

化工厂防火防爆设计

Prepared on 22 November 2020

本课设主要针对吉林某新建聚丙烯化工厂进行防火防爆设计。文中化工厂是采用间歇式液相本体聚合法生产聚丙烯。文章首先介绍了聚丙烯的生产工艺，并进行工艺划分确定其主要危险及各个环节的火灾危险类别。其次，确定各个厂房建筑物的耐火等级及其间距，并对厂区进行划分和总平面布置。第三，选择聚丙烯合成厂房，计算泄压面积并选择确定泄压方式。第四，对生产厂房进行防爆电气设计，并确定泄爆方式，计算相关设施的泄爆面积，对不同的场所进行了灭火器配置设计。最后，绘制厂区总平面布置图和厂房爆炸危险区域划分图。

关键词：聚丙烯；耐火等级；防火间距；防火防爆；防爆电器；灭火器；厂区规划设计

目录

附录 A

附录 B

1 前言

化学工业的历史源远流长。数千年以来，先人们制造陶器、青铜器、铁器、酿造、造纸、染色等生产工艺，其实都是化学工艺过程。当今社会，随着社会的进步，科学的发展，化工产品已在人们生活中起到了越来越重要的作用。无论是衣食住行，还是从事各种生产活动都离不开化工产品。如化肥、燃料、石油、橡胶等。化工产业已经称为国民经济建设重要的支柱产业之一。

随着社会的发展和人类文明的进步，供需矛盾有了根本性的好转，化学工业也逐步进入了成熟阶段。人们在进行化工产品生产时，不仅要考虑工厂的经济效益，同时还要考虑到社会的总体效益。人们也越来越重视环境、安全等问题了。现在的化工企业是以最小的代价来取得最大的收益的。

自从 1954 年意大利 Natta 教授在实验室首次合成聚丙烯以来，1957 年聚丙烯就实现了工业化生产。在不到半个世纪的时间里，聚丙烯已成为发展速度最快、产量最大、牌号最多、用途最广的合成树脂品种之一。聚丙烯（PP）是五大通用树脂之一，是一种优良的热塑性合成树脂。具有比重小、无毒、易加工、抗冲击强度高优点，其产品广泛用于电子电器、汽车、建材、医疗等领域。但是，聚丙烯生产工艺复杂，其原料氢气和丙烯均为易燃易爆气体，高压容器，原料运输管道，电气设备等都存在一定的危险性；同时，工厂的选址，设备的布局，厂房的设计等都是影响安全的重要因素。因此很有必要通过对聚丙烯工厂进行合理的防火防爆设计来减少事故的发生概率，降低事故的危害程度，进而提高整个工厂的安全生产水平，间接地提高企业的经济效益。

因此，为了有效控制化工生产中各种危险因素，应该从人一机一环三个方面同时控制有关的风险因素，详细了解有关化学品的物化性质和相关的安全操作规程，加强培养操作人员的安全素质，以便从物和人两方面消除和控制风险因素。最后对整个化工企业的区域规划，设计相应的区块布置，防火间距，车间位置，设备布置等，从而消除或控制事故，以及在事故发生后能够最大的减少损失。

本次课程设计的依据主要是《石油化工企业设计防火规范》GB 50160-2008、《建筑设计防火规范》GB 50160-2006、《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》GB 50058-2014、《建筑灭火器配置设计规范》GB 50140-2005 等等。

2 工程概况

该聚丙烯生产厂厂址设于吉林经济开发区。总占地面积为 350000m²，长约 700m，宽约 500m。

吉林经济技术开发区位于吉林市西北部的平原地带（地理中心坐标为：东经 126°28′、北纬 43°37′）。距吉林市中心 5 km，距长春市 92 km。位于长春 - 吉林经济走廊的东端。已基本实现了道路、供水、雨排水、排污水、供电、通讯、蒸气“七通一平”。吉林市属中温带大陆性季风气候，四季分明。春季干燥多风，夏季温热多雨，秋季凉爽多晴，冬季寒冷多雪。年平均气温 5℃，12-2 月平均气温 -13℃ 以下，日平均气温大于 35℃ 的日数很少，年平均天。全年日照时间 2400~2600 小时，年平均降水量为 650 mm，6~8 月各月降水量都在 100 mm 以上，三个月的总降水量占全年的 65% 左右；12~2 月降水稀少，每月 6 mm 左右。年降水日数 120 天，6~8 月每月有 14~17 天，1~

