

浅谈天然气压缩机自动控制逻辑测试平台的开发与应用

李大昊（北京杰利阳能源设备制造有限公司，北京 101500）

摘要：介绍了企业在天然气压缩机组的生产制造过程中、人才培养和教学中以及对可编程控制器（简称 PLC）性能测试中存在诸多限制条件。根据天然气压缩机组的实际应用情况并结合以往的天然气压缩机组项目上的控制经验，我们开发研制了一套天然气压缩机自动控制逻辑测试平台（以下简称测试平台），该测试平台如果投入到企业设计部门的实际应用中，对企业来说将有非常大的使用价值和现实意义。

关键词：天然气压缩机；自动控制逻辑；测试平台；PLC

1 前言

随着科学技术的不断发展，PLC 因其高的可靠性、控制的灵活性以及抗干扰能力强等优点，在天然气压缩机控制系统中得到了广泛的应用。天然气压缩机自动控制系统不但要采集现场数据，反映现场天然气压缩机组的运行状态，更为重要的是把采集的现场数据在 PLC 内部进行状态监控，来保证天然气压缩机组的生产过程更加安全、顺利的继续进行下去。本文主要阐述了测试平台在天然气压缩机生产制造中、员工培养和培训中以及对 PLC 性能测试中的优点及应用。并对测试平台的设计与结构进行了讲解和说明。

2 设计背景

天然气压缩机自动控制逻辑的开发往往都需要对控制逻辑进行反复的测试，通常情况下，需要将 PLC 控制柜与天然气压缩机组上的信号相连接才能进行联机测试，并针对程序测试中遇到的问题做出相应的修改，然后等天然气压缩机到达工作现场并与实际工况相连后在做最终测试，这样才能保证天然气压缩机的自动控制逻辑达到最好的测试效果。但是在天然气压缩机的实际生产制造过程中，往往会因为购买的某些物料货期太长、设计存在偏差需要修改、用户缩短工期等原因使天然气压缩机在生产制造完成后连最基本的联机测试都无法完成，这就导致天然气压缩机组所有的自动控制逻辑测试都要到天然气压缩机的工作现场去完成。因为现场大量的测试工作以及艰苦的现场条件，所以企业需要花费更大的人力物力，若检验出自动控制逻辑不满足预定设计的控制要求，现场调试不成功时就需要进行反复的修改和测试，从而给天然气压缩机生产制造企业带来更加巨大的时间成本与人力成本，还可能因为某些突发原因，影响最终用户的生产进度。给天然气压缩机生产制造企业带来巨大的经济损失以及负面影响。另外在天然气压缩机自动控

制逻辑的相关教学活动中，由于在天然气压缩机的实际生产制造过程中存在的问题，使我们不太可能提供一个完善的工业现场环境来对天然气压缩机自动控制逻辑进行联机调试，这就造成我们在培训和教学时只能使用软件仿真验证自动控制逻辑语法上是否正确，和通过主观判断来验证自动控制逻辑的功能是否实现，使培训效果和学习效果打了折扣。对其他品牌 PLC 的性能测试也受到了很大得阻碍。

3 自动控制逻辑测试平台的开发

本节对测试平台进行了方案预设计。要设计合格的测试平台就必须了解天然气压缩机撬的基本结构、工作原理和一些关键性的性能参数，并选择合理的测试手段和方法。针对测试平台我们构思了不少先进的方案，经过我们的内研究并结合企业的实际情况，我们只对其中两种方案进行了设计与深入探讨。

测试平台是电子元件与自动控制技术相结合的产物，一套完善的自动控制逻辑测试系统能够为天然气压缩的控制逻辑性能指标系统客观的评价，并为天然气压缩机的控制逻辑结构优化以及培训教学提供了硬件基础。按照 API618 石油化工和天然气往复式压缩机标准以及 API11P 压缩机规范，天然气压缩机运行过程中要监控与控制的参数主要包括压缩机转速、各级进排气压力、各级进排气温度、压缩机振动、空冷器振动、轴瓦温度等模拟量反馈信号；进气阀、排气阀、旁通阀、油泵电机、油冷电机、空冷器电机等 DO 输出控制信号；各分离器液位开关、高位油箱液位开关、油位开关、无油流开关等数字量输入信号；压缩机转速给定、调节阀开度给定等模拟量输出信号。通过监控与控制完美的结合才能证天然气压缩机的生产过程更加安全、顺利的继续进行下去。

3.1 方案一

方案一测试平台框图如图 1 所示，本方案采用的

是天然气压缩机项目（需要测试的项目）本身的 PLC 控制柜与设备模拟单元（后面有详解）相结合组成的。这种方案实现起来比较简单，而且成本也非常低，但是在测试压缩机自动控制逻辑工作时我们需要把设备模拟单元搬到 PLC 控制柜旁边接线并进行测试，这种测试方法不但会受 PLC 控制柜货期的限制，在天然气压缩机组撬内接线的时候（PLC 控制柜与撬内信号相连时）我们也没有办法对该天然气压缩机自动控制逻辑进行通电测试。对后续企业人才培养和教学以及对 PLC 性能测试更是无法完成。所以我们放弃了该方案。

