

长输管道控制系统国产化现状及展望

刘天民（国家管网集团北京管道有限公司内蒙古输油气分公司，内蒙古 呼和浩特 010000）

摘要：2018年以来，国际形势风云变化，外部敌对势力对我国产业升级层层设限，采取技术封锁、设备断供等手段，妄图打断我们的产业升级之路，长输管道设备国产化是国家重大技术装备国产化战略的重要组成部分，本文通过对国内长输管道控制系统现状与国产化替代进程的分析，展现了长输管道控制系统国产化取得的成绩与存在的问题，并制订了针对性解决措施及对策。

关键词：长输管道；产业升级；控制系统；国产化

1 引言

随着我国产业升级及工业 4.0 的不断推进，企业对能源的需求不断增加。2019 年，国家为深化油气行业改革、保障油气安全稳定供应组建了国家石油天然气管网集团有限公司，我国油气管网建设进入新一轮高速发展期。与此同时，国际形势产生深刻变化，尤其是 2018 年后，以美国为首的西方集团，对我国产业升级层层设限，采取技术封锁、设备断供等手段，妄图打断我们的产业升级之路。因此，坚持不懈的推进关键技术装备国产化，是国家提高自主创新能力和核心竞争力的必由之路，是保障国家能源安全、促进民族工业发展的战略需要，长输管道设备国产化是国家重大技术装备国产化战略的重要组成部分。

2 现状分析

长输管道的主体设备，主要由管道本体、管件、阀门、单体设备、控制系统等组成，控制系统作为长输油气管道的“大脑”及“神经”，对管网平稳运行起着关键作用。本文主要从长输管道控制系统现状、国产化升级中遇到的典型问题及国产化控制系统的发展论述。下文为方便论述，按照控制系统的功能组成，将现场采集各类参数的传感器、仪表统一归为检测器，将现场最终执行动作的各类阀门、动作元件归为执行器，将控制系统中的各类逻辑控制器、处理器及 SCADA 系统软件及 HMI 软件归为控制器。

2.1 检测器

长输管道的检测器，主要涵盖现场的各类一次仪表（压力表、双金属温度计、液位计等），二次仪表（压力变送器、温度变送器、液位变送器、物位变送器等），火气系统（可燃气体检测器、火焰检测器、火灾检测器等）。目前，各类检测器均有对应的国产化替代产品，在近期投产的长输管道中，现场检测器基本实现了国产化替代，但我们也应该清醒的认识到，国

产化检测器对比进口设备，仍存在一定差距，其突出表现为各类关键控制点，例如 SIS 系统的参数采集等位置，仍大量使用进口设备，部分国产化检测器的核心元件仍依赖进口，国产检测器在稳定性、重复性及维护上仍存在较大问题。

究其原因，国产检测器面临的主要问题主要为两点，即业主方对设备可靠性与可维护性的需求与国产设备本身质量相对较差的矛盾，以及制造企业希望迅速扩大市占率与技术储备不足和巨大的前期投资之间的矛盾。相比进口产品，国内供应商供货的检测器的确价格相对较低，但是事实证明，在长期使用下，国产设备的稳定性、可靠性、安全性方面的确有一定差距。这里既有我国相关材料、元器件生产及加工等基础工业发展滞后，影响到下游的设备制造商的产品质量的原因，同时也存在一系列的其他因素，如检测器制造行业的自主技术积累不足，关键专利、协议被国外厂商把控，造成市场被技术领先的进口产品把持，国内企业难以获得足够的人才、资金、市场以及政策支持，难以做大做强，部分企业不思进取，满足现状，对产品缺乏改进意愿，影响到未来的发展。

举一个典型案例，某长输管道位于高纬度地区，环境温差很大，建设中全线使用某国产品牌压力表，投产初期，现场反馈压力表大面积进水，经统计，约 40% 的压力表存在不同程度的密封失效。经过返厂检测，原因为压力表内密封装置未考虑到高纬度低温环境下的使用所引起的失效，后续通过更换损坏仪表，仍无法解决。在与仪表厂商的沟通中，对方认为高温差下，压力表密封失效是必然的，无意对仪表进行改进。通过进一步调研，某国外厂商提供有高纬度压力表可选，通过试用，符合现场使用需求。同规格压力表，国外厂商报价约为国内厂商的 7 倍。

检测器的国产化是势在必行的，这关乎国家层面

的产业升级及安全自主,检测器作为工业领域不可或缺的关键重大设备”,不仅在长输管道中广泛应用,在所有工业领域中都是不可或缺的,关乎整个国家和人民的安全,其核心技术和产品必须全面掌握。

