

天然气输气站场站控系统供电可靠性设计

李伯建（国家管网集团西部管道有限责任公司，新疆 乌鲁木齐 841100）

摘要：随着天然气在能源结构中的比重持续上升，输气站场作为天然气长输管道的重要节点，其站控系统供电的稳定性直接关系到输送安全和效率。为应对频繁发生的供电故障问题，本文围绕输气站场站控系统（SCS）的供电可靠性展开研究，系统分析了常见故障类型，并提出了UPS选型与冗余配置、STS切换技术、双电源设计及PLC系统供电优化等关键方案，为天然气输气站场构建高可靠性供电系统提供了技术参考。

关键词：天然气输气站场；站控系统；供电；可靠性设计

中图分类号：TE88 **文献标识码：**A **文章编号：**1674-5167（2025）021-0079-03

Design of power supply reliability of station control system of natural gas transmission station

Li Bojian (PipeChina West Pipeline Co. Ltd., Urumqi Xinjiang 841100, China)

Abstract: As the proportion of natural gas in the energy structure continues to rise, the stability of the power supply of the station control system of the gas transmission station, as an important node of the long-distance natural gas pipeline, is directly related to the transmission safety and efficiency. In order to deal with the frequent power supply failures, this paper focuses on the power supply reliability of the SCS of the gas transmission station, systematically analyzes the common fault types, and puts forward the key schemes such as UPS selection and redundancy configuration, STS switching technology, dual power supply design and PLC system power supply optimization, which provides a technical reference for the construction of a high-reliability power supply system in natural gas transmission stations.

Keywords: natural gas transmission station; station control system; Power supply; Reliability by design

天然气作为清洁高效的能源，其输送系统稳定性尤为关键。输气站场中的站控系统（SCS）承担着数据采集、设备控制、状态监测等核心功能，一旦外部供电中断，极易引发站控系统宕机，导致输气中断甚至全站停输，对下游用户造成严重影响，尤其在涉及重点工业或民生用户时，影响更为严重。因此，构建一套高可靠性、可冗余、具备快速响应能力的供电系统，是保障天然气输送稳定运行的关键。本论文从实际运行需求出发，深入探讨SCS供电系统的优化设计思路及关键技术，力求为天然气输送系统的可靠运行提供理论与实践支持。

1 输气站场控制系统简介

天然气输气站场控制系统是天然气长输管道系统中的关键设施之一，主要负责对气体流量、压力、温度等重要参数进行实时监控与调节。该系统通过自动化设备和信息传输技术，实现对气体输送过程的精确控制和调度，确保气流的稳定与安全。站控系统不仅要保障设备的正常运行，还需要有效应对各种突发故障，确保输气过程的高效性与安全性。为了应对供电中断带来的风险，站控系统供电的可靠性设计至关重要，能够防止因供电故障导致的设备停运及供气中断问题。如图1所示。

输气站场控制系统通常由多个子系统组成，包括

自动化控制、监测报警、远程控制等功能模块。每个模块通过高度集成的硬件与软件平台协同工作，确保输气过程中的各项指标保持在安全范围内。特别是在电力供应上，控制系统依赖于稳定的电力来源进行实时数据处理和指令执行。

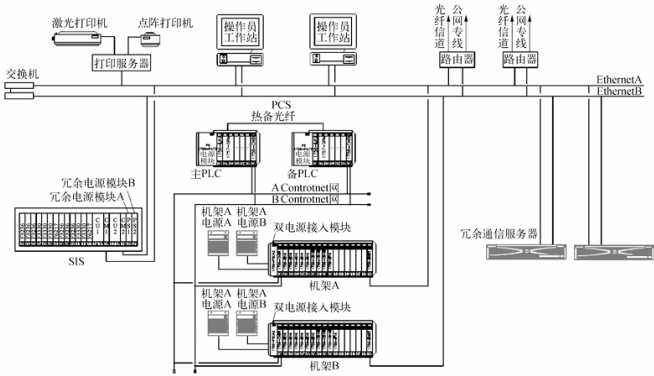


图1 典型输气站SCS结构示意图

2 SCS 供电故障分析

SCS（站控系统）供电故障通常由电力设备故障、线路中断或电力供应不稳定等因素引起。供电中断可能导致控制系统无法正常运行，进而影响输气站场的自动化监控与调节。尤其在长输管道中，任何供电故障都可能引发设备停运，导致供气中断及经济损失。因此，对供电系统的可靠性进行深入分析，并采取有效预防措施是确保站控系统正常运行的关键。如图2所示。

