具的校准检定证书应包括以下内容：

1 基础信息：机具名称、型号、出厂编号（与实物铭牌一致）；制造商名称、

使用单位名称、证书标识、校准/检定证书编号（唯一可追溯）、签发日期及有效期（注明下次校准/检定时间）、证书页码。

2.技术依据：标准规范、依据的检定规程、或校准规范、使用的计量标准器名称、编号及溯源信息、标准器的有效期及不确定度、校准/检定数据

3 测量结果：被检参数、示值误差、重复性、回程误差等关键指标、修正值或修正因子（如适用）、不确定度分析、扩展不确定度（U）、影响不确定度的主要因素说明（如环境温度波动）。

4.2.5 所有主要施工及测试设备验收材料应在设备使用前提供至建设单位进行审核。

4.3 管道、管件、阀门验收

4.3.1 当管道、管件、阀门到货后，应存放于经建设单位确认的区域，进场前24h内通知建设单位报备验收。

4.3.2 管道、管件、阀门应具备质量证明材料，如为进口管道还应附带报关清单。

4.3.3 管道、管件、阀门验收应符合下列规定：

- 1 管道、管件、阀门个数和规格应与发货清单一致；
- 2 管道、管件、阀门包装不应受损或有水浸、霉变现象；
- 3 管道、管件、阀门的管口和管帽不应受损；
- 4 管道、管件、阀门应有独立的内包装，端口均应装有防尘帽,检查合格后

应及时恢复内包装及防尘帽；

5 BA、EP级管道、管件和阀门应在空气洁净度等级严于ISO 7级的洁净室内进行内包装开封检查。

【条文说明】管道生产完成后，包装阶段，工厂车间洁净等级不低于ISO 7级。为避免因验收环境不满足洁净等级要求造成管道污染，管配件验收时洁净环境应满足本条要求。

6 管道外观检查宜按全数的5%抽查且不应少于1件，规格尺寸、壁厚、真圆度、端面平整度等应符合本标准要求，且内表面应无刮痕及斑点。有不合格时应加倍抽查，第二次抽查应不低于10%且不少于1件，第二次抽查不合格应全批次退场处理；

【条文说明】管道外观检查应按全数的5%抽查且不应少于1件，规格尺寸、壁厚、真圆度、端面平整度等应符合本规范要求，首次不合格标识隔离，记录不合格项并按同一批次另取10%加倍抽检，复检不合格即提交退场通知，退货前需双方确认封存样品。

7 材质检查应使用光谱分析仪验证其化学成分符合本规范要求或工艺技术要求；

8 管道、管件内表面粗糙度应采用样品比较法在管道两端检查。粗糙度值应符合表4.3.3要求：

表 4.3.3 管道内壁粗糙度要求

管道规格	AP	MP	BA	EP
管道粗糙度 (μm)	Ra≤1.016	Ra≤0.7	Ra≤0.5	Ra≤0.25

注：EP 级管道管径小于 12.7mm 时，管道内壁粗糙度应不超过 0.127μm。

【条文说明】 不锈钢管道等级所适配的气体工艺不同对管道内表面粗糙度要求也不同，结合《大宗气体纯化及输送系统工程技术规范》GB 50724、《洁净厂房施工及质量验收规范》GB 51110 特订该条要求。

9 检查合格的管道、管件及阀门应按种类、规格分别存放，BA 及 EP 及管道、阀门应存放于洁净度不低于 ISO 7 级洁净室的货架上，不得直接放在地面上；

10 混合气体管道、阀门用料应选用不与介质发生反应的材料，且不影响气体品质。

4.3.4 金属管道及附件化学成分应符合现行国家、行业标准及工艺和使用要求，见附录 B.1。

【条文说明】 电子工业气体系统金属管道及附件化学成分验收需根据管道材质和使用要求选择 GB/T、ASTM、EN 或 JIS 标准，如不锈钢管道一般参照《不锈钢 牌号及化学成分》GB/T 20878 相关要求执行，《无缝和焊接奥氏体不锈钢管》ASTM-A269-A269M 等，附录 B.1 列出了金属管道及附件不同化学成分技术要求。

4.3.5 管道尺寸上下限应符合本标准附录 C.1 要求。

4.4 存储及输配设备验收

4.4.1 气罐、干燥机、纯化器、换热器、汽化器、气瓶柜、气瓶架、阀门箱、阀门盘进场验收应符合下列规定：

1 设备、附件均应具有产品合格证、材质证明、使用说明书并应符合工程设计和设备技术要求；

2 进口设备进场验收除应符合本标准的规定外，还应提供商检证明和有关质量、规格、型号、性能测试，以及安装、使用、维护和试验要求等技术文件；

3 纯化器、气体柜、阀门箱、干燥机、外包装上应具有防止倾倒、轻放、防雨标识、防震标识，并应完整无损；

4 气瓶柜、气瓶架、阀门箱、阀门盘表面应平整光洁、色泽一致、无毛刺、无划痕、无锈蚀、不起鼓，柜体顶部应设抽风口，柜门下方应设可调节空气过滤网进风口；

5 气瓶柜、气瓶架、阀门箱、阀门盘应有气体的名称、化学式、浓度、化学性质和危险标志的标识，并应有管线、阀体及附件相互连接的系统图；

6 内部引出的管路和阀件接口应使用管帽和堵头封堵；

7 气瓶柜、气瓶架、阀门箱、阀门盘内置压力表量程应满足工艺需求，且在运输过程中盘面内应保有不低于 0.1MPa（表压）压力的氮气；

【条文说明】在气瓶柜、气瓶架、阀门箱及阀门盘等压力容器附属设备的进场验收和运输管理中，需确保其内置压力表的适用性及氮气保护系统的有效性，以满足工艺安全与设备防护要求，运输过程中，阀门箱/盘内部需保持 $\geq 0.1\text{MPa}$ （表压）的氮气正压，防止外部湿气或污染物侵入。

8 阀门、仪表与面板之间应有专用阀门支撑件，支撑件材质宜采用不锈钢，不得将阀门、仪表等直接用螺栓固定在面板上；

9 混气设备用料应选用不与介质发生反应的材料，且不影响气体品质。

4.4.2 尾气处理装置进场验收应符合下列规定：

1 尾气处理装置进场应对外观、外形尺寸、构成、接口、铭牌、气密试验、阀门动作；

2 尾气处理装置的主要组成件、附件应符合设计与合同的要求，随机资料和专用工具应齐全；

【条文说明】尾气处理装置的随机资料和专用工具是确保设备正确安装、调试、运行和维护的关键组成部分，随机资料包括出厂合格证、设备总装图、电气原理图、操作手册等，专用工具包括安装调试工具（法兰定位销、扭矩扳手、激光水平仪）等。

3 酸碱中和装置的洗涤塔、风机、泵、控制盘、酸（碱）储罐以及连接管路等应进行外观检查，随机资料应齐全；

4 尾气处理装置、风机、泵的出厂合格证、性能测试报告，铭牌、标识应齐全；

5 系统流程图、控制原理图、设备使用说明书应齐全。

5 施工验收

5.1 一般规定

5.1.1 气体系统输送工程施工前应编制专项施工组织设计。

5.1.2 施工单位使用设备和材料应符合设计要求及国家有关标准的规定，不应使用不合格的设备 and 材料。

5.1.3 电子工业气体系统工程验收时，应检查施工过程中的工程质量检查记录及签字是否正确、齐全。

5.1.4 建设单位接到施工单位提交的工程验收报告后，应及时组织监理、施工等单位进行工程竣工验收，工程验收应根据工程签订的技术文件和本标准要求。

【条文说明】 工程竣工验收应在施工单位完成全部整改并经连续稳定试运行 1-3 个月后组织。部分功能性缺陷或潜在问题难以通过单次测试完全暴露，需通过一定周期的连续稳定试运行验证系统运行稳定性和功能完整性。试运行周期应根据工程规模、技术复杂程度及工艺特性确定，一般为 1-3 个月，既要确保缺陷充分显现，也应避免试运行周期过长影响工程交付进度。

5.1.5 气体输送系统施工所使用机具及设备应能正常运转且在计量有效期内，焊接机具及设备有效校验期应不大于一年。

5.1.6 焊接操作员应持有国家应急管理部或压力容器特种作业颁发的焊工证件，并依据本标准第 5 章要求进行评估。

5.2 管道施工验收

5.2.1 施工材料的储存与搬运应符合下列规定：

1 材料应保存在洁净室（区）内；

【条文说明】 从源头控制环境粉尘、杂质等颗粒物对材料的污染。

2 储存材料时，宜使用专用的货架或柜子存放，不宜将材料直接放置于地面上（避免地面潮气、污渍侵蚀），并应轻抬轻放，严禁碰撞、抛扔、脚踩，防止材料物理变形、破损或性能受损；

3 不同类型、规格的材料应单独分区存放，并设置清晰的区分标记（如名称、型号、状态等），以免发生混用、错用风险；

4 不锈钢管道材料进入洁净室（区）前，应移除外包装，且材料未使用前，内包装应完好无破损；

5 输送大宗气体及特种气体的不锈钢管的切割下料、焊接及组装作业，应在洁净度等级 6 级的洁净环境内进行，施工单位作业人员应穿戴洁净服、洁净口罩、洁净无尘手套在洁净环境内进行切割下料、焊接及组装等各项工序作业。

