

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 $0.1\mu\text{m} < d \leq 0.5\mu\text{m}$ 数量不超过 100000 颗， $0.5\mu\text{m} < d \leq 1.0\mu\text{m}$ 数量不超过 1000 颗， $1.0\mu\text{m} < d \leq 5.0\mu\text{m}$ 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 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($90^{\circ} \pm 0.5$)。

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，于两端加盖密封。

(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。

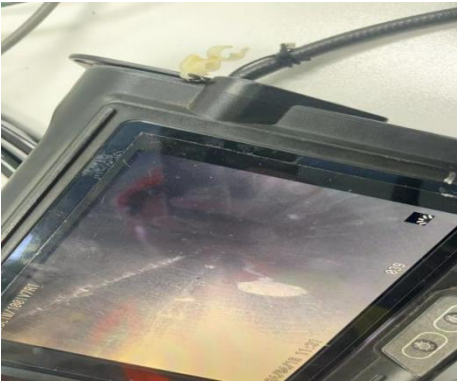
2.3 施工后质量控制

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；测试过程中若发现问题，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物、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:官惜杰,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。