

水冷塔及应用该水冷塔的制氧站污氮回收利用系统

郭 金 王文清

杭州杭氧低温液化设备有限公司 浙江 杭州 311305

摘 要：文章介绍水冷塔在制氧站污氮回收利用系统中的应用及其关键技术。水冷塔作为核心设备，通过高效热交换技术，将污氮中的高温热能转移至冷却水中，实现污氮的快速降温与初步净化。结合分离净化与能量回收单元，该系统实现污氮中氮气的高效回收与热能的综合利用，不仅降低能源消耗与环境污染，还提升资源利用效率与经济效益。研究成果为制氧站污氮处理提供新思路，促进绿色循环经济的发展。

关键词：水冷塔；制氧站；污氮回收利用

1 水冷塔在工业循环水系统中的重要性

水冷塔在工业循环水系统中占据着举足轻重的地位，它是实现高效热能交换与水资源循环利用的关键环节。在工业生产过程中，大量热能随着冷却水的循环而积聚，若不及时散出，不仅会影响生产设备的正常运行，还可能导致设备过热损坏，甚至引发安全事故，水冷塔作为重要的散热设备，其重要性不言而喻。第一、水冷塔通过喷淋系统将热水均匀分布在填料层上，利用空气与水的直接接触和蒸发作用，有效地将水中的热量传递给环境空气，从而实现大幅度降温。这一过程不仅提高冷却效率，还有助于维持生产系统内部温度的稳定，保障生产流程的连续性和高效性。第二、水冷塔在水资源循环利用方面发挥着关键作用，经过水冷塔处理后的水，虽然温度降低，但水质并未受到根本性影响，依然可以被重新引入循环水系统，用于下一轮的冷却过程。这种循环利用的方式不仅减少了新鲜水的消耗，还降低了废水排放，对环境保护和可持续发展具有重要意义。第三、水冷塔的设计和运行还直接影响到工业生产的能耗和成本，通过优化水冷塔的结构、选择高效的填料和喷淋系统、以及合理调节风量和水量等参数，可以进一步提高冷却效率，降低能耗和运营成本。这对于提升企业的竞争力和经济效益具有积极作用。

2 制氧站污氮对环境和健康的危害

制氧站作为工业领域中提供氧气的关键设施，其运行过程中产生的污氮（即富含氮气但可能混合有其他杂质的废气）对环境和人类健康构成了一定的潜在危害。尽管氮气本身在地球大气层中占据主要比例（约78%），属于无毒、无色、无味的气体，但在制氧站特定条件下排放的污氮，若未经适当处理直接排放到环境中，其危害不容忽视。从环境角度来看，制氧站污氮中可能含有的杂质成分，如未完全分离的氧气、微量的一氧化碳、

二氧化碳、水蒸气以及可能存在的挥发性有机化合物（VOCs）等，这些物质在大量排放时，会对大气环境造成污染。长期积累下来，可能影响空气质量，加剧温室效应，甚至对生态系统造成间接伤害，如影响植物生长、改变水体酸碱度等。特别是在城市或人口密度高的地区，这种影响可能更为显著^[1]。对人类健康而言，虽然氮气本身无毒，但在特定条件下（如密闭空间内浓度过高），氮气会占据大量空间，导致氧气浓度相对降低，形成所谓的“氮气窒息”风险。对于进入制氧站作业或附近区域的人员来说，如果污氮排放不当，存在被吸入体内导致缺氧、头晕、恶心甚至昏迷的危险，污氮中若含有其他有毒有害物质，如未处理彻底的一氧化碳，则直接威胁到人类生命安全，可能导致中毒事件发生。

3 利用水冷塔回收制氧站污氮的必要性及可行性

利用水冷塔回收制氧站污氮的必要性及可行性分析如下；必要性：一是资源循环利用：制氧站污氮中，尽管氮气占据主要成分，但往往含有可回收利用的能源或物质，如热量和可能的其他气体组分。通过水冷塔进行回收处理，不仅能够减少资源浪费，还能实现资源的最大化利用，符合现代工业的绿色可持续发展理念。二是环境保护：直接排放未经处理的污氮可能对大气环境造成污染，尤其是当其中含有未完全分离的氧气、微量有毒有害气体或其他杂质时。利用水冷塔进行回收处理，可以有效减少这些污染物的排放，保护生态环境，避免对周边居民和生物造成不良影响。三是经济效益：通过回收制氧站污氮中的有用成分或热能，企业可以降低生产成本，提高经济效益。例如，回收的热量可以用于预热进入制氧系统的原料气体，减少能源消耗；而回收的氮气等气体则可能作为其他工业过程的原料或辅助气体，进一步创造价值。

