

苏州西雅克水族科技有限公司

生产安全事故风险评估报告

苏州西雅克水族科技有限公司

2024 年 06 月 01 日

目 录

1	危险有害因素辨识	1
1.1	危险性分析	1
1.2	有限空间辨识	16
1.3	重大危险源辨识	17
2	事故风险分析	22
3	事故风险评价	23
3.1	评价方法	23
3.2	作业条件危险性分析	24
3.3	事故风险等级	25
4	结论建议	26

1 危险有害因素辨识

1.1 危险性分析

公司现有甲类车间（涉及甲基丙烯酸甲酯、邻苯二甲酸二丁酯、过氧化苯甲酰等）、甲类仓库（涉及邻苯二甲酸二丁酯、过氧化苯甲酰等）、甲类埋地储罐（涉及甲基丙烯酸甲酯）等。

1.1.1 产品工艺流程

公司产品为亚克力板及海洋馆系统亚克力部件，生产过程包括预聚合、水浴聚合、后加工等工序，具体工艺及流程见下。

图 1-1 产品生产工艺流程图

400-600 公斤)后加入聚合釜(R2001A~C,R2002A/B)。然后,将人工称重后的固态引发剂(过氧化苯甲酰 BPO,约 20 克)和脱模剂(硬脂酸,约 200-300 克)投入聚合釜内,整个进料时间约 15min。

进料完成后聚合釜夹套通蒸汽加热,常压下边加热边搅拌,温度至 85℃时停止加热,反应 5-6min;温度升至 95℃时聚合釜夹套通冷却水冷却至 35℃。同时,人工向聚合釜中投加增塑剂(邻苯二甲酸二丁酯 DBP,约 8-12 公斤),用于削弱聚合物分子之间的范德华力,增加聚合物分子链的移动性,降低聚合物分子链的结晶性,即增加了聚合物的塑性,并搅拌均匀。DBP 属于外增塑剂,它不与聚合物起化学反应,通过溶胀作用与聚合物形成一种半固体溶液。整个过程密闭进行,共需约 50min。期间 MMA 单体经引发剂作用,发生聚合反应生成聚甲基丙烯酸甲酯 PMMA,聚合度在 30%左右。该聚合过程代表性反应方程式如下:

MMA 在 BPO 引发下自由基聚合,一般有三个基元反应:链引发、链增长、链终止反应。

脱气:反应结束后泵入脱气罐(V2002A/B),进行抽真空脱气约 15 分钟。真空尾气主要污染物质为 MMA 和 DBP,接至废气处理装置(X2001)。本项目聚合釜产品不更换,不需进行彻底清洗,由于主原料 MMA 为液体,对聚合一定程度的本体有稀释作用,故次日生产进料搅拌就相当于对聚合釜的清洗,不需另行安排清洗。

放料:将冷却后液态的 PMMA 通过管道放料至吨桶内。

注入:PMMA 吨桶手推至生产车间 2,打开吨桶阀门,将液态 PMMA 注入到模具中。本项目所采用的模具经特别设计,均为有盖模具,盖子上仅留有 $\phi 80\text{mm}$ 左右的注料口,注料时,注料头通过注料口伸入到模具内进行注料。通过水池水压调节模具板之间的压力将模具和物料之间的空气排空。

水浴聚合：将注料好的模具在 40℃左右的水池中进行固化，温度根据模具的厚度稍作调整，使未聚合的甲基丙烯酸甲酯进一步聚合，水浴聚合的时间在 3-4 天，根据板材厚度不同调整，完全聚合后在水池中再加温至 100℃，使板材表面硬化达到一定的强度，12 个小时后再注入冷水降温至 30℃左右，板材会自动和玻璃模具脱开，从水池中吊起取出板材，再用清水清洁模具。模具可重复利用。玻璃模具的规格尺寸不定，根据客户订单可作改变。水池中的聚合用热水采用直通蒸汽进行加热。

脱模：将固化好的 PMMA（即热塑性弹性体）亚克力板从模具中取出，由于在反应时就加入了脱模剂，故 PMMA 板与模具较易分离，且无废脱模剂产生。脱模后的模具回用于注入工序，损坏的模具作为报废材料出售。脱模时，MMA 已全部聚合成 PMMA 亚克力板，基本没有异味产生。

项目聚合生产装置采用 DCS 系统集中监控，对装置生产过程中采取集中监测，显示，包括自动化控制系统、紧急停车系统，气体泄漏检测报警装置和火灾报警系统。

聚合生产装置设置了温度等监测、控制点，对装置进行了安全联锁控制（控制过程都有声光报警）：高位槽利用液位计控制流量并设置溢流口，当液位控制系统失灵时，满溢出来的甲酯可以通过回流槽回流至储罐内，预聚合釜内的温度和预聚合反应釜夹套冷却水进水阀进行联锁，如果反应釜内温度超过设定值，显示温度超高报警，则自动开启循环冷却水进行强制冷却。若温度仍然超温，显示温度超高高报警，则自动开启泄放阀门直接泄放至接受槽内。蒸气疏水阀前的工艺手动阀门为 SIS 切断阀，实现联锁时自动切断水蒸气、打开冷却水，凝液排水阀由 DCS 控制，联锁时，自动切断水蒸气进出口阀门，同时打开冷却水进出口阀和凝液排水阀，凝液排水阀在延时后应自动关闭。

