

电气及自控仪表在天然气工程项目的应用

胡启佳 王晓龙 薄喜宇 史宁岗
国家管网集团北京管道有限公司 北京 102101

摘要：本文详细阐述了电气及自控仪表在天然气工程项目中的多方面应用。首先介绍了天然气工程的特点与需求，接着分别从电气系统和自控仪表系统两大方面展开论述。在电气系统应用部分，探讨了供电系统设计、电气设备选型与安装以及电气安全保护措施等；在自控仪表系统应用部分，分析了自控仪表的类型、功能，以及在天然气生产、输送和储存等环节的具体应用。

关键词：电气系统；自控仪表；天然气工程项目；应用

1 引言

天然气作为一种清洁、高效的能源，在全球能源结构中占据着越来越重要的地位。据国际能源署（IEA）统计，近年来天然气在全球一次能源消费中的占比持续上升，预计到 2030 年将超过 25%。天然气工程项目的建设与发展对于满足能源需求、保障能源安全以及促进经济发展具有重要意义。在天然气工程项目的建设和运营过程中，电气及自控仪表系统是不可或缺的重要组成部分。电气系统为整个工程项目提供稳定可靠的电力支持，确保各类设备的正常运行；自控仪表系统则实现对天然气生产、输送和储存等过程的实时监测、控制和调节，保障工程项目的安全、高效运行。因此，深入研究电气及自控仪表在天然气工程项目中的应用具有重要的现实意义。

2 天然气工程的特点与需求

2.1 特点

天然气工程项目通常具有规模大、工艺复杂、涉及范围广等特点。从天然气的开采、净化处理到长距离输送和储存，需要经过多个环节和复杂的工艺流程。同时，天然气具有易燃、易爆等特性，对工程项目的安全性和可靠性要求极高。此外，天然气工程项目的建设和运营还受到地理环境、气候条件等多种因素的影响。

2.2 需求

为了确保天然气工程项目的安全、稳定运行，需要满足多方面的需求。在电力供应方面，要求提供连续、稳定的电力，以满足各类设备的用电需求，特别是在关键设备和应急情况下，不能出现停电现象。在过程控制方面，需要实现对天然气压力、流量、温度等参数的精确监测和控制，确保生产过程在规定的参数范围内运行。在安全保护方面，要具备完善的安全监测和报警系统，能够及时发现和处理天然气泄漏、火灾等安全事

故，保障人员和设备的安全。此外，还需要具备良好的信息化管理水平，实现对工程项目运行数据的实时采集、分析和处理，为生产决策提供科学依据。

3 电气系统在天然气工程中的应用

3.1 供电系统设计

3.1.1 电源选择

天然气工程项目的供电电源通常采用双电源或多电源供电方式，以提高供电的可靠性。一般选择来自不同变电站或不同母线段的电源，确保在一个电源出现故障时，另一个电源能够迅速投入运行，保证关键设备的持续供电^[1]。对于一些重要的天然气处理厂和压缩站，还可以考虑配备自备发电机组作为应急电源，在外部电源全部中断的情况下，为重要负荷提供电力支持。例如，某大型天然气处理厂采用了两路 35kV 外电和一台 2000kW 的柴油发电机组作为应急电源，确保了在各种故障情况下处理厂的正常运行。

3.1.2 电压等级确定

根据天然气工程项目的用电负荷大小和分布情况，合理确定电压等级。一般来说，对于大型的天然气处理厂和长距离输送管道的首站，采用较高的电压等级（如 35kV 或 110kV）供电，以减少线路损耗和电压降。以一条长 500 公里的天然气输送管道为例，采用 110kV 电压等级供电，相比 35kV 电压等级，线路损耗可降低约 60%。对于中小型的站点和用户端，采用较低的电压等级（如 10kV 或 0.4kV）供电。

3.1.3 变配电所设置

根据工程项目的布局和用电负荷分布，合理设置变配电所。变配电所应尽量靠近负荷中心，以减少线路长度和损耗。同时，要考虑变配电所的防爆、防火等安全要求，采用防爆电气设备和非燃烧材料进行建设。例如，在天然气处理厂的爆炸危险区域附近设置的变配电

