

高纯气体输送系统施工质量控制要点

宫惜杰

上海市机电设计研究院有限公司, 上海市, 200040;

摘要: 光伏电池生产中需用到各式各样的气体, 要求各不相同, 我国建筑产业工人素质参差不齐, 需要工程管理人员在施工过程中加强管理, 加强质量控制。

关键词: 气体; 洁净; 质量控制

DOI: 10.69979/3029-2727.25.04.046

1 工程概况

本工程为上海电气光伏电池片及组件生产基地建设一期(第一阶段)项目。本工程涉及压缩空气、氮气等高纯气体的输送系统施工, 压缩空气、氮气输送系统管道采用BA不锈钢管。按照设计文件及使用方要求压缩空气品质需满足GB/T13277.1-2008《压缩空气 第一部分: 污染物净化等级》2-2-0的要求: 每立方米中固体颗粒尺寸 $0.1 < d \leq 0.5 \mu\text{m}$ 数量不超过100000颗, $0.5 < d \leq 1.0 \mu\text{m}$ 数量不超过1000颗, $1.0 < d \leq 5.0 \mu\text{m}$ 数量不超过10颗; 压力露点 $\leq -40^\circ\text{C}$; 不含油。高纯氮气系统经吹扫合格后按照《大宗气体纯化及输送系统工程技术规范》GB50724-2011中第11.5.10条规范要求进行颗粒测试、微量水分测试、微量氧分测试, 测试结果符合以下要求: 颗粒测试连续测试三次确认是否合格, 以每立方米中大于或等于 $0.1 \mu\text{m}$ 的颗粒小于或等于35颗为合格; 微量水分测试以水含量 $\leq 3 \text{ ppm}$ 为合格, 微量氧分测试为氧含量 $\leq 3 \text{ ppm}$ 为合格。

2 系统施工质量控制要点

总承包项目部依据设计文件、技术规范、施工规范, 针对人、机、料、法、环五类影响质量的因素, 制定了施工前重点管控人材机, 施工中重点管控方法和环境, 施工后加强QC和QA管理的管控原则。

2.1 施工前质量控制

2.1.1 施工人员管理

(1) 现场管理人员应查验所有参与项目施工人员的资格证书, 包括但不限于焊工证、管工证等。

(2) 施工前进行项目启动会, 对所有施工人员进行技术培训, 讲解施工标准及注意事项, 加强施工人员洁净意识, 并做好技术交底记录。

2.1.2 材料管理

(1) 每批材料到场时, 要根据标准进行检验, 不符合国家标准和工程要求的材料一律退回, 验收合格的方能用于本工程。材料验收时应注意避免清点、检查过程中发生污染及损坏。

(2) 主材储存区域必须为安全、干燥、通风、照明良好。所有管道、阀门、电气仪表放在货架上, 不准直接放于地面之上。

现场需使用管架放置管道, 注意管架之间管道不得出现弯曲现象; 不同等级管道(如BA、EP)需做明显标识分管架或分层放置。

主材储存区域保持湿度范围: 50%~80%, 有条件的情况下房间应配备除湿机和空调, 还应配备相应的消防设施。

主材存储区域地面应用PVC薄膜覆盖, 进入主材存储区域应更换无尘鞋(或洁净帆布胶鞋)。

2.1.3 设备设施管理

(1) 选用高纯施工专用设备工具

焊机设备: Swagelok/Arc专用轨道自动焊接设备;

高纯切割及平口设备: GF/T+C/Swagelok管道切割和端面平口设备;

特制不锈钢锯及不锈钢钢刷;

焊接用氩气吹扫系统, 含气体纯化器;

洁净室专用吸尘器

(2) 施工人员配备必要的洁净物品

无尘纸/擦拭布、洁净服、天然乳胶手套、用于封盖管道端面的密封套、电子级无尘无油封装袋等。

2.2 施工中质量控制

2.2.1 施工方法管理

(1) 管道切割预制

管道切割预制于洁净环境中执行，洁净度 1000 级，切割前确认配管表面无有害痕迹、破损。

管道切割时使用不锈钢专用切割器 (Stainless Steel 1 Tube Cutter) 或专用手动割刀缓慢进行切割，管径大于 25A 时，须保持切面直度 (90° ± 0.5)。

进行切面加工时，为防止切屑进入管内，使加工面处于下流，从下流冲放洁净的气体，加工后，使切面朝下，从上方敲打几次，去除切屑杂质。

切割后如管上附有切屑或其它杂质，用无尘布料 (LI NT-FREE CLOTH) 沾 IPA (异丙醇) 擦拭干净。切割后用专用的切面加工器处理切面，使端面平整。

切面加工完成后，确认切面处理是否良好。若检查合格，用高纯度工业用氮气清除配管外表。

确认配管内外无杂质或异常现象后，于两端加盖封密。

(2) 管道焊接

焊接作业前焊工必须经过技能认证，焊接作业流程和焊接试样合格后方颁发项目焊接证书，许可在项目中操作焊接设备进行焊接。

焊接时使用高纯氩气作为保护气体，对焊接及保护用氩气其出口处应达以下指标

氩气纯度不低于	99.9999%
氧含量不大于	1.0ppm
水分含量不大于	1.0ppm
总的碳氢化合物不大于	1.0ppm

为确保焊缝质量，正式施焊前以及焊接过程中任何一参数 (位置、气流、管径等) 发生变化，都必须做焊接试验 (即样品)，样品的焊接记录应登记在每天的日常焊接记录上面，经检验合格后方可正式施焊，焊缝成型必须均匀、美观。不允许有未焊透、未熔合、焊面内凹、气孔、错边等缺陷。

