

PEIXUN

煤化工安全培训教材

尿素操作工

Niaosu Caozuogong

兖矿集团有限公司组织编写

窦怀云 马兆芳 主编

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

煤化工安全培训教材

尿素操作工

兖矿集团有限公司组织编写

主 编	窦怀云	马兆芳		
副主编	曹月梅	付边江	刘 华	
参 编	张 生	王 兵	胡兴新	蒋兴涛
主 审	刘昭斌	季文普	张新凤	

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书主要包括:尿素生产安全基础知识、尿素生产工艺技术、尿素生产安全操作技术、尿素生产危害防治与应急处理、设备检修安全措施、案例分析与防治措施、特种设备的安全使用等。

本书可作为尿素操作工和检修工的安全培训教材,也可作为化工技术人员、管理人员及大专院校师生的学习参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

尿素操作工/窦怀云,马兆芳主编. —徐州:中国矿业大学出版社,2009.1

安全技术培训教材

ISBN 978 - 7 - 5646 - 0211 - 6

I. 尿… II. ①窦…②马… III. 尿素生产—安全技术—技术培训—教材 IV. TQ441.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 007412 号

书 名 尿素操作工

主 编 窦怀云 马兆芳

责任编辑 姜志方

策划编辑 钟 诚

责任校对 杜锦芝

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

排 版 徐州中矿大印发科技有限公司排版中心

印 刷 江苏徐州新华印刷厂

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/16 印张 12.25 字数 306 千字

版次印次 2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷

定 价 24.50 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

编写委员会

主 任	张英民	张鸣林	李位民	黄福昌	
成 员	张胜东	孙士海	张兴志	刘士义	王惠忠
	冯士杰	刘迎建	邢克力	王建刚	韩 华
	王洪涤	张贵金	丁 波	李增良	梅苏鲁
	冯全斌	闫映宏	李明远	王 峰	盛明涛
	李 强	许建平	潘清波	陈 健	卢道民
	邢 军	管延明			

审查委员会

主 任	黄福昌				
副主任	崔洪义	陈俊焰			
成 员	王惠忠	李明远	王公华	陈 杰	尚书卿
	韩 梅	李 强	刘 杰	黎计武	苗因德
	管延明				



出版说明

兖矿集团非煤产业从业人员安全技术培训已经进行了多年,为企业培训了大批的安全技术人员,促进了企业安全生产水平的提高。随着经济社会的快速发展、科学技术不断进步和安全法制建设进程的加快,对新形势下的安全生产和安全培训工作提出了更新标准、更高要求,但是这方面的培训教材严重缺乏。为适应新形势,进一步落实“安全第一,预防为主,综合治理”的安全生产方针,依法加强各类从业人员安全技术培训,提高安全培训质量,促进安全生产,兖矿集团根据国家安全生产监督管理总局《特种作业人员安全技术培训大纲及考核标准》的要求,组织编写了这套安全技术培训系列教材。

本套安全技术培训教材共 86 册、涉及 90 个工种,其内容体系具有鲜明的特色:

① 教材内容架构严格遵循国家有关生产经营单位从业人员安全技术培训教学大纲和考核标准要求,同时贴近兖矿集团非煤产业生产实际和安全技术培训的需要,既精编又适用,普适性强。

② 科学规范。各分册严格按照编前制定的《教材内容编写基本要求》来操作,既规范了编写标准,又减少统稿困难,科学性、规范性强。

③ 内容编写突出从业人员的应知、应会,结合生产实际需要,突出了事故案例及设备故障案例分析,教材针对性和操作性强。

④ 内容编写风格体现了通俗易懂、图文并茂的特色,做到直观、易学、易懂。

⑤ 在全国煤化工等行业安全技术培训教材缺少的情况下,本套教材的编写和出版,适应了国家安全生产、安全发展的新形势、新要求、新期待,具有示范性和引导作用。

山东省安全生产监督管理局对本套安全技术培训教材的编写和出版给予了大力支持和热忱指导,有关领导和专家对教材编写提出了许多宝贵意见,兖矿集团有关部门、有关生产经营单位的领导、技