【条文说明】 本标准条文 5.2.1 未详述部分的内容应按现行国家标准《特种气体系

统工程技术标准》GB 50646 、《大宗气体纯化及输送系统工程技术规范》GB 50724 等其他有关标准规范执行。

5.2.2 管道切割下料、清洁、吹扫及预制应符合下列规定：

- 1 所有管道或管件焊接端应使用锋利的工具进行切割，且端口应无毛刺；
- 2 管道焊接处内外表面应清洁，无氧化、变色、油污、氧化层、切屑或其它不利于焊接的物质；
- 3 管道切割后应进行平口处理，以去除切管过程中产生的缩颈、断面变形等缺陷（如图 5.2.2-1）。切割管材时，宜采用带车床式滚轮平口装置的切管机或带导向装置的专用切管锯，且切割过程中严禁使用润滑剂。管道外表面若存在刮痕、划伤等损伤时，应重新进行平口处理，经处理后仍存在影响接口质量的缺陷时，该段管道应予以更换；

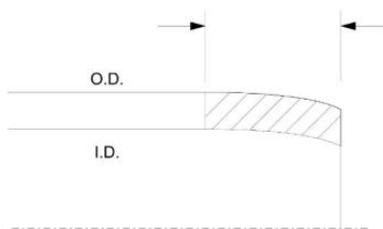


图 5.2.2-1 通过平口去除变形的材料

4 除特殊工况外，管道焊接后无需额外清洁处理；所有焊接前准备工作应采取措施最大限度减少污染物进入系统，切割、弯曲或坡口加工过程中应保持管内持续正压吹扫；

5 焊接管道与管道对口间隙不应超过 0.08 mm(如图 5.2.2-2)。任何区域的最大间隙不应超过 0.15 mm(如图 5.2.2-3)。平口之后端面角度偏差应小于 $1/4^\circ$ ；

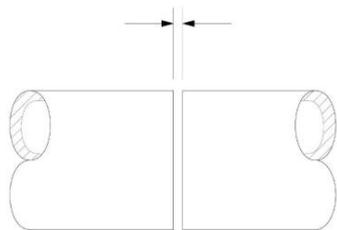


图 5.2.2-2 两个焊接面对口时间距

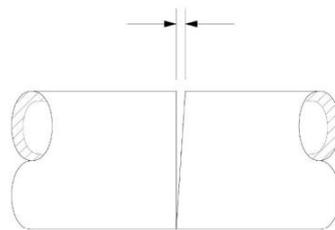


图 5.2.2-3 最大间距

6 管道焊接端口的外侧或内侧应倒角，倒角角度取小于壁厚的 10%或 0.13mm 二者之间的较小值(如图 5.2.2-4)；

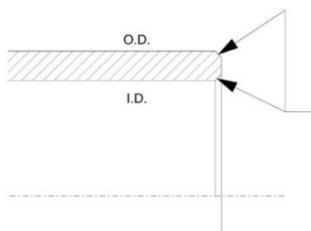


图 5.2.2-4 端口内侧或外侧倒角

7 所有工具应在洁净条件下存放，不宜与其他材质管材混合存放，存放环境应无油污，灰尘以及其他材质的工具，避免交叉污染；

8 吹扫结束后，管路末端应使用不易产生颗粒的材料进行封堵（如不锈钢管帽）；

9 管道内壁吹扫气及焊把气体应配备流量计，确保气体吹扫流量与焊样参数保持一致，管道内吹扫应维持可控制的正压吹扫；

【条文说明】本标准未详述部分可参考《工业金属管道工程施工规范》GB 50235、《工业金属管道工程施工质量验收规范》GB 50184 等相关标准执行。

10 在系统未完全焊接完成前，应保持管内正压吹扫，吹气流速宜采用 1~2 L/min 的持续吹扫或保持 210kPa 的正压，在超高纯系统上宜采用持续吹扫；

11 吹扫用气可采用分流排形式，以满足正在施工管路的供气点；

12 连续管路系统应进行彻底吹扫，所有死端在焊接前应完成预吹扫，确保管道内部无污染物残留；

13 为避免背压影响，在焊接有调压阀、过滤器、纯化器、单向阀的管路时可安装抽真空装置；在焊接盲点焊口时，应在被焊接管道内反吹焊缝区域；

【条文说明】盲点焊口应通过逆向吹扫防止氧化及杂质残留，吹扫保护气体纯度大于或等于 99.9999%，流速大于或等于 20m/s，每 100mm 焊缝长度吹扫时间大于或等于 30s，且总时间大于或等于 5min。

14 焊接完成后，焊缝外表面的氧化皮应立即采用不锈钢丝刷清理，清理过程中应维持管道内部持续吹扫；清理作业应采取防护措施，防止污染周边区域；

15 管道预制焊接总长度不宜超过 12m，预制时应支承于专用支架上，支架间距不宜超过 2m；管道运输时，每 3m 长度应设置一个支点。

【条文说明】避免管道在预制焊接、运输作业过程中，管道扰度超过允许值。

5.2.3 管道安装验收应符合下列规定：

1 预制管道及管件应有序摆放，使用专用夹具定位后进行预连接，并应通入适量的高纯氩气进行保护；

2 支架材质宜采用热镀锌、碳钢喷塑、不锈钢等成品型钢，且较小管径管道可采用铝合金的槽式桥架组合；

3 支架应采用机械切割，不得气割，切割后的端头应倒角并涂环氧漆后加盖塑料封头；

4 当采用有盖槽式不锈钢桥架或铝制桥架时，应采用树脂薄板将桥架与钢制综合支架隔离；

5 裸管平行敷设的中心间距不应小于管道外径的 1.5 倍，且最小净距不得小于 50mm。带保温层的管道，中心间距应在保温层外径基础上增加不小于 50mm 的操作空间。当管道带有法兰、阀门等突出管件时，中心间距需满足管件检修需求，突出部位外缘净距不应小于 25mm；

【条文说明】管道其他间距要求可参考现行国家标准《特种气体系统工程技术标

准》GB 50646、《大宗气体纯化及输送系统工程技术规范》GB 50724、《工业金属管道工程施工规范》GB 50235、《工业金属管道工程施工质量验收规范》GB 50184等相关标准执行。

6 管道支架间距，当管径小于或等于 3/8" 时，最大间距宜为 1.2m,管径大于或等于 1/2" 且小于等于 3/4" 时，最大间距宜为 1.5m，且管道焊缝处应避开支架支撑点。有震动部位的管道应设置减震支架；

【条文说明】其他管道支吊架间距可要求参考现行国家标准《特种气体系统工程技术标准》GB 50646、《大宗气体纯化及输送系统工程技术规范》GB 50724、《工业金属管道工程施工规范》GB 50235、《工业金属管道工程施工质量验收规范》GB 50184。

7 室内气体管道应敷设在专用支架上，不得利用其它机电管线支架；

8 管径小于或等于 1/2" 管道宜采用成品型管卡，大于或等于 3/4" 管道宜采用带塑料衬垫的镀锌 U 型或 P 型管卡；

9 管径小于或等于 1/2" 的不锈钢弯头应采用专用弯管器压制；管径大于 1/2" 的不锈钢管道弯头应采用成品弯头，BA 级管道弯头弯曲半径不应小于管径的 3 倍，EP 级管道弯头弯曲半径不应小于管径的 5 倍，公、英制弯管器不应混用；

10 不锈钢管道密封接头的密封垫片应根据气体的性质采用不锈钢垫片或镍垫片，严禁采用非金属垫片、有划伤的垫片以及使用过的垫片，在同一密封面应采用一个垫片；

11 管道连接垫片应符合设计文件要求或由设备附带；安装前应确认垫片洁净无油、无污染物；

12 管道、管件、垫片及其它附件必须脱脂，阀门、仪表应在制造厂已完成脱脂；

13 管道、阀门、管件及仪表在安装过程中及安装后，应采取防止受到油脂污染的措施；

14 管路系统安装完毕后至投产前，应充高纯惰性气体维持正压保护；

【条文说明】气体管路系统宜采用惰性气体维持正压，高纯气体管路应采用高纯氩气维持正压，氩气纯度大于或等于 99.9999%。

15 特种气体管道与用气生产工艺设备之间的连接应采用不锈钢管道面密封接头或自动轨道焊机焊接，不得采用非金属软管；

16 穿过洁净室隔墙或楼板的气体管道应敷设在预埋套管内，预埋套管禁止焊接或拼接，管道与套管之间应采取可靠的密封措施。

【条文说明】通过预埋套管的物理隔离和密封，阻断洁净室与外部环境的直接连通路，避免施工粉尘、微生物或其他污染物通过墙体缝隙进入洁净区域；套管为气体管道提供刚性支撑，避免因墙体沉降或结构变形导致管道受力损坏，同时防止管道振动传递至建筑结构。

5.2.4 管道焊接验收应符合下列规定：

1 施工单位应在工程开工前对参与本工程的焊工进行资质核验；并应向建

设单位提交管道焊接试件、焊接试件合格确认文件，经建设单位项目技术负责人或通过第三方检测单位签字确认后，方可开展焊接作业。施工单位应妥善留存合格焊接试件及相关记录文件；

