

天然气分输站场的结构设计研究

穆 平(中石化宁波工程有限公司, 甘肃 兰州 730060)

摘要: 天然气分输站场作为天然气输送网络中的关键环节, 承担着降压与分配的重要职责。其结构设计需综合考量功能需求、环境保护、经济效益及操作人员安全等多方面因素。选址时需评估地质条件、交通便利性及对周边环境的影响; 布局设计则注重空间利用效率与各功能区间的顺畅连接。结构设计中, 梁柱体系优化、钢结构应用、储罐设计考虑内部与外部荷载影响, 精确评估永久荷载、自然因素应对策略及动态荷载减震措施是保障建筑稳定性的核心内容。

关键词: 天然气分输站场; 结构设计; 安全防护; 自动化控制

中图分类号: TE83

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2025) 017-0126-03

Structural design study of natural gas distribution station

Mu Ping (Sinopec Ningbo Engineering Co., Ltd., Lanzhou Gansu 730060, China)

Abstract: As a key link in the natural gas transmission network, natural gas distribution stations assume important responsibilities for pressure reduction and distribution. Its structural design needs to comprehensively consider many factors such as functional requirements, environmental protection, economic benefits and operator safety. When selecting a site, it is necessary to evaluate the geological conditions, transportation convenience and impact on the surrounding environment; the layout design focuses on the efficiency of space utilization and the smooth connection of various functional areas. In the structural design, the optimization of the beam-column system, the application of steel structure, and the design of storage tanks consider the influence of internal and external loads, and the accurate evaluation of permanent loads, coping strategies of natural factors and dynamic load damping measures are the core contents of ensuring the stability of the building.

Keywords: natural gas distribution station; structural design; safety protection; automatic control

天然气作为一种清洁高效的能源, 在全球范围内得到了广泛应用。其输送网络中不可或缺的一环便是天然气分输站场, 它承担着将高压气体降压并分配至各个终端用户的重要职责。鉴于此, 一个精心规划的分输站场不仅需要满足基本的功能需求, 还必须考虑到环境保护、经济效益以及操作人员的安全等多方面因素。因此, 如何科学合理地进行分输站场的结构设计成为了一个值得深入探讨的问题。这涉及到从最初的土地选择到最终的设施布局, 再到具体的技术实现手段等多个层面的内容。

1 选址与布局设计

1.1 选址

天然气分输站场的选址需综合考量地质条件、交通便利性、周边居民分布等因素。理想的地点应当远离地震带以避免自然灾害的影响, 并且具备良好的排水系统以防洪涝灾害。同时, 考虑到运输成本与效率, 应尽量靠近主要交通干线或铁路线。然而, 在实际操作中还需特别注意避免对生态环境造成破坏, 特别是那些位于自然保护区附近的潜在站点。因此, 选址过程往往需要跨学科团队的合作, 包括地质学家、环保专家以及城市规划师共同参与评估。

1.2 布局设计

一旦确定了具体的地理位置, 接下来便是详细的

布局设计阶段。这一阶段的核心任务在于最大化利用有限的空间资源, 同时确保所有关键区域之间能够顺畅连接。例如, 过滤分离区通常被安排在进气口附近以便于杂质的初步处理; 而计量区则紧邻其后, 负责精确测量流经气体的数量; 调压区则根据下游用户的实际需求调整压力水平; 最后是清管区, 用于定期清理管道内的沉积物。合理的布局不仅能提高工作效率, 还能有效降低运营成本, 从而增强整个系统的竞争力。

2 功能分区与设备布置设计

2.1 过滤分离区

过滤分离区肩负着清除天然气中固体颗粒和其他杂质的重任, 是分输站内不可或缺的一环。旋风分离器和袋式过滤器等设备在此区域发挥重要作用, 它们利用物理方法高效去除杂质, 为后续流程提供清洁气体。精密仪器得以免受损害, 确保了整个系统的稳定性和可靠性。维护人员定期对过滤元件进行检查, 并根据需要及时更换, 保障了设备始终处于最佳工作状态。此外, 过滤分离区的设计充分考虑了操作便捷性和安全性, 使得维修保养过程尽可能简化, 减少了停机时间。同时, 该区域还配备了相应的监测系统, 能够实时监控过滤效果, 一旦发现异常情况立即采取措施加以解决。所有这些措施共同作用, 不仅提升了工作效率, 也延长了设备使用寿命, 降低了运营成本。

