

蒋永琨

朱嘉福



工业
企业
防火
技术

水利电力出版社

工业企业防火技术

蒋永琨 朱嘉福



水利电力出版社

内 容 提 要

本书根据新修订的《建筑设计防火规范》(GBJ16—87),并结合工业建筑的防火设计经验及火灾教训编写而成,较全面地介绍了工厂、仓库的防火防爆技术,内容包括耐火构造、总平面布置、厂房防爆、安全疏散、消防给水、固定灭火系统、采暖通风与空气调节系统,以及电气防火防爆设计与管理等。

本书可供从事工业建筑设计、消防给水设计、采暖通风和空调设计、电气防火设计的技术人员,工业企业的建设和安全管理人员,消防监督人员,以及有关高等院校师生参考,也可作为培训有关科技干部的参考教材。

责任编辑 蒋仁敏

工业企业防火技术

蒋永琨 朱嘉福

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经营

水利电力出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本·17.25印张 383千字 1插页

1990年9月第一版 1990年9月北京第一次印刷

印数0001—2690册

ISBN 7-120-01201-0/TB·11

定价12.10元

目 录

第一章 总则	1
第二章 工业建筑防火设计概述	18
第一节 工业建筑发展现状	18
第二节 建筑构件耐火试验方法	21
第三节 建筑构件的耐火极限	24
第四节 工业建筑的耐火等级	39
第五节 建筑构造防火要求	47
第三章 工厂防火设计	50
第一节 工厂类型与火灾危险性分类	50
第二节 工厂总平面布置	55
第三节 厂房的耐火等级、层数、防火分区面积	73
第四节 厂房的平面和空间布置	78
第五节 安全疏散和消防电梯	83
第六节 消防给水和自动灭火装置	94
第七节 火灾自动报警装置	107
第四章 仓库防火设计	121
第一节 普通物品仓库	121
第二节 化学危险物品仓库	151
第三节 爆炸物品仓库	168
第五章 厂房防爆设计	191
第一节 爆炸的基本概念	191
第二节 形成爆炸的条件和发生爆炸的直接原因	192
第三节 厂房爆炸的某些特点	201
第四节 厂房防爆设计要求	210

第六章	室外消防给水	240
第一节	消防给水的水源	240
第二节	室外消防用水量	241
第三节	室外消防给水管网	247
第四节	室外消火栓的设置	253
第五节	室外消防水泵房	258
第六节	室外消防水池	262
第七章	室内消火栓给水系统	265
第一节	室内消防给水设置范围和原则	265
第二节	室内消防用水量和水压	267
第三节	低层和高层工业建筑物室内消防给水的划分和 设计要求	273
第四节	低层和高层工业建筑物室内消火栓给水系统 的类型	277
第五节	室内消火栓	285
第六节	室内消防给水系统的附属设施	305
第八章	固定灭火装置	325
第一节	固定灭火设施的设置范围	325
第二节	闭式自动喷水灭火装置	329
第三节	开式喷水灭火装置	338
第四节	水喷雾灭火设备	417
第五节	蒸汽灭火设备	436
第九章	采暖、通风、除尘和空气调节系统的防 火防爆	446
第一节	采暖、通风、除尘和空气调节系统类型概述.....	446
第二节	采暖、通风、除尘和空调系统的火灾、爆炸危险性.....	452
第三节	采暖、通风、除尘和空调系统防火防爆设计要求	455
第十章	电气防火防爆技术	477
第一节	应急电源	477

第二节	配电线路	480
第三节	油浸电力变压器	490
第四节	电动机	495
第五节	电气照明	499
第六节	电开关	504
第七节	电热器具	506
第八节	防雷保护	508
第九节	爆炸危险场所的电气安全要求	526

第一章 总 则

解放以来，我国消防工作有了较大发展，取得了较大成绩，火灾发生的次数、损失都比美国、日本、西德、英国、法国等经济发达国家低得多。但是，由于消防工作跟不上整个经济建设发展的需要，每年火灾发生的次数、火灾损失、死伤人数都是十分惊人的。现将全国1981~1985年火灾次数和损失情况列于表1-1。