【条文说明】施工单位需依据《特种设备焊接操作人员考核细则》TSG Z6002-2010对焊工进行资格审查，确保其持有效证书且证书项目覆盖施焊范围，且特定焊接方法（如氩弧焊）和管材（如不锈钢）的需专项考核；焊接合格确认单需记录焊工信息、焊接参数（电流、电压、焊接速度等）、检测结果等关键数据，并附样品检测报告等。

2 公称直径小于或等于 DN150 的管道，宜采用自动轨道焊机进行焊接；焊接用氩气纯度应大于或等于 99.999%，焊接保护气体系统应装设可调节流量计以显示气体流量；管道内部保护气体应设置压力计监测管内压力；

3 正式焊接前、更换焊枪后、更换钨棒后、改变焊接管径、焊机电源重启后，均应进行焊接试焊；试焊样品经质量检查员检验合格并填写焊接合格确认文件后，方可开展正式焊接作业。焊接作业结束前，应再次进行试焊，并对正式施焊的焊缝质量进行检验；

4 焊接前应编制焊接工艺标准和绘制系统的单线图，单线图上应对焊接接头进行编号，编号应与焊接记录的焊接焊缝编号一致；

5 应严格按照焊接工艺标准要求进行焊接，焊接过程中应做好焊接记录，焊接焊缝处应标明焊接时间、焊工姓名或焊工钢印号、焊接接头编号、介质名称；

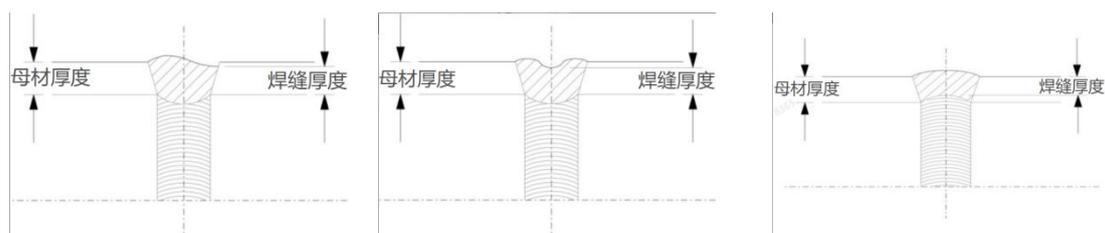
6 对接接头组对时应对称均匀，接头错边量不应大于管壁厚度的十分之一，且管道不得在焊接接头的位置弯曲；

7 管径大于或等于 1" 时，焊接前应先点焊预连接，点焊时管内应通入高纯氩气进行保护，点焊后应对焊点进行洁净处理，并应使用洁净胶带密封焊接接头；

8 焊机应采用专用配电箱，当电源电压不稳定时可采用自动稳压装置供电，焊机本体应可靠接地；

9 所有焊缝应在整个内表面周围完全溶透，贯穿整个焊缝，焊道宽度应均匀，放大后的焊缝无可见的表面裂纹、气孔或夹杂物；

10 焊缝任意位置不应存在表面成形缺陷，且该缺陷不得使焊缝最小壁厚小于母材厚度（见图 5.2.4-1）。不咬边和中心线收缩，内焊道不凹陷；



(a) 咬边

(b) 中心线收缩

(c) 内焊道凹陷

图 5.2.4-1 不合格外形缺陷

11 大于 1" 的管道，其外焊道凹陷深度不应大于管道壁厚的十分之一；小于或等于 1" 的管道，其外焊道不应存在凹陷缺陷。所有管道外焊道的凸出高度均不应大于管道壁厚的十分之一（如图 5.2.4-2）；

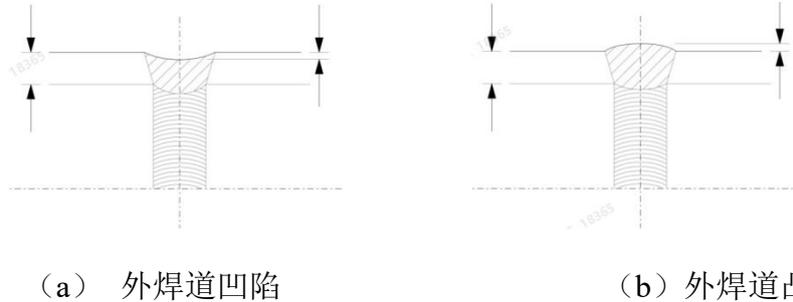


图 5.2.4-2 外焊道凹陷和凸出

12 管道内焊道凸出度不应超过管道壁厚的十分之一（如图 5.2.4-3）；

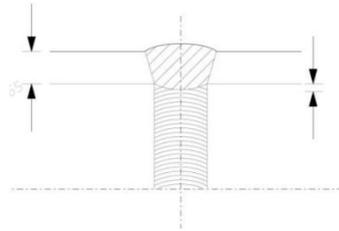


图 5.2.4-3 内焊道凸出

13 内焊道最小宽度为管道壁厚的 1 倍，最大宽度为管道壁厚 2.5 倍。外焊道宽度至少为管道壁厚的 2 倍；

14 任意单独焊道的最大宽度不应大于最小焊道宽度的 1.25 倍(如图 5.2.4-4)；

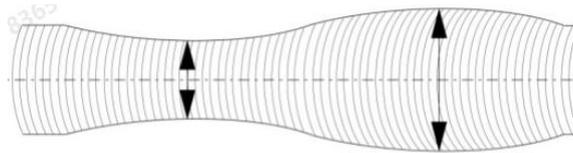


图 5.2.4-4 焊道宽度变化

15 内、外焊道中心线偏离度不得超过管道壁厚的 0.35 倍（如图 5.2.4-5）；

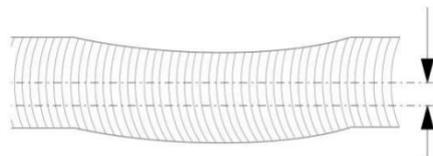


图 5.2.4-5 焊道弯曲

16 焊道重叠区域（首道脉冲焊道被后续焊道覆盖的面积占比）中，除焊缝收尾区域外，外焊道覆盖面积占比不应小于 0.8 倍，内焊道覆盖面积占比不应

小于 0.7 倍（如图 5.2.4-6）；

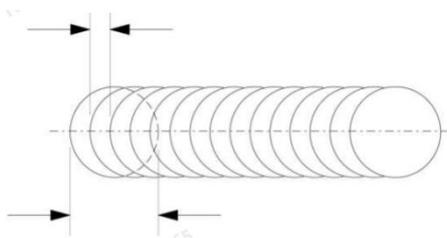


图 5.2.4-6 焊道覆盖

17 定位焊应在后续正式焊接过程中被焊缝完全覆盖，内、外焊道均不应残留定位焊痕迹（如图 5.2.4-7）；

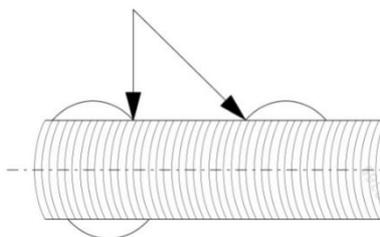


图 5.2.4-8 点焊完全焊接

18 外焊道表面不应存在氧化层，允许存在浅棕色氧化色泽；焊接完成后，应立即采用不锈钢丝刷清除焊道表面的轻微氧化层；

19 轴向错口不应超过管壁厚度的十分之一（如图 5.2.4-9）；

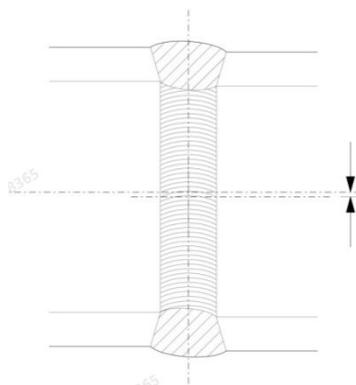


图 5.2.4-9 轴向错口

20 角度错口不应超过 $\pm 0.5^\circ$ （如图 5.2.4-10）；

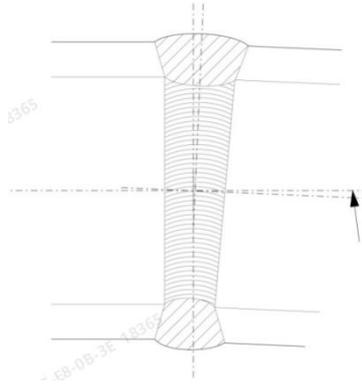


图 5.2.4-10 角度错口

21 焊道应设置收尾段，其长度应满足避免末端产生弧坑的要求；内、外焊道收尾段的间距不应小于 3 倍管道壁厚（如图 5.2.4-11）；

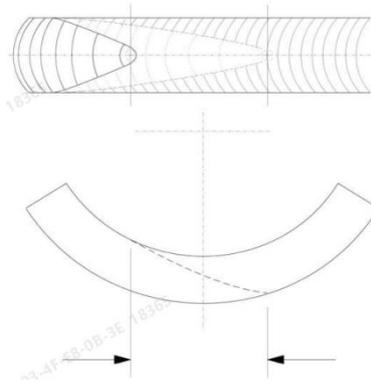


图 5.2.4-11 焊道收尾

22 成型后的内焊道在荧光检测条件下不应存在变色现象；管径大于 2" 的管道，其内焊道允许存在浅蓝色色泽。

【条文说明】本标准第 5.2.4 条未详述部分可参考《特种气体系统工程技术标准》GB 50646、《大宗气体纯化及输送系统工程技术规范》GB 50724、《SEMI-F78-半导体制造应用中流体分配系统的钨极气体保护焊（GTA）实施规程》、《SEMI-F81-半导体制造行业气体分配气体钨极保护焊外观检查及接受标准》等相关标准规范执行。