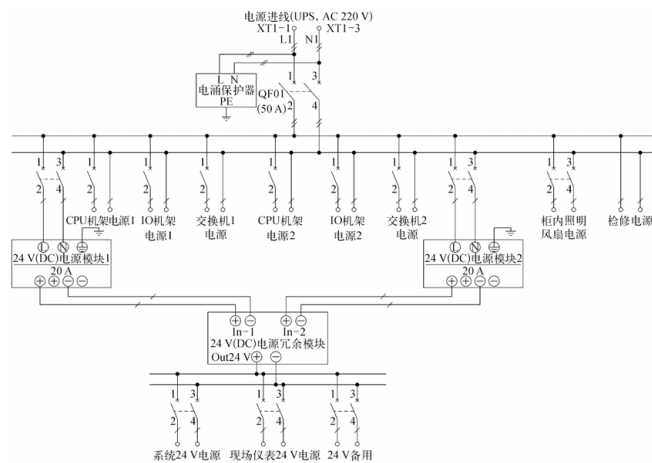


图 2 早期站场 PLC 所用 UPS 配电回路示意

SCS 供电故障的原因多种多样,其中常见的包括电力设备老化、线路损坏、电源切换不及时及外部自然灾害等因素。特别是在一些复杂的地理环境中,电力线路易受到天气、地质条件的影响,导致供电中断。

3 供电可靠性设计

3.1 UPS 选择及冗余方式选择

在天然气输气站场控制系统中，供电的可靠性至关重要，因此，UPS（不间断电源）系统的选择和冗余方式的设计直接影响着系统的稳定运行。首先，在选择 UPS 时，必须考虑系统的负载能力、响应时间、备用时间和维护便捷性。对于长时间运行的控制系统，UPS 的容量应根据实际负载需求进行合理配置，确保能够在主电源断电时，提供足够的电力支持。为提高供电系统的可靠性，应采用冗余配置。常见的冗余方式包括 N+1 冗余和 2N 冗余，其中 N+1 冗余方式适用于负载较轻的情况，而 2N 冗余则适用于对供电要求更为严格的应用场景。冗余配置能够确保在部分 UPS 发生故障时，其他 UPS 能够立即接管负载，避免系统停运，保障供电不中断。

3.2 UPS 冗余方式

在供电系统的设计中，UPS 冗余方式是确保系统高可用性和不间断电力供应的重要手段。对于天然气输气站场的控制系统，UPS 冗余设计能够在主电源出现故障时，快速切换备用电源，避免控制系统停运。根据不同的需求和风险级别，UPS 冗余方式可分为几种常见类型，主要包括 N+1 冗余、2N 冗余和并联冗余等方式。N+1 冗余是最常见的冗余方式之一，指的是在系统中配置多个 UPS 单元，并增加一个额外的备用 UPS。

3.3 STS 技术应用

STS（静态转换开关）技术广泛应用于供电系统中，尤其是在 UPS 冗余系统中，能够有效提高供电的

可靠性与稳定性。STS 技术通过自动化切换功能，在主电源发生故障时，能够迅速将负载切换到备用电源，确保供电不中断。在天然气输气站场的控制系统中，STS 技术尤为重要，它能够在电力供应发生故障或切换时，实现快速切换，保障控制系统和其他关键设备的持续运行。具体应用中，STS 系统可与 UPS 冗余系统相结合，在 UPS 出现故障时，STS 系统将自动切换至备用 UPS 电源。此外，STS 技术还具有响应速度快、切换时间短的优势，通常可以在毫秒级别内完成切换，几乎不影响系统的正常运行。为提高系统的安全性，STS 还可以与其他监控系统联动，实时监测电源状态，一旦发现异常，自动切换至备用电源，从而减少因电源故障引发的风险和损失。