所，其电气设备均选用隔爆型，建筑结构采用防火墙和防爆门等防护措施。

3.2 电气设备选型与安装

3.2.1 电气设备选型

在天然气工程项目中，电气设备的选型应充分考虑天然气的易燃、易爆特性，选择具有防爆性能的电气设备。防爆电气设备应根据爆炸危险区域的划分，选择相应防爆等级的设备。例如，在天然气处理厂的爆炸危险区域，应选用隔爆型或本质安全型的电气设备。隔爆型设备通过将可能产生火花、电弧和危险温度的零部件置于隔爆外壳内，防止爆炸性混合物进入外壳内部引发爆炸；本质安全型设备则是通过限制电路的电气参数，使其在正常工作和故障状态下产生的电火花和热效应均不能点燃爆炸性混合物。同时，还要考虑设备的可靠性、节能性和环保性等因素，选择技术先进、质量可靠的产品。如选用高效节能的变压器，其空载损耗和负载损耗比普通变压器可降低 20% - 30%。

3.2.2 电气设备安装

电气设备的安装应严格按照相关规范和标准进行，确保安装质量。在安装过程中，要注意设备的接地和防雷措施，保障设备和人员的安全。对于电缆的敷设，应避免与天然气管道近距离平行敷设，防止电缆故障引发天然气事故。一般来说，电缆与天然气管道的平行敷设间距应不小于 1 米，交叉敷设间距应不小于 0.5 米。此外，还要做好电气设备的调试和试验工作，确保设备在投入运行前各项性能指标符合要求。例如，对变压器进行耐压试验，试验电压一般为出厂试验电压的 85%，试验时间为 1 分钟，确保变压器的绝缘性能良好。

3.3 电气安全保护措施

3.3.1 接地保护

接地保护是保障电气系统安全运行的重要措施之一。在天然气工程项目中，应建立完善的接地系统，包括工作接地、保护接地和防雷接地等。所有电气设备的金属外壳、金属构架等均应可靠接地，接地电阻应符合相关规范要求^[2]。一般来说，爆炸危险场所的接地电阻应不大于 4Ω ，非爆炸危险场所的接地电阻应不大于 10Ω 。通过接地保护，可以将电气设备在故障情况下产生的漏电流引入大地，避免人员触电事故的发生。

3.3.2 漏电保护

为了防止人员触电和电气火灾事故的发生，在电气系统中应设置漏电保护装置。漏电保护装置应安装在配电箱的进线端和各分支回路上，当电路发生漏电故障时，能够迅速切断电源，保护人员和设备的安全。漏电

保护装置的动作电流和动作时间应根据不同的使用场所和设备要求进行合理选择。例如，在一般场所，动作电流可选用 30mA，动作时间不大于 0.1s；在潮湿场所，动作电流应选用 15mA，动作时间不大于 0.1s。

3.3.3 过载和短路保护

电气设备和线路在运行过程中可能会出现过载和短路故障，为了防止故障扩大，造成设备损坏和火灾事故，应在电气系统中设置过载和短路保护装置。常用的过载和短路保护装置有熔断器、断路器等。这些保护装置应根据电气设备的额定电流和短路电流进行合理选型和整定。例如，对于一台额定电流为 100A 的电动机，应选用额定电流为 100A - 125A 的断路器进行过载保护，短路保护的动作电流应整定为电动机额定电流的 8 - 10 倍，确保在故障发生时能够及时动作，切断故障电路。

4 自控仪表系统在天然气工程中的应用

4.1 自控仪表的类型与功能

4.1.1 温度仪表

用于测量天然气生产、输送和储存中的温度参数，常见有热电偶、热电阻和温度变送器。前两者感受温度变化产生电信号，后者将电信号转为标准信号便于传输处理。能实时监测温度，为生产控制调节提供依据，确保天然气在适宜温度运行。如天然气净化时，用热电偶测脱硫塔温度，经温度变送器传信号，实现精确控温。

4.1.2 压力仪表

是重要监测仪表，测量天然气压力参数，常用压力变送器、压力开关和压力表。压力变送器实现压力连续监测与远传；压力开关用于报警或控制设备启停；压力表供现场人员观察。监测控制压力可保证管道设备安全，防止超压或负压事故。如长输管道中，压力变送器传信号到控制中心，超压时自动调节阀门。

4.1.3 流量仪表

测量天然气流量参数，是计量和贸易结算重要工具，常见涡轮、涡街、超声波和孔板流量计等。不同仪表特点适用范围不同，需依工况和计量要求选择。能准确测量流量，为生产调度等提供数据支持。如贸易结算常用高精度涡轮或超声波流量计，精度达 $\pm 0.5\% - \pm 1\%$ 。

4.1.4 液位仪表

天然气储存和分离中需监测控制液位，常用浮子、磁翻板、超声波和雷达液位计等。能实时显示液位高度，自动调节防止损坏设备。如储气罐用雷达液位计，精度高，不受介质密度和温度影响。