二、海洋馆系统生产工艺流程

项目海洋馆系统涵盖了四大部分：制定设计方案、维生系统设备的采购、部件组装和现场施工。

根据客户要求对海洋馆系统的方案设计和维生设备的采购，并在生产车间 1 内将小型零部件进行组装。亚克力板的机械加工：PMMA 亚克力板根据设计方案，按照具体使用部位及客户要求，进行切割、机床加工、拼接、打磨、烘弯、钻孔等机械加工。加工过程中采用湿式作业较多，因此切割、打磨等工序产生的粉尘量较少，不考虑集中收集。

20 套水族维生系统包括六个子系统：机械过滤系统、蛋白分离系统、杀菌系统、加温控制系统、生化过滤系统和隔离展示系统，在厂内的生产内容仅为高档亚克力板——隔离展示系统的生产，其余子系统均根据客户要求的设计方案采购，各系统齐全后运至客户单位现场施工组装，最终进行维护。

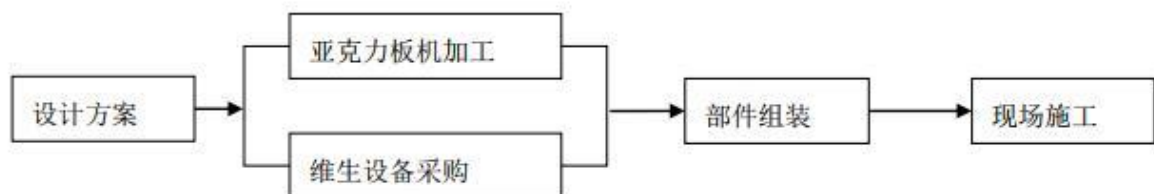


图 1-2 海洋馆系统工艺流程图

1.1.2 主要设备设施

苏州西雅克水族科技有限公司主要设备设施见表1.1-1所示。

表1.1-1 主要设备一览表

序号	设备名称	规格型号	数量 (台)	备注
1	MMA 储罐	DN3000×6500 V=50m ³	1	地埋罐
2	聚合釜	DN1000(1100)×900,V=0.8m ³	3	压力容器
3	聚合釜	DN900(1000)×750,V=0.5m ³	2	压力容器
4	MMA 高位槽	DN1200×1200,V=1.5m ³	1	
5	MMA 高位槽	DN1000×1000,V=1.0m ³	1	

6	脱气罐	DN1300×1500,V=2.0m ³	2	
7	收集罐	DN800×1000,V=0.5m ³	2	
8	真空缓冲罐	DN1200×1500,V=2.0m ³	2	
9	氮气缓冲罐	DN1200×2710,V=2.2m ³	1	压力容器
10	分汽缸	DN219×1800,V=0.1m ³	1	压力容器
11	泄放罐	DN800×1000,V=0.5m ³	1	
12	应急泄料槽	2000×1000×1000, V=2m ³	1	
13	冷凝器	DN325×2000,F=10 m ²	2	
14	MMA 输送泵	Q=6.3m ³ /h H=32m	1	
15	真空泵	WLW-50BC	2	
16	循环水泵	Q=100m ³ /h H=50m	3	
17	轴流风机	YBZF-6314	6	
18	电子除垢器	DLGDC-I-150	1	
19	PMMA 计量罐	DN1000×1300 V=1m ³	3	
20	固化池	地下池、 14000×5700×4000(H)V=319.2m ³	4 组	
21	固化池	地下池、11000×5700×4000(H), V=250.8m ³	1 组	
22	固化池	地下池、 11000×9700×4000(H)V=426.8m ³	1 组	
23	固化池	地下池、14000×2900×4000(H), 11000×2900×4000(H), V=290m ³	1 组	
24	移动泵	离心泵	7	
25	低温水系统	螺杆式水冷机组 58.8kW,温差 8℃, 带低温水泵及低温水储罐	2	
26	行车	LDE10+10-19.5A3	1	特种设备
27	行车	LDE10+10-19.65A3	2	特种设备
28	行车	LH20-19.5A3	1	特种设备
29	行车	LH20-16.5A3	1	特种设备
30	行车	LDA20-16.5A3	1	特种设备
31	行车	LDA10-10.54A3	2	特种设备
32	行车	LDA10-13.78A3	2	特种设备
33	行车	LDA10-16.5A3	6	特种设备
34	吸风罩	400×400mm, 2m/s	7	
35	铣床	7150	1	
36	铣床	XH-XK3510-10M	4	
37	空压机	2.3m ³ /min	1	
38	空气储罐	2m ³	1	压力容器
39	切割设备	Makita5103N-Φ335	20	
40	锯床	G5340150-1100	1	
41	研磨机	手推式	10	

42	烘房	11.3×5.3×2.8	2	
		7.5×5.3×2.8	1	
		3×5.3×2.8	1	
		15×5.3×2.8	1	
43	工作平台	9000x3000x400	3	
44	工作平台	6000x3000x400	3	
45	尾气吸收装置	过滤器、两级冷凝+吸附 5000m³/h	1	
46	变压器	2BW-12/0.4-250	1	
47	循环水塔	100m³/h	1	
48	柴油发电机	ZM12S351D 200KW	1	

1.1.3主要原辅料

苏州西雅克水族科技有限公司主要原辅料见下表1.1-2。

表1.1-2 主要原辅料表

序号	名称	规格或浓度 (%)	危化品序号	年消耗量 (t)	最大库存量(t)	火灾危险类别	状态	储存形式	储存地点	备注
1	甲基丙烯酸甲酯 (MMA)	99.5	1105	6000	47	甲类	液态	储罐	埋地储罐区	
2	邻苯二甲酸二丁酯 (DBP)	99.5	/	180	10	丙类	液态	桶装	甲类仓库隔间一	
3	硬脂酸	99.0	/	60	3	丙类	固态	袋装	甲类仓库隔间一	
4	过氧化苯甲酰 (BPO)	52-62	874	0.6	0.2	甲类	固态	袋装	甲类仓库隔间二	
5	氮[压缩的]	99	172	8000Nm³	72Nm³ (12瓶)	戊类	气态	40L气瓶	生产车间3	

