

半导体厂房给排水系统材质选用与优化方案探究

陈本清

中国电子系统工程第二建设有限公司 江苏 无锡 214188

摘要: 半导体厂房给排水系统体量大, 系统分散, 给水、排水系统种类多, 给水系统前期做好管道材质选择, 避免水质问题引起管道腐蚀漏水; 重力排水前期设计做好规划, 避免坡度不足导致水流不畅、废水排放指标不合格, 动力排水采用合理方案避免倒流; 生产给水系统关系着工艺设备的稳定运行, 更应从运行角度出发, 优化设计思路, 严格把控过程施工。

关键词: 半导体; 给排水; 设计; 施工

引言: 半导体产业作为现代信息技术的核心支柱, 深度渗透于通信、计算机、物联网、人工智能等关键领域, 随着芯片制程工艺向高制程不断迈进, 半导体生产对厂房环境的要求愈发严苛, 而管道系统作为厂房的“血管”与“神经”, 承载着物料输送、废水排放等关键功能, 直接决定着生产线能否稳定运行、产品良率能否达标。

对半导体厂房管道系统进行全面、深入的总结, 不仅有助于规避运行风险, 还能推动实施方案的迭代升级。这对于保障半导体生产线的高效、稳定运行, 促进半导体产业的高质量发展, 具有重要的现实意义。

1 给水系统

1.1 给水系统简介

半导体项目给水系统分类:

IW (Industrial Water) 系统: 生产给水, 主要用作空机组加湿补水应急水源, 洗涤塔备用水源, PCW/空调水系统补水应急水源, 二层机台稀释/洗桶用水;

DW (Drinking Water) 系统: 生活给水, 用作二层及二层以上洗眼器及拖把池供水;

DIW (Deionized Water) 系统: 去离子水, 用作空机组加湿补水主要水源, PCW (工艺冷却水)/空调水系统补水主要水源;

CW (Civic Water) 系统: 市政给水, 用作负一层及一层洗眼器及拖把池供水;

RCW (Recycled Water) 系统: 回用水, 主要供应废气洗涤塔;

1.2 给水材质选取

对 XX 市自来水水质进行采样分析, 根据水质分析结果, 市政水质较好, 各项指标均达标, 其中氯化物指标低于不锈钢管要求的氯离子指标 25PPM^[1], 且菌群种类及数量也符合相关规范要求; 集成电路厂房对于建厂的基础技术要求和外观要求一直很高, 管道选材除了要

参考系统水质, 确保材质的可行性, 还要考虑管材的外观, 确保现场美观度, 同时往期厂房运行情况, 合理规避一些系统使用频率和人为因素带来的风险;

在某项目建设过程中, 往期运行厂房的给水系统全部采用 10S 壁厚 304 不锈钢管材质。但通过和业主深入交流后发现, 往期 DW 系统、IW 系统支管均在洁净室内出现了不同程度的漏水现象, 且大部分漏水点在焊缝位置。焊缝由于在焊接过程中受热产生脆性结构变化, 是整体管道最薄弱的位置, 针对此问题, 我们对问题产生原因做了一些讨论:

1) 人为焊接质量问题, 由于焊工在施工过程中责任心参差不齐, 加之工程师现场管控不到位, 造成焊缝质量问题;

2) 管件材质组分不合格, 某些微量元素超标, 造成焊接瑕疵, 产生极微小裂纹;

3) 水质问题, 由于一期洁净室内 DW/IW 管路主要供应洗眼器, 洗眼器为应急处理设备, 平时不常用, 这就造成管内水长时间不流动, 滋生一些菌群, 对焊缝位置进行腐蚀;

针对几个可能产生原因, 结合业主运行情况, 我们一一进行了比对, 发现三个问题都有存在的可能, 为了避免产生类似问题, 本期洁净室内 DW/IW 管路考虑选用三种材质, 即内衬塑镀锌管、钢衬塑法兰管及 UPVC 管;

