

# SCADA 系统在城市燃气管网输配调度的应用

高 波（山东港华燃气集团有限公司，山东 济南 250014）

**摘要：**SCADA 系统作为一种高效的监控和数据采集技术，在城市燃气管网的输配调度中发挥着关键作用。通过实时监控关键参数，如流量、压力和温度，有效地管理和优化燃气的输送和分配。此外，SCADA 系统通过故障检测与快速响应，能增强系统的安全性，同时利用数据分析能提高操作效率和经济效益。尽管存在技术集成和操作管理的挑战，但通过持续的技术改进和专业培训，这些问题正在得到有效解决。本文旨在深入探讨 SCADA 系统在城市燃气管网中的应用及其带来的各种益处。

**关键词：**SCADA 系统；城市燃气管网；输配调度；应用

## 0 引言

在现代城市基础设施管理中，确保燃气供应的连续性和安全性是一个重要的挑战。SCADA 系统作为一种先进的技术工具，在此领域中的应用提供了一种有效的解决方案。通过集成的监控和自动化控制，SCADA 系统能够有效监控城市燃气管网的运行状态，实时收集和处理数据，以优化管网的性能和安全性。这种技术的应用不仅能提升能源管理的效率，也能保证城市燃气供应的稳定性和可靠性。

## 1 SCADA 系统的定义和组成

SCADA 系统（监控与数据采集系统）是一种复杂的工业自动化控制系统，旨在实时收集和分析来自广泛地理分布的设备的数据，以便于对这些设备进行高效的远程监控与控制。该系统由四个基本组件构成：监控中心、数据传输系统、远程终端单元（RTU）和可编程逻辑控制器（PLC）。监控中心通过高级软件平台展示处理数据，提供用户界面以供操作员监控和操作整个系统。数据传输系统连接监控中心与现场的 RTUs 和 PLCs，确保数据的实时、可靠传输。RTUs 和 PLCs 安装在现场关键节点，负责收集传感器数据并执行自动控制命令。SCADA 系统的设计强调可扩展性与适应性，能够跨多种工业环境进行部署，并针对特定行业需求进行定制，如城市燃气管网，通过实时数据监控和分析，SCADA 系统不仅能优化资源分配，还能快速响应系统故障，极大提高运营安全和效率。

## 2 SCADA 系统在城市燃气管网输配调度的应用

### 2.1 监控与控制

SCADA 系统在城市燃气管网输配的监控与控制中扮演着至关重要的角色。该系统通过广泛部署的传感器网络持续监测燃气管网输配中的流量、压力、温度等关键运行参数，这些传感器安装在管网输配的关键

节点，例如流量计和压力传感器能够精确测量管道中燃气的流量和压力。这些设备能够监测到的流速范围通常在每小时 0~5000m<sup>3</sup>，压力测量范围从 0~70bar。SCADA 系统将这些实时数据传输回中心数据库，进而进行深入分析。利用这些数据，系统可以生成实时的性能报告和趋势分析，帮助操作员在控制室内做出基于数据的决策。系统的用户界面还会显示详尽的图表和地理信息系统（GIS）映射，这使得监控人员可以直观地掌握整个燃气管网输配的运行状态，快速精确地定位到任何异常或潜在的故障区域。

在 SCADA 系统的控制功能方面，系统允许操作员远程操控各种自动阀门和调节设备，以适应突发情况或进行燃气管网输配的日常工作调整。例如，如果某个区域的燃气压力突然上升至 75bar，超过了设定的安全阈值 60 巴，SCADA 系统会立即发出指令，自动或手动关闭阀门或启动备用线路，这种迅速响应能有效地预防可能的安全事故。此外，系统能根据需要自动启动附加的调节措施，比如在需求高峰期自动增加燃气供应或在检测到泄漏时迅速减少压力。这种高度自动化的控制逻辑能确保燃气管网输配的连续性和可靠性，能极大地提高系统的安全性和效率。

### 2.2 故障检测与响应

在城市燃气管网输配管理中，SCADA 系统的故障检测功能发挥着关键作用，能够及时发现并诊断系统中的任何异常或潜在问题。通过在燃气管网输配各关键位置安装的传感器，如泄漏检测器和腐蚀监测装置，SCADA 系统可以实时监控燃气管网的物理和化学状态。例如，泄漏检测器可以监测到微小的压力下降，通常这些压力变化的灵敏度可以达到 0.1bar 的变化。当检测到异常指标，如压力突然下降或特定区域的气体组成发生变化时，系统将自动向操作中心发出警报。