2月每月约6天。风向以西南、西、西北为最多，平均风速2至4m/s，大于或等于8级风日数一般为7~15天。

根据《石油化工企业设计防火规范》GB50160-2008 [1]在进行区域规划时，应根据石油化工企业及其相邻的工厂或设施的特点和火灾危险性，结合地形，风向等条件，合理布置。石油化工企业的生产区，宜位于邻近城镇或居住区全年最小频率风向的上风侧。石油化工企业与相邻工厂或设施的防火间距，不应小于规定中最小距离。

本文聚丙烯工厂设在吉林经济开发区，该开发区位于吉林市西北部的平原地带，不会产生窝风，且风频最大的为西南风，最小的是西北风。因此，根据厂区地形、风向特点，及生产工艺、物料危险性，将本厂的生产区放置在厂区的东部；办公生活区位于厂区的西南部；其他设施区位于厂区的中部。如此，则会加快生产区工业生产中废气的排放，并减少其对办公生活区的影响。如发生有毒有害气体泄漏，也可避免或减缓对办公生活区的影响。由于仓储区储存着生产原料以及成品产物，所以为了便于储存、运输，防止有毒物质的泄露对生活区产生影响，则将仓储区放置在生产区的东北部。

工厂主要出入口不应少于两个，并宜位于不同方位。两条或两条以上的工厂主要出入口的道路，应避免与同一条铁路平交；若必须平交时，其中至少要有两条道路的间距不应小于所通过的最长列车的长度；若小于所通过的最长列车的长度，应另设消防车道。生产区的道路宜采用双车道；若为单车道应满足错车要求。工艺装置区、液化烃储罐区应设环形消防车道。可燃液体的储罐区、装卸区及化学危险品仓库区应设环形消防车道；当受地形条件限制时，也可设有回车场的尽头式消防车道。消防道路的路面宽度不应小于6m。

工厂内部设有办公生活区、附属设施区、物料存储区、生产区四大区域。办公生活区分为办公楼、宿舍楼、浴池、食堂、医院、活动中心等建筑；附属设施区分为配电站、技安部、锅炉房、泵站、污水处理站、消防水池等建筑；物料储存区主要是罐区，分为丙烯罐组和氢气罐组，装设喷水冷却系统，原料丙烯和氢气由其他化工厂供应，用管道连接；生产区有丙烯固碱车间、丙烯脱硫车间、丙烯精脱水车间、氢气丙烯局和车间、闪蒸去活车间等。

3 工程项目分析

3.1 工艺流程介绍

3.1.1 工艺生产介绍

间歇本体法聚丙烯生产工艺流程框图见图，全流程图可以分为原料精制、聚合反应、闪蒸快活、造粒包装、丙烯回收等五个部分。

1) 原料精制 液态丙烯经过脱硫塔、脱一氧化碳塔、脱氧塔、脱水塔等除去硫化物、一氧化碳、水、氧等杂质后，进入精丙烯计量罐。氢气经过脱水塔后，供聚合用。

2) 聚合反应 精制后的丙烯经计量加入到聚合釜内，并将活化剂（一氯二乙基铝或三乙基铝自运输罐用N₂压入活化剂储罐，然后再用N₂压入活化剂计量罐中，经计量后加入釜上活化剂加料罐中，然后用丙烯冲入聚合釜内）、给电子体、催化剂、分子量调剂（氢气）按一定比例分别加入到聚合釜。各物料加完后，开始向聚合釜内通入

