

某集成电路芯片厂工艺循环冷却水系统设计

路健 刘成

信息产业电子第十一设计研究院科技工程股份有限公司 四川 成都 610021

【摘要】：工艺循环冷却水系统是集成电路芯片生产的重要支持系统，其特点是循环水量大，运行能耗高。如何在满足工艺设备对水温、水压、水质等需求的前提下合理设计，是系统后期运行的关键。本项目结合国内外同类工程的设计经验，采用开式循环冷却水系统，在满足项目分期实施的前提下，做到技术经济合理，安全可靠。

【关键词】：工艺冷却水；开式循环系统；一体化换热机组

引言

随着科学技术的发展，以集成电路芯片制造为代表的各种电子产品生产发展迅速。其生产过程都要求在受控环境条件下进行操作，同时还需严格控制直接与产品生产过程接触的各种用水、用电等系统。

1 项目概况

本项目占地约 430000m²（645 亩），包括新建一座 12 英寸 22nm 芯片生产厂房（FAB）、动力站（CUB）以及室外管廊等配套动力设施。其中：

FAB 厂房占地面积约 74000m²，建筑面积 250000m²。三层工艺设备区净化面积 61000m²，二层工艺设备区净化面积 6200m²，一层为动力支持区。主要生产区的净化等级 Class 100(0.3 μm)。

2 工艺循环冷却水（PCW）系统设计参数

系统容量（m³/h）3600（一期）+10800（二期）

供水压力（MPa）≥0.55（支干管末端）

供水温度（℃）15±1

回水温度（℃）18

供水水质 pH=6~9 导电率=40~80uS/cm

设计负荷 14400 kW（一期）43200kW（二期）

换热器 一期每台 1600 kW（8 用 1 备）二期每台 1600 kW（24 用 3 备）

3 系统组成

包括：设置于 FAB 厂房一层支持区的工艺冷却水动力站以及敷设于 FAB 一层支持区，二层、三层洁净区的工艺冷却水管路分配系统和相关的阀门附件等。

3.1 系统功能及要求

为冷却生产工艺设备提供冷量，使生产设备维持正常的温度。

不同的工艺设备对循环冷却水的水量、水温、水压和运行方式的要求不同，设计须通过合理的系统配置和控制来满足系统正常运行。

目前国内类似项目的 PCW 系统设计，为有效利用回水余压，节约站房面积，通常会采用设置定压补水装置的闭式循环冷却水系统。本项目采用开式循环冷却水系统，一方面是考虑到一期工艺设备为国外已有旧的生产线设备，需分批次搬入，调试后才能投入运行，相较于闭式系统而言开式系统更易调试；另一方面是考虑到业主习惯原有设备的开式运行模式，方便后期运行维护。所以本项目在前期方案阶段经与业主多次协商，最终确定为开式循环冷却水系统运行模式。

3.2 动力系统

本项目工艺冷却水（PCW）动力系统由开式水箱、换热机组（包括循环水泵、板式换热器、滤芯式过滤器）及供水管道、阀门、控制仪表等组成，设置在 FAB 厂房一层支持区 PCW 站房内，工艺循环冷却水系统一部分设备配置 E 电作为备用电源。站房内每套 PCW 供水机组设置一台就地控制盘，每台就地控制盘带远传信号功能，上传运行状态至控制中心。

开式水箱内的工艺设备冷却水经换热机组内的循环水泵加压后，依次通过板式换热器、过滤器，降温后的冷却水再由输水管网送至各使用点，使用后升温至 18℃的工艺设备冷却水再回流至开式水箱。工艺设备冷却水的冷媒采用冷冻水（12℃供水，16℃回水），补水采用纯水站反渗透（RO）出水。

工艺冷却水之供水标准为约 50μS/cm 反渗透（RO）出水，

以电导率作为水质监测指标。通过对回水侧电导率进行监测,当电导率达 $100\text{ }\mu\text{S/cm}$ 时,便自动打开电磁阀排水。当开式水箱水位低于最低水位,应将自来水作为应急备用水源,也可作为系统前期运行调试水源。自来水补水阀应在紧急状态下自动打开。

为监测系统水质情况, 需要实时在线监测 PH、电导率、ORP、NCM (不锈钢/铜/铝 3 种金属探头)、药剂浓度, 并将监测数据以 4-20mA 信号传输至 FMCS。项目设计有 4 套水质稳定处理装置 (一期 1 套, 2 期 3 套), 每套系统都要配备如上仪表监测功能。参见图 1 所示。