术人员、培训教师为本套教材的编写出版都付出了艰辛努力。中国矿业大学出版社领导和编校人员为本书高质量的及时推出,做出了积极贡献,对此,我们表示衷心感谢。

本书编写参考了许多图书资料及生产实践和科研成果,不能一一注明,在此一并表示感谢。

由于时间紧,工作任务重,加之编写人员水平有限,书中疏漏错误在所难免,恳请有关专家及广大读者批评指正。

教材编委会
2008年12月



目 录

第一章 尿素生产安全基础知识	1
第一节 防火防爆	1
第二节 电气及静电安全知识	7
第三节 工业毒物危害与预防	17
第四节 压力容器的安全基础知识	20
第五节 检修安全基础知识	24
第六节 防护器材	27
复习题	31
第二章 尿素生产工艺技术	32
第一节 尿素生产工艺技术概述	32
第二节 尿素生产原理	37
第三节 水溶液全循环工艺技术	45
第四节 二氧化碳汽提工艺技术	46
第五节 氨汽提工艺技术	50
第六节 先进型尿素生产工艺技术	53
第七节 尿素生产中的节能与环保	54
复习题	55
第三章 尿素生产安全操作技术	56
第一节 系统原始开车准备	56
第二节 系统开车操作票	57
第三节 系统停车操作票	65
第四节 单体设备安全操作	71
第五节 岗位安全操作	76
第六节 公用工程开停的安全操作	77
第七节 工艺处理安全操作	87
复习题	89
第四章 尿素生产危害防治与应急处理	90
第一节 尿素生产过程的危害辨识与防治	90
第二节 现场创伤急救及职业病防治	98



第三节 灾害事故的应急处理·····	108
复习题·····	111
第五章 设备检修安全措施·····	114
第一节 运转设备检修的安全措施·····	114
第二节 静止设备检修的安全措施·····	114
第三节 动火作业的安全措施·····	116
第四节 登高作业的安全措施·····	119
第五节 抽插盲板作业的安全措施·····	122
第六节 检修作业中的安全监护·····	123
复习题·····	125
第六章 案例分析与防治措施·····	127
第一节 水溶液全循环法总控岗位·····	127
第二节 水溶液全循环法现场岗位·····	132
第三节 CO ₂ 汽提法总控岗位·····	136
第四节 氨汽提法总控、现场岗位·····	142
第五节 泵岗位·····	145
第六节 压缩机岗位·····	148
第七节 包装岗位·····	152
第八节 维修岗位·····	153
第九节 分析岗位·····	155
复习题·····	157
第七章 特种设备的安全使用·····	159
第一节 尿素生产中的防腐与选材·····	159
第二节 尿素合成塔的安全使用及检测·····	162
第三节 高压甲铵冷凝器的安全使用及检测·····	167
第四节 高压汽提塔的安全使用及检测·····	168
第五节 电梯的安全使用及检测·····	169
附录·····	172
参考文献·····	184



第一章 尿素生产安全基础知识

第一节 防火防爆

一、防火防爆的含义

所谓防火防爆,就是指防止发生燃烧、着火或火警、火灾,防止产生爆燃、爆轰、爆鸣、闪爆或爆炸等。大多数有机化学物质都具有易燃易爆性。此类爆炸均归类于化学性爆炸,有化学放热反应产生。根据爆炸时的易燃易爆物质的数量、体积浓度和爆炸速率的不同,除爆炸之外,还有爆燃、爆轰、爆鸣和闪爆之分。另一类爆炸现象叫物理性爆炸。与化学性爆炸不同的是,它不起化学变化,没有放热反应,通常也不伴随燃烧现象。其特点是气相或液相物质在容器受压、加压超过或越过容器的强度极限后,突破容器向外界冲击,而发生爆炸(气相)或爆裂(液相),其后果是容器遭受严重破损、破裂或破坏。除容器外,还有储槽、球罐、管道等都可产生物理性爆炸现象。无论是化学性爆炸还是物理性爆炸,其爆炸时体积都将增大几十倍至几百倍,威力奇大无比,破坏性极大。

二、危险物品的分类

(一) 按燃烧性

凡有火灾或爆炸危险的物品统称为危险物品,可分为以下七类:

1. 爆炸物品

凡是受到高热、摩擦、冲击等外力作用或受其他因素激发,能在很短时间内发生剧烈化学反应,放出大量气体和热量,同时伴有巨大声响而爆炸的物质,就是爆炸物品。如雷管、炸药、鞭炮药等。

2. 易燃和可燃液体

这类物质极易挥发和燃烧。如汽油、煤油、溶剂等。

3. 易燃和助燃气体

这类物质受热、受冲击或遇火花能燃烧或发生爆炸,或有助燃能力,能扩大火灾,如氢气、氯气、煤气、乙炔等。

4. 自燃物品

不需要外界火源的作用,由于本身受空气氧化而放出热量,或受外界影响而积热不散,达到自燃点而引起自行燃烧的物质。如黄磷、油布、油纸等。

5. 遇水着火物品

这类物质能与水发生剧烈反应,放出可燃气体和热量,可引起燃烧和爆炸。如钠、钾、氰



化钠、碳化钙、镁铝粉等。

6. 易燃固体

这类物质燃点较低,遇明火、受热、撞击或与氧化剂接触能引起急剧燃烧。如红磷、硫磺、闪光粉、生松香等。

7. 氧化剂

这类物质本身不燃烧,但有很强的氧化能力,与可燃物接触引起燃烧或爆炸。如高锰酸钾、过氯酸钾、过氧化钠等。

(二) 易燃、可燃液体的分类

根据闪点,将能燃烧的液体分为两类四级:

第一级:闪点在 28°C 以下,如汽油、酒精等。

第二级:闪点在 $28\sim 45^{\circ}\text{C}$ 之间,如丁醇、煤油等。

第三级:闪点在 $46\sim 120^{\circ}\text{C}$ 之间,如苯酚、柴油等。

第四级:闪点在 121°C 以上,如润滑油、桐油等。

属于第一、第二级的液体称为易燃液体;属于第三、第四级的液体称为可燃液体。

(三) 易燃和助燃气体的特性

1. 按火灾危险性

按火灾危险性,可把气体分为三类:易燃气体、助燃气体和不燃气体。易燃气体如氢气、一氧化碳、天然气等;助燃气体如氧气、氧化亚氮等;不燃气体如二氧化碳、氮气等。为了防火防爆,应注意易燃和助燃气体的特性。

2. 化学活泼性

易燃和助燃气体的化学性质活泼,在普通状态下可与很多物质起反应或发生燃烧爆炸。化学活泼性越强,氧化能力越强的气体,其火灾危险性越大。如乙炔、乙烯与氯气混合遇光能爆炸;液态氧与有机物接触能发生爆炸;压缩氧与油脂接触能发生自燃。

3. 可燃性

易燃气体遇火能燃烧,与空气混合达一定浓度,会发生爆炸。爆炸下限低,爆炸浓度范围宽的气体,其火灾、爆炸危险性更大。

4. 扩散性

比空气轻的易燃气体逸散在空气中,可以很快扩散,并顺风飘移,造成火焰迅速蔓延。比空气重的易燃气体泄漏出来,往往流于地表、沟渠和厂房死角中,长时间聚集不散,一旦遇点火源就可能发生燃烧或爆炸。

5. 压缩性

易燃和助燃气体受压可减小体积,甚至被压缩变成液态。盛装这种气体的容器内总保持较大的压力。遇热气体很快膨胀,如液化石油气的低分子化合物、丁烯等受热膨胀率比水要大 $10\sim 16$ 倍。如果容器充装过满,即使温升不大,也能膨胀产生很大压力,造成容器变形或破裂。

6. 腐蚀性

有的气体对设备材料有腐蚀作用,如不注意会损坏设备,严重的可导致火灾、爆炸事故。如氯气、硫化氢都有腐蚀性。所以,对受压容器要定期检查。



7. 毒害性

有些气体如硫化氢、氯气、氟气有毒性。在扑救这类火灾时,要注意防毒。

三、火灾的预防和控制

(一) 点火源的控制

为了预防火灾和爆炸,重要的是对危险物质和点火源进行严格管理。在生产中,引起火灾爆炸的点火源有以下八种:

1. 明火

如火炉、火柴、烟筒或烟道喷出火星,气焊和电焊,汽车和拖拉机的排气管喷火等。

2. 高热物及高温表面

如加热装置、高温物料的输送管、冶炼厂或铸造厂里熔化的金属、烟筒和烟道等。

3. 电火花

如高电压的火花放电、短路和开闭电闸时的弧光放电、接点上的微弱火花等。

4. 静电火花

如液体流动引起的带电、喷出气体的带电、人体的带电等。

5. 摩擦与撞击

如机器上轴承转动的摩擦;金属零件和铁钉落入设备内,铁器和机件撞击;磨床和砂轮的摩擦;铁器工具相撞;铁器与混凝土相碰等。

6. 自行发热

如油纸、油布、煤的堆积,活泼金属钠接触水等。

7. 绝热压缩

如硝化甘油液滴中含有气泡时,被落锤冲击受到绝热压缩,瞬时升温,可使硝化甘油液滴被加热至着火点而爆炸。

8. 化学反应热及光线和射线等。

(二) 爆炸极限

可燃物质与空气混合达到一定浓度时,在点火源的作用下会发生爆炸。这种可燃物质在空气中形成爆炸混合物的最低浓度叫做爆炸下限,最高浓度叫做爆炸上限。浓度在爆炸上限和爆炸下限之间,都能发生爆炸。这个浓度范围叫该物质的爆炸极限。表 1-1 为尿素系统爆炸性气体在空气中的爆炸极限。

表 1-1 尿素系统爆炸性气体在空气中的爆炸极限

物资名称	化学式	爆炸上限/%(体积分数)	爆炸下限/%(体积分数)
氢	H ₂	74.20	4.10
氨	NH ₃	27.40	15.70
硫化氢	H ₂ S	15.00	5.30

爆炸极限是一个很重要的概念,在防火防爆工作中有很大的实际意义:

① 它可以用来评定可燃气体燃爆危险性的大小,并可作为可燃气体分级和确定其火灾危险性类别的依据。我国目前把爆炸下限小于 10% 的可燃气体划为一级可燃气体,其火灾



危险性列为甲类。

② 它可以作为设计的依据。例如确定建筑物的耐火等级,设计厂房通风系统等,都需要知道该场所存在的可燃气体的爆炸极限数值。

③ 它可以作为制订安全生产操作规程的依据。在生产、使用和贮存可燃气体的场所,为避免发生火灾和爆炸事故,应严格将可燃气体的浓度控制在爆炸下限以下。为保证这一点,在制定安全生产操作规程时,应根据可燃气体的燃爆危险性和其他理化性质,采取相应的防范措施,如通风、置换、惰性气体稀释、检测报警等。

(三) 企业防火防爆的基本措施

企业内采取的防火防爆的基本措施,分技术措施和组织管理措施两个方面。

1. 防火防爆的技术措施

(1) 防止燃爆介质的积聚

可以用通风的办法来降低燃爆物质的浓度,使它不达到爆炸极限。也可以用不燃或难燃物质来代替易燃物质。例如用水质清洗剂来代替汽油清洗零件。这样既可以防止火灾、爆炸,还可以防止汽油中毒。另外,也可采用限制可燃物的使用量和存放量的措施,使其达不到燃烧、爆炸的危险限度。