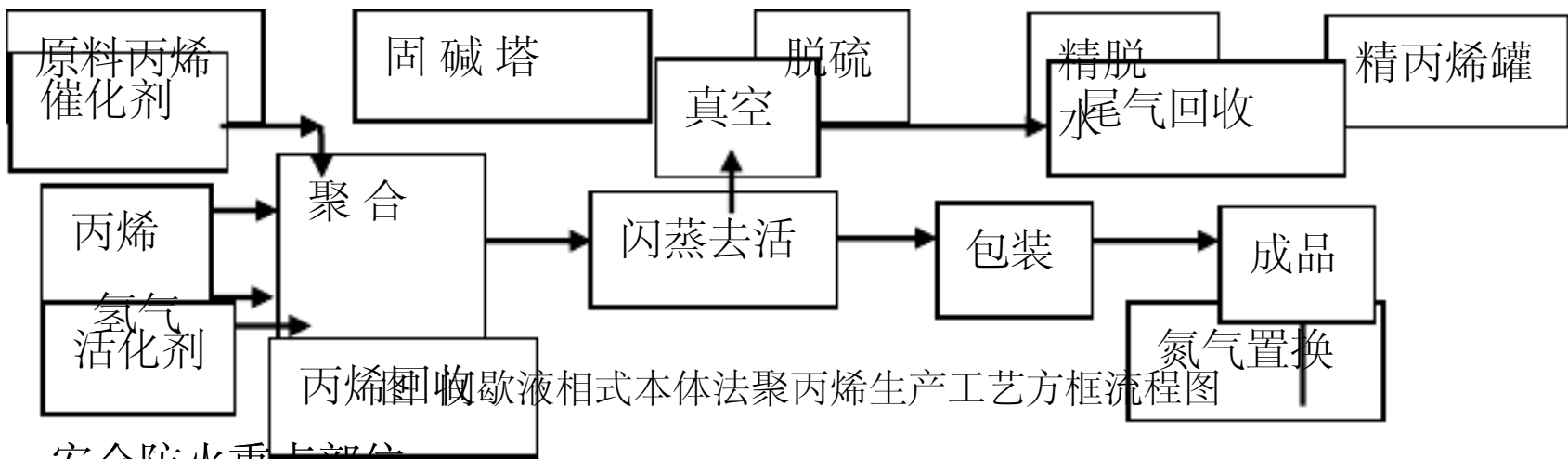
热水升温聚合，整个过程可以手动也可以利用计算机半自动控制。每釜反应时间约为3-4小时，聚合压力为，聚合温度为75℃。反应到70%-80%的丙烯转化聚丙烯时，停止聚合反应。将丙烯放入高压丙烯冷凝器，利用循环冷却水将丙烯冷凝回收至平衡压力，冷凝的液体丙烯进入高压丙烯回收罐储存，供下一釜聚合时投料使用。将固体聚丙烯粉料喷入闪蒸去活釜。

3) 闪蒸快活 用闪蒸的方法使丙烯与聚丙烯分离，得到不含丙烯的聚丙烯粉料，再通入空气使聚合物失活，然后由下料口送至造粒工具或直接包装以粉料出厂。未反应的高压丙烯气体用冷却水或冷冻盐水冷凝回收后循环利用。

4) 造粒包装 打开闪蒸釜下部出料阀，将闪蒸釜内物料装入口袋，并同时完成称重、封袋工作。得到的聚合物粉料既可以直接包装出厂，也可以送往造粒工段，加入相应助剂后，造粒出厂。

5) 丙烯回收 收集到气柜内的丙烯气，经压缩机压缩并液化后，送入粗丙烯储罐，再送至气分装置再利用。

从工艺流程图中我们可以看到，原料为丙烯和氢气，都是易燃易爆气体，产物聚丙烯粉末也有可燃性，在聚合过程中，运载气体和尾气如果处理不当，都可能产生火灾爆炸危险。



3.1.2 安全防火重点部位

1、聚合釜

丙烯经固碱、脱硫、精脱水后进入丙烯罐，经计量后加入聚合釜并搅拌，然后催化剂和氢气也经计量后分别加入聚合釜中。加料完毕后，夹套内通入热水升温，引发反应，由于聚合反应放出大量的热量使釜温上升，夹套切换冷水控制反应温度。若搅拌不能正常工作或者循环冷却水出现故障，反应温度失控，易引起火灾，爆炸。

聚合釜应设有应急冷却系统，在紧急状况时，对釜进行保护。

2、闪蒸釜

聚合反应结束后，由聚合釜向闪蒸釜喷料。由于聚丙烯粉料在聚合釜内受到搅拌，又以很大的速度向闪蒸喷料。搅拌叶与粉体之间反复接触与分离，使粉体表面带上了大量静电荷；高速向闪蒸釜喷料时粉体与管壁和釜发生摩擦、冲撞，使粉体表面电荷又进一步增加。如果不能采取措施消除静电，可能会造成闪蒸釜内爆燃，包装时闪爆、着火。

采取聚合釜放料口安装静电消除器，改善闪蒸工艺等措施降低静电事故的概率。

3、输送管道

反应原料氢气和丙烯都由输送管道进入反应釜发生反应，反应结束后的剩余原料也经输送管道进行回收。由于氢气和丙烯均为易燃易爆气体，如果管道发生破裂导致原料泄露，很可能会造成火灾、爆炸事故。