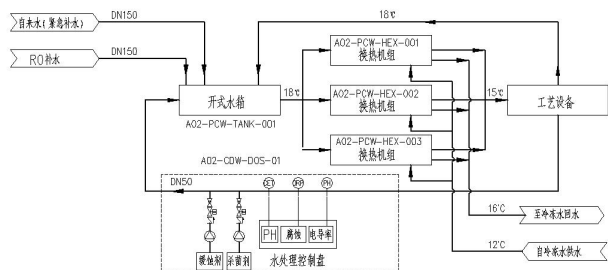


图 1 一期系统原理图

项目前期综合规划站房面积偏小，一期站房面积：开间 9.6mx4 跨，进深 9.6mx3 跨，使用面积约 1000m²，二期站房面积同一期（部分二期设备位于一期站房内），两个站房之间被其他动力站房分隔。而工艺要求的一、二期冷却水量差值较大，如何在有限的空间合理布置总量为 14400m³/h 的冷却水动力设备，同时满足工艺要求的开式系统，分期运行，是本次设计的重点和难点。

后期施工图阶段经多方技术比对，采用了组合式换热机组+开式水箱的模块化布置方式，也是目前国内最大的单台机组组合模块，系统配置 12 套 PCW 供水机组（一期 3 组，二期 9 组，每组供水量 $1350\text{m}^3/\text{h}$ ）以及 4 座不锈钢水箱（一期 1 座，二期 3 座，每座水箱有效容积 350m^3 ）。单台机组配置有 3 台水泵（每台 $Q=450\text{m}^3/\text{h}$ $H=90\text{m}$ $N=200\text{KW}$ ），3 台板式换热器（每台耗冷量 1600KW ），3 台滤芯式过滤器（每台过流量 $Q=450\text{m}^3/\text{h}$ 过滤精度 $40\mu\text{m}$ ）以及控制仪表、阀门等。