表1.1-3 主要化学品理化性质

名称	CAS 号	理化性质	危险特性
甲基丙烯酸甲酯	80-62-6	无色易挥发液体，并具有强辣味。微溶于水，溶于乙醇等。熔点：-50℃；沸点：101℃；相对密度（水=1）：0.94（20℃）；相对密度（空气=1）：3.45；饱和蒸气压：5.33KPa（25℃），闪点：10℃；爆炸上限%（V/V）：8.20；爆炸下限%（V/V）：1.70；	易燃品
邻苯二甲酸二丁酯	84-74-2	无色、无臭、油状液体。不溶于水，可混溶于多数有机溶剂。熔点：-35℃；沸点：340℃；相对密度（水=1）：1.05；相对密度（空气=1）：9.58；饱和蒸气压：0.15KPa。闪点：157℃；爆炸下限%（V/V）：0.5	可燃品
硬脂酸	78-67-1	白色略带光泽的蜡状小片结晶体。不溶于水，稍溶于冷乙醇。熔点：56~69.6℃；沸点：232℃（2.0kpa）；相对密度（水=1）：0.87；相对密度（空气=1）：9.8；饱和蒸气压：0.13KPa（173.7℃）。	易燃、无毒
过氧化苯甲酰	57-11-4	白色透明晶体。不溶于水，溶于乙醇、乙醚、甲苯等。相对密度（水=1）：1.1（20℃）；熔点：110℃（分解）。遇高热、明火或与氧化剂混合，经摩擦、撞击有引起燃烧、爆炸的危险。受热时性质不稳定，40℃逐渐分解，至 103-104℃时激烈分解，并散发出较大热量，能引起爆炸。	易燃

1.1.4 公用工程设施

一、供电

公司用电由园区供电系统提供，供电电压等级 10Kv。公司内部通过 1 台 500kVA 变压器输出，全厂总装机容量约为 560kW，其中二级负荷装机容量共 246kW（消防负荷 141kW），三级负荷装机容量为 323kW，按公司达产用电量估算，年用电量为 50 万 kWh；同时另配 1 台 250kW 柴油发电机组作为备用电源，用于甲类车间、消防应急系统、消防泵房的应急用电。柴油发电机所用柴油常备 0.2t，存放于柴油机房油箱间。

公司仪表和可燃气体报警系统、火灾报警系统均采用市电和备用发

电机供电，UPS 容量为 3000VA/2400W，持续供电时间 1 小时。

二、给排水

1、给水

公司由市政给水管网接入水管，水质满足生活、生产用水标准。主干管管径为 DN150，供水压力 0.3MPa，支状供水；支管由主干管引出，布置到各用水点和预留接口节点。

公司用水主要包括生产用水、循环系统补充、生活用水、绿化及道路浇洒用水等。公司自来水用量为 8810t/a，由市政管网供给。

公司聚合反应时需用循环冷却水 95m³/h，由设置在生产车间 3 外的 1 台循环量 100m³/h 的循环冷却塔提供。循环水进水管径为 DN150，进水温度 32℃；回水管径为 DN150，回水温度为 42℃；循环水供水压力为 0.4MPa。所选设备满足公司需要。

2、消防给水

公司设置消防泵房和消防水池（容积 810m³），在消防泵房内配备有消防水泵、稳压泵等消防供水设施。喷淋泵 XBD12.0/45-150L，Q=45L/s，H=120m，N=75kW，室外消火栓泵 XBD2.6/40-125L，Q=40L/s，H=26m，N=22kW，室外消火栓稳压泵 XBD3.1/5-65L，Q=5L/s，H=31m，N=4kW，室内消火栓泵 XBD7.0/20-100L，Q=20L/s，H=70m，N=30kW；厂区消防给水管网环状布置，消防给水干管 DN200，厂区室外消火栓布置间距装置区和罐区不大于 60m，其他区域不大于 120m，消火栓保护半径不大于 150m。

3、排水

公司产生的废水主要为固化水池定期排放的弃水、冷却塔弃水、车间地面清洁废水、初期雨水和生活污水。污水产生总量≤12810t/a。

固化水池排水、车间地面清洁废水、初期雨水、生活污水等由各个

产水点经管道收集混合后通过动力输送至园区污水管网进入胜科水务有限公司进行统一处理，处理达标后排入长江。

冷却塔弃水可达到园区对清下水的排放要求后排入市政雨水管网。

三、蒸汽系统

公司使用的热源主要是饱和水蒸汽，由长源热电公司供应，蒸汽温度约为 184°C ，供热压力为 1.0MPa ，经减温减压后供厂区使用，蒸汽温度减为 152°C ，蒸汽压力为 0.4MPa 。长源热电厂的蒸汽输送管路直达厂区。全年全天供热，保证了洁净、安全、便利的热能供应。公司年用蒸汽约为 3300t 。

四、供气

①氮气：公司所用氮气以外购氮气钢瓶组的形式供应，瓶组压力为 12Mpa ，容积为 $90\text{m}^3/\text{瓶组}$ 。生产车间 3 内设有氮气缓冲罐，主要用于工艺保护气和储罐氮封，所需氮气为 $8000\text{Nm}^3/\text{a}$ 。