内衬塑镀锌管: 承压高, 抗冲击/碾压性能一般, 有内衬塑层, 耐腐蚀, 施工难度一般, 使用寿命长, 管材及人工成本高; 钢衬塑法兰管: 承压高, 全法兰连接, 抗冲击/碾压性能优秀, 耐腐蚀性能优秀, 施工难度大, 管材及人工成本极高; UPVC 管: 常规半导体厂房用 UPVC 管, 为 SCH80 美标管, 承压一般 (最大承压: 水压 $\leq 0.5\text{mpa}$), 但耐腐蚀性能优秀, 抗冲击性能差, 施工简单;

考虑到 DW/IW 位于下技术夹层共架上方, 存在二

次配人员踩踏风险,内衬塑镀锌管的沟槽连接不可靠,人员踩踏会引起沟槽垫圈变形引起漏水,且UPVC管承压较低,综合考虑下,洁净室内DW/IW管路选用钢衬塑(P0)双端法兰管,采用法兰连接,洁净室外采用SUS304 10S不锈钢管,DIW、RCW、CW三个系统选用SUS304 10S不锈钢管。

钢衬塑法兰管施工难度较大,对于搬运存放、现场安装有较高的要求。

1. 搬运要求

衬塑管道、管件搬运时轻拿轻放,严禁抛掷、拖拽、翻滚、碰撞;吊装时使用尼龙吊带或加软质保护垫,严禁钢丝绳直接接触衬塑层;吊装点选在管道母材部位,避免吊拉法兰、衬层部位;短距离搬运时,用软质托板搬运,避免直接接触地面摩擦。

2. 存放要求

现场存放时,水平放置在专用钢制支架上,支架间距合理,防止管道弯曲变形;存放高度不超过2层,避免挤压;存放区域为干燥、阴凉处,避免阳光直射、雨淋、受潮,环境温度-10~40℃;法兰密封面贴专用保护膜,管口用塑料板/木板封堵,防止异物、灰尘进入;法兰保护盖在安装前不得拆除;管道、管件按规格、编号分类堆放,做好标识,严禁与尖锐硬物、溶剂、油品、腐蚀性介质混放。

3. 管道连接与安装要求

衬塑管道现场连接仅采用法兰连接,严禁焊接、丝扣连接;安装遵循先主管后支管、先设备侧后管道侧、分段安装的原则,严禁整体吊装连接,防止衬层损坏。管道安装总顺序严格按照以下步骤进行:支架安装验收→管道吊装定位→管道组对调整→垫片放置→法兰螺栓初拧(30%扭矩)→二次紧固(60%扭矩)→最终复拧(100%扭矩)→紧固标记→静置1小时→管道试压。

4. 关键安装环节要求

(1) 支吊架安装

1. 支吊架安装严格按设计图纸执行,支吊架的形式、材质、安装位置、间距符合设计及GB50235-2010规定;支吊架安装牢固,标高、水平度校核合格。2. 支吊架与管道接触部位加装橡胶垫或聚氨酯软垫,软垫厚度 $\geq 5\text{mm}$,避免硬接触划伤、损坏衬塑层;严禁支吊架直接接触衬塑层。3. 支吊架安装完成后,进行专项验收,验收合格后方可进行管道吊装,避免后期调整支吊架导致管道受力变形。

(2) 吊装定位

1. 管道吊装使用尼龙吊带,吊带宽度 $\geq 50\text{mm}$,吊装点对称设置,确保管道水平起吊,轻起轻落,避免滚动、撞击;严禁单点吊装、斜吊。2. 吊装定位时,管道缓慢靠近支吊架/设备接口,做好对位调整,不得强行推、拉、顶、撬,防止管体局部变形、衬层开裂。3. 管道就位后,用软质绳索临时固定,固定点垫软质保护