3.4 SCS 双电源供电设计

SCS 双电源供电设计是为了提高天然气输气站场控制系统的供电可靠性，采用了两路独立电源供电方案，以确保主电源发生故障时，系统能够迅速切换至备用电源，保证控制系统的持续运行。在设计中，两个电源采用不同的电力来源，以降低同一故障源造成的影响。此外，为避免电源切换时产生电压波动或中断，设计中引入了 STS（静态转换开关）技术，确保电源切换过程平稳、无缝。通过这种设计，能够大幅提升系统的电力供应可靠性，防止因供电中断造成控制系统宕机，从而避免对天然气输送的影响，确保供气稳定性和安全性。

3.5 SCS 供电负荷分类

在天然气输气站场的供电系统设计中，对SCS供电负荷进行合理分类是确保供电可靠性和系统稳定运行的重要步骤。根据负荷的性质和重要性，SCS供电负荷一般可以分为三个主要类别：关键负荷、一般负荷和备用负荷。关键负荷是指对系统运行至关重要的负荷，如控制系统的核心设备、报警系统、通信系统等。这些负荷需要始终保持电力供应，任何电力中断都可能导致系统停运或发生严重故障，因此必须配置冗余电源并确保不间断供电。一般负荷包括一些非核心设备，如监控设备、环境监测装置等，虽然这些设备对系统的持续运行至关重要，但在电力供应紧张时，可以通过调度优先级来灵活调整其供电方式，保障关键负荷的供电需求。备用负荷则指的是在系统正常运行时不必持续供电的设备，例如一些备用泵、照明等。备用负荷可以通过备用电源供电，确保在关键负荷发生故障时，能够及时启动补充电力。

3.6 输气站场 PLC 系统可靠性供电设计

PLC（可编程逻辑控制器）系统作为天然气输气站场自动化控制系统的核心，承担着对输气过程中的

各类设备进行实时监控和自动调节的任务。在输气站场中, PLC 系统的稳定运行至关重要, 因为任何供电故障或中断都可能导致系统停运, 进而影响供气稳定性, 甚至造成较大的经济损失。因此, PLC 系统的供电设计必须具有高度的可靠性, 以确保系统能够在各种故障情况下继续稳定运行。为确保 PLC 系统的供电可靠性, 首先必须引入冗余电源设计。冗余电源配置通过使用多个电源供电, 避免单一电源出现故障时导致整个 PLC 系统停运。常见的冗余设计包括 N+1 冗余和 2N 冗余方式。N+1 冗余配置意味着配置多个电源, 其中一个作为备用, 确保在主电源发生故障时, 备用电源能够迅速接管负载。2N 冗余则指的是每个电源组件都有完全独立的备用电源, 能够提供更加稳定和可靠的电力保障。UPS (不间断电源) 系统在 PLC 系统中发挥着至关重要的作用。UPS 系统能够在市电发生故障时, 提供持续的电力供应, 避免 PLC 系统因供电中断而出现宕机。为了进一步增强 UPS 的可靠性, 应采用并联冗余模式, 确保任何一台 UPS 发生故障时, 其他 UPS 能够继续提供电力, 保障系统的持续稳定运行。在 PLC 系统的供电设计中, 电源监控与自动切换技术不可忽视。为了提高供电系统的可靠性, 需要配置自动化的电源监控系统, 实时监测电源状态。一旦发现主电源出现异常, 电源监控系统能够自动启动备用电源, 并进行无缝切换, 确保 PLC 系统不受影响。此外, PLC 系统的电源切换还应具备快速响应能力, 通常切换时间应控制在毫秒级别, 从而最大限度地减少停电时间和系统的影响。PLC 系统的供电设计不仅仅局限于电源本身, 还涉及到整个配电系统的可靠性。配电系统包括配电柜、导线、开关等重要组件, 这些部件在系统中起到将电力传输到 PLC 控制器的作用。因此, 配电系统的设计需要考虑到设备的冗余配置、自动化切换和防护措施。在设计中, 应选择高质量的配电设备, 并确保其能够在高负载情况下稳定运行。同时, 配电系统应具备过载保护功能, 当电流超过设定阈值时, 能够自动切断电源, 防止电气设备损坏。同时, 制定应急预案, 以应对可能发生的电力故障。在发生突发事件时, 能够快速恢复供电, 最大限度地降低系统停运时间和经济损失, 具体配置如图 3 所示。