(2) 防止产生着火源,使火灾、爆炸不具备发生的条件

这方面应严格控制以下 8 种着火源,即冲击摩擦、明火、高温表面、自燃发热、绝热压缩、电火花、静电火花、光热射线等。

(3) 安装防火防爆安全装置

例如阻火器、防爆片、防爆窗、阻火闸门以及安全阀等,以防止发生火灾和爆炸。

2. 防火防爆的组织管理措施

① 加强对防火防爆工作的领导,建立健全防火防爆制度,例如防火防爆责任制度等。

② 开展经常性防火防爆安全教育和安全大检查,提高人们的警惕性,及时发现和整改不安全的隐患。

③ 厂区内、厂房内的一切出入和通往消防设施的通道,不得占用和堵塞。

④ 应建立义务消防组织,并配备有针对性和足够数量的消防器材。

3. 企业内生产工人应遵守以下防火防爆守则

① 应具有一定的防火防爆知识,严格贯彻执行防火防爆规章制度,禁止违章作业。

② 应在指定的安全地点吸烟,严禁在工作现场和厂区内吸烟。

③ 使用、运输、贮存易燃易爆气体、液体和粉尘时,要严格遵守安全操作规程。

④ 工作现场动用明火,必须报请主管部门批准,并做好安全防范工作。

⑤ 使用的电气设施,不符合防火防爆要求时,应停止使用,防止发生火灾、爆炸事故。

⑥ 应学会使用一般的灭火工具和器材,对于单位内配备的防火防爆工具、器材等,应该爱护,不得随便挪用。

4. 火灾的扑救

一旦发生火灾,一方面要组织人员采用正确的灭火方法和选用适当的灭火工具积极扑救。在密闭的房间内起火,未准备好充足的灭火器材时,不要打开门窗,防止空气流通,扩大火势。另一方面要赶快打“119”报警。报警时要沉着冷静,讲清楚着火单位、区县、街道名称、门牌号码、燃烧物、火势、报警人姓名及使用电话号码。报警完后派人去街道路口迎接



消防车,以便使消防人员及时到达着火地点。

化学易燃物品发生火灾的扑救与普通火灾不同,这类物质发生火灾后,首先要弄清着火物质的性质,然后选用适合扑救该类物品的灭火剂,正确地实施扑救:

① 扑救可燃和助燃气体火灾时,要先关闭管道阀门,用水冷却其容器、管道,用干粉、沙土扑灭火焰。

② 扑救易燃和可燃液体火灾,用泡沫、干粉、二氧化碳扑灭火焰,同时用水冷却容器四周,防止容器膨胀爆炸。但醇、醚、酮等溶于水的易燃液体火灾应该用抗溶性泡沫扑救。

③ 扑救易燃和可燃固体火灾,可用泡沫、干粉、沙土、二氧化碳或雾状水。

5. 灭火的基本方法

人们长期与火灾作斗争,积累了丰富的灭火经验,总结出四种灭火的基本方法:

(1) 冷却法

降低燃烧物的温度,使温度低于燃点,从而燃烧过程停止。如用水和二氧化碳直接喷射燃烧物,往火源附近未燃烧物上喷洒灭火剂,防止形成新的火点。

(2) 窒息法

减少燃烧区域的氧气量,阻止空气注入燃烧区域或用不燃烧物质冲淡空气,使火焰熄灭。如用不燃或难燃的石棉被、湿麻袋、湿棉被等捂盖燃烧物;用沙土埋没燃烧物;往着火空间内灌入惰性气体、蒸汽;往燃烧物上喷射氮气、二氧化碳等;封闭已着火的建筑物、设备的孔洞。

(3) 隔离法

使燃烧物和未燃烧物隔离,限制燃烧范围。如将火源附近的可燃、易燃、易爆和助燃物搬走,关闭可燃气体、液体管路的阀门,减少和阻止可燃物进入燃烧环境内;堵截流散的燃烧液体;拆除与火源毗连的易燃建筑和设备。

(4) 抑制法

使灭火剂参与到燃烧反应过程中去,中断燃烧的连锁反应。如往燃烧物上喷射干粉等灭火剂。

6. 防止火灾的基本措施

一切防火措施都是为了防止产生燃烧的条件,防止燃烧条件互相结合、互相作用。根据物质燃烧的原理,防火的基本措施是:

(1) 控制可燃物

可燃物是燃烧过程的物质基础,所以对可燃物质的使用要谨慎小心。在选材时,尽量用难燃或不燃的材料代替可燃材料,如用水泥代替木料建筑房屋,用防火漆浸涂可燃物以提高耐火性能;对于具有火灾、爆炸危险性的厂房,采用抽风或通风方法以降低可燃气体、蒸汽和粉尘在空气中的浓度;凡是能发生相互作用的物品,要分开存放等。

(2) 隔绝空气

使用易燃易爆物的生产过程应在密封的设备内进行;对有异常危险的生产,可充装惰性气体保护;隔绝空气储存某些危险化学品,如金属钠存于煤油中,磷存于水中,二硫化碳用水封闭存放等。