②压缩空气：公司设置仪表气系统，设一只 $2.3\text{m}^3/\text{min}$ 的螺杆式压缩机，储气罐 1 只 2m^3 ，年用压缩空气 4800m^3 。

1.1.5 生产过程危险性分析

一、高档亚克力板生产过程中危险有害因素辨识分析

甲基丙烯酸甲酯为易燃液体；邻苯二甲酸二丁酯为可燃液体，若生产过程中管道破损导致物料泄露，其蒸气与空气可形成爆炸性混合物，遇明火、高热能引起火灾爆炸的危险。

聚合反应为放热反应，若冷却装置失效或搅拌故障，导致物料在反应釜内结焦，导致反应釜内部超温超压，满溢的物料有导致反应釜容器爆炸的危险。反应釜内可燃性物料由于爆炸泄露，有造成火灾爆炸及人员中毒的二次事故的危险。

甲基丙烯酸甲酯为高电阻率液体，在输送过程中若流速过快，极易产生静电。若管道等设备的静电导出装置缺失或失效，有引起火灾爆炸的危险。甲基丙烯酸甲酯具有自聚性，在加料和反应过程中若发生自聚，温度升高，有造成火灾爆炸的危险。

过氧化苯甲酰是强氧化剂。干燥状态下非常易燃，遇热、摩擦、震动或杂质污染均能引起爆炸性分解。急剧加热时可发生爆炸。与强酸、强碱、硫化物、还原剂、聚和用助催化剂和促进剂如二甲基苯胺、胺类或金属环烷酸盐接触会剧烈反应。

不锈钢吨桶在装料与放料时，若防静电连接缺失或失效，有导致火灾的危险。

蒸汽管道若保温防护设施缺失或破损，有造成操作人员高温灼烫的危险。

进行氮气吹扫时，若管道、阀门等处破损，导致氮气泄漏，有造成操作人员窒息的危险。

放料过程属于人工操作，若操作人员失误导致聚甲基丙烯酸甲酯泄露，遇点火源有引起火灾的危险。利用手推车运输聚甲基丙烯酸甲酯不锈钢吨桶时，若操作人员失误导致吨桶倾倒造成聚甲基丙烯酸甲酯泄露，遇点火源有引起火灾的危险。

不锈钢吨桶在装料与放料时，若防静电连接缺失或失效，有导致火灾的危险。

注入模具的过程中，若操作失误导致聚甲基丙烯酸甲酯溢出，遇点火源有引起火灾的危险。

固化水池深度为 3.5 米，若防护设施缺失或不完善，有导致操作人员淹溺的危险。

生产过程中使用到大量的机械设备，若机械设备的旋转部分防护罩

缺失或失效，有造成操作人员机械伤害的危险。

二、海洋馆系统工艺过程危险有害因素分析

在组装维生设备时，若工人操作失误有导致机械伤害、物体打击、触电等危险。

在亚克力板机加工的过程中，可能会产生少量的亚克力细粉尘。若通风不良导致粉尘浓度过高或未及时清理导致粉尘积压过多，遇能量源有导致粉尘爆炸的危险。

三、生产过程其他危险有害性分析

1) 作业人员检维修设备时需要登高作业，如登高装置不固定、摆放不到位、登高装置强度不够等会导致高处坠落。

2) 操作人员未持证上岗、作业人员违规或操作失误，不懂得使用物料的性质、特点、应变能力差等危险性均可导致火灾爆炸事故的发生。

3) 工艺过程的其他危险和有害因素包括管理方面等缺陷，如安全管理制度缺乏、落实不到位，安全操作规程不健全，安全教育培训不够，劳动组织安排不合理等。

四、辨识小结

因此公司产品生产工艺过程中主要的有害因素为火灾、爆炸、中毒和窒息、灼烫、电气伤害、粉尘、机械伤害、噪声、物体打击、高处坠落等，其中主要的危险为火灾爆炸、中毒窒息。

1.1.6物料储存装卸过程危险、有害因素分析

一、仓库物料

公司的产品，桶装和袋装的原料储存在仓库，如火源管理、控制不严带来火种，有引发火灾爆炸的可能，仓库养护、管理不当会引发火灾。

仓库物品堆放不合理，堆垛不牢靠有造成坍塌的危险。

仓库储存的物质包装损坏发生泄漏，固体物料泄漏会产生粉尘，有毒液体物料泄漏会造成中毒，可燃物泄漏遇明火、火花会发生火灾，易燃易爆物质泄漏遇明火、火花会发生火灾爆炸事故。

公司使用的原料有的有一定毒性，搬运人员未按要求佩戴劳保用品，搬运物料时有造成中毒、发生火灾爆炸的危险。

如电气设备不良，设计、安装、维护不当，产生电火花，易引发火灾。如火源管理不当有造成火灾的危险。仓库物品堆放不合理，堆垛不牢靠有造成坍塌的危险。

仓库若无避雷设施或避雷设施未定期检测、失效，遭雷击时，可能发生火灾、爆炸事故。

储存管理存在缺陷、野蛮装卸、未能经常巡检、发现隐患未能及时整改等，可能发生中毒、火灾、爆炸事故。

仓库通风不良，仓库结构不规范，储存物料包装物损坏发生泄漏，操作人员直接接触有毒物料或吸入有毒物料，可能发生中毒事故，并可能发生火灾、爆炸事故。

在危险化学品运输、装卸、搬运过程中，还存在车辆伤害、物体打击事故。

二、储罐物料

公司埋地罐区有甲基丙烯酸甲酯储罐。

储罐区的电气设备、设施的主要危险是触电事故和超负荷引起的火灾、爆炸。

罐区在装卸料过程中存在着对作业人员造成毒害、灼伤和发生火灾、爆炸的潜在危险性（卸料时对液位监测不力，液位显示失灵，易造成易燃易爆液体罐漫溢，或卸料管破裂，密封垫破损，快速接头紧固栓松动等造成物料滴漏，导致周围空气中易燃液体蒸气的浓度迅速上升，达到