输送管道要经常维修和更换，同时还应有原料泄露的报警系统。

3.1.3 安全工作重点

1、聚合釜

反应搅拌机应有检测和联锁，投料前一定要启动搅拌，并随时进行巡查，跳闸后要及时处理，发现异常能自动停止进料；聚合釜电机应选择相匹配的，且适当降低转速，以免电机超载跳闸；应对聚合釜体壁面定期打磨，提高壁面光洁度，减少挂壁；当釜内结块后，要开釜盖清除结块；聚合釜系统工作时不能超温超压；聚合釜填料更换前，应先将填料浸泡，防止填料磨损与烧毁；疏通聚合釜催化剂加料斗必须用防爆工具。

2、闪蒸釜

聚合釜向闪蒸釜喷料时，闪蒸釜要自动或手动间断向气柜排放高压气态丙烯。待喷料结束后，闪蒸釜采用自动或手动置换程序交替抽真空补氮气进行置换，直至闪蒸釜丙烯含量小于%，避免形成爆炸性混合气体而引起爆炸。

回收丙烯阀和喷料阀应有联锁，当丙烯回收阀出现故障无时保证不向闪蒸釜喷料；采取适当的检测手段，确保闪蒸釜丙烯含量小于%再打开闪蒸釜出料阀；同样也应对闪蒸釜体壁面定期打磨，提高壁面光洁度，减少挂壁和摩擦；采取静电防护措施，保证闪蒸和出料时的安全性。

3、输送系统

为防止物料泄露，经常检查管道是否完好；配备自动报警系统，当出现物料泄漏时，及时报警以便采取措施。

4、危险物质

聚丙烯车间危险物质主要是存在于丙烯、氢气、一氯二乙基铝、三乙基铝、二苯基二甲氧基硅、聚丙烯，其中丙烯、氢气作为反应原料，由于其参加反应的量比较大，所以危险性最大。

3.2 工艺环节的划分

3.2.1 生产区

间歇式液相本体聚合法生产来聚丙烯共分为五步：丙烯的固碱、丙烯的脱硫、丙烯的精脱水、液相本体聚合、闪蒸去活，氮气置换。由于闪蒸去活和氮气置换都是在闪蒸釜中进行的，可在生产区设置五个生产车间即固碱车间，脱硫车间，精脱水车间，液相本体聚合反应车间，闪蒸去活车间，现根据厂区地理环境与行业经验，考虑生产环节的危险因素以及相关化工厂房设计规范等，对各厂房进行初步设计，各车间的功能与规模见表。

表 各个生产车间的功能与规模

编号	车间名称	生产车间功能	长 (m)	宽 (m)	高 (m)	面积 (m ²)
1	固碱车间	丙烯在其中固碱	60	50	8	3000
2	脱硫车间	丙烯在其中脱硫	60	50	8	3000

编号	车间名称	生产车间功能	长 (m)	宽 (m)	高 (m)	面积 (m²)
3	精脱水车间	丙烯在其中精脱水	60	50	8	3000
4	聚合反应车间	丙烯和氢气在催化剂的作用下发生聚合反应	70	50	8	3500
5	闪蒸去活车间	减压闪蒸分离出未反应的丙烯，得到聚丙烯粉末	70	50	8	3500

3.2.2 仓储设施

为了方便工厂的生产与成品的管理，所以在厂内设计有储存车间和成品车间。储存车间 6 是为了储存生产原料丙烯（罐装），储存车间 7 是为了储存生产原料氢气（罐装）的，成品车间 8 是为了储存产物聚丙烯的。库房主要分为原料库和成品库，原料库存储的物质为丙烯和氢气，成品库存储的物质为聚丙烯粉末。下面对各物质的化学性质及存储注意事项进行简单介绍。

1) 丙烯

丙烯常温下为无色、无臭、稍带有甜味的气体。分子量 mol，密度为 cm³(20/4℃)，冰点℃，沸点℃。易燃，爆炸极限为 2%~11%。不溶于水，溶于有机溶剂，是一种属低毒类物质。危险特性：易燃，与空气混合能形成爆炸性混合物。遇热源和明火有燃烧爆炸的危险。与二氧化氮、四氧化二氮、氧化二氮等激烈化合，与其它氧化剂接触剧烈反应。气体比空气重，能在较低处扩散到相当远的地方，遇火源会着火回燃。灭火方法：切断气源。若不能切断气源，则不允许熄灭泄漏处的火焰。喷水冷却容器，可能的话将容器从火场移至空旷处。灭火剂：雾状水、泡沫、二氧化碳、干粉。可用钢瓶储存。

