

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.14.016

超大型电子工业洁净厂房给排水及消防系统设计

赵东升

(益科德<上海>有限公司, 上海 200070)

摘要: 以上海某技术领先的第 6 代 AMOLED 显示项目为例,介绍了超大型电子工业洁净厂房给排水及消防系统设计。该类项目洁净室体量大、消防系统多样、工艺用水量大、废水种类多。介绍了其机电系统、工艺辅助系统、消防给水及灭火设施的设计参数。设计要点包括生产水池均匀补水、现代化的节水管理计量网络、紧急淋浴洗眼器的水质保证、工艺用水的复用、冷却塔的选择、洁净室 FM 消防要求、化学品库消防设计、事故废水的收集等,并给出了相应的具体解决方案。

关键词: 第 6 代 AMOLED; 洁净厂房; 给排水设计; 消防系统设计

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2021)14-0099-06

Design of Water Supply and Drainage System and Fire Protection System for Super Large Clean Workshop of Electronic Industry

ZHAO Dong-sheng

(Exyte <Shanghai> Co. Ltd., Shanghai 200070, China)

Abstract: Design of water supply and drainage system and fire protection system for super large clean workshop of electronic industry was introduced and exemplified in a 6th generation AMOLED display project in Shanghai. This kind of project has large clean workshop volume, various fire protection system, large process water consumption and many kinds of wastewater. The present work introduced the design parameters from the aspects of mechanical and electrical system, auxiliary system, fire water supply and fire fighting facilities. The key design points were as follows: uniform water supply of the production tank, modern water-saving management and measurement network, water quality assurance of the emergency shower eyewash device, reuse of process water, selection of cooling tower, FM fire protection requirements of clean room, fire protection design of chemical warehouse, collection of accident wastewater, etc., and relevant solutions were eventually proposed.

Key words: 6th generation AMOLED; clean workshop; water supply and drainage design; fire protection system design

1 项目概况

随着智能手机、平板电脑等以触摸屏技术为主导的电子显示产品的快速普及,中小尺寸产品市场正重新焕发生命力,特别是以柔性 AMOLED(Active Matrix/Organic Light Emitting Diode)为主导的新型显示技术,正以其独有的性能优势,加速进军智能手机、平板电脑、穿戴式设备、车载、智能家居等市场。

AMOLED 是有源矩阵有机发光二极管面板。相比于 TFT-LCD 技术,AMOLED(有机发光显示)技术具有自发光、质量轻、厚度薄、速度快、亮度高、全视角、耐低温、健康护眼等特点,被视为继 LCD、PDP 之后发展潜力最大的新型平板显示技术。AMOLED 柔性屏幕不是采用传统的玻璃基板,而是采用柔性基板,让面板变得可弯曲,不易折断,这种

全新的技术助推了手机的变革。

上海某技术领先的第 6 代 AMOLED 显示项目产品定位为 AMOLED 中小尺寸显示器件及模组(部分柔性),使用玻璃基板尺寸为 1 500 mm×1 850 mm。总生产规模为 30 千片/月(含柔性 3.75 千片/月)。

本项目总投资 272.78 亿元,总用地面积 38.4×10⁴ m²,总建筑面积 75.7×10⁴ m²,项目总平面图见图 1,主要建筑物见表 1。主厂房总建筑面积约 39×10⁴ m²,其中洁净厂房面积约 32×10⁴ m²,这是上海有史以来最大的双层净化厂房,洁净区东西两侧设