爆炸极限，遇到激发能源，有可能发生火灾、爆炸事故)。在易燃液体漫溢时，使用金属容器刮舀或开启电灯照明观察，甚至在场人员身穿化纤服装，均会无意中产生火花、静电引起大火，另外，由于物料管无静电接地等原因，造成静电积聚放电，点燃易燃液体蒸气产生爆炸、燃烧。

卸车时槽车未标示停车位，胡乱停放，槽车前后间距不足、停放不整齐，槽车发生碰撞，极可能发生火灾、爆炸事故。槽车排气管未装设阻火装置，在装卸时违规使用易产生火花的机械设备和工具，其火花可能成为引发能源，引发火灾、爆炸事故。

若储罐未设置高液位报警或液位报警出现故障未及时发现，可能引起超量充装，发生溢流，遇高热或火花易发生火灾、爆炸事故。

罐体是危险化学品贮存的关键设备，罐体腐蚀、焊缝开裂、密封损坏等原因都是安全生产的重大隐患。

储罐附件，如阻火器堵塞，排污孔堵塞、泄漏、连接件不密封等都会给危险化学品的安全贮存带来严重威胁，造成大量泄漏甚至着火爆炸事故。

易燃易爆液体输送泵是操作频繁且容易跑、冒、滴、漏的地方，若通风不良，电气设备不符合防爆要求，会发生火灾、爆炸事故。

消防道路损坏、不平、堵塞等情况，在发生火灾的条件下，会影响消防车辆顺利通行，不利于事故控制。

危险化学品储罐的防腐局部受到破坏，导致危险化学品泄漏有引起火灾、爆炸事故的可能。

罐区的防雷与防静电接地设施。接闪器、引下线和接地装置如发生断裂松脱，影响雷电通路或土壤电阻增大，影响雷电流散，则可能在雷雨季节遭受雷击。

检修动火作业时，如罐内有机液体清理不彻底，设备隔绝不彻底，

不进行置换，不进行检测就进入设备内作业会造成人员中毒伤害，如动火作业会造成火灾爆炸事故。如不按规定穿防护服、戴安全帽，不系安全带或没有系牢安全带，由于罐类等设备顶圆滑，注意力不集中等会造成高处坠落伤害事故发生。检修人员在储罐内检修作业时，由于罐内照明不好等，有造成机械伤害或触电事故的可能。

夏季高温期间若防护措施不力，易引起危险化学品储罐火灾、爆炸。

三、物料输送

公司原料、产品运输使用管道、车辆运输，车辆进入易燃易爆场所所有引发火灾爆炸的可能，车辆行使、中转过程中如司机精力不集中，疲劳驾驶，超速行驶，车辆超载有造成人员车辆伤害的可能；运输甲基丙烯酸甲酯等易燃易爆物料的车辆未进行静电接地就卸料，有造成静电积聚引发火灾爆炸的危险。

卸车时如果连接不好造成甲基丙烯酸甲酯泄漏有造成火灾爆炸、人员中毒的危险。

输送物料的管道，如果管架间距大，会造成管道下坠，严重时会造成管道折断，管道排空阀泄漏，管道设计不合理，如无防膨胀措施、管道与电缆共同、平行敷设等都有造成火灾爆炸、人员中毒窒息的危险。输送泵无安全装置或安全装置不全有造成人员机械伤害、噪声等危害。

甲基丙烯酸甲酯管道已按规范采取静电跨接、静电接地措施，如防静电措施不当或失效，有造成火灾甚至爆炸危险。检维修方面危害、有害因素分析

公司的设备设施在检维护过程中，如因个人防护设施不良等原因（如动火、拆卸、受限空间等作业），有引起火灾、爆炸、中毒事故发生的危险。

各装置维护等过程中，如因防护设施不良等原因，有引起高处坠落

伤害的可能。

含有易燃物、毒性、高温物质的设备管道检维修时置换、隔离等措施不到位有造成火灾爆炸、人员中毒危险；电气设备检维修时存在触电伤害危险。

检维修前未进行冷却、置换、采取隔离措施、检测合格就进行检维修，有造成火灾爆炸、人员中毒、灼烫事故危险；公司有的设备较高，检维修过程防护不当有造成高处坠落危险；高处作业时各配件、工具放置不合理，滑落会造成人员伤害；受限空间作业，未采取置换、隔离、检测合格就进入设备，有造成火灾爆炸、人员中毒窒息危险；检维修过程如采用起重机械还存在起重伤害危险，检维修过程还存在机械伤害等危险有害因素。

1.2有限空间辨识

公司受限空间作业主要是反应釜、储罐及事故应急池等进行检维修等作业，受限空间作业由于其作业条件复杂、有毒有害物质清理和置换困难等特点，在作业过程中极易发生人身伤害事故。