这些数据不仅被记录在历史数据库中以供后续分析，而且还会被实时处理，以评估故障的严重性和可能的影响范围。

一旦故障被检测，SCADA 系统的响应机制将立即启动。系统设计有多级响应协议，根据故障的类型和严重性，自动决定适当的响应措施。对于一些常见的小规模问题，如轻微的压力波动，系统自动调整相关控制阀的开度来校正。然而，对于更严重的情况，如大面积的泄漏，系统会启动紧急协议，自动隔离受影响的管段，并向最近的维修团队发送精确的地理位置和故障详细信息，确保快速响应。此外，SCADA 系统还能进行事后分析，通过分析故障发生前后的数据变化，不仅帮助技术团队理解故障原因，也为未来预防类似问题提供参考。

### 2.3 数据分析与优化

SCADA 系统在城市燃气管网输配中的应用不仅限于监控和控制，数据分析与优化也是其核心功能之一。系统通过收集的大量数据进行深入分析，以提高燃气管网输配的效率和可靠性。具体来说，系统会对收集到的流量、压力和温度等参数进行时间序列分析，使用算法模型如移动平均或指数平滑法来预测未来的燃气需求和流向。

这种预测能力允许运营中心提前调整输气策略，优化燃气存储和分配计划。例如，通过分析历史数据，SCADA 系统可以识别出每日或季节性的消费高峰，如冬季的加热需求，从而提前调整管网压力和燃气管网输配调度，确保供应充足。此外，系统还能应用复杂的数据挖掘技术，如聚类分析，来识别不同区域用户的消费模式，帮助决策者针对特定区域制定更加精确的燃气管网输配策略。

进一步地，SCADA 系统利用其强大的数据处理能力来进行持续的燃气管网输配性能优化。系统不断收集运行过程中的所有数据，包括设备效率、能耗和故障率等，通过这些数据的统计分析，可以识别出燃气管网输配中的低效环节或潜在的风险点。例如，如果某一管段反复出现压力下降现象，系统通过分析这一区段的历史维修记录和运行数据，可以推断出可能的原因，如老化或损坏，并提出具体的维修或更换建议。此外，通过实施优化算法，如遗传算法或模拟退火，SCADA 系统能够设计出最优的燃气管网输配运行方案，以减少能耗和运营成本，同时提高系统整体的可靠性和效率。

## 3 SCADA 系统对城市燃气管网的影响

### 3.1 提高燃气输配效率

SCADA 系统通过其高级监控和控制功能显著提高了城市燃气管网的输配效率。系统能够实时监控燃气管网输配中的流量、压力和温度等关键指标，确保燃气输送过程中各参数均保持在最佳状态。例如，通过精确控制燃气压力，SCADA 系统能避免过高或过低的压力造成的燃气浪费或供应不足问题。同时，SCADA 系统利用先进的数据分析工具，对燃气管网输配的运行数据进行深入分析，根据分析结果调整输气策略和管网配置，如调整主干线与支线的燃气流向，优化燃气的分配与储备，以应对消费高峰或低谷。此外，该系统还可以自动检测和诊断燃气管网输配中的任何小问题，如轻微泄漏或压力异常，迅速进行调整或维修，能大大减少因维修或故障引起的停机时间。

### 3.2 增强系统安全性

SCADA 系统在城市燃气管网输配中的实施能极大增强系统的安全性。通过全面监控燃气管网输配中的流量、压力和温度等关键运行参数，SCADA 系统能及时发现任何异常波动，并自动执行预设的安全协议以防止潜在的事故。例如，系统可以在检测到压力超出安全阈值时，自动关闭相关区域的阀门或启动应急排放程序，从而避免因压力过高导致的管道破裂或泄漏。此外，SCADA 系统内置的故障诊断功能能够快速识别和定位燃气管网输配中的故障源，如通过声波检测技术识别泄漏位置，使得维修团队能够迅速响应，减少故障处理时间。同时，系统还提供详细的数据记录和事故日志，为事故调查和未来的安全改进提供了依据。

### 3.3 经济效益分析

SCADA 系统的引入对城市燃气管网的经济效益产生了显著影响，主要体现在成本节约和效率提升两个方面。

首先，系统的高效监控和控制功能可以减少因故障或维护导致的停机时间，同时通过优化燃气流量和压力管理，能显著降低能源消耗和运营成本。例如，通过实时数据分析，SCADA 系统可以调整燃气输送路径或分配策略，避免不必要的能量浪费，提高整体系统效率。