支持区,建筑高度 40.22 m,为丙类高层厂房。

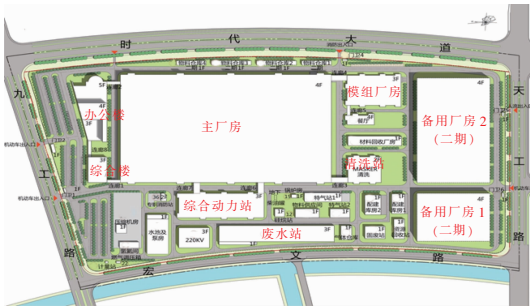


图 1 项目总平面图

Fig. 1 General plane layout of the project

表 1 主要建筑物

Tab. 1 Main buildings

项 目	层数	建筑面积/m ²	建筑高度/m	火灾危险性	地下建筑面积/m ²	备注
办公楼	4	20 981	21.45	民用		
综合楼	2	8 532	12.74	民用	2 900	地下室人防
主厂房	4	400 292	40.22	丙类		
模组厂房	3	23 405	23.75	丙类		
金属掩膜板(MASK)清洗站	3	8 859	23.75	甲类		
材料回收厂房	1	2 155	7.10	甲类		
餐厅	3	3 762	15.05	民用		
气体仓库	1	663	5.10	丙类		
资源回收站	1	931	5.10	丙类仓库		
配建库房 1	1	1 113	5.10	丙类仓库		
配建库房 2	1	1 053	6.05	甲类仓库		
固废站	1	1 099	5.90	甲类仓库		
硅烷站	1	228	5.60	甲类仓库		
特气站 1	1	1 311	6.05	乙类仓库		
特气站 2	1	693	6.05	甲类仓库		
物料供应间	1	852	5	甲类仓库		
废水站	3	25 512.16	23.80	丁类		
综合动力站	3	26 256	27.95	丙类		

本项目生产工艺流程主要包括阵列工程 (ARRAY)、有机蒸镀工程 (OLED)、模组工程。阵列工程和有机蒸镀工程分别位于主厂房 2 层和 4 层,模组工程位于模组厂房内。总体工艺流程见图 2。

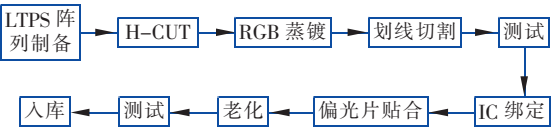


图 2 总体工艺流程

Fig. 2 Overall process flow chart

2 机电系统设计

水源工程:厂区自市政接入两路自来水引入管,管径 DN500,水压约 0.25 MPa,经水表和倒流防止

器后在厂区成环,全厂日用水量约 29 000 m³/d。在水池及泵房栋一期建设 1 座 7 200 m³(储存 8 h 生产原水)生产水池。

面板厂一旦停水将导致停产,损失极大,常规面板项目设计存储 24 h 生产水量的生产水池。结合上海地区市政供水比较可靠及本项目两路进水分别来自两座水厂,综合成本考虑储存 8 h 的生产原水。为避免水池瞬时大水量补水导致本厂区其他栋号及周边厂区无法正常取水,本项目室外给水管网设计作了相应考虑:给水管网在室外成 DN250 大环供室外消火栓,另设置一条 DN500 给水主管穿越厂区专供水池补水,并在水池补水管设置持压阀,控制阀后水压为 0.10 MPa,以保证水池恒压均匀补水。

本项目设计了现代化的节水管理计量网络。根据厂区工艺、设备和生活分开计量原则,分别安装相对应的用水计量管理水表,建立全面完善的多级用水计量管理网络,以便获得企业今后生产工艺用水单耗考核的依据。

建设远程水表数据自动传输采集网络信息系统,将现场实时用水数据纳入企业能耗监管中心。

可根据管理需要绘制用水量曲线图,按照设置打印用水统计数据报表,而且还可以按照事先预置的管理软件及时发现异常用水情况(例如用水点突发漏水故障等),快速处理解决所发现的不合理或浪费用水问题。

2.1 生活给水系统

直接利用市政水压供给地下一层和一层生活、生产、消防用水及回用水池补水。二层及以上楼层卫生间洗手盆、拖布池、茶水间、热水系统、紧急淋浴洗眼器用水由食品级不锈钢水箱+变频给水泵组联合供水。

在化学品仓库或供应间、纯废水站等有化学品的区域,设置紧急淋浴洗眼器^[1]。洗眼器由于很少使用,很多项目设计成枝状管网,形成死水,水质差,事故时不能保证安全使用。如何确保洗眼器水质,有以下三种方案:①从纯水站 RO 水箱单独设一套泵连接各紧急淋浴洗眼器,末端回前端软化水池,连接洗眼器处 U 接,保证活水并有 25℃ 左右的水温,冬季使用舒适。②从生活水箱间单独设一套泵连接各紧急淋浴洗眼器,末端回到回用水池,连接洗眼器处 U 接,保证活水。③紧急淋浴洗眼器就近接自各栋号生活给水管,末端接至卫生间拖布池,保证管路活水。最终业主考虑经济性选择了方案③,有效解决了紧急淋浴洗眼器死水的问题。

2.2 生产给水系统

本项目生产用水点多,考虑水压需求差别较大,生产用水设置 3 套变频生产泵组。泵组一为纯水制备系统提供原水,泵组流量 1 000 m³/h,单泵 $Q = 250 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 300 \text{ kPa}$,4 用 1 备。泵组二为屋面冷却塔、PCW、Local scrubber 应急补水,泵组流量 600 m³/h,单泵 $Q = 300 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 500 \text{ kPa}$,2 用 1 备。泵组三为屋面洗涤塔应急补水,泵组流量 36 m³/h,单台 $Q = 18 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 700 \text{ kPa}$,2 用 1 备。