表 1-1 我国1981~1985年火灾情况

项 别 \ 年 份	1981	1982	1983	1984	1985
火 灾 次 数	50034	41541	36963	33618	34996
火 灾 损 失 (万元)	23130	18926	20332	16086	28535
死 亡 人 数	2643	2249	2158	2085	2241
受 伤 人 数	3480	2929	2733	2690	3543

表1-1中的火灾损失未包括森林、地下矿井、人民解放军各单位的火灾损失，也未包括火灾造成的间接损失。从上表数字中可以看出，火灾的危害性是相当严重的，因此，不仅搞好消防安全工作十分必要，而且搞好工业建筑防火设计也十分必要。

一、工业企业的火灾原因

火在燃烧过程中，离开了为生产和生活服务，就走向了相反的方面，也就是破坏了生产的正常进行，破坏了人们的正常生活，伤害了人的生命，毁坏了国家和人民的财物。

工业企业中有各种厂房、库房，以及与其有关的供水、供电、暖通等设备。其火灾的直接原因是多种多样的，归纳起来，大体上有以下三种类型：

(1) 思想麻痹，缺乏知识，违反防火安全制度。主要有如下几方面：

1) 电气焊。在电气焊或切割时会进出大量火星或熔渣。如果不采取相应的防火措施，则很容易发生火灾。这类火灾是很多的，如焊接时离易燃物很近，又没有采取可靠的遮挡等保护措施，从而引燃可燃物发生火灾；又如当焊接或切割时，产生热传导引起火灾；再如在施工中或检修管道设备时，焊接火星从孔洞、缝隙掉到下层可燃物或易燃物上，引起火灾；再如在检修油罐、气罐或在焊接前因剩余的气体或蒸气未彻底排除干净，达到爆炸浓度，引起爆炸火灾等。例如，1981年12月10日，广州市黄埔港粮食筒仓，工人在二楼用电焊、气焊安装电子磅秤，一块切割下的灼热角钢掉入磅斗，首先引起那里的各物粉尘爆炸，接着又引起了一系列连锁反应，21座筒仓相继发生爆炸，连珠炮般的霹雳声响彻云霄，整个库区也发生剧烈的颤抖，48m高的粮食工作塔顶盖和筒仓顶盖上的钢筋混凝土盖板被爆炸气浪掀掉，爆炸的碎片飞出半径达100m远，大火烧毁小麦30万kg和其他设施，直接经济损失100余万元。

2) 烘烤。在烘烤木板、烟叶、油脂食物或其他可燃物时，因对其温度缺乏控制，或者没有执行安全操作制度和应

该注意的安全事项，因温度过高引燃可燃物起火成灾。如1982年8月19日，湖北省襄阳县陶瓷厂，主要生产工艺是将瓷器模型放在分层木架上烘烤，直接热源是烧煤，在长期烘烤的过程中，由于木架被烤着起火成灾，烧毁了10间厂房，厂内许多瓷器模型、半成品和纤维板等化为灰烬，经济损失相当严重。

3) 机器摩擦和敲击设备。机器在运行过程中，由于没有按时加油润滑或没有消除附在机器轴承上面的杂质而冒出火星，引起附近的可燃物燃烧成灾。轧花厂中籽棉内混入铁钉子等金属、石子等硬质杂物，由于没有采取清除措施或者清除措施失灵，引起火灾事故。如东北铝合金厂铝粉车间，除尘器上长久积存铝粉尘，铝粉尘紧紧粘贴在除尘器内壁上，工人在检修时用小镢头敲打螺栓，打出火花，引起除尘器内的粉尘爆炸，厂房钢筋混凝土柱部分被炸成严重弯曲，受力钢筋外露，钢筋混凝土梁被炸成两折，屋面被爆炸气浪掀起飞出20多m远，炸死1人，炸伤3人，经济损失十分严重。