5.2.5 管道接地验收应符合下列规定：

1 验收前应完成接地系统施工，包括接地体埋设、接地线连接、跨接导线安装及防腐处理等工序，且施工质量符合设计文件及规范要求；

2 接地体应采用热镀锌钢材（扁钢、圆钢）或铜质材料，严禁使用铝导体。扁钢规格不小于 40mm×4mm，圆钢直径不小于 10mm（防雷场景）或 8mm（一般接地）；

3 法兰跨接导线采用铜质软绞线，截面积不小于 6mm²；不锈钢管道跨接需使用同材质过渡板，过渡板截面积不小于 50mm×6mm；

4 焊接处及镀锌层破损部位应涂覆热镀锌或防腐涂料，埋地接地体需采用热镀锌或铜覆钢材质，并确保回填土无强腐蚀性物质；

5 焊接连接时，扁钢搭接长度 ≥ 2 倍宽度，三面施焊；圆钢搭接长度 ≥ 6 倍直径，双面施焊；焊缝应饱满无虚焊，无夹渣、未熔合等缺陷，焊接后需清除焊渣，涂刷防腐涂料，埋地部分需做加强级防腐处理；

6 当螺栓连接时，螺栓规格不小于 M10，加装防松垫片或焊接固定，接触面需去除氧化层并涂导电膏，确保电气导通性，法兰连接螺栓数量 ≥ 5 根时，非腐蚀环境下可不跨越，但需通过测试验证电阻值 $\leq 0.03\Omega$ 。

【条文说明】本标准第 5.2.5 条未详述部分可参考《电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范》GB 50169-2016、《工业金属管道工程施工规范》GB 50235-2010 及《石油化工静电接地设计规范》SH/T 3097-2017 等相关规范标准执行。

5.3 设备施工安装验收

5.3.1 空压系统设备、大宗气体纯化及特种气体供应设备安装除应符合本标准外尚应符合现行国家标准《机械设备安装工程施工及验收通用规范》GB 50231、《压缩空气站设计规范》GB 50029、《大宗气体纯化及输送系统工程技术规范》GB 50724 及《特种气体系统工程技术规范标准》GB 50646 有关规定。

5.3.2 设备开箱验收应检查外观无损伤、附件齐全，核对设备型号、规格、技术参数与设计文件一致，设备附带资料（合格证、说明书、保修卡）完整有效，并确认货物数量是否与送货单一致。

5.3.3 安装用材料（螺栓、垫片、密封件、润滑剂等）的材质、规格应符合设计要求，且具备质量证明文件（如材质单、复检报告）。

5.3.4 设备搬运前应做路线规划，并提交建设单位确认。设备搬运过程中应对搬运场地做好安全维护，无关人员不得进入。

5.3.5 设备吊装搬运前，应编制完整的吊装专项施工方案，报相关单位审核认可后，方可实施。

5.3.6 设备安装前，应确认其位置并画线标记。

5.3.7 设备安装后，应对横向、纵向和高度进行测量，横向和纵向中心线允许偏差为 5mm-10mm，高度允许偏差为 ± 10 mm。横向、纵向、高度的偏差可在设备下方调整地脚高度或垫不锈钢垫片调整。

5.3.8 在基础上固定设备时均应采用不锈钢螺栓，螺栓连接应按对称顺序紧固，预紧力矩符合设计要求（偏差 $\pm 5\%$ ）。若使用高强度螺栓固定时，应涂抹防松胶，外露丝扣 2-3 牙。

5.3.9 设备安装完成后应确保固定螺栓牢固，外壳完好、拼板无裂痕，设备内部阀门、泵、过滤器等部件无松动，管道阀门连接接头无变化。

5.3.10 设备所有接口应与图纸尺寸一致，设备主要相关配件参数、材质及其他相关技术要求应与送审资料一致，并满足使用要求。

5.3.11 设备安装完成后，检查所有管道和电气连接是否正常、设备管道是否良

好接地及阀门开关是否运转正常，检查无误后，方可对设备试车。

【条文说明】压力管道、压力容器等特种设备检查应有特种设备安装监督检验报告。设备其他相关测试报告，如性能测试报告、压力试验报告、泄漏测试报告、安全保护装置测试报告及功能完整性测试报告等应由设备供应商或者施工单位提供。

5.3.12 设备送电后，应测试自动供应和手动供应功能是否正常，保证系统能够稳定、安全的运行。

5.4 气体标识验收

5.4.1 气体标识包括物质名称、流向和主要工艺参数等。物质名称可使用全称或化学分子式表示，流向用箭头表示，气体管路标识颜色应符合表 5.4.1 的要求：

表5.4.1 气体管路标识颜色

底色	意义	内容物特性	内容物举例	字体色	箭头色
红色	危险	可燃性、剧毒性	AsH ₃ , SiH ₄ , CH ₂ F ₂ , PH ₃ , WF ₆ , ClF ₃ , CO	白色	白色
黄色	警告	毒性、腐蚀性、对人体有危害	HBr, HCl, HF	黑色	黑色
蓝色/绿色	安全	危害性较小或无危害	SF ₆ , Kr/Ne, Xe	白色	白色

5.4.2 气体管路标识制作尺寸应符合表 5.4.2 的要求：

表5.4.2 气体管路标识制作尺寸

管径	标识长度	标识高度	箭头长度	字体高度
6mm(1/4")	150mm	15mm	30mm	8mm
10mm(3/8")	150mm	15mm	30mm	8mm
15mm(1/2")	150mm	15mm	30mm	8mm
20mm(3/4")	200mm	20mm	40mm	15mm
25mm(1")-50mm(2")	200mm	25mm	40mm	20mm
50mm(2")以上	300mm	40mm	60mm	30mm

5.4.3 管道上粘贴标识应符合下列规定：

1 管道内径小于等于 100mm 的水平直管道，以人员视线为基准方位，应每隔 3m 粘贴一张；管道内径大于 100mm 的水平管道，以人员视线为基准方位，应每隔 6m 粘贴一张；

2 管道内径小于等于 100mm 的垂直管道，应每隔 2m 粘贴一张，并以地面向上 150cm 处为基准位置粘贴一张；管道内径大于 100mm 的垂直管道，应每隔 4m 粘贴一张，并以地面向上 150cm 处为基准位置粘贴一张；

3 管道阀件、弯头的连接处，工艺设备与管道的连接处，以及管道穿越墙、壁、楼板的两侧部分都应各粘贴一张；

4 标识粘贴应整齐、牢固，水平管道的标识中心应相互对齐，垂直管道的标识上边缘应对齐。

5 管道流向标识应符合现行国家标准《工业管道的基本识别色、识别符号和安全标识》GB 7231、《特种气体系统工程技术标准》GB 50646 的有关规定。

6 测试验收

6.1 一般规定

6.1.1 在管道安装完成后，施工方检查人员应自检合格，确认已安装完成管道符合本项目技术要求，方可向建设方（或第三方管理机构）提交预检申请，预检合格后方可进行管路测试。

6.1.2 验收人员的职责：完成各管道系统的测试前的预检，确保被测试管道符合测试前的各项要求；测试过程中，监督测试人员按要求进行测试工作，确认各项测试结果符合测试要求；测试结束后形成可追溯性的台账。