2.3 中水系统

面板项目大量使用超纯水清洗玻璃,制水及清

洗废水量巨大,合理设计中水系统,可有效节水。中水系统原水采用纯水制备过程中产生的 RO 浓水、纯水系统杂排及空调冷凝水、废水站 MBR 出水(回用率 60%)等。MBR 出水约 8 436 m³/d,主厂房、模组厂房、MASK 清洗厂房的空调冷凝水约 1 240 m³/d。在废水提升站设置 FRP 桶槽,收集冷凝水。

MBR 出水经 ACF + RO 深度处理至回用水池,RO 膜采用超纯水系统折旧下来的废膜二次利用,经变频水泵供水至各用水点,设于废水站内。采用 2 套变频中水给水系统,系统 1 供给冷却塔补水、Local scrubber 补水、卫生间冲厕用水、动力设备补水,泵组流量 700 m³/h,单泵 $Q = 175 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 500 \text{ kPa}$,4 用 1 备。系统 2 供给屋顶洗涤塔补水,泵组流量 36 m³/h,单泵 $Q = 18 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 700 \text{ kPa}$,2 用 1 备。

2.4 循环冷却水系统

循环冷却水作为中温冷水机组、低温冷水机组以及空压冷冻机的冷源,设计循环冷却水总量为 47 500 m³/h。

针对采用大型工业塔还是小型空调塔以及是否选用 FM 认证塔做了比较。

小型空调塔特点:荷载小,有 FM 认证塔,但占地面积大,自带集水盘容易发生水泵启动时缺水气蚀及停泵时溢水现象。

大型工业塔特点:流量大,单模块尺寸大,高度高,占地小,能耗小(风机电量)运行成本低,常配套混凝土集水池,能满足循环冷却水泵稳定工作。但荷载较大,非标无 FM 认证,需配套设置喷淋系统加强防火。

综合比较,最终设计选用工业塔。单台冷却塔流量为 2 900 m³/h,选用 16 台冷却塔。冷却塔位于动力站屋面,选用方形开式逆流工业冷却塔,组合布置,采用混凝土水盘+母管的方式。冷却塔进/出水水温为 32/38℃,设计湿球温度为 29℃。补水采用中水和自来水,补水量 570 m³/h。

为保证水质,在循环冷却水系统中设置了化学加药装置,通过向系统中投加阻垢剂、杀菌剂等来控制水中的 pH 值、藻类和细菌等。循环冷却水系统设置旁滤系统,旁滤水量为 1 800 m³/h。在循环冷却水系统中设置了旁路和电动调节阀用以控制回水温度,保证冷冻机进水温度不低于冷冻机启动所需的最低温度。

2.5 排水

排水包括生活污(废)水、生产废水。厂区室外雨污分流,室内生活排水污废合流。厂区占地大,结合市政接口标高,经与环保局沟通,设置 4 个生活污水排放口,就近重力流排放。生活污水经格栅沉砂池处理,厨房污水经油水分离器后,达到上海市地方标准《污水排入城镇下水道水质标准》(DB 31/445—2009)后,排入市政污水管网。为避免冬季出现含油污水管油脂结冻堵塞管道的情况,本次设计采用油水分离器取代隔油池。

2.6 雨水

厂区屋面雨水重现期按 10 年、降雨历时按 5 min 考虑,加上溢流口的总设计重现期不小于 50 年。室外雨水重现期按 3 年、地面集水时间 15 min 考虑。考虑到上海地区土壤容易沉降,为避免屋面雨水管理地接检查井处出现 UPVC 管道脱落,本次屋面雨水外排至建筑周边雨水明沟,并采用 HDPE 管,电熔焊接。本项目共设 9 个雨水总出口,每个雨水出口前设闸槽井,内设 pH 计。若有废水泄漏进雨水管网,根据 pH 计联动关闭闸板阀,井内应急泵启动排至废水站事故水池。