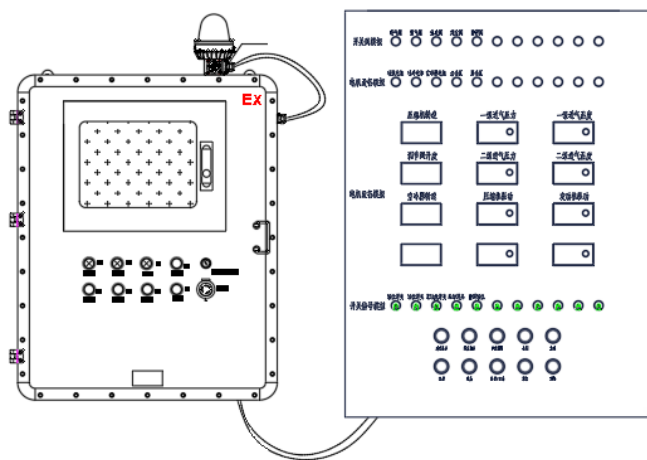


图1 方案一测试平台框图

3.2 方案二

方案二测试平台框图如图2所示，从图中可以看出本测试平台主要分为三个单元，第一个单元为 PLC 模块单元，它主要的作用是配置安装所需要测试的天然气压缩机组的 PLC 模块、培训和教学所使用的 PLC 模块以及安装所需性能测试的 PLC 模块。第二部分为触摸屏单元，它主要的作用是配置安装所需要测试的天然气压缩机组的触摸屏、培训和教学所使用的触摸屏以及安装所需性能测试的触摸屏。第三单元为设备模拟单元，它主要的作用是模拟天然气压缩机组上每个阀门的开/关状态、电机运行状态、压缩机转速显示、调节阀开度显示以及对模拟的液位开关、无油流开关等开关信号的控制。

本方案实现起来比较繁琐，而且成本也高，但是本方案的测试平台自成一体，完全可以在硬件以及软件上模拟现场天然气压缩机的实际工作环境，这样就可以把天然气压缩机控制逻辑的调试阶段放在办公室完成，不但节约了人力物力，而且还大大延长了天然气压缩机组自动控制逻辑的测试周期，使我们对天然气压缩机自动控制逻辑的修改与完善提供了非常充足

的时间。所以我们最终选用了本方案。



图2 方案二测试平台框图

4 自动控制逻辑测试平台的开发

本测试平台，通过信号发生器（4-20mA）、数显表（4-20mA）、时间继电器、中间继电器、摇臂开关、等部件来模拟天然气压缩机组上的温度、压力、转速、阀门开/关、电机启动/停止、压缩机启动/停止、液位开关等数据的采集以及控制。

本测试平台采用模块化设计，各模块与各模块之间、各元件与各元件之间相互联系又相互独立，通过对测试平台上元件不同的组合来模拟不同大小、不用型号、不同工况的天然气压缩机组，以达到完美的模拟出各种所需要测试的天然气压缩机组的硬件配置以及软件配置，从而使我们的天然气压缩机在生产制造过程中可以直接被抛开天然气压缩机设备来对天然气压缩机组的自动控制逻辑进行联机测试。

4.1 PLC 模块单元

图2中最上面模块单元为 PLC 模块单元，本单元现在显示安装的是罗克韦尔自动化推出的一款中型框架式的 PLC 模块以及西门子自动化推出的一款小框架式的 PLC 模块，预装的这两套 PLC 模块几乎可以完全包含我们所有中型天然气压缩机组和小型天然气压缩机组的自动控制逻辑测试工作。设备模拟单元模拟的所有天然气压缩机的阀门、电机、压力、温度等信号的接线，我们都通过接线端子分成了三组，并把这三组信号线都预留到 PLC 模块单元的下面，使本测试平台可以同时模拟出三种不同的天然气压缩机软件和硬件配置，减少了我们在项目多而且调试时间紧张的情况下反复接线改线的重复工作，虽说我们能同时模

拟出三种天然气压缩机软件和硬件配置,但是这三种配置的模拟测试不能同步进行,必须分开测试。

PLC 模块单元上后续还可以更换其他品牌的 PLC 或者罗克韦尔 / 西门子品牌其他版本的 PLC, 模拟使用在某种天然气压缩机组上, 来对 PLC 的性能进行测试, 使天然气压缩机的控制系统配置达到最优, 为公司的降本增效添砖加瓦。

