

泵站结构设计中应把握的关键问题探析

徐 亮

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘 要：泵站结构设计作为水利工程的重要组成部分，涉及多个关键问题的综合考量。本文旨在探析泵站结构设计中应把握的关键问题，包括地质条件评估、荷载分析、结构选型、材料选择、细部构造设计以及环境因素、成本控制与维护便捷性的考量。通过合理把握这些问题，可以确保泵站结构的安全性、经济性和长期运行效率。总结了工程实践中的经验和智慧，旨在为泵站结构设计提供有益的参考和指导。

关键词：泵站结构；关键问题；研究

1 泵站结构设计的重要性

泵站结构设计的重要性不容忽视。泵站作为水利工程的重要组成部分，承担着将水从低处提升到高处或从一个地方输送到另一个地方的重要任务。第一、泵站结构设计对于泵站的安全运行至关重要。泵站结构必须能够承受水流的冲击、压力和腐蚀等恶劣环境条件的考验，保证泵站设备和人员的安全。若结构设计不合理，可能导致泵站结构出现裂缝、变形或失稳等问题，严重时甚至可能引发事故，造成人员伤亡和财产损失^[1]。第二、泵站结构设计对于泵站的使用寿命有着直接影响。合理的结构设计能够减少泵站结构的疲劳损伤和应力集中，延缓结构的老化和损坏速度，从而延长泵站的使用寿命。相反，若结构设计不当，可能导致泵站结构过早损坏，需要进行频繁的维修和更换，增加运行成本。第三、泵站结构设计还关乎泵站的经济效益。一个优秀的泵站结构设计可以在满足工程需求的前提下，降低泵站的建设成本、运行维护成本以及能源消耗，提高泵站的经济效益。

2 泵站选址与地基基础

2.1 泵站选址原则

泵站选址与地基基础是泵站建设中的关键环节，它们对于泵站的安全运行、经济效益和长期稳定性具有决定性影响。泵站选址应遵循地质条件优越的原则，选址前应对地质条件进行详细勘察，确保泵站建设区域地质稳定，无严重地质灾害隐患。优先选择地基承载力高、变形小的区域，以确保泵站结构的安全和稳定。泵站应建在靠近水源的地方，以便能够获取充足的水源供应。要考虑到水源的水质、水位变化等因素，确保泵站能够稳定、可靠地运行。选址应便于设备和材料的运输，以及人员的进出。优先选择交通便捷、通讯畅通的区域，以减少建设成本和提高运行效率。选址应避免生态敏感

区和环境保护区，减少泵站建设对周边环境的影响。应采取有效的环保措施，确保泵站运行过程中的废水、废气等污染物达标排放。泵站选址应遵循经济效益和社会效益相统一的原则，选址应综合考虑泵站建设成本、运行维护成本以及社会效益等因素，确保泵站建设符合当地经济发展和社会需求。

2.2 地基基础处理

合理的选址能够确保泵站功能的正常发挥，而恰当的地基基础处理则能保障泵站结构的稳固性。在确定了泵站选址后，接下来是地基基础处理的关键环节。地基基础处理的主要目的是提高地基的承载力和变形模量，确保泵站结构能够稳定地坐落在地基上。根据地质勘探结果和泵站结构的特点，可以采用不同的地基处理方法，如换填垫层、预压地基、压实地基和夯实地基、复合地基（振冲碎石桩、沉管砂石桩、水泥土搅拌桩、灰土挤密桩、CFG桩）、注浆加固等。这些处理方法的选择应根据具体情况进行综合考虑，包括地质条件、泵站结构要求、施工条件等因素。地基基础处理过程中，应严格控制施工质量，确保地基处理效果达到设计要求。施工过程中，应加强监测和检测工作，及时发现和处理潜在的问题^[2]。

3 泵站结构设计中的关键问题

3.1 泵站结构计算模型

在构建泵站结构计算模型时，要考虑的是结构的几何形状和尺寸。这包括泵站的主体结构、设备布置、管道系统等。几何模型的准确性对于后续的结构分析和计算至关重要。材料属性的选择也是计算模型中的关键问题，泵站结构通常使用钢筋混凝土、钢材等材料，这些材料的力学性能和耐久性能直接影响着结构的安全性和使用寿命。边界条件和荷载的处理也是泵站结构计算模型中的关键问题，泵站结构在实际工作中受到多种荷载

的作用,如静荷载、动荷载、温度荷载等。同时,结构的边界条件也会对计算结果产生重要影响。计算模型的验证和修正也是结构设计中的关键问题,在初步建立计算模型后,需要通过与实际情况的对比和验证,确保模型的准确性和可靠性。