可行性：（1）技术可行性：现代水冷塔技术已经相

当成熟,具备高效的换热和分离能力。通过合理设计水冷塔的结构和工艺流程,可以实现对制氧站污氮的有效回收和处理,随着环保技术的不断进步,针对污氮中特定组分的分离和回收技术也在不断发展完善。(2)经济可行性:虽然回收处理污氮需要一定的初期投资,但从长期来看,其带来的资源节约和成本降低效果是显著的,随着环保法规的日益严格和公众环保意识的提高,企业也需要承担更多的社会责任,而回收处理污氮正是履行这一责任的重要体现。从经济和社会效益的角度来看,利用水冷塔回收制氧站污氮是可行的。(3)政策支持:许多国家和地区都出台了鼓励资源回收和循环利用的政策措施,包括提供财政补贴、税收优惠等激励手段。这些政策为利用水冷塔回收制氧站污氮提供了良好的外部环境和政策支持。

4 制氧站污氮回收利用系统设计

4.1 制氧站污氮的排放特点及成分分析

制氧站污氮的排放具有几个显著特点。首先,排放量相对较大且连续,因为制氧过程是一个持续进行的工业活动,产生的污氮也随之不断产生。其次,污氮的排放温度通常较高,这是由于在制氧过程中,气体经过压缩、冷却、分离等多个环节后,仍保留有一定的热能。此外,污氮的排放压力也需根据制氧系统的具体设计而定,但往往高于大气压,需要采取适当的措施进行减压处理。最后,污氮的排放成分复杂,除了主要成分氮气外,还可能含有未完全分离的氧气、微量的有害气体(如一氧化碳、二氧化碳等)、水蒸气以及可能存在的挥发性有机化合物(VOCs)等。对制氧站污氮进行成分分析是设计回收利用系统的前提。通过专业的气体分析仪器,可以精确测定污氮中各组分的含量。一般来说,氮气是污氮中的主要成分,占比高达90%以上。然而,剩余的少量成分也不容忽视,因为它们可能对回收利用系统的设计和运行产生重要影响。例如,未完全分离的氧气可能增加系统的安全风险;有害气体如一氧化碳则可能对人体健康和环境造成危害;水蒸气则可能影响气体的压缩和传输效率,在设计回收利用系统之前,必须充分了解污氮的排放特点和成分组成。

4.2 回收利用系统的整体设计方案

回收利用系统主要由预处理单元、分离净化单元、能量回收单元和排放控制单元四个部分组成。这四个部分相互协作,共同实现对制氧站污氮的高效回收和利用。(1)预处理单元的主要任务是对污氮进行初步处理,以去除其中的杂质和水分,这通常包括冷却降温、除湿干燥等步骤。通过降低污氮的温度和湿度,可以减

少后续处理过程中的能耗和腐蚀风险,预处理单元还可以设置过滤装置,以去除污氮中的颗粒物和悬浮物。

(2)分离净化单元是回收利用系统的核心部分,它采用先进的分离技术(如膜分离、吸附分离等)和净化工艺(如化学吸收、催化氧化等),将污氮中的氮气与其他组分进行有效分离和净化。通过这一步骤,可以获得高纯度的氮气产品,同时去除有害气体和杂质。分离净化单元的设计应充分考虑污氮的成分特点和处理要求,以确保分离效果和净化质量^[2]。(3)能量回收单元负责回收污氮中的热能,由于污氮排放时温度较高,因此可以通过热交换器等设备将热能传递给其他需要加热的介质(如循环水、空气等),从而实现能量的回收利用。这不仅可以降低企业的能源消耗成本,还有助于提高能源利用效率。(4)排放控制单元是确保回收利用系统安全稳定运行的关键环节,它主要负责监测和控制污氮处理后的排放质量,确保排放的气体符合国家或地方环保标准,排放控制单元还可以设置应急处理装置,以应对突发情况下的污染排放问题。

4.3 各个组成部分的功能和作用

预处理单元的功能是改善污氮的物理性质,为后续处理提供有利条件。通过冷却降温和除湿干燥等步骤,可以降低污氮的温度和湿度,减少后续处理过程中的能耗和腐蚀风险,过滤装置可以去除污氮中的颗粒物和悬浮物,保护后续处理设备免受磨损和堵塞。分离净化单元是回收利用系统的核心功能单元。它采用先进的分离技术和净化工艺,将污氮中的氮气与其他组分进行有效分离和净化。这一步骤对于提高氮气产品的纯度和质量至关重要。通过分离净化单元的处理,可以获得符合特定要求的氮气产品,满足不同工业领域的需求。能量回收单元的功能是回收污氮中的热能资源,通过热交换器等设备将热能传递给其他需要加热的介质,可以实现能量的高效回收利用。这不仅可以降低企业的能源消耗成本,还有助于提高能源利用效率,能量回收单元的设计应充分考虑热能的传递效率和稳定性问题,以确保回收效果的最大化。排放控制单元是保障回收利用系统安全稳定运行的重要环节,它主要负责监测和控制污氮处理后的排放质量,确保排放的气体符合国家或地方环保标准。通过实时监测和数据分析等手段,可以及时发现并处理潜在的污染问题。排放控制单元还可以设置应急处理装置以应对突发情况下的污染排放问题,确保在紧急情况下能够迅速、有效地控制污染源的扩散,保护周边环境和公众安全。

