

合成氨生产重点部位强化安全管理的策略与效益

刘光宗（贵州省兴仁市应急管理局，贵州 兴仁 562300）

摘要：氨是重要的无机化工产品之一，在国民经济中占有重要地位，其生产涉及高温高压环境和有毒有害介质，潜在风险不可小觑。为确保生产安全稳定运行，其装置的安全管理和防范策略至关重要。本研究旨在深入研究合成氨生产的关键部位，包括合成气制备、氨的合成、废热利用以及控制和仪表系统，并探讨相关的安全管理和防范措施。通过综合分析这些方面存在的短板，旨在提供一套综合性的安全管理框架，以确保合成氨装置的高效、安全和稳定运营。这一研究将为化工领域的从业者、决策者和研究人员提供有关如何最大程度地降低生产潜在风险的宝贵见解。

关键词：合成氨生产；重点部位；安全管理；防范策略

合成氨生产的安全管理和防范策略是维护企业生产的安全、环境的保护以及法规合规的基础。通过对合成氨生产的关键部位进行深入研究，我们强调了人员培训、设备维护、环境保护和法规合规的重要性，这些方面的综合考虑有助于确保合成氨装置的安全、高效、安全和稳定运营。在今后的工作中，需要不断改进和完善安全管理措施，充分利用先进技术和最佳实践，不断提高合成氨生产的安全性和效率。

1 合成氨生产重点部位的介绍

1.1 原料制备

天然气、油田气、焦炉气、重油、焦炭、煤等都是生产合成氨的原料。除焦炭成分用 C 表示外，其他原料均可用 C_nH_m 来表示。原料在高温下与蒸汽作用生成 H_2 、 CO 为主要组分的粗原料气。以煤为原料的工艺中，是将蒸汽通过灼热的煤层，与煤中的碳进行化学反应，产生 CO 、 H_2 ，然后在蒸汽中混入一定的空气并通过灼热的煤层对燃烧的煤炭进行降温，进行 N_2 的制备，形成以 H_2 、 N_2 、 CO 、 CO_2 为主的半水煤气。在后续工段，原料气体经过除尘、脱硫、变换、脱碳、精炼、压缩工段，对杂质进一步脱除、反应和转化，在压缩机的多段压缩的作用下，得到符合生产工艺要求的原料气体。在触媒的作用下，原料气体在氨合成塔内发生反应变成气态的氨。气氨从合成塔出来后经过换热器进行冷却，再进入氨分离器，将液氨分离出来。液氨进入液氨槽供下工段使用或作为产品对外销售，未反应的原料气经分离循环补充气体后重新进入合成塔进行反应。这一反应过程在高温高压和催化剂的作用下进行，是合成氨生产工艺的核心，其稳定运行对于后续步骤至关重要^[1]。

1.2 氨合成部位

氨合成系统是合成氨生产工艺中的核心装置和重

点工艺控制点。在工艺控制上对合成塔的压差、气氨总管压力、系统升降压力、合成塔出口温度、合成塔壁温度、触媒热点温度波动范围等工艺指标都有严格控制要求。同时合成工段高温、高压，且高压、低压并存，这决定了对生产合成氨的设备、管道必须有更高的要求。如果因材质本身的缺陷，制造质量不过关，检维修质量不合格，外界压力超过设备、管道的承受压力，便会发生物理爆炸。在高温高压下，氢气对碳钢有较强的渗透能力，形成氢腐蚀，从而产生氢脆，减弱其机械性能。同时设备在高温高压环境下会发生持续性的塑形变形，改变其组织，从而引起材料强度和机械性能下降。因此在操作中任何一个指标偏离指标控制范围对系统的安全稳定运行都是致命性的。在操作过程中，如何稳定系统工艺指标，是系统操作的重点和难点。

1.3 废热利用部位

合成氨生产是一个高耗能生产过程，在生产过程中因工艺要求，需要对气体的温度进行严格控制。在生产过程中需要对工艺气体的热能需要进一步释放。这部分热能若不回收利用，就会造成能源的浪费。合成工段的废热利用部位包括热交换器和废热锅炉。废热锅炉是将合成塔出口气体中的热能通过换热转化为蒸汽，再将蒸汽送到汽轮机进行发电。从汽轮机出来的蒸汽进行降压处理送到其他岗位或进行对外销售^[2]。

1.4 控制和仪表系统

合成氨生产的安全稳定运行离不开先进的控制系统和仪表数据反馈。这些仪表是用于监测和调整温度、压力、流量等参数，并将这些监控数据反馈到电脑系统中进行操作。当系统某一指标偏离工艺指标范围时，通过系统数据自动分析，将在电脑上进行反馈。操作人员根据系统反馈信息，在电脑上通过程控阀或现场