2) 氢气

氢气是一种无色、无嗅、无毒、易燃易爆的气体，和氟、氯、氧、一氧化碳以及空气混合均有爆炸的危险并且密度比空气小的气体（在各种气体中，氢气的密度最小。标准状况下，1L 氢气的质量是，比空气轻得多）。因为氢气难溶于水，所以可以用排水集气法收集氢气。另外，在 101KPa 压强下，温度℃时，氢气可转变成无色的液体；℃时，变成雪状固体。常温下，氢气的性质很稳定，不容易跟其它物质发生化学反应，爆炸极限是 4%~75%，引燃温度为 400℃。包装方式：氢气拖车/瓶组/钢瓶，运输方式：氢的贮运有四种方式可供选择，即气态贮运、液态贮运、金属氢化物贮运和微球贮运。目前，实际应用的只有前三种，微球贮运方式尚在研究中。

3) 聚丙烯

聚丙烯是一种无毒、无臭、无味的乳白色高结晶的聚合物，是目前所有塑料中最轻的品种之一，密度只有。聚丙烯具有良好的耐热性，制品在 100℃ 以上进行消毒灭菌，在不受外力的条件下，150℃ 也不变形。催化温度为-35℃。具有很好的化学稳定性，除了被浓硫酸、浓硝酸侵蚀外，对其他化学试剂都比较稳定；但低分子量的脂肪烃、芳香烃等能使其软化和溶胀。因此，聚丙烯的储存对温度，湿度等外界环境条件要求不高。

根据丙烯生产工艺流程要求及原料的性质和储存方式，将原料及成品划为一个储存区，根据它们的储存要求，分成以下的原材料以及产成品库，整个仓储设施区共有 3 个库房，编号分别为 6 号、7 号、8 号库房，依次存放丙烯,氢气和聚丙烯。各个建筑物功能与规格如表所示。

表 储存车间的功能和规格

编号	储存及成品车间的功能	长 (m)	宽 (m)	高 (m)	面积 (m2)
6	储存罐装丙烯	25	20	6	500
7	储存罐装氢气	25	20	6	500
8	储存聚丙烯	50	30	6	1500

3.2.3 其他设施

为了满足化工厂正常工作生产需要，使化工厂更加完整，更加规范，还设置了生活区、办公区及其它设施建筑。设置办公楼、食堂 1、食堂 2、宿舍 1、宿舍 2、浴池、医院、活动中心、技安部、水泵站、锅炉房、配电站、消防水池、污水处理厂。各个建筑物的规格如表所示。

表 其他设施的规格

编号	名称	长 (m)	宽 (m)	层数	面积 (m²)
9	办公楼	40	30	3	1200
10	食堂 1	40	30	2	1200
11	食堂 2	40	20	2	800

续表 其他设施的规格

编号	名称	长 (m)	宽 (m)	层数	面积 (m²)
12	宿舍 1	40	25	5	1000
13	宿舍 2	40	25	5	1000
14	浴池	20	15	2	300
15	医院	30	15	3	450
16	活动中心	40	30	1	1200
17	技安部	20	20	2	400
18	水泵站	15	10	1	150
19	锅炉房	15	10	1	150
20	配电站	15	10	1	150
21	消防水池	20	20	1	400
22	污水处理厂	20	20	1	400

4.1 分区布置

根据相关企业的标准和规范，考虑到化工企业的人身财产的安全和火灾爆炸等危险因素，把整个工厂划分为：生活办公区，储存区，生产区和附属区域。其中生活办公区包括食堂 1、食堂 2、浴池、员工宿舍 1、员工宿舍 2、办公楼、医院、活动中心；储存区包括丙烯储存区、氢气储存区、聚丙烯储存区；生产区包括固碱车间、脱硫车间、精脱水车间、聚合反应车间、闪蒸去活车间；附属设备区包括：锅炉房、配电站、技安部、水泵站、污水处理厂和消防水池。

4.2 火灾危险类别的确定

4.2.1 聚丙烯及生产原料的理化性质简介

1、丙烯

丙烯化学式 $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{=CH}$ 常温下为无色、无臭、稍带有甜味的气体。分子量为 mol ，密度 $\text{cm}(20/4^\circ\text{C})$ ，冰点 $^\circ\text{C}$ ，沸点 $^\circ\text{C}$ 。易燃，爆炸极限为 2%~11%。不溶于水，溶于有机溶剂，是一种属低毒类物质。危险特性：易燃，与空气混合能形成爆炸性混合物。遇热源和明火有燃烧爆炸的危险。气体比空气重，能在较低处扩散到相当远的地方，遇火源会着火回燃。灭火方法：切断气源。若不能切断气源，则不允许熄灭泄漏处的火焰。喷水冷却容器，可能的话将容器从火场移至空旷处。灭火剂：雾状水、泡沫、二氧化碳、干粉。可用钢瓶储存。火灾危险性为甲类。

