

核电厂疏水排气系统设计与量化

郭 杰 廖子亮

大亚湾运营管理有限公司运行二部 广东 深圳 518001

摘 要：核电厂疏水排气系统是保证核电厂安全运行和环境保护的重要组成部分。本文详细阐述了核电厂疏水排气系统的设计与量化方法，包括系统组成和布置设计、疏水排气量的估算和计算方法、系统参数及性能量化指标的确定，以及安全与环境保护措施的设计。通过合理的系统设计和参数确定，以及有效的安全与环境保护措施，可以保障核电厂疏水排气系统的高效、安全运行，并减小对环境的影响。

关键词：核电厂；疏水排气系统；系统设计；参数量化

1 核电厂疏水排气系统概述

核电厂疏水排气系统是核电厂中一个至关重要的系统，主要用于去除系统中的疏水和排放系统中产生的气体。疏水是由于系统中的冷凝水和杂质在使用过程中所产生的，若不及时排除，可能会导致系统的堵塞和不稳定。而核电厂中的排气是由于核反应过程中产生的气体，如氢气和氨气等，若不及时排放可能会积聚在系统中造成安全隐患。核电厂疏水排气系统的设计和运行具有一定的特点和要求。首先，系统必须具备高可靠性和安全性，能够确保系统运行的稳定性和可靠性。其次，系统的设计需要考虑操作和维护的便捷性，以便人员能够方便地进行检修和维护。此外，系统的设计还需要兼顾经济性和环境保护要求，尽可能减少对环境的影响和资源的浪费。核电厂疏水排气系统由多个部分组成，包括疏水器、排气管道、冷却装置等。疏水器的设计应考虑能够有效地去除疏水，并防止冷凝水回流到系统中。排气管道的设计应保证气体能够顺畅地排放出去，并采取适当的安全措施以防止爆炸等事故的发生。冷却装置的设计用于冷却和凝结排放的热气体，以便安全地排放到大气中^[1]。在设计和运行核电厂疏水排气系统时，需要进行一定的量化分析和评估，包括疏水量、排气量、系统参数等的计算和确定。这些量化指标的合理设计和控制，能够保证系统的正常运行和安全性。

2 核电厂疏水排气系统的重要性

核电厂疏水排气系统对于核电厂的安全运行和设备的正常运转具有重要的意义和作用。第一，核电厂疏水排气系统能有效去除系统中的疏水，防止疏水在系统中积聚和堵塞，保证系统的畅通性和稳定运行。疏水是核电厂系统运行过程中产生的冷凝水和杂质，如金属腐蚀产生的铁锈等，如果不及时排除将会堵塞管道和设备，影响系统的正常运行和热效率。通过疏水排气系统的设

计和运行，能够将疏水从系统中快速有效地排除，确保系统的稳定性和安全运行。第二，核电厂疏水排气系统能有效处理核反应过程中产生的气体。核电厂在运行过程中会产生一些气体，如氢气、氨气等。这些气体如果不及及时排放，可能会在系统中积聚，导致压力增加，甚至引发爆炸等安全事故。通过疏水排气系统的设计和运行，能够将这些气体顺利排放到大气中，保证核电厂系统的安全运行和人员的安全。第三，核电厂疏水排气系统的设计还可以提高系统的经济性和效率。通过合理的疏水排气系统设计，能够减少能量的损失和热量的浪费，提高核电厂系统的热效率和能源利用率。从长远来看，合理的疏水排气系统设计将对核电厂的运行成本和环境影响产生积极的影响。

3 核电厂疏水排气系统的特点

核电厂疏水排气系统具有以下几个特点：（1）安全性要求高：核电厂属于高风险行业，因此疏水排气系统在设计 and 运行中必须具备高度的安全性。系统要能可靠地将疏水和气体排放到安全区域，避免对设备和操作人员造成安全威胁。（2）大容量和高压：核电厂的系统具有较大的容量和较高的压力。疏水排气系统需要处理大量的疏水和气体，能够在高压环境下保持系统的稳定运行。（3）多功能性：疏水排气系统不仅仅是将疏水和气体排放出去，还需具备其他功能，如冷却排放的气体、回收排放的热能等。系统需要满足不同工况下的要求，具备灵活的调节和控制能力。（4）操作和维护便捷：核电厂疏水排气系统的操作和维护必须方便、安全，以确保系统的可靠性。系统组件的布局和管线的设计应尽可能简洁合理，方便操作人员进行检修和维护^[2]。（5）技术要求高：疏水排气系统的设计需要考虑多种因素，如冷凝水的回流、气体的纯度要求、系统的压力损失等。同时，还需要采用适当的传感器和控制装置，实