4.2 自控仪表在天然气生产环节的应用

4.2.1 天然气净化处理

在天然气净化处理过程中，自控仪表发挥着重要作用。例如，通过温度仪表和压力仪表监测净化设备的进出口温度和压力，确保设备在适宜的工况下运行；利用流量仪表控制化学药剂的注入量，保证净化效果；采用分析仪表实时监测净化后天然气的质量，如硫化氢含量、水分含量等，当质量指标不符合要求时，及时调整生产工艺^[3]。以某天然气净化厂为例，通过安装多台温度、压力、流量和分析仪表，实现了对净化过程的自动化控制，净化后天然气的硫化氢含量从原来的 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 降低到了 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 以下，水分含量达到了国家一类气标准。

4.2.2 天然气压缩

天然气压缩是提高天然气压力以满足输送和储存要求的重要环节。在压缩过程中，压力仪表和温度仪表实时监测压缩机的进出口压力和温度，防止超压和过热现象的发生；流量仪表测量压缩机的进气量和排气量，为压缩机的运行控制提供依据；振动仪表监测压缩机的振动情况，及时发现设备故障隐患，保障压缩机的安全运行。

4.3 自控仪表在天然气输送环节的应用

4.3.1 长输管道压力控制

在天然气长输管道中，压力控制是确保管道安全运行的关键。通过在管道上安装压力变送器和压力调节阀，实时监测管道压力并根据设定值进行自动调节。当管道压力过高时，调节阀自动打开，释放部分天然气，降低管道压力；当管道压力过低时，调节阀自动关闭，保证管道内的压力稳定。同时，压力仪表还可以将压力信号传输到控制中心，实现对管道压力的远程监测和控制。例如，某天然气长输管道采用了分布式控制系统（DCS），通过在管道沿线安装多个压力变送器和调节阀，实现了对管道压力的精确控制，管道压力波动范围控制在 $\pm 0.05\text{MPa}$ 以内。

4.3.2 流量计量与调度

流量仪表在天然气输送过程中用于准确计量天然气的流量，为生产调度和贸易结算提供依据。通过在管道上安装多台流量仪表，并结合压力、温度等参数的补偿，实现对天然气流量的精确计量。同时，利用流量数据和调度系统，根据用户的需求和管道的运行状况，合理调配天然气的输送量，提高输送效率和经济效益^[4]。例如，某天然气输送公司通过建立流量计量与调度系统，实现了对天然气输送量的实时监测和动态调整，输送效

率提高了 8%，年节约运营成本数千万元。

4.4 自控仪表在天然气储存环节的应用

4.4.1 储气罐液位与压力控制

在天然气储气罐中，液位仪表和压力仪表用于监测储气罐内的液位和压力。当液位过高或压力过大时，控制系统自动启动排放装置，将多余的天然气排出，确保储气罐的安全运行。同时，通过液位和压力数据，还可以计算储气罐内的天然气储存量，为生产调度提供参考。例如，某天然气储气库通过安装液位和压力仪表，并采用自动化控制系统，实现了对储气罐液位和压力的实时监测和自动控制，储气罐的安全运行得到了有效保障。

4.4.2 储存过程安全监测

在天然气储存过程中，还需要安装可燃气体检测仪、火灾报警器等安全监测仪表，实时监测储存场所的可燃气体浓度和火灾隐患。当检测到可燃气体浓度超标或发生火灾时，及时发出报警信号，并启动相应的应急处理措施，保障人员和设备的安全。例如，某天然气储存场站在储存区域安装了多台可燃气体检测仪和火灾报警器，并与消防系统联动，一旦发生可燃气体泄漏或火灾，能够迅速采取措施进行处置，避免了事故的扩大。

结语

电气及自控仪表对天然气工程项目意义重大。电气系统提供稳定电力，保障设备运行；自控仪表系统实时监测、控制调节天然气生产等过程，提升安全性、可靠性与运行效率。合理应用二者能带来显著效益。未来，其将向智能化、集成化、绿色化发展，为项目提供更强支持。因此，天然气工程项目在规划建设时，要重视电气及自控仪表系统设计应用，优化配置、提升性能，以契合行业发展需求。

参考文献

- [1]任丽颖.自动化仪表在天然气行业中的应用分析[J].中国设备工程,2022,(18):201-203.
- [2]赵妍,王鑫,马克远.仪表自动化技术在天然气管道工程中的应用[J].化工管理,2025,(19):90-93.
- [3]宋海英,范劲松,江明,等.数字化仪表在天然气场站应用的效果评价[J].自动化应用,2021,(06):51-54.
- [4]张忠楠.自动化仪表在天然气行业中的应用[J].中国石油和化工标准与质量,2021,41(01):154-156.