其次，系统的预测维护功能通过分析设备运行数据，能预测潜在的设备故障，提前进行维修或更换，从而避免更高昂的紧急维修费用和安全事故损失。

此外，SCADA 系统还支持决策制定，通过提供精

确的数据支持，帮助管理层制定更科学的投资决策和资源配置方案。例如，数据驱动的投资决策可以精确到具体的管网升级或扩展计划，确保投资的最大回报。

通过这些方式，SCADA 系统不仅能提升燃气管网的运行效率和安全性，还能大幅度提高企业的经济效益和市场竞争能力。

## 4 面临的挑战与解决方案

### 4.1 技术挑战

SCADA 系统在城市燃气管网中面临的技术挑战主要涉及系统的集成和数据安全问题。首先，现代城市燃气管网常由多种不同的控制系统和传感设备组成，这些设备往往来自不同制造商，具有不同的操作系统和通信协议。这种多样性给 SCADA 系统的集成带来了复杂性，因为要确保所有设备的兼容性和同步工作，需要大量的定制化开发和系统测试。此外，随着 SCADA 系统日益依赖于网络传输大量实时数据，系统的信息安全问题也变得尤为突出。燃气管网的数据传输和处理涉及大量敏感信息，一旦被黑客攻击或数据泄露，会导致严重的安全事故和经济损失。

面对这些技术挑战，采取有效的解决措施是至关重要的。对于系统集成的问题，推荐采用统一的通信协议和数据接口标准，例如采用 OPC(OLE for Process Control) 统一标准，可以实现不同设备和系统之间的有效通信。同时，增加中间件层可以帮助不同系统之间的数据转换和通信，确保系统的高效协同工作。在确保数据安全方面，需要从物理和网络两个层面加强防护。

物理层面，可以通过严格的出入控制和环境监测来保护关键设施。

网络层面，应用最新的加密技术和防火墙，以及定期的安全审计和侵入检测系统，都是防止数据被非法访问和篡改的有效手段。

此外，对操作人员进行定期的信息安全培训，提高他们对网络攻击的防范意识，也是保障系统安全运行的重要措施。

### 4.2 管理和操作挑战

在城市燃气管网的 SCADA 系统管理和操作中，存在一系列挑战，其中包括操作复杂性和人员培训需求。随着 SCADA 系统的技术不断进步，系统的操作变得更加复杂，要求操作人员具备更高的技术能力和系统理解程度。这种复杂性不仅涉及日常操作，还包括对系统故障的快速响应和故障排除能力。此外，随着系统升级和新技术的引入，保持操作人员的技能与最新技术同步也是一个持续的挑战。操作人员的不足

或技能不匹配可能导致操作失误，进而影响燃气供应的安全与效率。

针对这些管理和操作挑战，有效的解决措施包括定期的人员培训和使用友好的操作界面。首先，定期组织技术和安全培训，确保所有操作人员都能掌握 SCADA 系统的基本操作及其最新更新，可以有效提升他们对系统的熟练度和应对突发事件的能力。培训内容应包括理论学习和实际操作，特别是针对系统故障诊断和应急响应的培训，以增强操作人员的问题解决能力。其次，优化 SCADA 系统的用户界面设计，使其更加直观易用，可以减轻操作人员的工作负担，降低因操作错误导致的风险。例如，采用图形化界面显示关键数据，提供一键式操作流程，这些都有助于提高操作的准确性和效率。

## 5 结语

总而言之，SCADA 系统对城市燃气管网的输配调度起到了至关重要的作用。通过实时监控和精确控制，能极大地提升燃气输配的效率和安全性。同时，通过对大量数据的分析和优化，SCADA 系统不仅增强了网络的操作性能，还能显著提高经济效益。尽管面临技术集成、数据安全、管理与操作的挑战，通过持续的人员培训和技术更新，这些挑战正在被有效地解决。随着技术的进步和应用的深入，SCADA 系统将继续在城市燃气管网管理中扮演不可或缺的角色，为城市的可持续发展贡献力量。

### 参考文献：

- [1] 张青锋, 刘祥, 马小琴, 等. 基于 SCADA 系统预警报警系统研究应用 [J]. 信息系统工程, 2024(04):8-11.
- [2] 谢远新, 黄蓝, 郭梁柱, 等. SCADA 系统频繁报警问题的分析及对策 [J]. 化工设计通讯, 2024, 50(03):57-59.
- [3] 王大卫. 物联网技术在智慧城市燃气管网监控的应用分析 [J]. 中国高新技术, 2023(14):139-141.
- [4] 邹镇阳. 燃气输配管网智能调度研究 [J]. 现代国企研究, 2018(12):127-128.
- [5] 柳彦从. 城市燃气输配管网若干问题探讨 [J]. 山西科技, 2017, 33(03):123-125.
- [6] 胡诚. 智能技术在城市燃气输配管网系统的应用研究 [J]. 现代经济信息, 2019(18):358.
- [7] 王德志. 城市燃气的调度运行及管理 [J]. 化工管理, 2020(19):29-30.
- [8] 张进彦. 燃气智能化与燃气 SCADA 系统在燃气安全管理中的应用 [J]. 电子技术与软件工程, 2021(06):174-175.