4) 电气设备设计、安装不合理。如易燃易爆车间内，若电动机、灯具、开关等不是防爆或防爆级别不符合要求，则会引起火灾；又如电动机带的负荷超过规定的数值，好象小马拉大车，此时电动机的电流比额定的电流增大，致使导线过热，烧毁电动机和引起附近的可燃物燃烧，从而发生火灾；再如有腐蚀性气体或蒸气的场所，没有采用密闭电动机，或没有采用耐酸绝缘和带吹风装置的封闭式电动机，致使绝缘损伤，形成短路而引起火灾。例如，1982年9月，江苏省南京市百货商店，不懂电气接线的人，把临时电线接在铁壳开关进线处，致使熔断器对临时电线失去了“保险”作用，

当临时电线发生故障时,不能及时切断电源,以致发生大火,烧毁绒线、针织品和其他日用百货等大量商品,烧毁建筑物达 200m^2 以上,直接经济损失达十余万元。

5) 违反安全管理制度。如配电线路截面过小或任意增设临时电线,会形成线路过负荷,如果产生的热量不能及时散发掉,则会导致电线的绝缘燃烧或使绝缘损坏失去绝缘能力,从而造成短路,引起火灾;电热器使用多次修理过的电阻丝,由于它的长度减少过多,电阻也随着减少很多,通过的电流增多,引起线路超过负荷,造成火灾;电熨斗放在台板上,没有切断电源就下班离去,导致电熨斗过热,将台板烤着起火。例如,山西省大同制药厂有一个面积达 13000m^2 以上的原料堆场,堆放着大量麻黄草和川地龙。该堆场使用的皮带输送机上使用电动机功率为 15kW (合 14.7kW),满载时导线通过的电流约为 38.7A 。按照规定,导线的标准截面积不能小于 6mm^2 ,但该厂在更换电动机的电源线时,由非正式电工安装,竟随便换上了截面积为 1.5mm^2 的导线。在长期处于严重超负荷的情况下,加速了绝缘的老化、损坏,终于导致线间短路,迸出电火花,引起麻黄草起火成灾。烧毁中药材麻黄草 207万kg ,川地龙 33.5万kg ,直接经济损失达 250万元 。

6) 架空电力线线间距离偏小或陈旧破损。如架空电力线安装时,线间距虽符合要求,但经长期使用后,绝缘老化,线芯伸长,弧度增大,当刮大风时,线与线相撞打出的火花掉落在可燃物上,而引起火灾;又如架空线与可燃物距离太近,当线路杆塔倒塌或断线时会引起火灾等。例如,黑龙江省呼兰亚麻厂原料堆场,架空线经长期使用后绝缘老化脱落,当刮大风时,打出火花,烧着挂在电线上的废亚麻

皮，麻皮火星、火团飞落在亚麻堆上，惹起大火，烧毁约万吨亚麻原料，经济损失一、二百万元。

7) 照明灯具设置不当。如将功率较大的灯泡安装在木板、纸、布等可燃物附近，将其烤着起火成灾；又如用纸或布紧贴在灯泡表面上，烤着这些可燃物成灾；又如，荧光高压汞灯距可燃物、易燃物太近而烤着起火成灾；还有，可燃粉尘、可燃纤维，积聚在灯泡表面上，被烤燃起火，引起火灾等。这类事故累有发生，不胜枚举。

8) 静电放电。静电通常是由摩擦、撞击而产生的，引起火灾事故累见不鲜。如甲、乙、丙类液体在塑料管道中流动时，在某些条件下由于摩擦产生静电火花，引起液体燃烧爆炸；又如从油罐上部注送汽油、航空煤油等甲、乙类液体时，受到冲击搅动，油面静电积聚，产生火花，引起火灾；再如抽送甲、乙类液体流速过大，无导除静电设施或者导除静电设施有缺陷，致使大量静电荷积聚，产生火花，引起爆炸起火；还有，悬浮的可燃粉尘、纤维在管道内流速太快，由于导除静电装置不良，不能有效地导除静电，引起爆炸起火。