6.1.3 压缩空气系统检测项目应包含压力试验、露点、油分、颗粒物检测。

6.1.4 大宗气体气站至纯化器前端管道系统检测项目应包括压力试验、氦检漏试验、打靶试验。

6.1.5 高纯气体及特殊气体管道系统检测项目应包括压力试验、氦检漏试验、水分分析、氧分分析、微粒子检测。

6.1.6 压力试验项目应包括强度试验和气密性试验。

6.1.7 所有检测使用设备应具有有资质机构或设备厂商出具的校证明，有效期限应符合设备校验周期。

6.2 管道预检

6.2.1 待测管路应范围明确，相关图纸已通过相关人员审核并确认签字。

6.2.2 待测管路焊道应检查完毕，并形成可追溯性记录。

6.2.3 管道规格、材质、管配件应符合设计规范，且与对应图纸相符。

6.2.4 管道表面应干净整洁，禁止污物污染管道。

6.2.5 管道标高、坡度正确，空间管理正确，不得与其他系统管道干涉，阀门、流量计、各类仪表等安装位置应易于操作、观察。

6.2.6 管路横平竖直，支架安装应符合设计要求。

6.2.7 对于大宗气体管路，五项测试前，主管末端及支管末端阀门堵头应去除，以确保检查出阀门是否内漏。

【条文说明】本条文针对待测系统阀门性能验证而提出的要求，以规避后续使用过程中出现阀门内漏问题。

6.2.8 应确认管路及附件未进行绝热作业，焊道位置未进行防腐作业，绝热及防腐工作应在测试合格后进行。

【条文说明】本条规定了气体管道系统绝热工程施工的前提条件，是在系统压力试验和氦检漏试验合格后才能进行。

6.2.9 露天管道焊道可使用酸洗钝化膏处理以避免风雨灰砂侵袭污染，影响管道

在役时间，具体处理工艺应结合建设方技术要求制定。

【条文说明】此为推荐条文，酸洗钝化可以使得不锈钢表面达到均匀一样的银亮色，在清洁干净不锈钢表面的同时保护不锈钢基体并提高不锈钢的防腐防锈性能。

6.2.10 预检完成后，参检单位应共同签字确认，形成可追溯性文件。

【条文说明】6.2 章节是对工程验收的目的、验收组织、验收要求和验收前应具备的条件以及施工方应提供的文件资料等作出的规定。

6.3 管道系统压力测试

6.3.1 压力试验准备应符合下列要求：

1 对待测系统管路应进行 20~30 次变压循环吹扫，以保证管内杂物，大颗粒物被吹除；

2 高纯管路宜采用纯度不低于 99.999% 的高纯气体作为介质进行压力检测；

【条文说明】常用的吹扫气体为高纯氮气、高纯氩气等。

3 待测管路应保持通畅，起始/末端阀门关闭，末端无阀门的情况，应使用堵头、盲板进行封堵，待测管路中间的切断阀，均应保持开启状态；

【条文说明】本条针对待测管路测试有效性所提出，以规避阀门开闭状态有问题而出现待测管路未完全检测到的情况。

4 压力试验现场(升压、保压期间)周围应设置为安全识别风险区域，并挂警示标志，无关人员不得进入；

5 压力试验前可进行预压测试，进行大漏排查，预压测试的压力宜为 0.2MPa~0.5MPa；

【条文说明】本条为建议性条文，对系统进行大漏排查已提高压力测试成功率；在主系统扩充工程中，预压测试压力不得高于原系统压力，以避免造成气体倒灌，污染原系统情况。

6 压力记录仪器精度、量程应正确，且在校正期限内，压力试验最高压力应不高于设计压力 1.15 倍。

6.3.2 强度试验应按下列步骤进行：

1 将圆盘式压力计与压力表通过三通与待测设备或管路连接；

2 系统强度检测压力为设计压力的 1.15 倍或按工艺要求设置，时间应保持 30min，应以无泄漏、无变形为合格；

3 逐步缓慢增加压力，当压力升至检测压力的 50% 时，进行初始检查，如未发现异状或泄漏，继续按检测压力 10% 逐级升压直至试验压力(每级稳压 3 min) 再次检查有无泄漏。

6.3.3 气密性检测应按下列步骤进行：

1 气密性检测压力应为设计压力的 1.05 倍或按工艺要求设置，时间应保持 24h 或按工艺要求设置；

2 应记录整个过程的环境温度、压力变化，并对试验结果进行温度、压力

修正。气密性试验结束后，应将压力降低到 0.05MPa，保证管路内为正压。

【条文说明】气密性试验结束后，应保持管内正压，以避免空气进入管内导致高纯气体管路污染；

6.3.4 压力检测结果应按下列公式进行修正和计算：

1 压力试验的压力按公式 1 进行修正：

$$P = [(P_1 + P_0) \times (T_2) / (T_1)] - P_0 \quad (6.3.5-1)$$

2 压力下降值 h 按公式 2 进行计算：

$$h = (P - P_1) / P_1 \times 100\% \quad (6.3.5-2)$$

式中：P₀——大气压力，通常为0.101MPa；

P₁——初始表压，单位为MPa；

P₂——最终表压，单位为MPa；

T₁——初始环境温度，单位为K(K=°C+273.15)；

T₂——最终环境温度，单位为K(K=°C+273.15)；

h——压力下降值。

6.3.5 系统强度检测不应有压力下降，气密性测试，为避免昼夜温度变化和长时间试验时的压力波动，所以应记录整个试验过程的温度、压力变化，并对记录值进行温度、压力修正后压降值不得超过 1%。

6.4 管道系统漏率测试

6.4.1 氦检漏开始前应具备下列条件：

- 1 待检设备或管路已通过压力检测；
- 2 焊道、所有接头表面无遮蔽泄漏的物品；
- 3 所有敞口管密闭，设备稳固。

【条文说明】由于特种气体有易燃性、有毒、腐蚀性、氧化性、窒息性等特性，这些气体在生产作业过程中一旦发生泄漏将会引发作火、中毒、腐蚀和损害作业人员健康等事故。为防止泄漏，特种气体管道在进行气密性试验或泄漏性试验后还应进行氦检漏试验，以便严格检查控制管道系统可能出现的泄漏点，确保管道施工质量。

6.4.2 氦检漏方法：

- 1 检漏方法为内向检漏法；
- 2 内向检漏法(喷氦法)应采用管道内部抽真空，外部喷氦气的方法检漏，

测试管路系统的泄漏率；

3 氦检漏仪表应采用质谱型氦检测仪，其检测精度不得低于 1×10^{-10} mbar · L/s。

6.4.3 气体系统氦检漏的泄漏率应符合下列规定：

- 1 特气系统泄漏率不得大于 1×10^{-9} mbar · L/s；
- 2 用于制程气体的大宗气体系统泄漏率不得大于 1×10^{-9} mbar · L/s，其他系统按设计要求检测；

6.4.4 采用内向氦检漏方法的泄漏检测应按下列步骤进行：

- 1 将氦检测仪与待测设备或管路连接，测试路径阀门开启、末端接口封堵；
- 2 仪器通电预热，预热的最少时间按照仪器制造厂商的规定；
- 3 将设备或管路的泄漏率抽至小于 $1 \times 10^{-9} \text{mbar} \cdot \text{L/s}$ ，泄漏率处于下降趋势时，开始喷氦；
- 4 按照图纸用氦气喷枪对每一处可能泄漏点进行喷氦。每一处可能泄漏点应等待 10 秒，确认仪器无波动再对下一检测点进行检测，喷枪与被检测点的距离应保持在 6mm 以内；
- 5 喷氦时应遵循由近而远、从上至下的原则；

【条文说明】由于氦气相对分子质量小于空气，在喷氦过程中，氦气会在空气中不断上浮，故要求从上至下进行喷氦，避免误判。

6 检漏过程中泄漏率升高时，所有具备泄露风险点应进行隔离，并确认泄漏点。将氦检仪离线，泄漏点为接口处则更换垫片、泄漏点为焊道处则重新焊接，修补后应重新经过气密性检测合格后，再按规定进行氦检漏；

7 氦检完毕后，离线氦检仪，用纯度不低于 99.9999% 的高纯气体对设备或管路进行吹扫。

6.5 管道颗粒物、水分含量、氧分含量测试

6.5.1 颗粒物测试应按下列步骤进行：

- 1 吹扫待测设备或管路，使用高纯气体进行变压循环吹扫；
- 2 测试时将各支路阀门或堵头松开，取最末端点位，连接颗粒仪，整个系统不得出现无法吹扫的盲区；

【条文说明】取样点位的设置应具有代表性，在各个吹扫点位处于同条件吹扫情况下，应选取系统中距离气源点最远点作为取样点位。

- 3 接入仪器前，测试连接管应进行预吹扫 10min；
- 4 调整压力，进气口压力应满足测试设备对气体压力的要求；
- 5 开机检测，随时观察检测状况，出现非标准状态则重新测量，直至达标。

6.5.2 水分含量测试应按下列步骤进行：

- 1 使用高纯气体变压循环吹扫待测管路；
- 2 测试时将各支路阀门或堵头松开，取最末端点位，连接水分析仪，整个系统不得出现无法吹扫的盲区；
- 3 接入仪器前，测试连接管应进行预吹扫 10min；
- 4 调整压力，进气口压力满足测试设备对气体压力的要求；
- 5 开机检测，随时观察检测状况，直至达标。

6.5.3 氧分含量测试应按下列步骤进行：

- 1 使用高纯气体变压循环吹扫待测管路；
- 2 测试时将各支路阀门或堵头松开，取最末端点位，连接氧分析仪，整个系统不得出现无法吹扫的盲区；

- 3 接入仪器前，测试连接管应进行预吹扫 10min；
- 4 调整压力，进气口压力和气体流量满足测试设备的使用要求；
- 5 开机检测，随时观察检测状况，直至达标。

6.5.4 管道颗粒物数量、水分含量、氧分含量测试应满足下列要求：

1 颗粒物数量、水分含量、氧分含量的纯度测试均采用增量法进行评价，即从被测试特种气体管道的测试气体引入端获取引入的测试气体的颗粒、水分、氧分含量，同被测试管道排出口的测试气体的相关杂质含量进行比较，若增量值未超过规定值，判断为验收合格。

2 颗粒物数量测试参考限值：

- 集成电路行业，管路检测气体中大于等于 $0.1\mu\text{m}$ 的颗粒数增量小于 1 颗/28.3L，持续 5min；
- 显示器件行业，管路检测气体中大于等于 $0.1\mu\text{m}$ 的颗粒数增量小于 1 颗/28.3L，持续 3min；
- 太阳能电池行业，管路检测气体中大于等于 $0.3\mu\text{m}$ 的颗粒数增量小于等于 1 颗/28.3L；持续 3min；
- 其它行业满足工艺和使用要求及现行国标、行标中的最严要求。