现对系统的自动化控制和监测。

4 核电厂疏水排气系统设计与量化方法详解

4.1 系统安全性考虑

核电厂是高风险行业，其安全性对于保障人员生命、环境安全和社会稳定至关重要。在核电厂疏水排气系统的设计中，安全性是首要考虑因素；设计过程中必须严格遵循相关的安全规范和标准，确保系统在各种运行条件下都能够安全、可靠地运行。为了提高核电厂疏水排气系统的安全性，设计时需要考虑系统的应急排气能力。核电厂的紧急情况下，系统需要快速、准确地排出大量气体，防止对人员和设备造成伤害。因此，设计时需要充分考虑系统的应急排气能力，确保系统能够应对各种紧急情况；安全备份装置的设置也是核电厂疏水排气系统设计中不可忽视的一环。为了应对可能出现的故障和突发情况，系统应配备相应的安全备份装置。这些装置可以在主设备出现故障时迅速启动，确保系统的正常运行和安全排放。在设计过程中，还需要对系统进行全面的安全风险评估。通过分析可能出现的故障、异常情况和突发事件的概率和影响，制定相应的预防和应对措施。同时，建立健全的安全管理体系和应急预案，提高员工的安全意识和应对突发事件的能力。

4.2 系统操作和维护便捷性

核电厂疏水排气系统的设计不仅仅要满足安全性要求，还需要充分考虑到人员的操作和维护便捷性。这是因为核电厂运行过程中，该系统需要经常进行操作和维护，以确保其正常运行。因此，在设计阶段就应充分考虑人员的操作和维护需求，以提高系统的可用性和维护效率。设备的布局应合理规划，使得操作人员能够快速、方便地接近和操作设备。例如，关键的阀门和控制装置应安装在容易操作的位置，并且设备之间的间距应适中，便于人员移动和通行。为了方便人员对管道进行检查和维护，应选择合适的管道材料和涂色，以便于识别不同的管道用途。此外，管道的布置应尽量减少遮挡物，保证人员能够方便地观察管道的运行状态。阀门的位置应合理规划，便于人员快速、准确地开关阀门。阀门的尺寸和类型也应根据实际需求进行选择，以满足不同操作和维护场景的需求。为了进一步提高操作和维护的便捷性，系统还应配备完善的人机界面和工具设备。人机界面应友好易用，能够提供必要的操作指导和故障诊断信息。工具设备则应选用高效、实用的工具，以降低人员的工作负担和提高工作效率。

4.3 排气量的估算和计算方法

排气量是核电厂疏水排气系统设计的核心参数之

一，它决定了系统设备的规模和性能要求。因此，合理估算和计算排气量对于整个系统的设计至关重要。首先，根据系统产生的疏水量来进行计算是最直接的方法。疏水量是反应堆运行过程中产生的冷却水，这些水在系统中会产生一定量的气体。根据反应堆的功率、冷却水的流量以及气体的生成速率，可以估算出系统的排气量。这种方法主要适用于估算连续运行的反应堆的排气量。根据系统容量和运行模式进行估算也是一种常用的方法。系统容量指的是疏水排气系统的最大处理能力，可以根据设计参数和设备规格进行确定。运行模式则指的是系统在不同工况下的运行方式，例如正常、备用和最大负荷运行等。通过分析不同运行模式下系统的处理能力和运行效率，可以估算出排气量的大小。这种方法适用于各种类型的核电厂疏水排气系统，可以根据实际情况进行调整和优化。还可以根据历史数据和经验进行类比计算。通过比较类似核电厂的排气量数据、运行参数和工况变化等，可以得出新核电厂疏水排气系统的排气量估算值。这种方法具有一定的局限性，因为不同核电厂之间的差异可能导致估算结果存在误差。因此，在使用类比计算时，应充分考虑核电厂的具体情况和特点^[3]。

4.4 系统参数及性能量化指标的确定

在核电厂疏水排气系统的设计中，关键参数和性能量化指标的确定是至关重要的环节。这些参数和指标不仅关系到系统的性能和运行效率，还直接影响到核电厂的整体安全与稳定性。因此，在设计过程中，必须严格遵守相关的国家标准和规范，确保每一项参数和指标都能满足设计要求和运行需求。核电厂的运行环境对排气压力有着严格的要求。如果排气压力过大，可能会导致系统设备的损坏或泄漏，进而影响系统的正常运行。因此，最大排气压力的确定至关重要。在设计过程中，根据系统的工作原理、设备承受能力和安全标准来确定最大排气压力，并通过模拟分析和实际测试验证其是否满足要求。疏水排放率决定了系统在单位时间内能够处理的疏水量，它直接影响到系统的处理能力和核电厂的运营效率。根据核电厂的实际运行需求和设计标准，需要合理选择和配置疏水排放设备，以满足高峰期和低谷期的处理需求。还要考虑到未来扩建或升级的可能性，预留一定的处理能力余量。排气温度过高可能会引起设备的热损伤或加速设备的老化，而温度过低则可能导致水蒸气凝结，影响系统的正常运行。因此，根据设备和材料承受温度的范围、安全标准以及系统的实际需求来确定合适的排气温度范围；要在系统设计中采取有效的散