2、氢气

氢气是一种无色、无嗅、无毒、易燃易爆的气体，和氟、氯、氧、一氧化碳以及空气混合均有爆炸的危险并且密度比空气小的气体（在各种气体中，氢气的密度最小。标准状况下，1L 氢气的质量是，比空气轻得多）。因为氢气难溶于水，所以可以用排水集气法收集氢气。另外，在 101KPa 压强下，温度 $^\circ\text{C}$ 时，氢气可转变成无色的液体； $^\circ\text{C}$ 时，变成雪状固体。常温下，氢气的性质很稳定，不容易跟其它物质发生化学反应，爆炸极限是 4%~%，引燃温度为 400°C 。包装方式：氢气拖车/瓶组/钢瓶，运输方式：氢的贮运有四种方式可供选择，即气态贮运、液态贮运、金属氢化物贮运和微球贮运。目前，实际应用的只有前三种，微球贮运方式尚在研究中。火灾危险性为甲类。

3、聚丙烯

无毒、无味，密度小，强度、刚度、硬度耐热性均优于低压聚乙烯，可在 100°C 左右使用。具有良好的电性能和高频绝缘性不受湿度影响，但低温时变脆、不耐磨、易老化。适于制作一般机械零件，耐腐蚀零件和绝缘零件。常见的酸、碱、有机溶剂对它几乎不起作用，火灾危险性为丙类。

4.2.2 火灾危险类别的确定

根据《建筑设计防火规范》GB50160-2008 [2] 生产的火灾危险性划分）可知间歇式本体法生产聚丙烯属于甲类生产，因为，丙烯的固碱、脱硫、精脱水过程中装置中都

有丙烯；聚合反应时丙烯和氢气同时存在于聚合釜中；闪蒸去活时，闪蒸釜中也有残留的高压丙烯。故其火灾危险性定位甲类。

表 生产的火灾危险性划分

生产类别	火灾与爆炸危险性的特征
甲	使用或产生下列物质 (1) 闪点<28℃的易燃液体 (2) 爆炸下限<10%的可燃气体 (3) 常温下能自行分解或在空气中氧化即能导致迅速自燃或爆炸的物质 (4) 常温下受到水或空气中水蒸气的作用，能产生可燃气体并引起燃烧或爆炸的物质 (5) 遇酸、受热、撞击、摩擦以及遇有机物或硫磺等易燃的无机物，极易引起燃烧或爆炸的强氧化剂 (6) 受撞击、摩擦或与氧化剂、有机物接触时能引起燃烧或爆炸的物质 (7) 在压力容器内物质本身温度超过自燃点的生产
乙	使用或产生下列物质 (1) 闪点≥28~<60℃的易燃、可燃液体 (2) 爆炸下限≥10%的可燃气体 (3) 助燃气体和不属于甲类的氧化剂 (4) 不属于甲类的化学易燃危险固体 (5) 助燃气体 (6) 生产中排除浮游状态的可燃纤维或粉尘，并能与空气形成爆炸性混合物者
丙	使用或产生下列物质 (1) 闪点≥60℃的可燃液体 (2) 可燃固体
丁	具有下列情况生产 (1) 对非燃烧物质进行加工，并在高热或熔化状态下经常产生辐射热、火花或火焰的生产

续表 生产的火灾危险性划分

丁	(2) 利用气体、液体、固体作为燃料或将气体、液体进行爆炸作其他用的各种生产 (3) 常温下使用或加工难燃烧物质的生产
戊	常温下使用或加工非燃烧物质的生产

4.2.3 仓储区火灾危险分类

根据《建筑设计防火规范》GB50160-2008（见表储存物品火灾危险性分类）有：丙烯爆炸下限≤10%，因此丙烯库的火灾危险性为甲类火灾危险。氢气爆炸下限≤10%，因此氢气库的火灾危险性为甲类火灾危险。聚丙烯库的火灾危险性为丙类火灾危险。

表 储存物品火灾危险性分类

贮存物品类别	储存物品的火灾危险性特征
--------	--------------

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/157065154011006046>