化学品库、酸碱化学品供应间、废液收集间等化学品槽罐车充填区,均设置事故废水收集围堰及集水坑,后设切换阀门井,事故时提升废水至废水站处理,平时雨水排至雨水管网。

3 工艺辅助系统设计

3.1 超纯水及回收系统

超纯水及回收系统提供 MAU 加湿、PCW、锅炉补水所需的 RO 水,生产中清洗面板所需的超纯水、加氢超纯水,化学品配制用水。RO 水用水量 120 m³/h;超纯水用水量 1 250 m³/h(消耗量)。6 代线的玻璃基板尺寸为 1 500 mm × 1 850 mm,本项目业主既有 4.5 代线玻璃基板尺寸为 730 mm × 920 mm,根据玻璃基本的尺寸关系及 4.5 代线的实际超纯水的用量,并结合工艺清洗次数,估算出本期 6 代线的超纯水设计用水量。

系统流程主要包括多介质过滤器(MMF)、热交换器、活性炭过滤器(ACF)、2B3T、反渗透(RO)、混床(MB)、真空脱气膜、紫外线杀菌、抛光混床(MBP)、终端过滤(UF)等。除真空脱气膜、水箱及化学品罐外所有系统设备均按 $N+1$ 设置备用。预处理系统设置在动力站的一层,超纯水精制系统在

主厂房支持区二层和三层各设一套。RO 水箱前的补水及预处理系统设备采用一般电源供电,纯水精制和分配系统由应急电源供电。

为了节约水资源,回收生产线末道清洗废水作为超纯水预处理系统原水,在废水提升站设判定水池判定水质,纯水回收系统回收率 50%,水量 625 m³/h。玻璃清洗及清洗水回收流程见图 3。超纯水及回收水技术指标见表 2。

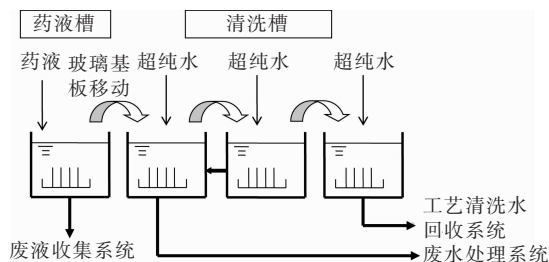


图 3 玻璃基板清洗流程

Fig. 3 Flow chart of glass substrate cleaning

表 2 超纯水及回收水技术指标

Tab. 2 Technical indicators of UPW and recycled water

项 目	UPW 指标	含氢 UPW 指标	回收水
电阻率(25 ℃)/ (MΩ · cm)	≥18	≥18	
电导率/(μS · cm ⁻¹)			<500
微粒子(≥0.1 μm)/ (个 · mL ⁻¹)	<5	<5	
微粒子(≥0.2 μm)/ (个 · mL ⁻¹)	<1	<1	
细菌个数/ (CFU · 100 mL ⁻¹)	<5	<5	
溶解氧/(μg · L ⁻¹)	<10	<10	
TOC/(μg · L ⁻¹)	<10	<10	<5 000
Na、K、Cu、Ca、Mg/ (μg · L ⁻¹)	≤0.2	≤0.2	
Fe、Zn/(μg · L ⁻¹)	≤0.2	≤0.2	
SiO ₂ /(μg · L ⁻¹)	≤1	≤1	
Cl ⁻ /(μg · L ⁻¹)	≤0.5	≤0.5	
水压/MPa	0.25 ± 0.02	0.25 ± 0.02	
水温/℃	23 ± 2	23 ± 2	
氢/(mg · L ⁻¹)		≥1	
pH 值			6 ~ 8
硬度/(mg · L ⁻¹)			<5
F ⁻ /(mg · L ⁻¹)			<2.5

3.2 工艺冷却水(PCW)系统

本系统供工艺生产设备所需的冷却水。系统补水采用 RO 水,应急补水采用加压生产水。主厂房

为开式系统,水箱氮封,系统供/回水温度为 18/24℃,冷媒为中温冷冻水,供/回水温度 14/21℃。系统由水箱、恒压变频水泵、板换、滤芯式过滤器等组成,均采用 SS304 不锈钢材质。使用点压力 0.5 MPa,过滤精度 5 μm 。每组水泵有一台水泵设置应急电,以防断电设备无法散热受损。

主厂房共设 4 套开式系统,系统一设计循环水量 2 500 m^3/h ,供 ARRAY 东侧工艺设备;系统二设计循环水量 2 300 m^3/h ,供 ARRAY 西侧工艺设备;系统三设计循环水量 2 200 m^3/h ,供 OLED 东侧工艺设备;系统四设计循环水量 1 700 m^3/h ,供四层预留工艺设备。模组厂房设一套闭式系统,设计循环水量 500 m^3/h ,由屋顶不锈钢膨胀水箱+工艺冷却水泵+板式换热器+滤芯式过滤器+管道及附件组成闭式循环系统,供模组厂房、MASK 清洗站、材料回收厂房工艺设备。