3.2 荷载

在泵站结构设计中,荷载的考虑是一个至关重要的关键问题。荷载是指作用于泵站结构上的各种外部力量,包括静荷载、动荷载以及其他特殊荷载。这些荷载会对泵站结构的稳定性、安全性和使用寿命产生直接影响。静荷载是泵站结构设计中必须考虑的基本荷载类型,静荷载主要包括泵站结构自身的重量、设备重量、水压力等。动荷载也是泵站结构设计中不可忽视的因素,动荷载主要包括水流引起的动水压力、设备运转产生的振动和冲击力等。这些动荷载会对泵站结构产生动态效应,可能导致结构的疲劳损伤和破坏。泵站结构还可能受到一些特殊荷载的作用,如地震、风力、温度变化等。这些特殊荷载虽然发生的概率较低,但一旦发生,可能对泵站结构造成严重的破坏。

3.3 结构计算的内容

结构计算的内容涵盖了多个方面,旨在全面评估泵站结构在各种荷载和工况下的受力状态、变形情况以及稳定性。结构计算需要对泵站结构进行整体建模。这包括确定结构的几何形状、尺寸、材料属性等,以建立一个与实际结构相似的计算模型。模型建立后,可以运用有限元分析、有限差分法等数值分析方法,对结构进行整体受力分析和变形计算。结构计算需要考虑多种荷载工况,泵站结构在实际工作中会受到多种荷载的作用,如静荷载、动荷载、温度荷载等。结构计算需要综合考虑这些荷载的组合和叠加效应,以及不同工况下的受力状态^[1]。通过对比分析不同工况下的计算结果,可以确定泵站结构的最不利受力情况和安全裕度。结构计算还需要进行截面设计和验算,在确定了泵站结构的整体受力状态后,需要对结构的各个截面进行详细的设计和验算。这包括确定截面的尺寸、形状、配筋等,以满足结构的承载力和变形要求。还需要对截面进行强度、刚度、稳定性等方面的验算,以确保结构在各个工况下都能安全可靠地工作。结构计算还需要考虑结构的动力特性,泵站结构在受到动荷载作用时,会产生振动和动力响应。结构计算需要分析结构的自振频率、振型等动力特性,以评估结构在动荷载作用下的稳定性和安全性。

4 泵房结构设计

泵房结构设计是确保泵站功能、效率和长期稳定运

行的重要环节。泵房结构设计涵盖了多个方面,包括结构选型、荷载分析、材料选择、以及细部构造设计等,旨在创建一个既安全又经济的建筑环境,以支撑泵站的日常运行。(1)泵房结构设计需要依据泵站的总体规划和功能需求进行结构选型。选型过程中,需考虑泵房的跨度、高度、所受荷载类型及大小等因素,确保所选结构形式能够满足泵房的使用要求,并具备良好的耐久性和稳定性。(2)荷载分析是泵房结构设计的核心之一。这包括静荷载、动荷载、温度荷载等多种类型的分析。通过准确计算和分析各种荷载的组合效应,可以确保泵房结构在各种工况下都能保持安全稳定。(3)在材料选择方面,泵房结构设计需要考虑材料的性能、耐久性和成本。常见的材料包括钢筋混凝土、钢材、木材等。选择适当的材料可以确保泵房结构在长期使用过程中具备良好的性能和经济性。(4)细部构造设计也是泵房结构设计的重要组成部分,这包括梁板柱的布置、节点连接、防水处理等细节问题。通过精细的细部构造设计,可以提高泵房结构的整体性能和耐久性,减少后期维护成本。(5)泵房结构设计还需要考虑施工和维护的便利性,设计过程中需要与施工团队密切合作,确保设计方案能够顺利实施,并方便后期的维护和检修工作。

5 泵站结构设计应注意的工程实践

5.1 根据实际工程需求调整设计方案

实际工程需求是泵站结构设计的出发点和落脚点,因此,根据具体工程的需求调整设计方案是至关重要的。地质条件是泵站结构设计的基础,不同的地质条件对泵站结构的要求也不同。例如,在软土地区,泵站结构需要特别考虑地基的承载力和变形问题,可能需要采用填垫层和夯实地基等加固措施。而在岩石地区,则可能更注重结构的刚度和稳定性。不同的泵站有不同的功能需求,例如,有的泵站主要用于供水,有的则用于排水。这些功能需求会影响泵站的结构形式、设备布置以及工艺流程。因此,在结构设计中,需要根据实际功能需求来调整和优化设计方案。在满足泵站功能和安全的前提下,应尽量降低工程造价,提高经济效益。例如,在材料选择上,可以综合考虑材料的性能、成本和可获取性,选择性价比最优的材料。在结构形式上,也可以尝试采用新的结构体系或施工方法,以降低工程造价和提高施工效率。施工进度可能对结构设计产生重要影响,例如,施工期的临时荷载、施工顺序等都可能对结构设计产生影响。