对系统进行调整，确保生产工艺稳定运行。

2 合成氨生产重点部位的安全管理及防范重要性

2.1 人员安全和生产连续性

人员安全是合成氨生产操作的首要任务。该工艺在高温高压和有毒有害介质环境下进行操作，如果不采取有效的安全管理措施，可能造成机械伤害、中毒、火灾、爆炸、触电等事故。因此，对合成氨生产中的关键部位和关键设备进行安全管理是确保员工的安全的关键因素。安全管理涵盖了培训员工，使他们了解危险和正确的操作程序，以及如何应对紧急情况。员工必须熟悉装置的工作原理，了解潜在风险，并掌握正确使用个人防护装备的方法。此外，定期的设备检维修是确保设备稳定性运行的关键。在生产过程中，因管道设备腐蚀、磨损、震动或其他因素出现的故障，通过制定一系列安全生产管理规程和工艺管控措施，可以确保设备的稳定运行，降低突发事故的风险。同时，合成氨生产过程中需要考虑到设备的冗余，以便在设备故障时确保生产的连续性^[3]。

2.2 环境保护

合成氨生产是一项长期连续性的过程，生产过程中产生大量的固体、液体和气体废弃物，对环境的影响很大。如不采取回收、处理和防范措施，对环境造成很大影响。因此，在生产过程中的相关废弃物需经过处理达到国家相关标准规范后方可排放。采购的相应设备和物资必须符合国家要求，特别是用在特种设备、水质、产品和周围空气的悬浮物和有毒有害气体的检验检测的设备上要符合国家标准，确保设备检验数据不失真，保证生产的安全稳定运行。同时必须建立企业安全生产质量管理体系，确保生产的工艺指标、设施设备、废水处理以及产品等符合国家相关法律法规和规范要求。在日常生产活动中，企业应加强对员工的事故应急演练和储备足量的应急物资，确保在事故发生后能得到及时处置，降低事故对周围环境的影响。

2.3 合成氨生产的职业危害

在合成氨生产中存在多种职业危害，首先是化学危害。氨本身是一种有毒气体，接触皮肤或吸入可能导致中毒。此外，合成氨的制备和使用过程中伴随其他有害化学物质，例如原料气体中的 CO、H₂S 等气体以及生产中需要添加的 NaOH、醋酸等危险化学品，增加了化学危害的风险。其次，爆炸和火灾危害也是一个严重的问题。合成氨生产的原料气中具有爆炸性，如果不当操作或发生事故，可能导致火灾和爆炸，严重威胁工作人员和设备的安全。高温和高压条件是合

成氨生产的常见要求，这可能导致设备的磨损和泄漏，增加了现场人员的风险。此外，物理危害如噪音、振动和辐射也存在于操作过程中，可能对工人的健康和安全造成不利影响。最后，化学品接触是另一个潜在的危害，工人可能会接触到各种危险化学品，包括溶剂、酸碱和其他腐蚀性物质，这可能导致皮肤问题和呼吸道疾病。因此，在合成氨生产中，必须采取严格的安全措施以减少这些危害的影响。

3 合成氨生产重点部位的安全管理及防范措施

3.1 合成氨系统安全管理和防范措施

风险评估和监测是合成氨系统安全管理的首要任务，在安全预评价阶段，需要对其进行详尽的风险评估，以识别潜在的各类危险有害因素。在生产运行阶段，监测系统的是不可或缺的监控手段，通过现场探头将生产设备的工艺参数，如温度、压力、流量等信息转换成数字信息在电脑上显示。操作员通过电脑显示的信息，随时掌控现场的生产情况。微小的指标调整直接通过电脑控制的程控阀从旁路进行调节，减轻工人劳动强度的同时也减少人员操作的失误性。由此可见自动控制监测系统在合成氨生产操作中发挥着关键作用，这些系统能够迅速响应变化的条件，减小操作员的现场介入，提高操作的一致性和安全性。当工艺指标产生较大变动时，操作人员通过指令，让系统可以立即采取措施，确保反应器不会进一步升温或增加压力，从而减小事故的严重性。

3.2 压缩机和分离器安全管理和防范措施

压缩机是合成氨生产的心脏，在合成氨生产过程中把低压气体逐级提升到符合生产要求的一种设备。对于压缩机的安全管理，定期的维护和检修是关键，其稳定运行对生产至关重要。因此，生产企业应制定详尽的检修维护计划，包括定期检查、清洁、润滑和零部件更换。员工必须经过专门培训，了解设备的构造和维护程序，确保设备维修的质量。同时，在检修前必须实施锁定/标记程序，并通知电工进行断电，确保在维护期间设备不会被意外启动。企业制定维护和检修的标准化操作规程也有助于降低设备故障和事故的风险。分离器是合成氨生产的一个重要设备，操作人员的精心操作是保障合成氨生产的稳定性条件，其原理是分离工艺气体中的水和油污以及产品。因排污排水或观察不仔细导致工艺气体带液，会导致压缩机设备事故和系统跨温跨压或系统触媒中毒、结块等事件，在生产上要加强监控和操作。在合成氨系统中，如果氨分离器的液位控制不当，容易造成高压气体窜入液氨槽或液氨进入循环机和合成塔中，抑制氨的合