2.2 执行器

与检测器情况类似,但长输管道控制系统的执行器国产化步伐要更快一些。管道领域控制系统的执行器,主要涵盖各类电动、气动、电液阀门执行器,快速截断阀,流量压力调节阀。

设计、研制长输管道的执行器,是国家重大技术装备国产化战略的重要组成部分,具有十分重要的意义。2017年陕京四线投产运行,国产化执行器首次成体系地应用大口径天然气管道,经过多年的使用,国产化执行器经受住了考验,接近甚至超过了同类进口设备的性能。目前,新建管道执行器国产率已经接近98%,但是,部分细分领域用执行器仍依赖进口,例如角行程电液执行器、快速关断型电动执行器、可控流量调节阀等设备,部分国产化设备内关键元件依赖进口,如控制气路电磁阀等。分析其原因,一是由于我国在执行器领域长期依赖进口,相关生产厂家技术薄弱,产品性能无法满足现场使用需求,未能形成有效的正向研发机制。另一方面,在相关基础材料学,实验数据积累方面我们存在历史欠账,执行器最为重要的稳定性、可靠性存在缺陷,此外,国产化执行器对安全认证投入不足,如安全仪表系统所需求的SIL认证。不过,当前国家全力推进长输管道关键设备国产化的大形势,对国内执行器厂商来说是一次绝佳的弯道超车机会,相关厂家正与管道运营企业一道,向“卡脖子”技术发起新一轮的冲锋,力争到2025年关键设备100%实现国产。

2.3 控制器

长输管道的控制器范围包含很广,以典型的长输管道阀室为例,阀室控制系统包含RTU(远程终端单元),现场HMI(现场数据显示及设备操作),交换机等,更为复杂的压气站场则包含BPCS系统PLC,SIS系统PLC,机组UCP系统PLC,火气控制系统,计量控制系统,压力流量控制系统,交换机及路由器、用于全站控制的SCADA软件等。在长输管道控制系统三大部分中,处于核心的控制器一直是国产化率最低,攻克难度最大的一环,尤其是PLC及SCADA软件,更是长期被国外厂家占据,当前,国内大多数油气管道SCADA系统均采用国外的系统软件产品,如兰成

渝、西部原油成品油管道等采用加拿大Telvent公司的OA Sys SCADA系统,陕京输气管道的SCADA系统软件采用德国Cegelec公司生产的Viewstar,油气调控中心管道运行软件采用了丹麦LIC公司生产的PSS管道模拟软件。PLC设备则被美国Rockwell Allen-Bradley,美国Emerson Control Wave,德国SIEMENS S7系列,英国Ovarro TBOX等占据。

由于工业SCADA软件和PLC系统具有天然封闭性和排他性,处于领导地位的国外厂商往往可以凭借完整的产业链条和产品覆盖,通过打造一套完整的控制器布局,排除后进厂商的进入。由于我国SCADA系统研发起步较晚,截至2010年,除电力行业大范围采用国产系统以外,长输管道高端工控产品90%以上由国外公司提供,国内的工程人员无法获得这些国外进口系统的源代码,不能完全掌握程序运行的后台情况。如果国外公司在系统中蓄意留有后门漏洞或逻辑炸弹,国内工程人员几乎没有防范能力,极易造成重大损失,2010年的“震网”事件,就是一起典型案例。由此可见,非国产SCADA系统的安全漏洞风险是不可控的,对于民众、企业和国家的信息安全构成了严重威胁,所以有必要在各行各业内推行拥有自主知识产权的SCADA系统,以保障我国的工业和信息安全。同时,国外控制系统软硬件高昂的采购、售后及升级费用,在油气行业“降本增效”、“国产化替代”的大背景下,国产SCADA软件及PLC系统也是大势所趋。

实际上,为了打破国外长期以来的技术垄断,降低系统全生命周期成本和安全风险,早在2008年,国内长输管道便开始了管道SCADA控制系统国产化的研究,2014年,国家管网调控中心通过了国产管道SCADA控制系统的一期验收,但受制于国内芯片技术水平难以突破,系统底层硬件依然无法完全摆脱对进口的依赖。2018年,国内首套实现中控级、大规模数据管理的SCAD软件PCS系统软件在冀宁天然气管道、港枣成品油管道控制系统上线运行一周年,系统可用率达到99.89%,预示着管道控制系统国产化迈出坚实步伐。随着国内以龙芯、统信为代表的国产计算机系统的突破,以浙大中控、和利时为代表的国产PLC系统的成熟,PCS系统软件进入了发展快车道,通过快速的版本迭代,PCS系统具备完全替代在役油气管道SCADA系统软件水平,2019年12月中俄东线北段投产运行,国产化自控设备成体系地应用于上述新建