1、物体打击

许多受限空间入口处往往设有作业平台，作业人员在作业过程中，由于其安全意识不强，监护人监护不到位，在传递工具或打开井盖、釜盖等过程中发生物体打击伤害。

2、中毒或窒息

受限空间需要定期进入进行维护、清理和定检。与这些设备连接的有许多管道、阀门，倘若安全措施不落实，未打盲板，阀门内漏，置换、通风不彻底，氧浓度不合格，往往给有毒有害物质和窒息性气体以可乘之机，滞留在受限空间内致使作业人员中毒或窒息。

受限空间内焊接如易燃易爆气体没有置换完全，焊接时易引起爆炸；受限空间内通风不良易造成人员吸入大量电焊烟尘导致窒息，长期会引起尘肺等职业病。

3、高空坠落、机械伤害

受限空间内作业条件比较复杂，在作业过程中由于作业人员的误操作、安全附件不齐全以及风力、高温等环境因素的影响，极易造成高空坠落、机械伤害等事故。

4、触电

作业人员进入受限空间作业，往往需要进行焊接补漏等工作，在使用电气工器具作业过程中，由于空间内空气湿度大电源线漏电、未使用漏电保护器或漏电保护器选型不当以及焊把线绝缘损坏等，造成作业人员触电伤害。

5、爆炸

由于通风不良，受限空间内有害物质挥发的可燃气体在空间内不断聚集，当其达到爆炸极限后，遇明火即会发生爆炸，造成人员、设施的损害。

进入受限空间作业，通常是由二人或二人以上同时进行作业，当事故发生后，由于人的心理原因以及其他因素，同作业人员或监护人，不佩戴任何防护用具，急于将受害者救出，从而造成事故的进一步扩大。

1.3重大危险源辨识

一、危险化学品重大危险源辨识概述

危险化学品重大危险源是指长期地或临时地生产、储存、使用或经营危险化学品，且危险化学品的数量等于或超过临界量的单元。

危险化学品重大危险源的辨识依据是危险化学品的危险特性及其数

量。

生产单元、储存单元内存在危险化学品的数量等于或超过《危险化学品重大危险源辨识》(GB18218-2018)表1、表2中规定的临界量,即被定为重大危险源。单元内存在的危险化学品的数量根据危险化学品种类的多少区分为以下两种情况:a)生产单元、储存单元内存在的危险化学品为单一品种时,该危险化学品的数量即为单元内危险化学品的总量,若等于或超过相应的临界量,则定为重大危险源;b)生产单元、储存单元内存在的危险化学品为多品种时,则按式(1)计算,若满足式(1),则定为重大危险源。

$$S=q_1/Q_1 + q_2/Q_2 + \cdots + q_n/Q_n \geq 1 \quad (1)$$

式中:

S ——辨识指标;

$q_1, q_2, \cdots q_n$ ——每种危险化学品的实际存在量,单位为吨(t);

$Q_1, Q_2, \cdots Q_n$ ——与每种危险化学品相对应的临界量,单位为吨(t)。

危险化学品储罐以及其他容器、设备或仓储区的危险化学品的实际存在量按设计最大量确定。

对于危险化学品混合物,如果混合物与其纯物质属于相同危险类别,则视混合物为纯物质,按混合物整体进行计算。如果混合物与其纯物质不属于相同危险类别,则应按新危险类别考虑其临界量。

(1) 危险化学品重大危险源分级指标

采用单元内各种危险化学品实际存在量与其相对应的临界量比值,经校正系数校正后的比值之和R作为分级指标。

1) R 的计算方法

$$R = a \left\{ \beta_1 \frac{q_1}{Q_1} + \beta_2 \frac{q_2}{Q_2} + \cdots \cdots + \frac{q_n}{Q_n} \right\}$$

式中:

$q_1, q_2, \dots, q_n$ — 每种危险化学品实际存在量（单位：t）；

$Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ — 与各危险化学品相对应的临界量（单位：t）；

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ — 与各危险化学品相对应的校正系数；

α — 该危险化学品重大危险源厂区外暴露人员的校正系数；

R — 重大危险源分级指标。

2) 校正系数 β 取值

根据单元内危险化学品的类别不同，设定校正系数（ β ）值，见表

1.3-1 和表 1.3-2：

表 1.3-1 毒性气体校正系数 β 取值表

名称	校正系数 β
一氧化碳	2
二氧化硫	2
氨	2
环氧乙烷	2
氯化氢	3
溴化钾	3
氯	4
硫化氢	5
氟化氢	5
二氧化碳	10
氰化氢	10
碳酰氯	20
磷化氢	20
异氰酸甲脂	20

表 1.3-2 未在表 1.3-1 中列举的危险品校正系数 β 取值表

类别	符号	校正系数 β
急性毒性	J1	4
	J2	1
	J3	2
	J4	2
	T5	1
爆炸物	W1.1	2
	W1.2	2
	W1.3	2
易燃气体	W2	1.5
气溶胶	W3	1
氧化性气体	W4	1
易燃液体	W5.1	1.5

	W5.2	1
	W5.3	1
	W5.4	1
自反应物质和混合物	W6.1	1.5
	W6.2	1
有机过氧化物	W7.1	1.5
	W7.2	1
自然液体和自然固体	W8	1
氧化性固体和液体	W9.1	1
	W9.2	1
易燃固体	W10	1
遇水放出易燃气体的物质和混合物	W11	1

3) 校正系数 α 的取值

根据危险化学品重大危险源的厂区边界向外扩展 500 米范围内常住人口数量, 设定厂外暴露人员校正系数 (α) 值, 见表 1-3.3:

表 1.3-3 校正系数 α 取值表

厂外可能暴露人员数量	α
100 人以上	2.0
50 人~99 人	1.5
30 人~49 人	1.2
1~29 人	1.0
0 人	0.5

4) 分级标准

根据计算出来的 R 值, 按表 1.3-4 确定危险化学品重大危险源的级别。

表 1.3-4 危险化学品重大危险源级别和 R 值的对应关系

危险化学品重大危险源级别	R 值
一级	$R \geq 100$
二级	$100 > R \geq 50$
三级	$50 > R \geq 10$
四级	$R < 10$

二、重大危险源辨识

根据《危险化学品重大危险源辨识》(GB18218-2018) 标准, 公司涉及的物质有甲基丙烯酸甲酯和过氧化苯甲酰等。生产单元和存储单元各物质的临界量及实际存在量比值见下表。

表 1.3-5 生产单元重大危险源辨识物质临界量及实际存在量比值表

序号	危化品名称	类别	生产单元最大存在量 qn (t)	临界量 Qn (t)	qn/Qn	备注
1.	甲基丙烯酸甲酯	表 2: 易燃液体 (W5.2)	4.45	50	0.089	注 1
2.	过氧化苯甲酰	表 2: 有机过氧化物 (W7.2)	228g	50	4.56×10^{-6}	注 2
3.	合计				0.089	
4.	注 1: 生产车间 3 内有 1.5m ³ 和 1.0m ³ 的高位槽各 1 个, 最大储存量为 2t; 反应釜 3×0.8m ³ +2×0.5m ³ , 每次最大投料量为 3×0.56t+2×0.35t=2.38t; 甲基丙烯酸甲酯储罐的进出料管道分别为 DN80×9m+DN50×15m, 管道内实际存在量为 0.06956t。即生产单元最大存在量为 4.45t。 注 2: 过氧化苯甲酰每次投料量为 228g。					

根据上表可知, 公司生产单元未构成危险化学品重大危险源。

表 1.3-6 存储单元 (甲基丙烯酸甲酯埋地储罐) 重大危险源辨识物质临界量及实际存在量比值表

序号	危化品名称	类别	最大存在量 qn (t)	临界量 Qn (t)	qn/Qn	备注
1.	甲基丙烯酸甲酯	表 2: 易燃液体 (W5.3)	47	1000	0.047	50m ³ 储罐

表 1.3-7 存储单元 (甲类仓库) 重大危险源辨识物质临界量及实际存在量比值表

序号	危化品名称	类别	最大存在量 qn (t)	临界量 Qn (t)	qn/Qn	备注
1.	过氧化苯甲酰	表 2: 有机过氧化物 (W7.2)	0.2	50	0.004	

根据上表可知, 公司各储存单元未构成危险化学品重大危险源。

综上所述:

公司生产和储存单元均未构成危险化学品重大危险源。

2 事故风险分析

根据对公司危险源识别与危险性分析，可以判断出公司各种事故发生的可能性及事故可能造成的直接后果以及次生、衍生后果，详见表 2-1。

表 2-1 事故风险可能性及后果一览表

序号	事故风险种类	影响范围	危害后果	事故发生的可能性
1	火灾、爆炸	甲类仓库、甲类车间、埋地罐区等附近；事故扩大可能波及周边企业	人员伤亡；设备损坏；物料损失；影响企业日常生产；火势可能波及周边企业	可能，但不经常
2	中毒和窒息	甲类仓库、生产车间、埋地罐区等	人员伤亡；影响企业日常生产	可能，但不经常
3	灼烫	甲类仓库、生产车间、埋地罐区等	人员伤亡	可能，但不经常
4	机械伤害	生产车间、埋地罐区等	人员伤亡	可能，但不经常
5	触电	生产车间、埋地罐区、配电房等	人员伤亡；影响企业供电	可能，但不经常
6	物体打击	甲类仓库、生产车间、埋地罐区等	人员伤亡	可能，但不经常
7	高处坠落	生产车间等	人员伤亡	可能，但不经常
8	淹溺	固化池等	人员伤亡	可能，但不经常
9	车辆伤害	厂区内	人员伤亡	可能，但不经常

3 事故风险评价

3.1 评价方法

作业条件危险性评价法（即格雷厄姆—金尼法），是一种针对作业人员处在职业危险环境中作业的半定量危险性评价方法。它是由美国 K.J.Graham 和 G.F.Kinney 提出的。其评价原则是：作业条件的危险性量化值(D)取决于三个因素：

- 1、事故发生的可能性(L)；
- 2、作业人员暴露在危险作业环境的频繁程度(E)；
- 3、一旦发生事故可能造成后果的严重程度(C)。

用简化公式来表示： $D=L \times E \times C$

其中 D 值越大，作业的危险性就越大。作业条件的危险性 D 值的等级划分见表 3.1-1 所示：

表 3.1-1 危险性等级划分表

危险性分值(D)	≥320	≥160~319	≥70~159	≥20~69	<20
危险程度	极度危险，不能继续作业	高度危险，需要整改	显著危险，需要整改	比较危险，需要注意	稍有危险，可以接受

表 3.1-2 L-事故发生的可能性取值

L 值	10	6	3	1	0.5	0.2	0.1
事故发生的可能性	完全可以被预料到	相当可能	可能，但不经常	完全意外，很少可能	可以设想，很少可能	极不可能	实际上不可能

表 3.1-3 E-暴露于危险环境频繁程度取值

E 值	10	6	4	3	2	1	0.5
暴露于危险环境频繁度	连续暴露	每天工作时间暴露	每周 1~2 次暴露	每月暴露 1~2 次	2~3 个月一次暴露	每年几次或偶然暴露	暴露机会非常罕见