工艺循环冷却水系统配水管上压力通过压力控制器来调节变频水泵的转速以控制 PCW 系统的压力,所有水泵轮流担负变频。PCW 系统的流量、供回水压力、温度应被监视并传送至洁净室控制系统。PCW 供水温度由温度传感器进行监视。系统回水管上设有回水电导率监测设备,直接控制循环水箱的排污以保证循环水的水质。

3.3 生产废水系统

生产废水包括酸碱废水 6 874 m^3/d 、有机废水 2 522 m^3/d 、含磷和含银废水 576 m^3/d 、含氟废水 3 843 m^3/d 、TMAH 废水 1 802 m^3/d 、剥离废水 2 522 m^3/d 。废水分质经管道重力收集至主厂房一层半地下提升站,含银废水经车间树脂吸附装置预处理,经室外管架提升至废水处理站分别进行处理。部分处理后回用作为中水系统原水,其他预处理后排至市政污水管网,厂区设 1 个 DN800 生产废水排口,并设废水监测井。

项目排放废水中 F 及 Ag 需达到《半导体行业污染物排放标准》(DB 31/374—2006),其余污染因子达到上海市《污水排入城镇下水道水质标准》(DB 31/445—2009)后纳入市政污水管网。

设 2 000 m^3 有机、无机应急水池各 1 座,按不小于厂区排量最大的一种废水 6 h 排水量设计^[2]。为节约成本,事故池兼作化学品库消防废水池。

4 消防给水及灭火设施

本项目消防系统包括室内外消火栓系统、湿式

自动喷水灭火系统、雨淋系统、泡沫-水预作用系统、水喷雾系统、气体灭火系统、建筑灭火器系统。消防水系统采用稳高压消防给水系统。

本项目消防水源采用市政自来水,半地下消防水池共 1 300 m^3 ,均分为 2 座。消防水池与生产水池合建,生产水池补水通过消防水池溢流补水,保证消防水得到更新。在主厂房屋面设置 18 m^3 高位消防水箱,以提供初期消防水量。室内消火栓、自喷系统管道从消防泵房通过室外管架至各栋号,架空敷设便于检修。

4.1 室外消火栓系统

本项目室外消防水量最大的建筑为主厂房,高层丙类厂房,厂房内支持区设有仓库,消防水量按仓库取,室外消防用水量为 45 L/s,火灾持续时间为 3 h,市政 2 路供水引入管管径为 DN500,在厂区分出 DN250 的环网供给室外消防低压系统。

4.2 室内消火栓系统

本项目室内消火栓水量最大建筑为主厂房,高层丙类厂房,建筑耐火等级为一级,因厂房内有部分中间仓库,室内消防用水量为 40 L/s。火灾持续时间为 3 h,室内消火栓总水量 432 m^3 储存在消防水池内,由消防水泵加压供给。消火栓电动主泵 $Q = 40 \text{ L/s}$, $H = 900 \text{ kPa}$,1 用 1 备。稳压泵 $Q = 3 \text{ L/s}$, $H = 1 \text{ MPa}$,稳压罐 120 L。

4.3 湿式自动喷水灭火系统

洁净室区域按照 FM 要求设计,其他区域按照国家规范设计。洁净区采用快速响应喷头。

洁净室生产工艺的连续性要求,根据《电子工业洁净厂房设计规范》(GB 50472—2008)第 6.2.3 条规定:丙类生产的电子工业洁净厂房的洁净室(区),在关键生产设备设有火灾报警和灭火装置以及回风气流中设有灵敏度严于 0.01% obs/m 的高灵敏度早期火灾报警探测系统后,其每个防火分区的最大允许面积可按生产工艺要求确定^[1]。上下夹层及生产区形成的单个防火分区面积远超过《建筑设计防火规范》(GB 50016—2014)的规定,且生产中需要用到特气、易燃易爆化学品等,给人员疏散、消防补救造成很大困难,这就需要设计合理的自喷系统及时应对初期火灾。

主厂房内工艺设备贵重(如光刻机),光刻区洁净等级非常高,管道漏水将导致设备损坏或洁净环境遭到破坏。以台湾、新加坡及 FM 保险公司为代

表,采用湿式系统,湿式系统比预作用系统对初期火灾的控制效果更好,且湿式自动喷水灭火系统施工完成,经过试压后,是会产生管道漏水现象的,也没有因为管道漏水而损坏设备或破坏洁净环境的报道。为达到灭火效果,同时尽量避免管道漏水,本项目设计采用湿式系统,洁净区均采用加厚镀锌钢管,并采用FM认证卡箍件或法兰连接,喷淋主管避开光刻区,以最大限度减少漏水可能性。