3 水分含量测试参考限值：

- 集成电路行业，管路检测气体中水分含量增量 20min 内小于 $10\text{nL} \cdot \text{L}^{-1}(\text{ppbV})$ ；
- 显示器件行业，管路检测气体中水分含量增量 20min 内小于 $10\text{nL} \cdot \text{L}^{-1}(\text{ppbV})$ ；
- 太阳能电池行业。管路检测气体中水分含量增量 20min 内小于 $20\text{nL} \cdot \text{L}^{-1}(\text{ppbV})$ ；
- 其它行业满足工艺和使用要求及现行国标、行标中的最严要求。

4 氧分含量测试参考限值：

- 集成电路行业，管路检测气体中氧分含量增量 20min 内小于 $10\text{nmol} \cdot \text{mol}^{-1}(\text{ppb})$ ；
- 显示器件行业，管路检测气体中氧分含量增量 20min 内小于 $10\text{nmol} \cdot \text{mol}^{-1}(\text{ppb})$ ；
- 太阳能电池行业，管路检测气体中氧分含量增量 20min 内小于 $20\text{nmol} \cdot \text{mol}^{-1}(\text{ppb})$ ；
- 其它行业满足工艺和使用要求及现行国标、行标中的最严要求。

6.6 露点测试

6.6.1 露点测试条件应符合下列规定：

1 测试人员应确认被测区段已通过保压/耐压及氦气测漏并已形成合格的记录文件；

2 测试人员应在 PID 图纸上标出露点测试的区段，并将取样点和吹扫气体导入点在 PID 图上标出（取样点宜在系统最下游的测试阀、吹扫点或由建设单位指定测试端口）；

3 待测管路起端、各个末端应开启阀门或吹扫点，待测管路中间的切断阀不得关闭，整个系统不得出现吹扫盲区。

6.6.2 露点测试应按下列步骤进行：

1 连接露点仪至测试点（连接的临时测试管线要求为 EP 材质不锈钢管）；

2 设置仪器参数（参照设备中文操作指导书）；

3 待仪器读值稳定并达到测试标准后，即可通知建设单位管理人员或代表人员到场确认；

4 测试合格后，应把露点分析仪从系统中移出，并降低系统的流量；

5 测定结果以露点表示。

6.6.3 露点测试合格标准宜符合附录 D.1 规定。

6.7 油分测试

6.7.1 本节适用于不含腐蚀性的压缩空气或其他气体。

6.7.2 油分测试条件应符合下列规定：

1 确认被测区段已通过保压/耐压及氦检漏并已形成合格的记录文件；

2 测试人员应在 PID 图纸上标出油分测试的区段，并将取样点和吹扫气体导入点在 PID 图上标出（取样点宜在系统最下游的测试阀、吹扫点或由客户指定测试端口）。

6.7.3 油分测试步骤应符合下列规定：

1 连接残油量检测仪至测试点；

2 设置仪器参数（参照设备中文操作指导书）；

3 待仪器读值稳定并达到测试标准后，即可通知建设单位管理人员或代表人员到场确认。

6.7.4 油分测试合格标准根据设计要求的污染物等级确认测试合格标准，污染物等级和测试合格标准对应关系见表 6.7.4。

表6.7.4 污染物等级和测试合格标准对应关系

等级	总含油量(液态油、悬浮油、油蒸气) mg/m ³
0	由设备使用者或制造商规定的比等级 1 更高的要求
1	≤0.01
2	0.01~0.1

3	≤ 1
4	≤ 5
X	> 5

7 在线监测系统验收

7.1 气体探测系统

7.1.1 气体探测系统验收应符合下列规定：

1 特种气体探测器安装完成后，应检查探测器的数量、类型、标定时间、报警设定、安装位置、取样管长度、排放管排放位置、电源信号接线、出厂质量文件等内容；

【条文说明】应确认探测器的校定证书，并由建设单位代表或检查员确认并贴标定标签，标定标签的规范化管理是确保探测器可追溯性和状态可视化的关键环节。同时探测器显示器与探测器本体安装位置也应贴标签，并确认，以确保探测器可快速追踪。

2 根据控制逻辑图，应对探测器的报警和切断输出信号进行点对点模拟测试，并应保证联动控制和声光报警正确；

【条文说明】控制逻辑图宜附加注解，以增加可读性、可维护性。

3 探测系统验收时，应检查电脑内存、硬盘容量、CPU 选型、控制箱面板、输入输出设备位置和数量、电缆规格、电源、接地等设施，以及系统设置与设计文件的符合性；

4 对于可燃气体与有毒气体，气体管路应设置探测系统。探测系统应具备连锁报警和紧急切断功能。

7.2 气体在线分析系统

7.2.1 分析柜验收应符合下列规定：

1 分析柜内部分析仪器前端进气管线与阀件应使用 316L EP 级材质，出口管线宜使用 BA 级材质；

【条文说明】个别仪器安装管线使用要求可能存在差异，但应满足设计使用要求。

2 根据使用要求，应检查分析柜压力测试报告、氦检报告；

3 涉及易燃易爆气体的分析柜应设置泄露紧急切断连锁系统；

【条文说明】分析柜投用运行前需对连锁功能进行模拟测试，确保功能正常。

4 分析柜内部探头应定期检定。

【条文说明】应确认探头的校定证书，并由建设单位代表或检查员确认并贴校准标签，校准标签的规范化管理是确保探测器可追溯性和状态可视化的关键环节。

7.2.2 分析预处理系统验收应符合下列规定：

1 分析仪预处理管路需设置零点标定或检查系统，颗粒、水分、氧分分析仪应有零点纯化校正功能；

2 取样管路与预处理系统应当在合适位置设置减压装置和止回阀和隔膜阀，防止交叉污染；设计时先设计止回阀，其次设计隔膜阀，再设计调压阀。

7.2.3 气体分析系统验收应符合下列规定：

1 原料气纯度或组分应设置水分、氧分、颗粒分析仪，仪器应连续在线分析；

【条文说明】各类原料气体种类不同对杂质分析要求也会有所差异，在线分析仪配置应满足业主品控要求。

2 高纯气体种类应设置水分分析仪、氧分析仪、颗粒分析仪、色谱分析仪、质谱分析仪、油污分析仪、NH₃分析仪、SO₂分析仪；

【条文说明】各类高纯气体种类不同对杂质分析要求也会有所差异，在线分析仪配置应满足业主品控要求。

3 高纯气体输送系统应包括高纯气或外供高纯气流量计、成本核算所必需的用电、用水计量仪表等；

4 检查设备安装所处环境没有可飞溅的水源或任何液体，周边无生产设备干扰（物理性和强电磁干扰）；

5 检查已安装设备安装点处于非剧烈震动的设备表面或内部；

6 检查已安装设备物理安装锚点或装配用螺钉是否稳固且无松动；

7 确认设备工作环境的温度和湿度符合产品技术规格中关于温湿度的要求，设备工作温度宜为 20℃+/-2℃；

【条文说明】在线分析设备设计为连续质量控制，良好的环境是保障仪器使用寿命和数据稳定性的必要条件。

8 设备电缆绝缘层应无破损；

9 设备内部电源、信号、继电器接线正确。

7.2.4 取样系统验收应符合下列规定：

1 取样位置宜在过滤器后（3~5）米处；

2 取样系统的设计应使用快速循环系统和样品回收技术，超过 50 米取样管的柜内应设计旁通流量计；

3 仪器所有进样管线与辅助进样管线的材质应使用 EP 级管材，仪表分析废气排放管线可使用 BA 或 AP 级管材；

4 水分分析仪，氧分分析仪，色谱或者质谱分析仪可共用 1 个取样管线；而每一种气体颗粒需单独采用 1 个取样管线，同时弯管处应使用焊接弯头减少灰尘集聚，并避免使用具有积尘效应的元器件按，如减压阀，针阀等；