4 其他措施

除了对 PLC 系统供电进行可靠性设计之外, 确保天然气输气站场稳定运行还需要采取其他一系列补充措施。

首先, 定期对供电系统进行全面检查和维护, 确保所有电气设备处于良好工作状态。通过建立完善的设备巡检机制, 及时发现潜在故障并进行修复, 防止

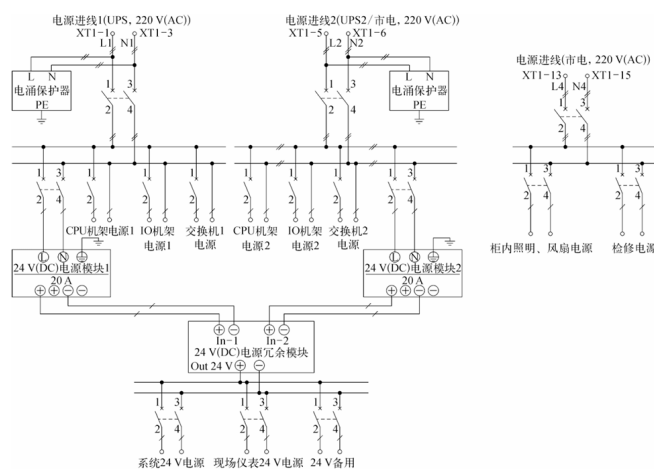


图3 PLC内部各部件电源模块配置示意

事故发生。其次, 加强操作人员的培训, 提高他们在紧急情况下的应急响应能力, 确保能迅速有效地处理供电系统故障, 减少损失。此外, 针对可能出现的电力故障, 制定详细的应急预案, 包括备用电源的启用和快速切换程序, 以确保系统能在最短时间内恢复运行。最后, 加强与电力供应商的合作, 确保外部电网稳定供应, 并与供应商保持沟通, 以便在出现大规模电力故障时及时采取应对措施, 保障天然气输气站场的安全稳定运行。

5 结束语

综上所述, 天然气输气站场的供电可靠性设计是保障系统稳定运行的关键。通过冗余电源、UPS 系统、自动化电源切换、配电系统优化及电力质量保障等措施, 可以有效提高供电的可靠性, 避免因供电故障导致的系统停运和经济损失。此外, 定期维护与应急预案的完善也为系统提供了强有力的保障。只有综合考虑各方面因素, 才能确保天然气输气站场的安全高效运行。

参考文献:

- [1] 刘清亮. 浅谈如何提高供电可靠性[J]. 农村电气化, 2012(11):1.
- [2] 赵廉斌, 朱金辉, 张丽, 等. 以 Safety Manager 为控制核心的安全仪表系统在输气站场中的可用性和可靠性探讨[J]. 化工自动化及仪表, 2014(11):1324-1327.
- [3] 郑世同, 李兴明. 供电可靠性, 中断供电和自备电源——“西气东输”工程供电方案中问题的探讨[J]. 电气工程应用, 2003(2):5.
- [4] 郑世同, 李兴明. 供电可靠性, 中断供电和自备电源——“西气东输”工程供电方案设计中一些问题的探讨[C]// 中国科协 2003 年学术年会.
- [5] 唐正森. 提高配电网供电可靠性措施的研究[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2009.