成并造成催化剂床层温度下降，严重时会跨温甚至因温度骤变造成合成塔内件损坏。因此要加强对岗位员工的安全培训，能及时判断合成塔运行的各种异常情况和处理。

3.3 储存设施安全管理和防范措施

储存设施的选型和设计是按照储存介质的温度、压力和腐蚀性等因素进行确定。在选型、制造、安装等环节要选择有资质的单位进行，确保其符合特种设备安全管理的规定。储罐在使用过程中的定期检查和维护至关重要，是防止发生泄漏或爆炸等事故的先决条件。岗位操作人员在上岗前必须经过专业培训并取得相应的资格证，了解操作程序和应急措施，以及盛装介质的危险特性，以便发生事故时能进行有效应对。储存设施在使用过程中，要定期对其开展风险评估，确定潜在的危险和风险源，并对相应的风险制定合适的管控措施，确保设备的安全稳定运行。同时针对岗位特点，制定专项事故应急预案和储备应急物资，确保发生事故时能够及时进行逃生或处置。在日常操作中，以电脑显示为主、现场监测为副的手段进行操作。通过安装在设备上的探头将温度、压力、和液位信息转换成数字信息在电脑上进行监控。发现电脑数据产生波动时要及时到现场进行核实并告知岗位负责人进行处理。

3.4 仪表和控制系统的安全管理和防范措施

仪表在化工生产过程中扮演着非常重要的角色，检测仪表是化工生产的眼睛，控制器是化工生产的大脑，执行机构是化工生产的手脚。随着国家对化工安全的重视，特别是最近几年国家各种法律法规规范标准不断地更新，对化工企业自动化水平要求越来越高，安监总管三〔2010〕186号文：“大力提高工艺自动化控制与安全仪表水平。新建大型和危险程度高的化工装置，在设计阶段要进行仪表系统安全完整性等级评估，选用安全可靠的仪表、联锁控制系统，配备必要的有毒有害、可燃气体泄漏检测报警系统和火灾报警系统，提高装置安全可靠性。工艺技术自动控制水平低的重点危险化学品企业要制定技术改造计划，尽快完成自动化控制技术改造，通过装备基本控制系统和安全仪表系统，提高生产装置本质安全化水平。”

在生产过程中要加强对仪表和控制系统的安全管理。包括定期维护和校准，确保其准确性和可靠性。校准过程中要建立设备维护台账，便于追踪设备维护记录和运行状态。对仪表和控制系统的安全管理还包括备份和冗余，备份设备可以在主要设备故障时维持工艺流程的稳定性，从而降低风险。此外，备份电源

和通信线路也应考虑，以确保系统在紧急情况下的持续运行。仪表和控制系统的安全管理还包括网络和数据安全，随着数字化技术的广泛应用，网络连接的仪表和控制系统也增加了潜在的风险。

3.5 废水处理和废气排放的安全管理和防范措施

废水处理的安全管理包括监测和控制废水的来源、性质和处理过程。废水处理的目的是对外排放的污水符合环境法规和排放标准。废水处理过程需要定期的维护和监控，以确保处理设施的稳定运行。废气排放的安全管理重点是对废气的净化和监测，确保排放气体达标。同时企业要加强对员工的管理培训，提高操作技能和应急处置，确保不发生安全生产和环保事件。

4 优化合成氨生产与运营重点部位安全管理防范策略取得的经济效益

合成氨装置的安全管理和防范策略不仅关系到员工和环境的安全，还对企业的声誉和可持续发展产生深远影响。通过持续的研究和实践，我们可以不断提高这一领域的标准，确保化工工业的安全和可持续性。

首先，技术升级和改进在安全管理中起到关键作用。引入先进的生产技术和自动化系统可以降低人为因素带来的风险，提高生产效率。通过实施智能监测系统，能够实时监测生产过程中的关键参数，及时发现异常情况并采取措施，有效防范事故的发生。这不仅提高了生产线的安全性，还有助于减少停工时间，提高生产的连续性和稳定性。其次，员工培训和安全意识的提升是防范事故的重要环节。通过定期的培训课程，员工能够更好地理解生产过程中可能存在的风险，并学习正确的应急处理方法。提高员工的安全意识有助于减少人为失误，降低事故概率，同时也提升了团队的整体危机应对能力。最后，建立健全的危机管理和应急响应体系对于减轻事故带来的经济损失至关重要。制定详细的应急预案，进行定期演练，能够在事故发生时迅速、有序地采取措施，减少损失。及时、有效的应急响应既有助于减小事故的扩大范围，也能迅速恢复生产，降低因停产而带来的经济损失。

参考文献：

- [1] 周步祥,曾扬俊,邱一苇,等.基于非合作博弈的可再生能源制氢合成氨系统多主体运行模式分析 [J].电力自动化设备,2023.
- [2] 宁泽.基于神经网络的合成氨工艺故障诊断研究 [D].秦皇岛:燕山大学,2022.
- [3] 刘永勤.基于过渡金属催化剂高效电催化氮还原合成氨 [D].吉林:吉林大学,2021.