9) 设备带“病”运转，积患成灾。主要是生产设备年久失修，或虽建设年代不长，但施工质量差，留下许多隐患，以致养病成灾。例如，大连石油七厂气体分馏装置是在70年代初开始建设的，施工质量差，留下了不少隐患，有的设备长期带“病”运转。厂方对存在的不安全问题，一直没有下决心停产检修(包括更新设备)，终于酿成火灾。1984年1月1日，该厂催化裂化车间气体分馏装置发生特大爆炸火灾事故，车间内的大部分塔、罐、泵、管线等被摧毁，附近的车间办公室，仪表控制室、空气机房、油泵房等都被炸倒

塌，供热锅炉严重损坏，投资数百万元新建的变电站未投入使用也被毁坏。毗邻的居民区有 721 户受到不同程度损坏，受灾面积达 30000m²。当场死 5 人，轻重伤 80 人。

10) 清洗不彻底的储罐动用明火引起爆炸起火。可燃气体储罐，甲、乙、丙类液体储罐，在检修前未用惰性气体或蒸气吹洗干净，或虽经吹洗干净但进气阀门未关严，又进入剩余气体，局部达到爆炸浓度，动火焊接而引起爆炸的事故时有发生。例如，上海染料化工厂储存三甲胺的储罐，在 1983 年 4 月 2 日动火焊接前，用 3BA-9 型离心泵将软水从罐顶直接灌入。水管直径为 40mm，流速约 3m/s，罐顶距罐 6 m，因水流少、水压太低，对罐底的冲击力也较小，当罐内进水达到一定深度后，在无搅拌的条件下，沉积在罐底的渣泥未冲掉，还有一定渣泥存在（事故后分析渣泥，其中含三甲胺达 5.84%），使罐内混合气体达到爆炸浓度，动火焊接，发生爆炸，重约 750kg、直径 3.2m 的储罐顶盖腾空而起，飞越高达 20m 的厂房和化工装置，飞行 140m 远，落在厂西区的大道上。途经该处的工人因躲避不及，被飞落的罐盖劈断双脚，右手臂尺骨及股骨等多处骨折。

11) 炉灶、烟囱、火墙靠木柱、木梁、木板壁等可燃构件太近。由于这些设备裂缝滋火或表面温度过高引燃可燃起火成灾。据一些县、地区统计，由于炉灶、烟囱、火墙、火坑靠可燃构件太近或紧贴其他可燃物而引起的火灾，约占该地区火灾总数的 37%~56%。

12) 吸烟不慎。没有熄灭的烟头或火柴梗被扔在可燃物或易燃物中，或者被风刮在易燃物中，引起火灾；休息室距离散发可燃气体、蒸气或助燃气体太近，引起火灾。例如，有一个化工厂，有两个工厂在休息室聊天，其中一个抽着烟

卷，而乙醛生产间与休息室有两道门相通，正在聊天时，两道门是完全开着的，由于乙醛反应釜突然超压爆裂，可燃物料大部冲出釜外，蒸气扩散到休息室，遇明火骤然发生爆炸，厂房大部倒塌，设备被损砸坏，那两个工人当即丧生。

此外，由于生活用火不慎引起的事故较多，因不是本书介绍的主要内容，就不一一列举了。

(2) 自燃和雷击火灾。主要有如下几方面：

1) 物品自然起火。主要是在没有任何明火的情况下，物质受空气氧化或外界温度、湿度的影响，经过较长期的自行发热和蓄热，逐渐达到自燃点而引起的燃烧。

物质自燃按其自燃的难易程度和危险性大小，大体有以下两类：

一类是本身自燃起火的物质，如褐煤，泥煤，含水量较大的稻草、原麻、烟叶、油菜籽、豆饼、麦芽、苞米胚芽，以及沾有植物油、动物油的棉纱、棉手套、木屑、金属屑等，都能自燃起火；

二类是与其他物质接触时能自燃起火的物质，如钾、钠、钙等金属与水接触，或者木屑、刨花、稻草、棉花、甲醇、乙醇、丙酮、乙醚，甘油等有机物质与硝酸接触时，都能引起自燃。