2.2 计量区

计量区位于分输站的核心位置，其准确性直接关系到交易公平性和监管要求的满足程度。高精度的质量流量计和温度补偿装置被安装于此，即使在极端气候条件下也能保证数据读数的精确性。软件算法经过优化处理，实现了数据的快速准确分析，极大提高了决策效率。为了确保信息传递的及时性和准确性，计量区还配置了先进的通信设施，可以将数据实时传输至控制中心。操作规程明确规定了数据记录和审核的标准流程，确保每一次测量结果都具有高度的可信度。与此同时，计量区还设置了备用电源系统，以应对突发停电等紧急情况，确保计量工作的连续性。通过上述一系列严密的设计和技术手段，计量区不仅为日常运营提供了坚实保障，也为特殊时期的应急响应奠定了基础。

2.3 调压区

调压区的任务是对上游来气的压力进行精确调控，以适应不同用户的特定需求。智能调压阀凭借其实时监测功能，可根据具体参数自动调整阀门开度，实现压力的精准控制。该区域引入了冗余设计概念，即便主系统出现故障，备用电源系统仍能维持基本供应，最大限度地减少停机时间。这种灵活应对机制显著提升了服务质量，增强了客户满意度。为了进一步提升安全性和稳定性，调压区还配备了多种监控设备，能够实时跟踪运行状态并迅速作出反应。操作人员需严格按照既定规程执行任务，确保每一个环节都符合最高标准。此外，调压区还设有详细的应急预案手册，指导员工在遇到突发事件时如何迅速有效地采取行动，最大程度降低损失。

2.4 清管区

清管区内设有专门的发射和接收装置，旨在高效完成清管作业，预防管道堵塞并延长其使用寿命。工作人员依据预定计划开展清管工作，每次操作后都会详细记录相关数据，以便日后查阅和分析。完善的文档管理有助于及时发现问题并提出改进方案，从而不断提高整体运营水平。为了确保清管作业的安全性，该区域采用了严格的操作规范，所有参与人员必须接受专业培训，掌握正确的操作方法。此外，清管区还配备了必要的防护装备和应急设施，以应对可能出现的各种意外情况。

通过对设备状态的持续监控和维护，清管区不仅能有效防止管道堵塞，还能为其他功能区提供有力支持，确保整个分输站的正常运转。严密的组织管理和技术支持体系共同构成了一个高效、可靠的清管作业平台。

3 结构设计与材料选择

3.1 结构形式

①梁柱体系的设计优化。在天然气分输站场中，框架结构依靠梁柱体系支撑整个建筑重量。工程师们通过精确计算和模拟，确定梁柱的最佳尺寸和间距。这种细致入微的设计不仅保证了建筑物能够承受预期的荷载，同时也为设备安装和操作提供了充足的空间。此外，考虑到不同功能区的具体需求，如过滤分离区需要较大的开放空间来布置大型设备，梁柱布局需特别灵活，以便于未来的扩展或调整。合理的梁柱设计还能有效分散荷载，提高整体稳定性。

②钢结构的应用优势。对于调压区等关键区域，采用钢结构是常见的做法。钢材的高强度和轻质特性使其成为理想的选择，特别是在地基承载能力有限的情况下。钢结构不仅减轻了地基负担，还因其模块化特点而便于快速施工和后期调整。例如，在紧急情况下更换或升级某些组件时，钢结构的优势尤为明显。同时，钢结构的耐久性和可维护性也使得其在整个生命周期内保持高效运行，减少了长期运营成本。

③储罐设计的特殊考量。球形储罐或立式圆筒形储罐主要用于储存高压气体。这些容器的设计不仅要考虑内部压力的影响，还要确保外部荷载（如风、雪）均匀分布，以避免局部应力集中导致的结构失效。球形储罐因其形状特点，能够更好地分散外部荷载，提供更高的安全性。设计过程中还需考虑温度变化对储罐材料的影响，采取适当的补偿措施，防止因热胀冷缩引起的裂缝或其他损害。这要求设计师具备深厚的材料知识和丰富的实践经验。

3.2 荷载类型

①永久荷载的精确评估。建筑物自身重量及固定设备的重力作用构成了结构设计过程中不可或缺的基础考量因素。详尽分析建筑各部分的质量分布，结合实际使用情况做出合理预估，对于确保结构尺寸和材料强度至关重要。精确计算永久荷载使得设计师能够确定合适的梁柱截面尺寸，并选择适当的混凝土强度等级或钢材型号，从而保障建筑的安全性和经济性。在设计初期阶段，深入理解未来可能增加的设备或改造项目的需求，预留一定的承载余量，有助于应对不可预见的变化。考虑到长期运营中可能出现的各种情形，对永久荷载进行动态调整亦显得尤为关键。通过全面考虑上述因素，可以有效提升站场的整体稳定性和耐久性。

②自然因素的影响及其应对策略。风荷载、雪荷载以及地震作用等自然因素对天然气分输站场的设计提出了严峻挑战。依据当地的地质条件和历史数据，

采用先进的抗震技术成为必要之举。增强结构的整体性和延展性，减少地震对建筑物的破坏，是设计过程中的核心任务之一。针对强风和积雪地区的特殊需求，适当加强屋顶和外墙的设计，确保其能够抵御极端天气条件下外力冲击，进而保障站场安全稳定运行。优化建筑设计方案以适应所在地区的地震烈度设防标准，进一步提升了站场的抗震能力。