5.2 考虑环境因素、成本控制及维护便捷性

在泵站结构设计中,注意工程实践中的环境因素、

成本控制及维护便捷性至关重要。这些因素将直接影响泵站结构的安全性、经济性和长期运行效率。首先,环境因素是泵站结构设计中不可忽视的因素。泵站通常位于各种自然环境中,如水库、湖泊、戈壁地区,这些环境对泵站结构有着直接的影响。例如,水位的变化、水流的速度、土壤侵蚀以及气候条件等都可能对泵站结构产生应力、腐蚀或侵蚀等问题。在结构设计中,需要充分考虑这些环境因素,采取适当的防护措施,如防水、防腐、抗风等措施,以确保泵站结构在各种环境条件下都能稳定运行。其次,成本控制是泵站结构设计中需要重点考虑的因素之一。泵站建设通常需要大量的资金投入,而结构设计是其中成本控制的关键环节^[4]。在设计过程中,需要综合考虑材料成本、施工成本、维护成本等因素,合理选择结构形式、材料以及施工方法,以控制泵站建设的总成本。还需要注重设计的经济性,避免过度设计或设计不足,确保泵站结构在满足功能需求的同时,也具有良好的经济效益。最后,维护便捷性也是泵站结构设计中需要考虑的因素。泵站作为长期运行的设施,其维护和管理对于保证泵站正常运行至关重要。在结构设计中,需要充分考虑设备的可维护性、检修空间的设置以及维修通道的便利性等因素。

5.3 泵站设计案例分析

5.3.1 设计概述

本案例涉及的是为一家大型工业企业设计供水泵站。泵站设计的主要目标是满足企业稳定的供水需求,并确保泵站结构的安全性和经济性。

5.3.2 设计流程与数据分析

(1) 水泵和电气专业要求

该泵站设计选用5台离心泵,总流量为5000m³/h,扬程为40m。电气控制系统需满足自动化监控和远程控制的要求。基于水泵的尺寸和电气设备的布局要求,我们确定了水下墙的位置和检修廊道的布局。

(2) 吊车吨位确定

每台水泵的最大重量为2.5吨。考虑到安全系数和可能的未来更换需求,确定吊车的吨位为3吨,确保吊装作业的安全和高效。

(3) 土压力和水压力分析

泵站所在地地质条件为粘性土,地下水位较高。经过计算,土压力400KN,水压力300KN。这两个力是作用在底板上的合力。综合考虑土压力和水压力的作用,可以得出底板的设计压力。这个设计压力将基于泵站的具体地质条件、地下水位、底板尺寸和结构设计要求来确定。

(4) 水下墙厚度计算

基于设计压力和所选材料的许用应力,按照纯弯和压弯构件取包络计算。计算出水下墙的厚度。考虑到混凝土的耐久性和防水要求,确定水下墙的厚度为500mm。

(5) 泵房结构与梁柱设计

根据泵站设计标准,泵房吊车轨道高度处水平位移不应超过H/2000,H为吊车轨道到一层地面高度。基于这一要求,经过结构分析和计算,确定了柱距为6m,柱截面尺寸为500mm×800mm。

(6) 底板厚度和配筋计算

根据泵房的受力条件和结构支撑形式,按照弹性地基上的板梁理论进行计算。考虑到底板的承载能力和耐久性,确定底板的厚度为800mm,并采用双层钢筋配筋,确保泵房结构的安全性和稳定性。

5.3.3 总结

通过以上的设计案例分析,可以看到,泵站设计是一个复杂而精细的过程。根据水泵和电气专业的要求,合理布置了水下墙和检修廊道,确定了吊车的吨位,并根据实际的土压力和水压力计算了水下墙的厚度。同时,还根据泵站设计标准对泵房水平位移的要求,确定了柱距和梁柱截面,并按照受力条件和结构支撑形式计算了底板厚度和配筋。整个设计过程严谨而科学,为工业企业的供水需求提供了可靠的保障。

结束语

泵站结构设计是一个综合性强、挑战性大的工程任务。在实际设计中,应紧密结合工程需求,充分考虑地质条件、荷载分析、结构选型、材料选择等因素,同时注重环境因素、成本控制和维护便捷性的考量。通过不断探索和创新,我们可以优化泵站结构设计,提升泵站的安全性和经济性,为水利工程的可持续发展做出重要贡献。

参考文献

- [1] 焉永强. 泵站结构设计中应该把握的关键问题探析[J]. 科技创新导报, 2020, 12(11): 204-204.
- [2] 王璐. 试论泵站结构设计中应把握的关键问题[J]. 科学技术创新, 2021(2): 118-118.
- [3] 程伟, 王勇. 泵站结构设计的关键问题分析[J]. 水利科技与经济, 2021, 27(3): 81-84.
- [4] 张强, 李明. 大型泵站结构设计与安全性能评估[J]. 水利学报, 2021, 52(5): 610-618.