参见图 2~5 所示（二期站房布置与一期相同，设备均为二期配置）。

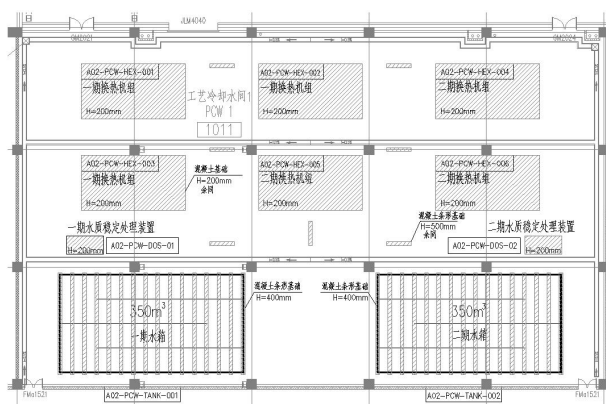


图 2 一期站房设备布置图

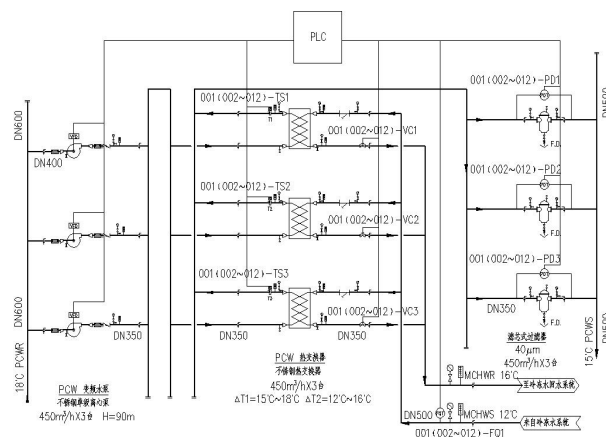


图 3 单台机组配置图

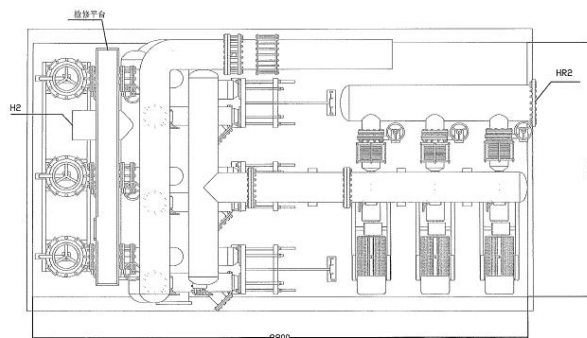


图 4 单台机组平面图

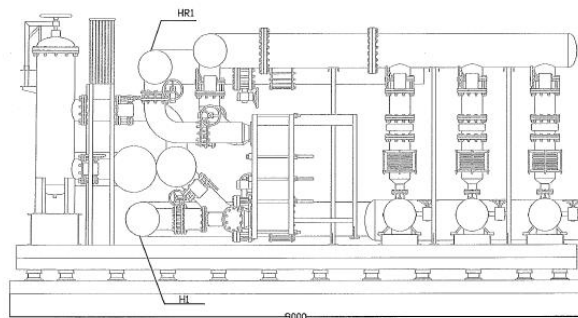


图 5 单台机组剖面图

工艺循环冷却水系统供水压力由变频加压水泵控制，通过调节水泵转速使整个系统最远端干管上的供水压力保持恒定。

水泵设计为无振动操作。泵和电动机安装在预制钢架基础和惰性基础上，管道配有柔性接头。

所有要求定期服务或维修的主要设备按 N+1 备用模式配置。包括但不限于所有控制系统、电源、所有的水泵、热交换器、过滤器、加药装置和相关元件等。

3.3 管路分配系统

工艺冷却水（PCW）管路分配系统用于供应 FAB 厂房二层的洁净支持区以及三层洁净生产区工艺设备的冷却水。

PCW 由 FAB 厂房一层的工艺冷却水站供应，从这里通过管桥分配到二层、三层 FAB 厂房的工艺设备。PCW 的设计主管尺寸一层为 DN300，二层为 DN800，三层为 DN200。

一层分配系统由敷设于中间区域的主管（DN300）分成几路支管（DN150）将 PCW 送到洁净室区域下技术层的生产设备的左右两侧（分期配管）。支管和输出阀门位于华夫板/架空地板下方，供/回水支干管在每跨（BAY）均预留 DN50 的阀门供工艺生产设备二次配接管待用。为克服管道水损，满足水力平衡，分配系统主管采用同程布置的方式，参见图 6 所示。二层、三层分配系统同理。

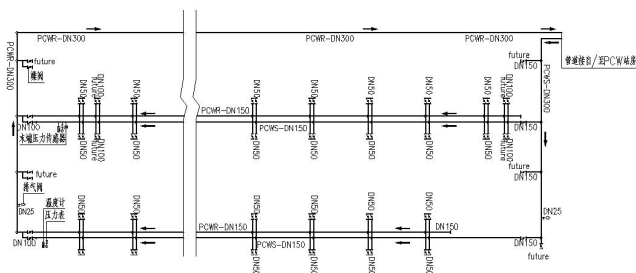


图 6 供/回水管路局部平面图

参考文献：

- [1] GB50472-2008 《电子工业洁净厂房设计规范》
- [2] GB50809-2012 《硅集成电路芯片工厂设计规范》
- [3] GB51122-2015 《集成电路封装测试厂设计规范》
- [4] GB/T50050-2017 《工业循环冷却水处理设计规范》

4 材料选择

目前国内大多数集成电路芯片制造工厂的 PCW 系统，凡与水接触的设备、管道及阀门、部件等均采用不锈钢材质，因其具有化学稳定性好、渗透性小、吸附性差等特性，输送的水质及耐压强度能满足生产工艺的需求。本系统材料配置参见下表 1。

表 1 设备及附件材料一览表

项 目	材 料	备 注
系统管道	不锈钢 SS304	
水泵	不锈钢外壳和叶轮	
水箱	不锈钢 SS304	开式/非承压水箱
换热器	板型换热器不锈钢 SS304	EPDM 垫圈
过滤器	SUS304 外壳	
温度计	不锈钢外壳	
压力表	不锈钢外壳	DN15 阀
蝶阀	铸铁外壳，SUS304 阀瓣	EPDM 垫圈
止回阀	铸铁外壳，SUS304 阀盘	EPDM 垫圈
球阀	不锈钢 SUS304	
保温	冷却系统的橡塑保温	非洁净区管路
基础	混凝土	惰性基础、减震材料

5 结语

近年来以集成电路芯片为代表的高新技术发展迅速，大规模的电子工厂应运而生，对生产过程所需的水系统配置要求高。因此本文根据工程项目特点，在满足电子产品生产工艺需求的前提下，做到节约资源、技术先进、经济适用、安全可靠，希望通过本文对大流量、开式 PCW 系统的梳理和归纳，为同行设计此类项目起到一定的借鉴作用。