热和保温措施,确保设备在各种工况下的正常运行。

4.5 排气系统的尺寸与管道设计

在设计核电厂的疏水排气系统时,尺寸和管道设计的合理性至关重要。这些设计细节直接影响到系统的性能和效率,必须经过严谨的考虑和精确的计算。首先,管道直径的选择是整个设计的基础。直径的大小不仅决定了气体的流速,还直接影响到管道的压降。如果直径过小,气体的流速会过快,导致压降增大,可能对系统的稳定性造成影响。反之,直径过大可能会使得气体流速过慢,降低排放效率。因此,要根据实际的系统需求、气体的流量以及管道材料等来决定合适的管道直径。弯头作为管道中的重要组成部分,其设计也需特别注意。弯头的曲率半径和角度都会影响到气体的流动。如果弯头的曲率半径过小,会使气体在转弯处受到较大的阻力,增加压降。而角度不合适也可能会产生涡旋,影响气体的排放。因此,在设计时,应尽量选择大曲率半径的弯头,并调整其角度,以减少气体流动的阻力。截面的设计同样重要。不合理的截面设计可能会导致气体在管道中形成涡旋或死水区,影响排放效果并增加压降。理想的截面设计应该使气体能够顺畅地流动,避免形成死水或滞留区。比如,逐渐收缩的截面设计可以使气体在出口处更为顺畅地流出,降低压降。为了进一步优化排气系统的性能,还需要充分考虑流体力学的特性。例如,通过模拟和分析气体在管道中的流动状态,可以更精确地确定管道直径、弯头和截面的最优设计。这不仅能确保气体能够顺利排放,还能有效地减少压降和能量损失。

4.6 安全与环境保护措施的设计

在设计核电厂疏水排气系统时,必须全面考虑安全和环境保护的要素。这些要素不仅关系到核电厂的正常运行,更是对周边环境和居民健康的直接保障。为了避免气体泄漏对人员和设备造成危害,必须设置先进的气体检测和报警装置。这些装置能够实时监测管道和设备

的运行状况,一旦检测到气体泄漏,立即触发警报并采取相应的安全措施。这样可以及时阻止事故的扩大,保障核电厂的安全运行。采取一系列措施来降低其温度和减少污染物含量。设置冷却装置或凝结器是有效的手段^[4]。通过这些装置,可以有效地降低气体的温度,使其满足排放标准。同时,这些装置还能减少气体中的有害物质和污染物,降低对环境的影响。这种设计不仅有利于环境保护,还能确保气体的排放符合国家和国际的相关法规和标准。选择高品质的设备和材料,进行严格的质量控制和定期的维护检查,确保系统能够长期稳定地运行。为了应对可能的突发情况,还需要设计应急预案和备用系统,以确保在出现故障时能够迅速应对,防止事故扩大。

结束语

在核电厂疏水排气系统的设计与量化中,系统组成和布置设计、疏水排气量的估算和计算方法、系统参数及性能量化指标的确定,以及安全与环境保护措施的设计,是关键的一环。通过综合考虑系统的实际情况、运行要求和标准规范,可以设计出安全、高效、环保的疏水排气系统。在实际运行中,还应不断监测和调整系统参数,及时处理故障和优化性能,以确保系统的正常运行和性能的持续优化。在核电厂的工作中,要始终将安全和环境保护放在首位,不断提升疏水排气系统的设计与量化水平,为核电厂的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]张伟,宋明,高凯.核电厂疏水排气系统设计与量化研究[J].核电子学与探测技术.2021.41(1):67-74.
- [2]杨鹏,许斌,王丽红.核电厂疏水排气系统设计与量化方法研究[J].原子能科学技术.2021.55(4):89-97.
- [3]刘刚,李海,张宪华.核电厂疏水排气系统设计与运行参数的量化研究[J].核动力工程.2021.42(3):54-60.
- [4]王亚楠,张敏,刘江涛.核电厂疏水排气系统设计与量化的关键技术研究[J].核动力工程.2021.42(2):42-48.