垫,避免损伤管道,临时固定牢固,防止倾倒。

(3) 管道组对与调整

1. 管道组对按图纸编号及预制顺序号进行,与原有管道/设备连接前,确认接入系统、规格、材质一致,避免接错。2. 法兰对接时,法兰面平行、对中,螺栓孔中心偏差 $\leq 1\text{mm}$,法兰平行度偏差 $\leq 0.5\text{mm}$;法兰对接无拉扯力、无强制对口,避免管道受力变形。3. 管道安装坡度符合设计要求,严禁出现倒坡现象。4. 调整管道时,严禁敲打、猛烈碰撞,严禁采用加热管子、加垫、加多层垫片等方法消除法兰接口端面的空隙、偏斜、错口、不同心等缺陷;缺陷超出允许偏差时,重新组对、调整。5. 所有系统管道从设备接口向计划预留的封闭管段顺序安装,需补管的部位预留在支管处或预留段,后期由厂家统一制作成品管件,按进场验收流程验收后安装。

(4) 垫片放置与法兰连接

1. 垫片采用EPDM或EPDM+PTFE复合垫片,垫片材质与输送介质性质匹配,垫片规格、尺寸与法兰密封面一致,无裂纹、破损、老化等缺陷,应用于有压给水管时采用5mm平垫。2. 与异种材质法兰面连接时(金属、玻璃、陶瓷、FRP塑钢等),必须加装专用保护垫片,防止损伤法兰密封面及衬塑层。3. 放置垫片前,清理法兰密封面,确保密封面光洁、无灰尘、油污、杂物;垫片居中放置在法兰密封面,不得偏斜、翘边。4. 法兰连接螺栓规格、数量符合法兰标准,螺栓材质与设计一致,螺栓露出螺母2~3个螺距,螺栓、螺母无锈蚀、滑丝。

(5) 螺栓紧固

1. 螺栓紧固采用扭矩扳手,按对角、2~3次均匀拧紧,严禁单侧过度施压,防止法兰面偏斜、衬层变形;2. 螺栓紧固分三级进行:初拧:施加30%设计扭矩,完成后检查法兰面间隙均匀;二次紧固:施加60%设计扭矩,再次检查法兰对中情况;复拧:施加100%设计扭矩,确保所有螺栓紧固力矩一致。3. 螺栓螺纹需清洁、无油污,必要时涂抹专用螺纹润滑剂,防止紧固时滑丝、咬死。4. 螺栓紧固完成后,在螺栓头与法兰面交接处做明显的紧固划线标记(红色油漆),标记清晰、牢固,便于后期检查是否松动;标记颜色与管道、法兰有明显区分。5. 螺栓紧固完成后,管道静置1小时,待管道应力释放后,再进行试压作业,避免应力导致试压渗漏。

综上所述,在建筑给水系统整体规划与专项设计工作开展的前期阶段,相关设计工作人员需要充分结合项目所在地域天然原水水质指标、当地供水管网基础条件、建设单位也就是甲方提出的功能使用标准与专项需求、施工现场场地条件、管线敷设施工操作难易程度、项目整体造价控制目标、后期运维管理投入成本等多重核心因素展开全方位、多层次的综合分析 with 统筹考量,基于项目实际工况因地制宜地科学、合理筛选适配性更强的给水系统管材品类,同步配套确定安全可靠、适配管材特性的管道连接施工工艺与连接方式^[2],通过前期精细

化、合理化的方案选型设计，从源头层面实现项目建设投资成本的有效管控与节约，同时提前规避因管材选型不当、连接工艺不匹配引发的管道渗漏、腐蚀堵塞、供水压力不足等各类后期长期运行安全隐患，最大程度降低给水系统投入使用后的故障风险与运维改造支出，保障整套给水系统长期稳定、安全、经济地持续运行。

2 排水系统
2.1 排水系统简介

常规半导体厂房排水系统分类：

(1) 一般排水：其中一般排水包括 MAU 冷凝回收排水、MAU 清洗排水、洗眼器重力排水、洗眼器压力排水、地坑（无废液）压力排水、拖把池排水、一般空调冷凝排水、洁净室二层地漏排水。

- (2) 废液排放：
- 1) 根据排放设备不同：洗涤塔风机排水、洗涤塔排水、围堰排水、风管排液、地坑（含废液）排水。
 - 2) 根据排液种类不同：酸性排水、碱性排水、有机排水、SLW 排水、含砷排水、一般废水。