③动态荷载与减震措施的应用。机械设备运行时产生的振动属于动态荷载，长期作用下可能会对建筑结构造成损害。设置隔振基础作为有效的减震方法之一，能够显著隔离机械振动向建筑物传递，从而保护结构不受损害。利用柔性连接件代替刚性连接，同样可以大幅度降低振动对建筑的影响。在设计阶段充分考虑如何减少这种振动的影响，采取多种减震技术相结合的方式，不仅能延长建筑使用寿命，还能提高站场的整体安全性。

3.3 结构计算方式

现代工程实践中，利用专业软件进行结构建模和应力分析已成为标准做法。输入详细的结构参数和荷载条件后，软件可以模拟出不同工况下的应力分布情况，帮助设计师优化设计方案。温度变化引起的热胀冷缩效应也是设计过程中必须考虑的因素之一。为此，适当设置伸缩缝或滑动支座成为必要，以缓解因温差导致的结构损伤。遵循国家现行标准和规范进行设计，确保每一个细节都符合安全要求，是保障工程质量的重要步骤。

4 安全防护与灾害应对

4.1 防火防爆设计

防火防爆设计强调建筑材料的选择及其耐火性能。对于具有较高火灾风险的区域，采用耐火等级较高的材料构建墙体和屋顶。此外，还需注重结构间的连接方式，确保即使在极端条件下也能维持结构完整性。考虑到可能发生的爆炸冲击波，设计时应加强外墙和窗户的抗冲击能力，使用强化玻璃或其他特种材料。

4.2 抗震设计

在地震设防地区，提升建筑结构的整体性和延性是关键。这包括增加横向和纵向加固措施，如增设剪力墙或圈梁，提高建筑物抵抗水平力的能力。关键设备下方安装隔震垫或其他减震装置，可有效减轻地震波对设备的直接冲击。此外，加强建筑连接部位的刚度，避免因薄弱环节引发连锁破坏。通过科学合理的抗震设计，可以在很大程度上降低地震对站场的危害。

4.3 应急预案制定

虽然应急预案主要涉及操作流程，但其背后离不

开坚实的结构支持。例如，设计时应预留足够宽敞且坚固的安全出口，确保紧急情况下人员疏散顺畅无阻。同时，重要设施周围应设有可靠的防护结构，防止意外泄漏或爆炸带来的次生伤害。定期检查和维护这些防护设施，确保它们始终处于良好状态，为应急响应提供坚实保障。

5 自动化控制与智能管理

5.1 数据采集与监控系统（SCADA）

尽管 SCADA 系统侧重于自动化控制，但其安装位置和布线方式直接影响到结构设计。传感器和其他电子设备的布置需避开可能遭受机械损坏或环境侵蚀的地方，确保数据传输的稳定性和可靠性。此外，电缆桥架的设计不仅要满足电气安全要求，还要兼顾美观和易于维护的特点，减少日后检修工作对结构造成的干扰。

5.2 故障诊断与预测维护

从结构角度来看，故障诊断技术的应用有助于识别潜在的结构问题。通过监测建筑物的微小变形或裂缝发展情况，可以及时发现早期迹象并采取补救措施。这要求在设计阶段就预留适当的检测点，并确保这些位置便于接近和检查，从而实现对结构健康的持续监控。

5.3 能源效率优化

能源效率优化同样涉及到结构层面的考量。例如，在设计保温隔热层时，需综合考虑材料的选择和厚度，以达到最佳的节能效果。同时，优化通风系统的设计，不仅能改善室内空气质量，还能降低空调系统的能耗。通过合理规划管道走向和设备布局，减少能量损失，进一步提高能源利用效率。

6 结语

综上所述，天然气分输站场的结构设计是一项复杂而系统的工程，涵盖了从宏观的选址规划到微观的具体技术实施等多个维度。在确保高效运作的前提下，重视环境保护与人员安全是贯穿始终的原则。通过对过滤分离区、计量区、调压区以及清管区的精心布置，加上全面的安全防护措施和先进的自动化控制系统，使得整个站场能够在复杂多变的环境中保持稳健运行。

参考文献：

- [1] 王晓强. 天然气分输站场加热设施选型研究 [J]. 四川化工, 2023, 26(02):45-48.
- [2] 侯振海, 徐向宇. 浅谈长输天然气分输站场作业活动风险分级管控 [J]. 石化技术, 2022, 29(12):217-218.
- [3] 方楠. 天然气管道分输站场调压系统调节方法 [J]. 化学工程与装备, 2022(02):81-82.