(3) 清除火源

如采取隔离火源、控制温度、接地、避雷、安装防爆灯、遮挡阳光等措施,防止可燃物遇明



火或温度升高而起火。

(4) 阻止火势、爆炸波的蔓延

为阻止火势、爆炸波的蔓延,就要防止新的燃烧条件形成,从而防止火灾扩大,减少火灾损失。具体措施有:在可燃气体管路上安装阻火器、安全水封;机车、轮船、汽车、推土机的排烟和排气系统戴防火帽;在压力容器设备上安装防爆膜、安全阀;在建筑物之间留防火间距、筑防火墙。

(四) 尿素生产装置的防火防爆

尿素装置的工艺操作大多数都是高温、高压条件下运行的,而且生产过程中的原料液氨、甲铵液、尿素熔融物及尾气等大多是有毒、有害、易腐蚀、易燃、易爆的化学危险物质。不但进出物量大,而且其中蕴藏着巨大的潜在危险能量和职业病危害。在这种情况下,任何一个环节发生误动作和细微故障,甚至人为的误操作和违章操作,都有可能造成装置发生火灾、爆炸、中毒、物损等事故。比如,尿素装置曾经发生过不少爆炸事故:合成塔爆炸事故、惰性气体洗涤器爆炸事故、高压洗涤器爆炸事故、氨水槽爆炸泄漏事故、氨冷器爆炸事故等。

由于设备老化、工艺条件剧变及一些人为失误或违章操作原因导致工艺设备、管道破损、泄漏或非计划停车,抢修多;定期设备大检修,交叉立体施工安装作业点多、面广;检修过程工艺处理不彻底,易引发着火、爆炸事故。

1. 尿素装置的不安全因素

尿素装置的设备、管道、阀门、法兰的泄漏,是生产安全面临的第一危险。装置、系统运行状态正常,设备、管道、阀门、法兰等不会发生工艺物料的泄漏现象。但一旦由于某种原因发生了设备、管道、阀门、法兰的工艺物料泄漏,极易发生着火、燃烧,引起火警、火灾,重则产生爆炸,破坏设备、管道、阀门、法兰,影响安全生产,危及人身生命安全。引起泄漏的原因有多种多样:

① 在生产过程中,由于长周期和连续性运转,工艺设备、管道、阀门、法兰受到持续的机械磨损、物料冲蚀、内外腐蚀、材质老化或其他外来因素的影响,常常会发生因疲劳导致强度减弱引起破损(如焊缝龟裂、焊口砂眼、壳体裂纹、垫片损坏等)致使渗漏或泄漏工艺物料的现象,给装置的正常运行带来不少的麻烦。

② 装置检维修上的缺陷,像设备人孔或接口、管线法兰未按施工要领安装到位,或机泵机械密封端面研磨不佳,经长期运转发生泄漏。

③ 工艺操作不当,造成系统憋压、容器满液造成液体超压,都会发生物料的泄漏现象。

④ 设计欠缺、失误(例如材质选错)和施工质量不佳、粗糙(例如 X 光射线拍片不合格),留下隐患,久而久之引起物料泄漏等等。

2. 人的不安全因素

工艺操作人员的违章操作和误操作,以及施工抢修人员在运行生产装置抢修时野蛮作业,是安全生产第二个“不安全因素”(人的因素,即软件因素)。因此,尿素生产过程中必须做好防火防爆工作,具体措施如下:

① 要认真贯彻“安全第一,预防为主”的安全生产方针,落实各级安全生产责任制。企业管理层要把防火防爆工作作为安全生产工作重中之重;操作人员要增强责任心,要具备专业操作技能,善于应对紧急事故处理;维修人员要严格按照有关规程、规章制度,进行设备检修。



② 各单位要把防火防爆作为重点,及时发现问题、解决问题。

③ 强化对关键生产装置和要害(重点)生产部位的安全监控,这是控制危险点(源)的有效方法。

④ 必须高度重视安全教育培训,并把安全教育的重点放在工艺操作人员上,其目的是提高预防能力和应变能力,杜绝违章操作,防止人为“失误”。与此同时,加强全员性安全教育,提高安全思想意识。