表 3.1-4 C-事故造成后果的严重程度取值

C 值	100	40	15	7	3	1	0.5
事故造成后果的严重度	10 人以上死亡	数人死亡	1 人死亡	严重伤残, 人数多	有重伤残	有伤残	轻伤, 无需救护

作业条件的危险性评价法是一种直观有效的作业安全评估方法, 具体做法是由熟悉作业类比条件的专家根据实践经验, 同时, 参照有关法规和技术标准和规范对 L、E、C 进行限值范围确定, 评价者依据生产现场实际情况赋值, 并以此计算出危险性分值(D), 再对照危险性等级划分的限值范围来评价作业的危险性等级。

3.2 作业条件危险性分析

表 3.2-1 生产作业条件危险性评价结果汇总表

序号	作业名称		L	E	C	$D=L \times E \times C$	危险等级
1.	亚克力板生产单元	聚合反应单元	1	6	7	42	可能危险
2.		脱气单元	1	6	3	18	稍有危险
3.		放料单元	1	6	3	18	稍有危险
4.		注入单元	1	6	3	18	稍有危险
5.		固化单元	1	6	3	18	稍有危险
6.		脱模单元	1	6	3	18	稍有危险
7.	海洋馆生产单元	组装单元	1	6	3	18	稍有危险

表 3.2-2 仓库作业条件危险性评价结果汇总表

序号	作业场所	L	E	C	$D=L \times E \times C$	危险等级
1	仓库物料接收作业	1	6	3	18	稍有危险
2	仓库物料发放作业	1	6	3	18	稍有危险
3	日常巡回检查	1	6	3	9	稍有危险
4	电气检修作业	3	1	7	21	可能危险

表 3.2-3 储罐作业条件危险性评价结果汇总表

序号	作业条件	L	E	C	$D=L \times E \times C$	危险等级
1	泵及输送管线异常情况处理	3	1	7	21	可能危险

2	卸料作业	1	6	7	42	可能危险
3	贮罐现场操作	1	6	3	18	稍有危险
4	电气设备作业	1	6	7	42	可能危险
5	输送管线安装、维修作业	3	3	7	63	可能危险

表 3.2-4 公用工程作业条件危险性评价结果汇总表

序号	作业场所及作业岗位		L	E	C	D=L×E×C	危险程度
1	变配电系统	变送电作业	0.5	6	15	45	可能危险
2		电气设备操作作业	0.5	6	15	45	可能危险
3		电气检修、维修作业	1	3	15	45	可能危险
4	循环水系统	循环水系统巡查	1	6	3	18	稍有危险
5		循环水系统检修、维修	1	3	7	21	可能危险
6	供汽系统操作		1	6	3	18	稍有危险
7	废气处理系统		1	6	3	18	稍有危险

3.3 事故风险等级

根据对公司事故风险分析，对其各种事故的风险等级划分如下。

表 3.3-1 事故危害程度及影响范围一览表

响应级别	事故风险种类	事故的严重程度	影响范围
社会级	火灾、爆炸	发生爆炸事故，或火灾初期控制不当，火灾发展势头迅猛，蔓延至整个厂区甚至其他厂区，或者造成人员伤亡的。	公司及公司以外
公司级	火灾	火灾初期控制得当，初期可以被扑灭，不会蔓延扩大到其他区域，公司内部能够处置的。	公司内
车间级	火灾	火灾没有蔓延趋势，火势较小，甚至能自然熄灭。	车间内
	中毒窒息	人员轻微窒息或中毒，现场人员能够处置的。	车间内
	灼烫	人员被高温热源、蒸汽或化学品烫伤的。	车间内
	触电	发生触电事故造成人员伤害的。	车间内
	机械伤害	作业人员被机械设备或工具等造成伤害的。	车间内
	物体打击	作业人员被物体打击受伤的。	车间内
	车辆伤害	发生车辆伤害事故，造成人员伤亡的。	车间内
	淹溺	发生淹溺事故造成人员伤害的。	车间内
	高处坠落	发生高处坠落事故造成人员伤害的。	车间内

4 结论建议

依据《企业职工伤亡事故分类》(GB6441-1986),得知本公司涉及的主要事故风险类型有火灾、爆炸、中毒和窒息、灼烫、机械伤害、触电、物体打击、淹溺、高处坠落和车辆伤害等。

本公司的主要风险部位是甲类车间、甲类仓库、埋地罐区(甲类)、配电房等。主要危险、有害因素是:由于设备、设施缺乏维护保养、定期检测及作业人员麻痹大意等造成的火灾、爆炸、触电事故。次要危险、有害因素是:人员麻痹大意等原因造成的中毒和窒息、灼烫、机械伤害、物体打击、淹溺、高处坠落和车辆伤害等事故。

火灾、爆炸事故如控制不当,可能造成比较严重的事故危害和影响范围,建议编制专项应急预案;另外,公司在生产过程中涉及到的化学品、有限空间和特种设备,存在多种危险、有害因素,建议分别编制专项应急预案;针对公司的主要风险部位(甲类车间、甲类仓库、埋地罐区等),建议编制现场处置方案。

通过对公司的事故风险分析及风险评价,公司应按照相关法律、法规要求组建专兼职应急队伍,设立应急组织机构,并定期进行培训与演练,以便快速、有效地进行先期处置工作。同时应做好应急预案的执行规划,做好各种预算,保障应急物资配置。