物品自燃引起火灾常有发生。仅上海市从1949年至1981年发生万元以上的重大火灾中，由于物品自燃而引起的火灾爆炸事故就有16起，直接经济653万余元，伤234人，死亡7人。其中以油棉纱和植物纤维类火灾次数为最多，损失最大，其次是硝化纤维及其制品火灾。例如，1979年6月18日，上海市服装工业公司一个储存赛璐珞片的库房发生爆炸起火，伤44人，储存的赛璐珞片和库房全部被烧毁，造成了很大损

失；又如上海某仓库，一座面积约300m²的砖木结构库房，在库房内主要储存无线电通讯器材、部分办公文具用品和一些由赛璐珞制作的“密语片”。因为这种“密语片”受潮或在闷热的情况下易发生霉变、分解，而变质后的赛璐珞，其自燃点要降低（约154℃），即能自燃着火。该库在火灾发生之前，当地连日高温，气温达36℃，又闷又热，加之库房平时不开窗，通风不良，地面潮湿等，促使它自燃起火，烧毁了价值数十万元的无线电通讯器材，整座库房也毁于大火。

2) 雷击。工业建筑可燃物堆场引起雷击火灾的原因，大体上有以下三种情况：

①雷电直接击在建筑上产生的热效应作用和机械效应作用，以及由于直接雷击而引起的其他作用，如雷电的反击作用，跨步电压和接触电压等。例如，吉林市毛纺厂的露天羊毛原料堆场的堆垛遭雷击，由于雷电流直接雷击堆垛上，雷电流温度约10000℃，电流在100kA以上，很快烧着羊毛堆垛，加之堆垛间距小，堆垛区通路狭窄，消防车开不进去，水源又不足，结果烧掉了大批羊毛和化纤原料，直接经济损失达160余万元。

②雷电的二次作用。所谓雷电的二次作用，主要是指雷电流产生的感应作用和电磁作用。例如，广东茂名油库内的一个容量为15000m³的钢筋混凝土地下储罐，油罐上的钢筋外露，相互之间没有很好连接和接地。雷击时，由于空气中云层对地产生强电场，使油罐的外露钢筋感应带静电，产生大量电火花，引起原油蒸气混合物爆炸起火，烧掉大量原油，造成了巨大的经济损失。

③沿着电气线路或金属管道系统，高电压侵入建筑物内

部。此类事故累有发生，据上海等几个城市的统计，高电位侵入引起的事故，约占整个雷害事故的50%~70%。

(3) 放火。主要有以下几种情况：

1) 反革命分子纵火。极少数反革命分子以放火来进行破坏，在过去有，现在有，将来也会有，我们不能掉以轻心。

2) 刑事犯罪分子放火。如盗窃、贪污者在作案后，常常以放火作为毁灭证据、掩盖他们的罪恶活动的手段。上海某外贸仓库储存化纤的库房，库内一保管员因贪污受审查，就乘无人之机，进行放火，烧毁大量进口化纤和库房，直接经济损失约300万元。

3) 不满分子放火。有的受到领导和群众批评后，不但不悔过自新，反而怀恨在心，乘机放火破坏；有的因为个人问题（如工资待遇问题）没有得到满足，进行放火破坏。例如，北京市某仓库一护库员，因受到领导和群众批评后，大为不满，乘机放火，烧毁瓶装二锅头酒100多万瓶和其他物品，直接经济损失300多万元。

二、工业企业的火灾教训

如前所说，工业企业中有各种厂房、库房。从这些建筑发生的大量火灾爆炸事故看，教训是十分深刻的，有防火设计技术上和防火安全管理上的教训，本书因限于篇幅，仅概要地介绍一下防火设计上的主要教训：

(1) 总平面布置不合理。主要是有的工厂、仓库，没有将爆炸危险的生产建筑、装置布置在本单位的安全地段，或者没有将散发可燃气体、可燃蒸气的建筑、装置布置在本单位的常年主导风向的下风向等。例如，江苏省太仓县化肥厂将液化石油气储罐组布置在厂区内，距锅炉房只有17m，