2.2 排水管材选用

以某半导体厂房为例。该半导体厂房属于二期建设，旁边有已运行的一期厂房。二期厂房排液设计根据不同废液来源，不同废液种类以及区域进行了三级分类，所有废液分类、分设备、分区域排放，管路长度相比一期大幅度提高，在管材选取方面，除了考虑原一期方案，仍要考虑管材的优化，针对有机排液的废液排放种类进行了对比分析，如下：

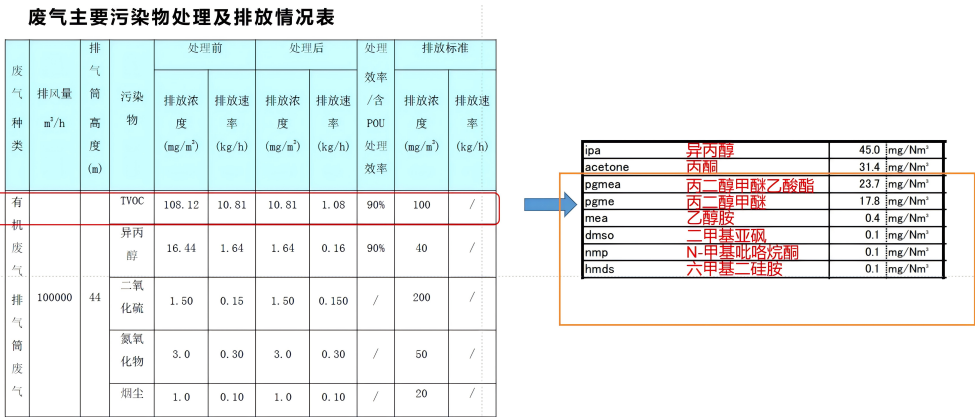


图 1 TVOC 主要种类

经过对比分析，PPH 完全耐受本期 TVOC 排放中的有机物种类，故而将原有 SUS304 不锈钢管优化为 PPH 管，节省成本显著^[3]。

2.3 排水方案优化

① 洗涤塔排水按照排放种类，单独设置立管分别排放至废水提升站储罐，围堰排水、屋面集管排水、风机排水在屋面汇合后，按照排放种类单独设置立管分别排放至废水提升站储罐。由于洗涤塔日常排水量大，废液按照三级分类独立排放，可有效避免屋顶废气塔排水引起围堰、低楼层风管排液倒灌问题，且方便后期运行期间排查废液来源。② 主洁净室下技术夹层风管排液按照区域分块，按照排放种类单独设置立管分别排放至废水提升站储罐。由于常规半导体厂房都属于大跨度，且排液在低处，属于重力排水，要考虑管道坡度问题，同时甲方为了保证洁净室空间的净空高度，不允许共架以下出现管道，为解决大跨度带来的坡度问题，采取分区单独排放的方式进行有效规避。

结语

半导体厂房给排水系统在管道材质的选型与确定过程中，需紧密结合输送流体的物理化学特性、系统长期运行的稳定性与安全性、实际使用工况等核心要素进行全面论证与综合考量，确保材质适配性与系统可靠性高度统一；在开展给排水系统设计方案、施工方案的深化工作时，应始终立足实际使用需求与后期运维便捷性，以保障系统稳定运行、功能达标为根本前提，科学推进方案优化与提质增效，最大限度规避因设计不合理、施工不规范等问题引发的后期运维成本增加、故障频发等隐患，切实提升系统全生命周期使用效益。

参考文献

[1] 刘佳伟. 洁净厂房静置给水管道的焊缝腐蚀成因及管材替代方案研究 [J]. 建筑机电安装技术, 2022 (12):36-40.
[2] 张磊. 洁净厂房给排水管道选材与法兰施工工艺研究 [J]. 建筑机电安装, 2021 (08):42-46.
[3] 李军. 半导体工厂酸碱有机废液 PPH 管道系统设计优化 [J]. 给水排水, 2023,59 (05):112-117.