5 取样管路与预处理系统应当在合适位置设置减压装置、止回阀和隔膜阀，防止交叉污染；设计时先设计止回阀，其次设计隔膜阀，再设计调压阀。

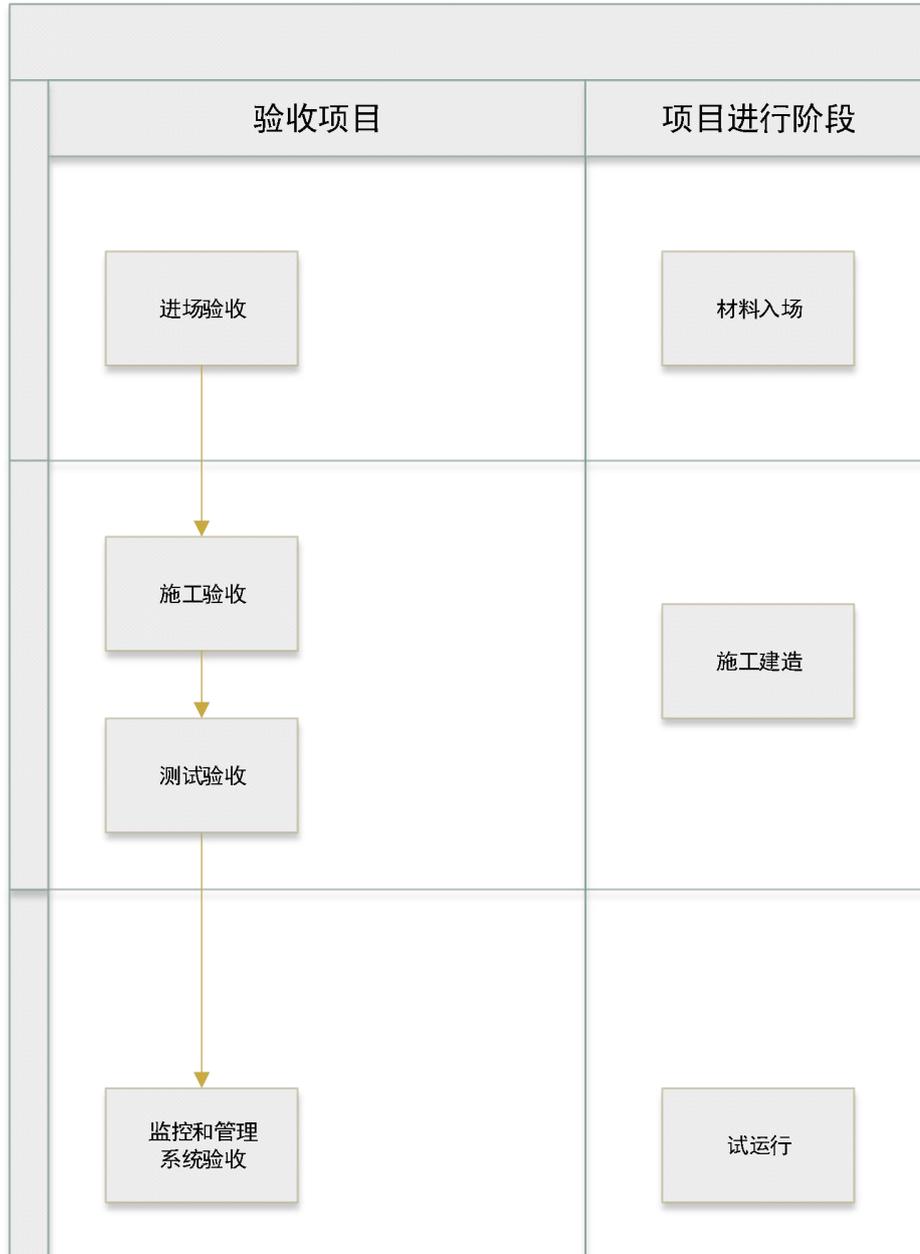
附录 A

(资料性)

电子工业气体系统验收流程

电子工业气体系统验收流程见图A.1。

图 A.1 电子工业气体系统验收流程图



附录 B

(资料性)

管道及附件技术要求

金属管道及附件化学成分见B.1。

表B.1 金属管道及附件化学成分

元素名称	标准		
	GB/T20878	ASTM-A269	JIS-G3459
C	≤0.030%	≤0.035%	≤0.030%
Mn	≤2.000%	≤2.000%	≤2.000%
P	≤0.045%	≤0.045%	≤0.040%
S	≤0.030%	≤0.030%	≤0.030%
Si	≤1.000%	≤1.000%	≤1.000%
Ni	10.0%~14.0%	10.0%~14.0%	12.0%~16.0%
Cr	16.0%~18.0%	16.0%~18.0%	16.0%~18.0%
Mo	2.0%~3.0%	2.0%~3.0%	2.0%~3.0%

元素名称	管道种类成分 (%)			
	TP304	TP304L	TP316	TP316L
C	0.08	0.035	0.08	0.035
Mn	2.00	2.00	2.00	2.00
P	0.045	0.045	0.045	0.045
S	0.030	0.030	0.030	0.030
SI	1.00	1.00	1.00	1.00

NI	8.0-11.0	8.0-12.0	10.0-14.0	10.0-15.0
Cr	18.0-20.0	18.0-20.0	16.0-18.0	16.0-18.0
Mo	-	-	2.00-3.00	2.00-3.00

附录 C

(资料性)

管道尺寸上下限要求

管道尺寸上下限要求见表C.1。

表C.1管道尺寸上下限要求

序号	尺寸	标准外径	标准壁厚	壁厚允许误差	壁厚允许下限	壁厚允许上限	外径允许误差	外径允许下限	外径允许上限
		mm	mm	%	mm	mm	mm	mm	mm
1	1/4"	6.35	0.89	±15	0.7565	1.0235	±0.13	6.22	6.48
2	3/8"	9.53	0.89	±15	0.7565	1.0235	±0.13	9.4	9.66
3	1/2"	12.7	1.24	±10	1.116	1.364	±0.13	12.57	12.83
4	5/8"	15.88	1.24	±10	1.116	1.364	±0.13	15.75	16.01
5	3/4"	19.05	1.65	±10	1.485	1.815	±0.13	18.92	19.18
6	1"	25.4	1.65	±10	1.485	1.815	±0.13	25.27	25.53
7	1-1/4"	31.8	1.65	±10	1.485	1.815	±0.13	31.67	31.93
8	1-1/2"	38.1	1.65	±10	1.485	1.815	±0.25	37.85	38.35
9	2"	50.8	1.65	±10	1.485	1.815	±0.25	50.55	51.05
10	2-1/2"	63.5	1.65	±10	1.485	1.815	±0.25	63.25	63.75
11	3"	76.2	1.65	±10	1.485	1.815	±0.25	75.95	76.45
12	4"	101.6	2.11	±10	1.899	2.321	±0.38	101.22	101.98
13	5"	127	2.77	±10	2.493	3.047	±0.38	126.62	127.38
14	6"	152.4	2.77	±10	2.493	3.047	±0.76	151.64	153.16

序号	尺寸	标准外径	标准壁厚	壁厚允许误差	壁厚允许下限	壁厚允许上限	外径允许误差	外径允许下限	外径允许上限
		mm	mm	%	mm	mm	mm	mm	mm
1	8A	13.8	1.2	-12.5%~+15%	1.05	1.38	±1%	13.66	13.94
2	10A	17.3	1.2	-12.5%~+15%	1.05	1.38	±1%	17.13	17.47
3	15A	21.7	1.65	-12.5%~+15%	1.44	1.90	±1%	21.48	21.92
4	20A	27.2	1.65	-12.5%~+15%	1.44	1.90	±1%	26.93	27.47
5	25A	34	1.65	-12.5%~+15%	1.44	1.90	±1%	33.66	34.34
6	32A	42.7	1.65	-12.5%~+15%	1.44	1.90	±1%	42.27	43.13
7	40A	48.6	1.65	-12.5%~+15%	1.44	1.90	±1%	48.11	49.09
8	50A	60.5	1.65	-12.5%~+15%	1.44	1.90	±1%	59.90	61.11
9	65A	76.3	2.1	-12.5%~+15%	1.84	2.42	±1%	75.54	77.06
10	80A	89.1	2.1	-12.5%~+15%	1.84	2.42	±1%	88.21	89.99
11	90A	101.6	2.1	-12.5%~+15%	1.84	2.42	±1%	100.58	102.62
12	100A	114.3	2.1	-12.5%~+15%	1.84	2.42	±1%	113.16	115.44

序号	尺寸	标准 外径	标准壁 厚	壁厚允许误 差	壁厚允 许下限	壁厚允 许上限	外径允 许误差	外径允 许下限	外径允 许上限
		mm	mm	%	mm	mm	mm	mm	mm
13	125A	139.8	2.8	-12.5%~+15%	2.45	3.22	±1%	138.40	141.20
14	150A	165.2	2.8	-12.5%~+15%	2.45	3.22	±1%	163.55	166.85
15	200A	216.3	4	-12.5%~+15%	3.50	4.60	±1%	214.14	218.46
16	250A	267.4	4	-12.5%~+15%	3.50	4.60	±1%	264.73	270.07
17	300A	318.5	4.5	-12.5%~+15%	3.94	5.18	±1%	315.32	321.69
18	350A	355.6	5	-12.5%~+15%	4.38	5.75	±0.5%	353.82	357.38
19	400A	406.4	5	-12.5%~+15%	4.38	5.75	±0.5%	404.37	408.43
20	450A	457.2	5	-12.5%~+15%	4.38	5.75	±0.5%	454.91	459.49
21	>450A	符合国家现行相关标准和设计文件的规定							

附录 D

(资料性)