⑤ 加强日常安全巡回检查及时发现问题、不安全因素或缺陷。将隐患消灭于萌芽状态之中。

⑥ 加强事故隐患治理力度,把牢安全、消防的“三同时”监督审查关,把隐患消除于设计、施工的源头之前。

⑦ 搞好消防、气防设施、器材的维护保养,开展事故应急预案演练,提高对初起火灾的扑救能力。

⑧ 发生火灾爆炸事故,一定要按事故“四不放过”原则严肃事故处理,避免和防止发生重复性事故。

第二节 电气及静电安全知识

一、电气安全基础知识

(一) 电气安全

电气安全是指电气产品质量,以及安装、使用、维修过程中不发生事故。电气安全主要包括人身安全与设备安全两个方面。人身安全是指人在从事电气工作过程中的安全;设备安全是指电气设备以及相关设备、建筑的安全。电气爆炸等事故都属于电气事故。

(二) 触电事故

触电事故是电流直接或间接对人体造成的伤害,包括电击和电伤。对电气工作者而言,触电事故发生的突然性与难以预先感知性是最危险的。

1. 电击与电伤

电击是电流通过人体造成人体内部的伤害,通常不会在人体表面留下大面积的明显伤痕。其主要伤害部位是中枢神经系统、肺部和心脏。人体受到电流电击时,会出现痉挛、呼吸窒息、心颤、心跳骤停等症状,严重时会造成死亡。因此,电击事故是最危险的触电事故,包括以下几种情况。

(1) 高压电击

发生在 1 000 V 以上的高压电气设备上的电击事故。当人体即将接触高压带电体时,高电压将空气击穿,使空气成为导体,进而使电流通过人体形成电击。这种电击不仅对人体造成内部伤害,其产生的高温电弧还会烧伤人体。

(2) 单线电击

又称低压单相电击。当人体站立于地面与带电体意外接触时造成的电击。它是最常出现的触电事故,主要发生在 220 V(对地电压)和 380 V(两相间电压)的低压设备上。这类事故在潮湿的环境中更容易出现。



(3) 双线电击

又称低压两相电击。当人体不同部位同时触及对地电压不同的两相带电体时造成的电击。这类事故不易发生,一旦发生,其危险性比单线电击高。常出现于工作中操作不慎的场合。

(4) 跨步电压电击

当带电设备发生某项接地时,接地电流流入大地,在距离接地位置不同的地表面各点上呈现不同电位,距离接地点愈远电位愈低。当人的双脚同时踩在带有不同电位的地表面两点时,会引起跨步电压电击。

此外,电击还可以分为直接接触电击和间接接触电击。当设备和线路正常运行时,人体触及带电体造成的电击属于直接接触电击。当设备和线路发生故障时,人体触及正常时不带电而故障时意外带电的导体造成的电击属于间接接触电击。

电伤主要是电流对人体外部造成的局部伤害,并且在人体表面留有明显的伤痕。如电烧伤、电烙印、皮肤电气金属化(人体触电部位受到金属微粒的浸润而形成金属化的皮肤)、机械损伤(皮肤、血管、神经组织的破裂等症状)等。电烧伤是电流热作用与形成电弧而引起的一种常见的电创伤。它包括电流烧伤、电弧烧伤和混合烧伤。电流烧伤是电流穿过人体造成的烧伤;电弧烧伤是电流不穿过人体,电弧作用于人体所造成的烧伤;混合烧伤是电流与电弧同时作用于人体造成的烧伤。电烙印是人体皮肤表面受电流作用而产生的特殊损伤,通常不会产生疼痛感,但是,电烙印面积过大会造成人体组织的深度损伤,能够破坏人体内部器官的功能。