因液化石油气槽车与液化石油气储罐的连接管被车拉断，泄漏出大量液化石油气，遇到明火，引起爆炸起火，距离液化石油气储罐70m左右的建筑物全遭破坏，200~300m内的建筑物门窗玻璃全部被震碎、震坏，炸死6人，炸伤55人，直接经济损失近200万元。

(2) 耐火等级低，防火间距小或相互毗连。我国许多旧的工厂、仓库，耐火等级多数偏低，与生产火灾危险性很不相适应，而且有相当的厂房、库房防火间距偏小或相互毗连，加之水源缺乏，扑救装备落后，一旦发生火灾往往造成巨大损失。例如，湖南省长沙市文具用品仓库，因儿童燃放冲天炮钻进库内的可燃物品堆垛内，引起火灾。由于库房为砖木结构，附近水源缺乏，致使一座占地面积为2300m²的库房全部烧光，存放在库内的大批文具、纸张、绘图仪器、办公用品等也都全部化为灰烬，经济损失达290余万元。

(3) 没有采取必要的防火分隔措施，形成大面积火灾。此类教训事故很多，例如，南昌电机厂是座多跨砖木结构厂房。按《建筑设计防火规范》规定，每不超过3000m²应采取设置防火墙等防火分隔措施，但9000m²的厂房竟没有设置防火分隔。发生火灾时，由于水源较缺，消防装备少而差，加之报警较迟，致使整座厂房、生产设备、原材料、成品和半成品均被烧毁，造成数百万元的损失。又如，济南汽车制造厂是座面积达12000m²以上的厂房，其中7000m²以上为多跨砖木结构，后来扩建的5000m²为钢筋混凝土结构。发生火灾时，虽然当地消防监督部门先后调集了三十多辆消防车前往扑救，但由于供水不足，消防车功率偏小，扑救无济于事，致使7000m²的砖木结构厂房和设备基本被烧毁，直接经济损失300余万元。

(4) 安全疏散设置不合理。实践证明，合理地设置足够的安全出口，对于保证火灾时人员和物资的安全疏散，避免和减少伤亡事故、经济损失具有十分重要的现实意义。例如，北京一童装厂是座老式砖木结构建筑，与其他民用建筑毗连，主要门开向一个狭小的内院，车间内成排布置固定缝纫机，排与排之间的间距约70~80cm，在门口两旁布置服装裁剪台和棉絮铺设台，虽有两个门，但厂房后部门窗全部用钉钉死，只留出前面一个门，车间内经常劳动人数为65~70人。一天，电工修理电灯开关时引起短路，滋出的火花掉落在工作台上的棉花堆内，骤然起火，加之职工扑救不当，因此火灾迅速蔓延扩大。起火后由于疏散通路狭窄，后部门窗又不能作为逃生出口，只能从前面一个门疏散，不能及时全部将人员疏散出去，因此，造成6人被烧死，十三人被烧伤的严重伤亡事故，并且烧毁480m²的厂房及其大量成品、半成品和缝纫机，损失十分严重。又如某市无线电元件厂，为砖木结构。该厂房内的化验室用电炉加热丙酮，没有按操作规程办事，以致超温，丙酮沸腾流淌在地板上，遇电炉起火，很快蔓延到二楼，烟气迅速充满厂房的空间，而二楼恒温室只有一个门，火焰阻挡了人们的通路，6名女工因而丧生，火焰随即窜到三楼，该层的阁楼楼梯被烧着，有6名工人下不来，被烧死在楼梯口，抢救人员中毒十几名，被火烧死11人，伤18人，烧毁厂房1000m²，损失十分惨重。

(5) 消防的水量和水压不足。此类情况较为普遍，一旦发生火灾，往往造成很严重的损失。例如，丹东市纸板厂原料堆场，没有设置环形消防车通道，也没有留出宽为6m的平坦空地，仅设有一个离开原料堆场约为200m的消防蓄水池，但没设置通向水池的道路，发生火灾后，当地消防部