露点与水分对照表

露点与水分对照见表D.1。

表D.1 露点与水分对照表

整数	小数									
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0	6092.22	6046.96	5997.01	5947.45	5898.26	5849.44	5800.99	5752.92	5705.20	5657.86
- 1	5606.20	5564.24	5517.96	5472.04	5426.47	5381.25	5336.37	5291.84	5247.64	5203.79
- 2	5155.95	5117.09	5074.23	5031.71	4989.51	4947.64	4906.09	4864.86	4823.95	4783.35
- 3	4739.08	4703.10	4663.44	4624.08	4585.03	4546.28	4507.83	4469.68	4431.83	4394.27
- 4	4353.30	4320.02	4283.33	4246.93	4210.81	4174.97	4139.41	4104.13	4069.12	4034.39
- 5	3996.52	3965.74	3931.82	3898.17	3864.78	3831.65	3798.78	3766.17	3733.81	3701.72
- 6	3666.71	3638.28	3606.93	3575.84	3544.98	3514.38	3484.01	3453.89	3424.00	3394.36
- 7	3362.03	3335.77	3306.82	3278.10	3249.62	3221.36	3193.32	3165.51	3137.92	3110.55
- 8	3080.71	3056.47	3029.76	3003.25	2976.96	2950.89	2925.02	2899.36	2873.90	2848.65
- 9	2821.12	2798.76	2774.12	2749.68	2725.43	2701.38	2677.52	2653.86	2630.39	2607.11
- 10	2581.73	2561.11	2538.40	2515.86	2493.52	2471.35	2449.36	2427.56	2405.93	2384.48
- 11	2361.09	2342.10	2321.17	2300.41	2279.82	2259.41	2239.16	2219.07	2199.15	2179.40
- 12	2157.86	2140.38	2121.11	2102.00	2083.04	2064.25	2045.61	2027.12	2008.79	1990.61
- 13	1970.80	1954.70	1936.97	1919.39	1901.95	1884.66	1867.52	1850.51	1833.65	1816.93
- 14	1798.71	1783.91	1767.61	1751.44	1735.41	1719.51	1703.75	1688.12	1672.62	1657.25
- 15	1640.51	1626.91	1.611.93	1597.07	1582.34	1567.74	1553.26	1538.90	1524.66	1510.55
- 16	1495.16	1482.68	1468.92	1455.28	1441.75	1428.34	1415.05	1401.87	1388.80	1375.84
- 17	1361.73	1350.26	1337.64	1325.12	1312.71	1300.41	1288.21	1276.12	1264.13	1252.25
- 18	1239.30	1228.79	1217.21	1205.73	1194.35	1183.07	1171.89	1160.81	1149.82	1138.92
- 19	1127.05	1117.42	1106.81	1096.29	1085.87	1075.53	1065.29	1055.13	1045.06	1035.09
- 20	1024.22	1.015.39	1005.68	996.04	986.50	977.03	967.65	958.36	949.14	940.01
- 21	930.06	921.99	913.09	904.28	895.54	886.89	878.31	869.80	861.37	853.02
- 22	843.92	836.53	828.40	820.34	812.36	804.44	796.60	788.82	781.12	773.48
- 23	765.17	758.42	750.99	743.62	736.32	729.09	721.93	714.83	707.79	700.81
- 24	693.22	687.06	680.27	673.55	666.89	660.28	653.74	647.26	640.84	634.47
- 25	627.54	621.92	615.73	609.59	603.52	597.49	591.53	585.61	579.76	573.95
- 26	567.63	562.51	556.86	551.27	545.73	540.24	534.80	529.41	524.07	518.79
- 27	513.03	508.36	503.21	498.12	493.07	488.07	483.12	478.21	473.35	468.54
- 28	463.29	459.04	454.36	449.72	445.13	440.58	436.07	431.61	427.19	422.80
- 29	418.04	414.17	409.91	405.69	401.51	397.38	393.28	389.22	385.20	381.22
- 30	376.88	373.36	369.49	365.66	361.87	358.11	354.38	350.69	347.04	343.42

整数	小数									
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
- 31	339.49	336.29	332.78	329.30	325.85	322.44	319.06	315.71	312.40	309.11
- 32	305.54	302.64	299.45	296.30	293.17	290.07	287.01	283.97	280.96	277.99
- 33	274.75	272.12	269.23	266.37	263.53	260.73	257.95	255.20	252.47	249.78
- 34	246.84	244.46	241.84	239.25	236.68	234.14	231.63	229.13	226.67	224.23
- 35	221.57	219.41	217.04	214.70	212.38	210.08	207.80	205.55	203.32	201.11
- 36	198.70	196.76	194.61	192.49	190.39	188.31	186.26	184.22	182.20	180.21
- 37	178.04	176.28	174.34	172.42	170.53	168.65	166.79	164.95	163.13	161.33
- 38	159.37	157.78	156.03	154.30	152.59	150.90	149.22	147.56	145.92	144.29
- 39	142.52	141.09	139.52	137.96	136.41	134.88	133.37	131.88	130.40	128.93
- 40	127.34	126.05	124.63	123.22	121.83	120.46	119.09	117.75	116.41	115.10
- 41	113.66	112.50	111.22	109.96	108.70	107.47	106.24	105.03	103.83	102.64
- 42	101.35	100.31	99.16	98.02	96.90	95.78	94.68	93.59	92.51	91.45
- 43	90.29	89.35	88.32	87.30	86.28	85.29	84.30	83.32	82.35	81.39
- 44	80.35	79.51	78.58	77.66	76.76	75.86	74.97	74.10	73.23	72.37
- 45	71.44	70.68	69.85	69.03	68.21	67.41	66.61	65.83	65.05	64.28
- 46	63.44	62.77	62.02	61.28	60.56	59.84	59.12	58.42	57.72	57.03
- 47	56.29	55.68	55.01	54.35	53.70	53.06	52.42	51.79	51.17	50.55
- 48	49.88	49.34	48.75	48.16	47.57	47.00	46.43	45.87	45.31	44.76
- 49	44.16	43.68	43.15	42.62	42.10	41.59	41.08	40.58	40.08	39.59
- 50	39.05	38.62	38.15	37.68	37.22	36.76	36.30	35.86	35.41	34.97
- 51	34.50	34.11	33.69	33.27	32.86	32.45	32.05	31.65	31.26	30.87
- 52	30.44	30.10	29.72	29.35	28.98	28.62	28.26	27.91	27.55	27.21
- 53	26.83	26.53	26.19	25.86	25.53	25.21	24.89	24.58	24.26	23.96
- 54	23.62	23.35	23.05	22.76	22.47	22.18	21.90	21.62	21.34	21.07
- 55	20.77	20.53	20.27	20.01	19.75	19.50	19.24	19.00	18.75	18.51
- 56	18.24	18.03	17.80	17.57	17.34	17.11	16.89	16.67	16.45	16.24
- 57	16.01	15.82	15.61	15.41	15.20	15.00	14.81	14.61	14.42	14.23
- 58	14.02	13.86	13.67	13.49	13.32	13.14	12.96	12.79	12.62	12.46
- 59	12.27	12.13	11.96	11.80	11.65	11.49	11.34	11.19	11.04	10.89
- 60	10.73	10.60	10.46	10.31	10.18	10.04	9.90	9.77	9.64	9.51
- 61	9.37	9.25	9.13	9.00	8.88	8.76	8.64	8.52	8.40	8.29
- 62	8.17	8.06	7.95	7.84	7.74	7.63	7.53	7.42	7.32	7.22
- 63	7.11	7.02	6.92	6.83	6.73	6.64	6.55	6.46	6.37	6.28
- 64	6.18	6.10	6.02	5.94	5.85	5.77	5.69	5.61	5.53	5.45
- 65	5.37	5.30	5.23	5.15	5.08	5.01	4.94	4.87	4.80	4.73
- 66	4.66	4.60	4.53	4.47	4.40	4.34	4.28	4.22	4.16	4.10
- 67	4.03	3.98	3.92	3.87	3.81	3.76	3.70	3.65	3.60	3.54
- 68	3.49	3.44	3.39	3.34	3.29	3.25	3.20	3.15	3.11	3.06
- 69	3.01	2.97	2.93	2.89	2.84	2.80	2.76	2.72	2.68	2.64
- 70	2.60	2.56	2.53	2.49	2.45	2.42	2.38	2.34	2.31	2.27
- 71	2.24	2.21	2.17	2.14	2.11	2.08	2.05	2.02	1.99	1.96

整数	小数									
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
- 72	1.92	1.90	1.87	1.84	1.81	1.79	1.76	1.73	1.71	1.68
- 73	1.65	1.63	1.60	1.58	1.56	1.53	1.51	1.49	1.46	1.44
- 74	1.42	1.40	1.38	1.35	1.33	1.31	1.29	1.27	1.25	1.23
- 75	1.21	1.20	1.18	1.16	1.14	1.12	1.11	1.09	1.07	1.05
- 76	1.04	1.02	1.01	0.99	0.97	0.96	0.94	0.93	0.91	0.90
- 77	0.88	0.87	0.86	0.84	0.83	0.82	0.80	0.79	0.78	0.77
- 78	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69	0.67	0.66	0.65
- 79	0.64	0.63	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55
- 80	0.54	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50	0.49	0.49	0.48	0.47
- 81	0.46	0.45	0.45	0.44	0.43	0.43	0.42	0.41	0.40	0.40
- 82	0.39	0.38	0.38	0.37	0.37	0.36	0.35	0.35	0.34	0.34
- 83	0.33	0.33	0.32	0.31	0.31	0.30	0.30	0.29	0.29	0.28
- 84	0.28	0.27	0.27	0.27	0.26	0.26	0.25	0.25	0.24	0.24
- 85	0.23	0.23	0.23	0.22	0.22	0.22	0.21	0.21	0.20	0.20
- 86	0.20	0.19	0.19	0.19	0.18	0.18	0.18	0.17	0.17	0.17
- 87	0.17	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14
- 88	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.12
- 89	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10
- 90	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08
- 91	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.070.5	0.07	0.07
- 92	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
- 93	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.046.6
- 94	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
- 95	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
- 96	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
- 97	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
- 98	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
- 99	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
- 100	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

注:该表为常压下空气中露点与水分对比数据。