洁净区喷水强度 $8\text{ L}/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$,作用面积 280 m^2 ,作用面积按NFPA 13要求设计。

4.4 雨淋系统

在硅烷站、动力站屋面冷却塔设有雨淋系统。硅烷站采用雨淋系统是为了着火时冷却硅烷钢瓶、储罐等设备,避免钢瓶及相关设备因过热发生爆炸。

近年来冷却塔着火事故时有发生,电子工业厂房项目循环冷却水量大,冷却塔数量多,一旦着火损失巨大。为降低着火带来的影响,除冷却塔每组之间采用防火板隔开、电机设置感温电缆外,还需设置雨淋系统及时灭火。本项目自动灭火系统用水量最大为动力站屋面冷却塔雨淋系统,参照NFPA 214,设计喷水强度 $20.4\text{ L}/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$,相邻两组塔体面积 380 m^2 ,水量 130 L/s ,火灾持续时间为 2 h ,自喷总水量 936 m^3 储存在消防水池内,由喷淋水泵加压供给。喷淋主泵 $Q=130\text{ L/s}$, $H=900\text{ kPa}$,一柴一电,柴油泵采用FM认证产品,稳压泵 $Q=3\text{ L/s}$, $H=1\text{ MPa}$,稳压罐 120 L 。

4.5 水喷雾灭火系统

在柴油发电机房设置水喷雾灭火系统,设计喷雾强度 $20\text{ L}/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$,持续喷雾时间 0.5 h 。水喷雾喷头工作水压 $>0.35\text{ MPa}$,系统的响应时间 $\leq 45\text{ s}$ 。采用感温、感烟探测器控制雨淋阀组,水喷雾喷头采用高速离心雾化型喷头。

4.6 泡沫-水预作用系统

配建库房的有机溶剂室及废溶剂间采用泡沫-水预作用系统,泡沫采用抗溶水成膜 $3\%\text{ AFFF/AR}$ 泡沫液。不采用湿式系统,是考虑着火时避免湿式系统管道内水先喷出产生流淌火,增加灭火难度。

4.7 气体灭火系统

MIS机房、CIM监控室设置FM200七氟丙烷气

体灭火系统,设计浓度 8% ,喷放时间 8 s 。主厂房6个变电所采用高压二氧化碳灭火系统,灭火浓度 40% ,喷放时间 60 s 。变电所设气体灭火是因为面积太大,配合建筑防火分区面积翻倍而设置。

MASK(金属掩膜板)清洗设备自带二氧化碳灭火系统。

4.8 建筑灭火器系统

本项目洁净区、变配电间采用二氧化碳灭火器,有机化学品区采用抗溶泡沫灭火器,其他区域采用磷酸铵盐灭火器。洁净区采用二氧化碳灭火器是为了避免误喷而破坏洁净室的环境,避免采用干粉及蛋白泡沫灭火器,但与现行《建筑灭火器配置设计规范》(GB 50140—2005)中A类火灾场所灭火器的选择有矛盾,设计时按行业规范设计。

5 结语

第6代AMOLED面板厂房体量大、用水量大,消防系统复杂,设计时不仅要重视工艺需求,也要重视消防安全和节能减排,水的复用率的提高还有待进一步研究和探索。

参考文献:

- [1] 住房和城乡建设部. 电子工业洁净厂房设计规范:GB 50472—2008[S]. 北京:中国计划出版社,2009.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development. Code for Design of Electronic Industry Clean Room: GB 50472 - 2008 [S]. Beijing: China Planning Press, 2009 (in Chinese).
- [2] 住房和城乡建设部. 薄膜晶体管液晶显示器工厂设计规范:GB 51136—2015[S]. 北京:中国计划出版社,2016.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development. Code for Design of Thin Film Transistor Liquid Crystal Display Plant: GB 51136 - 2015 [S]. Beijing: China Planning Press, 2016 (in Chinese).

作者简介:赵东升(1986—),男,安徽合肥人,本科,工程师,主管工程师,主要从事电子工业洁净厂房给排水、消防设计及项目管理工作。

E-mail:413237668@qq.com

收稿日期:2020-06-09

修回日期:2020-06-18

(编辑:孔红春)