2. 电流对人体的作用

触电事故发生时,对人体伤害是通过人体的电流,而不是电压。电流对人体的作用受电流强度、通电时间、电流种类、电流途径以及人体状况等因素的影响。

(1) 电流强度

电流强度是指作用于人体电流强度的大小。电流强度越大,人体在电流作用下受到的伤害越大。

人体在电流的作用下,会有麻、针刺、打击、疼痛、痉挛、呼吸困难、血压升高、心跳不规则、心室颤动等感觉或症状。引起上述生理反应的电流并非某一确定值,而是一个确定的范围。人体受到不同的电流阈值,将引起不同的生理反应。一般而言,通过人体的电流越大,人体的生理反应越明显、越强烈生命危险越大。通常,将电流对人体的伤害程度划分为无感应区 O、感知电流区 A1、非致命病生理效应区 A2 与 A3、可致命的心室颤动和严重烧伤的危险区 B1 与 B2。电流对人体的作用区段见表 1-2。

用手握住电源时,手心感觉发热的直流电流,或因神经受刺激而感觉轻微刺痛的交流电流,称为感知电流。感知电流是引起人体感觉的最小电流。男性平均工频感知电流是 1.10 mA,女性是 0.70 mA。触电后能自行摆脱的电流,称为摆脱电流。它是人体自行摆脱带电体的最大电流。由测定结果得知,男性的平均摆脱电流是 16 mA,女性是 10.50 mA。在较短的时间内危及生命的最小电流称为致命电流。在电流不超过 100 mA 的情况下,电击致命的主要原因是电流引起心室颤动造成的。心室颤动是指心室每秒 400~600 次以上的纤维性颤动。心室颤动时,血液停止循环。因此,可以认为引起心室颤动的电流即为致命电流。



表 1-2 电流对人体的作用区段

作用区段	电流范围	电流/mA	通电时间人体生理反应	
无感应区	O	0~0.50	连续通电	无感觉
感知电流区	A1	0.50~5.00	连续通电	有感觉,无痉挛,可以摆脱带电体
非致命病生理效应区	A2	5.00~30.00	数分钟以内	痉挛,不能摆脱带电体,呼吸困难,血压升高,是可以忍受的极限
	A3	30.00~50.00	数秒到数分	心脏跳动不规则,昏迷,血压升高,强烈痉挛,时间过长会引起心室颤动
可致命的心室颤动和严重烧伤的危险区	B1	50.00~数百	小于心脏搏动周期	受强烈冲击,但未发生心室颤动
			超过心脏搏动周期	昏迷,心室颤动,接触部位留有电伤痕迹
	B2	数百以上	小于心脏搏动周期	在心脏搏动周期的特定时刻触电时,发生心室颤动,昏迷,接触部位留有电伤痕迹
			超过心脏搏动周期	心脏停止跳动,昏迷,可能致命的电灼伤

(2) 通电时间

通电时间是指电流通过人体的持续时间。通电时间是影响电击伤害程度的又一重要因素。人体通过电流的时间越长,人体电阻就越降低,电击的危险性越大。

人的心脏搏动周期约 0.8 s。当通电时间短于 0.8 s 时,一般不至于发生有生命危险的心室颤动。如果电流在这一瞬间通过心脏,即使电流很小(零点几毫安),也会引起心室颤动。如果电流持续时间超过 0.8 s,则必然与心脏最敏感的间隙(心脏周期的易损伤期)相重合而造成很大的危险。

(3) 电流种类

电流种类对电击伤害程度有很大影响。在各种不同的电流频率中,工频电流对人体的伤害高于直流电流和高频电流。50 Hz 的工频交流电,对设计电气设备比较合理,但是这种频率的电流对人体触电伤害程度也最严重。电流对人体作用的比较见表 1-3。

表 1-3 电流对人体作用的比较

种 类		工频电流	直流	10 ⁴ Hz 高频电流
平均感知阈值/mA	男	1.10	5.20	12.00
	女	0.70	3.20	8.00
平均摆脱阈值/mA	男	16.00	76.00	75.00
	女	10.50	51.00	50.00
室颤阈值(通电时间 1 s)/mA		50.00	200.00	—

注:工频电流是指 50~60 Hz 频率的电流。

20~400 Hz 交流电的危险性最大;低于此频段时,危险性相对减小;2 000 Hz 以上时,死亡的危险性降低,但是高频电流更易造成皮肤的灼伤。直流电的安全程度是 50 Hz 工频交流电的 4~5 倍。但是,电压超过 300 V 的直流电同样会有很大的危险性。

(4) 电流途径