天然气管道，首次实现了关键自控设备全系统国产化应用。2022 年开始，新建长输管道及改扩建管道全面使用国产化 PLC 系统及 PCS 软件，2023 年，国家管网调控中心将主控系统切换至 PCS 系统，标志着国产 SCADA 软件的完全成熟，预计到 2025 年，PCS 系统将完成关键站场 SCADA 软件的全面替换。

3 国产化进程

控制系统国产化，不仅是国家工业安全方面的需求，对于管道运营企业来说，其带来经济效益也尤为可观，仅 SCADA 系统切换为 PCS 系统一项，就可降低软件购置成本 10%，国产化后的自主建设和运维，可降低系统建设与维护成本 20% 以上。未来，随着国内厂商技术的不断进步，可以预期控制系统三大部分全面实现关键设备国产化后，可以进一步降低系统采购及运营成本，尤其是避免国外厂商凭借技术垄断，随意哄抬价格，关键设备受制于人，卡脖子的现象再次发生。

虽然，长输管道控制系统国产化已经取得很大进展，当我们必须清楚的认识到当前我们仍面临着诸多挑战及风险。基于新建长输管道干线、支线投用的国产化产品的测试评价和应用实践，国产化控制系统设备在行业内的成体系应用获得了初步成功。但是对比进口设备，由于国产化设备过去往往试点多，推广少。特别是由于缺乏大量用户应用的反馈，国产化 HMI 软件和 PLC 系统或多或少存在非显性和非指标性的欠缺之处。国产化自控设备在这些体现厂家内功的环节落后于国外同类产品，在现场运维单位反馈中，也暴露出很多问题，如某规格检测器稳定性欠佳，生命周期内精度不一致，某气动执行器设计不合理，控制气路容易堵塞，造成动作卡滞，国产化控制系统稳定性差，系统周期性出现数据卡死等现象。部分国产化 HMI 软件的易用性、全面性和精细化程度远低于同类进口产品，无故障代码、诊断信息解释等信息。部分国产化 PLC 对标准支持不足，无法满足国标全部 5 种编程语言的需求，人机工程设计欠缺，编程软件功能不完善，迭代缓慢。此外，向前文的案例一样，部分厂商缺乏进取心，仅满足于低水平产品的销售，导致高端产品无法覆盖。因此需要国产化厂家和用户通力协作，在更多的用户意见反馈基础上优化产品，不断进步。

4 结论与展望

针对种种问题，个人认为可从以下几方面制订措

施，引导产业健康成长。

技术层面，加大基础工业建设投入，加强共性技术研究力度，推动产学研用合作，完善标准体系建设，制订行业标准，使国产化控制设备迅速提升可靠性、稳定性、安全性水平，满足长输管道控制需求。长输管道控制系统检测器、控制器及执行器三大部分，目前核心的通信协议，安全认证及维护接口均由国外厂商或组织制订，国内缺乏统一的具有行业权威的机构引导，造成国内设备厂商各自为战，各系统缺乏统一标准，大量资源投入到低水平的重复研发中，不利于行业进一步发展壮大。这一层面对策的实施，关键在于组织性，必须有规划、有组织地开展研究，避免时间和资源重复浪费，同时，可由国家层面建立行业标准制订组织，统一相关协议，认证。

市场层面，鼓励良性竞争，避免低级价格战，保护自主知识产权，规范许可证的审核和颁发流程，阶段性组织国家级试验鉴定，发挥技术咨询单位在取证与产品改良上的作用，鼓励科技创新，鼓励产研联合，对首台套项目的甲乙双方施行补贴，形成长效、合理的市场扶持政策，减轻企业的投资压力。这一层面对策的实施关键在于综合性及长期性，必须统筹考虑，有的放矢，从信息、咨询、试验、审核，以及市场竞争等各方面入手，为企业提供一个有利于其发展的客观环境。

在长输管道控制系统国产化领域，我们已经走出了至关重要的一步，初步实现了自主工业领域芯片、数据库、操作系统、工业软件、自动化技术与长输管道检测器、执行器技术的完美耦合，对保障国家能源安全具有重要意义。随着我国产业进一步升级及“一带一路”的推进，我们将借此机会培养一批达到世界先进水平的厂商及技术人员，推动我国自主控制系统在全球落地生根，引领产业做大做强。

参考文献：

- [1] 管文涌，王晓光，禹浩，等. 国产化 HMI 软件及 PLC 系统的测试评估方法、应用效果分析与产品优化方向 [J]. 化工自动化及仪表, 2021, 48(4): 1.
- [2] 李柏松，徐波，王巨洪，等. 中俄东线北段关键设备与核心控制系统国产化 [J]. 油气储运, 2020, 39(7): 1.

作者简介：

刘天民（1983-），男，黑龙江牡丹江人，工程师，现就职于国家管网集团北京管道有限公司内蒙古输油气分公司，研究方向：长输管道自动化及通信领域。