4.2 触摸屏单元

图 2 (左侧) 显示的是触摸屏单元, 此单元主要是用来安装天然气压缩机组的触摸屏的, 触摸屏里主要包括主画面、启动控制画面、手动操作画面、参数显示画面、参数设置画面等, 主要显示天然气压缩机组的运行参数、报警参数设置、手动控制以及报警信息显示等功能。HMI 单元现在显示安装的是我们常用的罗克韦尔 10 寸的触摸屏以及昆仑通泰 10 寸的触摸屏, 本单元有 2 块安装板, 是相互独立的, 后期可以更为方便的更换其他厂家或者其他型号的触摸屏来模拟使用在某种天然气压缩机组上, 对触摸屏性能进行测试, 测试其性能能否满足需求。

4.3 设备模拟单元

图 2 (右侧) 显示的是设备模拟单元, 本单元是天然气压缩机自动控制逻辑测试平台最重要的单元, 天然气压缩机上所有阀门的开 / 关状态、电机运行状态、压缩机转速显示、调节阀开度显示以及对模拟的液位开关、无油流开关等信号都是设备模拟单元模拟的, PLC 模块单元与触摸屏单元组成的仅仅只是模拟的天然气压缩机上的 PLC 控制柜。

通过时间继电器与指示灯配合我们完美的模拟出了天然气压缩机上的进气阀、排气阀、旁通阀等阀门。通过调整时间继电器的时间来模拟天然气压缩机各阀门的开关时间, 通过指示灯颜色来模拟阀门的开到位状态和关到位状态 (开到位显示绿色, 关到位显示红色), 并通过指示灯显示在设备模拟单元上以达到阀门开 / 关到位就地显示的功能。同时我们还把模拟阀门的开到位 / 关到位信号反馈给了 PLC 模块。

通过中间继电器与指示灯配合我们完美的模拟出了天然气压缩机上的油泵电机、油冷电机、空冷器电机等电机设备。通过中间继电器的通断来模拟电机设备的启动与停止, 通过指示灯颜色来模拟电机设备的运行状态 (运行显示绿色, 停止显示红色), 并通过指示灯显示在设备模拟单元上以达到电机设备运行状态的就地显示功能。同时我们还把这些电机设备的运行状态信号反馈给了 PLC 模块。

我们通过调整信号发生器的旋钮, 使信号发生器输出 4-20mA 信号, 来模拟天然气压缩机组各级的压力、温度以及压缩机的振动、空冷器的振动等模拟量输入信号的变化, 并显示在设备模拟单元上, 并把这些模拟量输入信号传给 PLC 模块。

我们通过信号接收器接收 PLC 发出的 4-20mA 信号, 并把接收的数值显示在信号接收器上, 这时信号接收器上显示的数值就是我们模拟的天然气压缩转速、调节阀开度等数据。

我们通过控制摇臂开关的接通和断开, 来模拟天然气压缩机的分离器液位开关、振动开关、无油流开关等数字量输入信号。并把这些数字量信号传给 PLC 模块。

如图 2 (右侧) 最下面两排是我们天然气压缩机组 PLC 控制柜上的启动按钮、停止按钮、急停按钮、复位按钮、报警消音按钮、运行指示灯、停止指示灯、手动 / 自动转换开关, 这个是我们每台天然气压缩机的标准配置。

5 总结

测试平台使我们摆脱了传统的自动控制逻辑测试流程, 使我们的天然气压缩机自动控制逻辑测试不再受生产制造中因物料货期、工期紧张等原因的制约, 使天然气压缩机设备的生产制造与逻辑测试可以同步进行互不干涉, 这样我们就有了大量的时间来对天然气压缩机自动控制逻辑进行反复的测试与完善, 从而保证天然气压缩机自动控制逻辑达到最好的测试效果。对企业的生产制造、人才培养以及对 PLC 性能测试具有非常大使用价值与现实意义, 更给企业带来意想不到的经济效益与社会效益。

参考文献:

- [1] 王法辉 .PLC 模块自动测试系统的设计与开发 [D]. 大连: 大连理工大学, 2009.
- [2] 白晗东 .PLC 自检测及外围设备测试系统 [D]. 成都: 西华大学, 2010.
- [3] 宫俭纯, 高帅, 于祥春, 赵海兰, 曲晓梅. 海洋石油平台电驱往复天然气压缩机橇内控制系统 [J]. 化工自动化及仪表, 2018(10):757-761.
- [4] 陈超. 浅谈天然气压缩机自动控制技术要点 [J]. 中国设备工程, 2019(16):145-146.
- [5] 秦鑫鑫. 天然气压缩机测试平台控制系统的研制 [D]. 苏州: 苏州大学, 2016.
- [6] 郭皓. 天然气压缩机自动控制技术 [J]. 当代化工研究, 2017(11):24-25.