5 水冷塔在污氮回收利用系统中的应用

5.1 水冷塔在系统中的角色

在制氧站污氮回收利用系统中, 水冷塔扮演着至关重要的角色。其核心功能在于通过热交换过程, 将污氮中携带的高温热能有效地转移至冷却介质(通常是水), 从而实现污氮的快速降温。这一过程不仅为后续的分选净化和能量回收步骤提供了有利条件, 还显著提高了整个回收利用系统的能效和稳定性。污氮从制氧站排出时, 往往携带较高的热能, 这些热能如果不及时去除, 会对后续处理设备造成热应力负担, 甚至影响设备的正常运行。水冷塔通过喷淋系统将冷却水均匀分布在塔内填料层上, 污氮从塔底进入, 与填料上的冷却水进行充分接触和混合, 实现热量的高效传递。冷却水吸收污氮中的热量后, 通过循环泵送回冷却系统进行再利用, 而污氮则被降温至适宜的处理温度。除了降温作用外, 水冷塔还具有一定的预处理功能。在污氮与冷却水接触的过程中, 部分水溶性杂质(如部分VOCs、水蒸气等)会被吸收到冷却水中, 从而在一定程度上净化了污氮。虽然这种净化效果有限, 但它为后续的分选净化步骤打下了良好的基础, 减轻了后续处理设备的负担。水冷塔在污氮回收利用系统中还起到了能量回收的桥梁作用, 通过热交换过程, 污氮中的热能被转化为冷却水的热能, 这些热能可以在冷却系统中被进一步利用(如用于预热其他介质、产生蒸汽等), 从而实现能量的回收利用。

5.2 基于水冷塔的污氮回收利用系统技术方案

首先, 从制氧站排出的污氮通过管道系统被收集并输送至水冷塔。在输送过程中, 需要确保管道系统的密封性和耐腐蚀性, 以防止污氮泄漏和杂质污染。污氮进入水冷塔后, 与喷淋系统喷出的冷却水进行充分接触和混合, 实现热量的高效传递。通过调整喷淋水量、水温以及塔内填料结构等参数, 可以优化热交换效果, 确保污氮被降温至适宜的处理温度。经过水冷塔降温处理后的污氮进入分选净化单元, 通过膜分离、吸附分离等技术手段将氮气与其他组分进行有效分离和净化^[1]。在能量回收单元中, 利用热交换器等设备将污氮中剩余的热能传递给其他需要加热的介质, 实现能量的回收利用。

最后, 在排放控制单元中, 对处理后的气体进行质量监测, 确保排放的气体符合国家或地方环保标准, 设置安全监测系统对整个回收利用系统进行实时监控, 及时发现并处理潜在的安全隐患和故障问题。

5.3 应用效果评估

应用基于水冷塔的污氮回收利用系统后, 企业可以显著降低能源消耗成本。一方面, 通过热能的回收利用, 减少新鲜冷却水的消耗和加热能源的使用; 另一方面, 提高了氮气产品的纯度和质量, 增加产品的附加值和市场竞争力。减少污染物的排放和环保税费的支出, 也为企业带来额外的经济效益。该系统在环境效益方面同样表现突出。通过高效的污氮处理和回收利用, 显著减少有害气体的排放和温室气体的排放强度, 有助于改善区域空气质量和减少温室效应, 减少了废水和固体废弃物的产生量, 降低对环境的污染压力。该系统的应用还带来积极的社会效益, 提高企业的社会责任感和环保形象, 有助于树立企业良好的品牌形象和社会声誉。促进资源循环利用和节能减排技术的发展和推广, 为构建资源节约型和环境友好型社会做出贡献, 通过技术创新和产业升级推动相关产业链的发展和完善。

结束语

水冷塔在制氧站污氮回收利用系统中的应用展现了其独特的优势与价值。通过该系统, 成功实现了污氮资源的高效回收与综合利用, 为企业的可持续发展注入了新的活力。未来, 随着技术的不断进步与创新, 有理由相信, 这一系统将在更多领域得到广泛应用, 为推动社会经济的绿色转型与生态文明建设作出更大贡献。

参考文献

- [1]吕新萍.深冷制氮与变压吸附制氮的比较分析[J].中国水运(下半月),2017,17(8):312-314.
- [2]赵宇.深冷制氮过程的计算机模拟与节能研究[D].天津:天津大学,2017:65-68.
- [3]重庆赛迪热工环保工程技术有限公司.水冷塔及应用该水冷塔的制氧站污氮回收利用系统:CN202410349920.8[P].2024-05-31.