管道焊接完成，QC 应对管道进行焊道检查并记录，对存在问题的焊道粘贴不符合项标签。

对不合格的结束焊样、QC 检查中发现的不合格焊道，QC 人员应填写不符合项报告，并按不符合项处理流程处理。

焊接过程中，QC 人员应不定时检查焊工的操作程序是否规范。

管道焊接完成，并经 QC 检查合格后，管道两端应进行密封，如管口不能密封的，则管道应保持氩气不间断小流量吹扫。

完成焊接施工的管道，施工人员应及时粘贴管道标签、焊道标签 (焊道标签上应有焊工及 QC 人员签字)。

成排安装的管道配管施工完成后，应对每根管道进行调整和固定，管与管之间间距一致，整齐美观。

管卡与管道之间应有聚四氟乙烯垫片。

2.2.2 环境管理

现场焊接必须考虑环境的影响，施工阶段，从施工开始时即必须对微粒进行严密管理，在整个施工过程中每道工序和流程中，需采取防止微粒污染的措施，才能把微粒污染控制到最小限度，满足高纯气体对管路输送系统的要求。

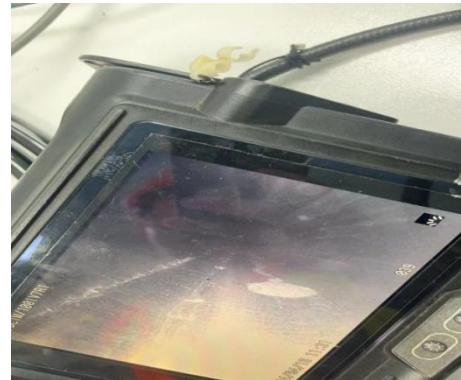
2.3 施工后质量控制

输送系统施工完成后，应该按照设计及《大宗气体纯化及输送系统工程技术规范》要求对压缩空气管道、氮气管道进行吹扫，吹扫合格后按照规范执行测试。

测试前确认吹扫、测试气体的纯度；测试过程中若发生问题，应进行检查，测试结果不合格的，QC 人员应填写不符合项报告并按照不符合项处理流程处理；测试后管道应及时密封或用超高纯氮气或氩气吹扫。

3 输送系统存在的问题

输送系统施工完成后，按照设计要求进行吹扫，吹扫白靶显示压缩空气、氮气管道内颗粒较多，含油含水。施工单位经过分析，认为吹扫时间不足，继续对管道吹扫。经过一个多月的吹扫，压缩空气、氮气管道内仍能吹出黑色颗粒，经过测试，压缩空气每立方米中颗粒物含量超过三十万颗，氮气每立方米中颗粒物含量超过十万颗，其余项目检测合格。采用内窥镜拍摄管道内部照片 (见图一)，发现管道内壁附着大量杂质，且焊缝有生锈现象，综上，判定输送系统管道施工不合格。



图一：管道内壁有杂质

4 原因分析

施工过程中总包方多次警示施工单位未按设计及规范施工,存在极大的质量隐患。针对现场施工存在的问题,总结原因如下:

1. 人的因素: 管工、焊工无证上岗, 项目部未对作业人员进行施工技术交底, 作业人员洁净意识差。
2. 机械设备的因素: 采用砂轮机切割管道(见图二)。
3. 材料的因素: 材料进场未经验收且直接堆放在地面上, 储存区域脏乱差; 个别钢管管帽缺失(见图三)。
4. 施工方法的因素: 管道加工未设置临时洁净区, 切管、焊接工艺及工序不规范。
5. 环境的因素: 管道施工过程中大气中扬尘大、微粒多, 对管道造成了污染。



图二: 采用砂轮锯切割钢管



图三: 钢管随意摆放

5 效果验证

项目部要求对施工不合格的输送系统工程做返工处理, 并在施工过程中严格按照质量控制要点执行。返工处理后, 压缩空气品质中颗粒度、压力露点、含油等级检测满足《压缩空气 第一部分: 污染物净化等级》2-2-0 的要求, 高纯氮气系统经吹扫合格后, 颗粒数量、水含量、氧含量测试符合《大宗气体纯化及输送系统工程技术规范》中第 11.5.10 条要求。

6 总结评价

本项目高纯气体输送系统施工, 项目部成员在项目刚开始即严把材料关, 并在施工过程中依据设计文件、技术规范、施工规范要求监督施工单位施工, 发现问题立即要求施工单位整改。虽然第一次测试未合格, 但是项目部成员经过施工过程中的学习, 已掌握了高纯气体输送系统施工质量控制要点, 在接下来的整改中目的性、针对性明确, 最终在二次检测中, 压缩空气、氮气各项指标达标。总结下来, 不管项目中哪一个施工环节、哪一个专业, 作为管理人员, 施工前一定要熟读设计文件及规范, 掌握施工要点; 出现问题后, 熟练使用人机料法环(4M1E)管理方法, 加强解决实际问题的能力; 解决问题后要举一反三, 查漏补缺, 避免同样的问题重复出现。作为工程管理人员, 我们要保持学习状态, 用科学管理指导施工, 做到提前预判, 加强管理, 要将质量控制要点认真落实下去, 落到实处, 规避质量缺陷、质量问题, 而不是问题出现后再来解决问题。

通过本次高纯气体输送系统施工质量控制要点学习与研究, 项目组成员巩固了专业知识, 管理能力得到了提升。项目组成员将再接再厉, 对施工过程中的重难点加强把控, 争创优质工程。

参考文献

- [1] 《压缩空气 第一部分: 污染物净化等级》(GB/T13277.1-2008)
- [2] 《大宗气体纯化及输送系统工程技术规范》(GB50724-2011)

作者简介: 宫惜杰, 出生年月: 1986.09, 性别: 男, 民族: 汉, 籍贯: 上海, 学历: 本科, 职称: 中级, 研究方向: 工程管理。