浅谈电驱压气站冷却水控制逻辑的优化

冯　军
中国石油西部管道公司，新疆　乌鲁木齐　830013

摘　要：冷却水系统是电驱压缩机组非常重要的辅助系统，对电驱压缩机组的运行起重要作用。为提高输气管道自动化水平，实现 SCADA 系统远程启动电驱压缩机的功能，仔细研究西二线乌鲁木齐压气站冷却水控制逻辑，并与现场操作人员沟通，详细了解冷却水系统运行现状及存在问题，对原冷却水控制逻辑进行优化，从而实现了 SCADA 系统远程启动电驱压缩机的功能，弥补了电驱压缩机自动控制方面的不足，提高了电驱压缩机的自动控制水平。

关键词：变频电机；冷却水；控制逻辑；输气管道
DOI：10.3969/j.issn.1006-5539.2014.04.020

0　前言

用于管道增压的离心式压缩机的驱动方式主要有燃气轮机驱动和变频电机驱动，两种驱动方式在国内外输气管线上均有成功运行的经验。与燃气轮机驱动方式相比，变频电机驱动方式在技术性能方面更有优势，如调速范围宽、效率高、运行可靠性高、加载时间短、无废气排放、噪声低等。此外，变频电机驱动的压缩机机组投资低，且变频电机维修费用低[1]。国内选择使用变频电机驱动方式的输气管道日趋增多。

1　原冷却水控制逻辑设计的问题

1.1　冷却水系统的工艺流程及运行

冷却水系统用于电驱站电机和变频器的冷却。冷却水系统由冷却塔、循环泵、管路、阀门以及冷却水的温度、流量、压力检测装置组成。冷却水系统工艺流程见图 1。正常情况下，冷却水从冷却塔出来后经过循环泵（如图 1 中的 LCP 01~LCP 04）输送到电机和变频器进行冷却，冷却后的水流再通过冷却水回水管回到冷却塔降温，通过这样不断的循环完成电机和变频器的冷却任务，冷却水不足时由冷却塔外接的自来水补水管补水。

冷却水系统启动压缩机的条件是冷却水循环泵运行数量等于准备启动的压缩机的数量，且对应变频器和电机冷却水入口流量、温度均满足要求[2]。根据图 2~4，压缩机启动命令发出时站控系统首先自动启动冷却水系统及其它辅助系统。冷却水系统启动包括开启冷却水管路上的所有电动阀并启动循环泵。当变频器和电机冷却水入口的流量、温度满足设计要求且冷却塔运行正常时（包括其它辅助系统运行正常），站控系统才能将启动压缩机命令输出至压缩机控制系统（UCS）启动压缩机[3]。

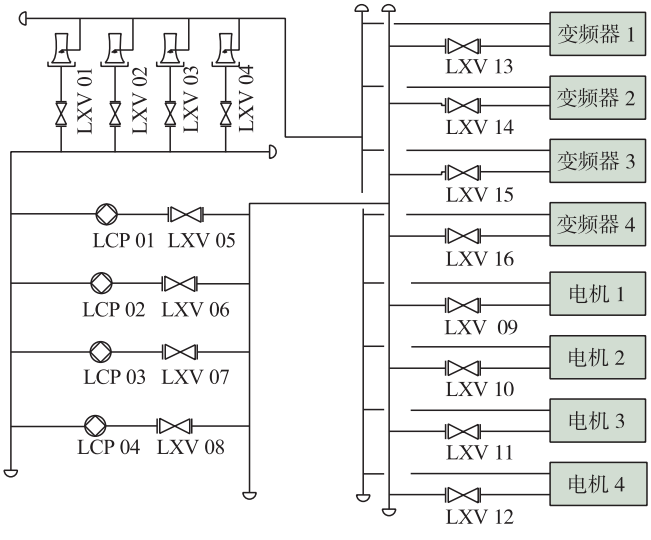

图 1　冷却水系统工艺流程

收稿日期：2013-10-29
作者简介：冯　军（1987-），男，甘肃宁县人，学士，主要从事天然气管道 SCADA 系统维护工作。

1.2 存在问题

根据现场运行实际，启动 1 台压缩机时需启动 3 台循环泵，才能使变频器和电机冷却水入口流量、温度达到要求。而原冷却水控制逻辑中却要求准备启动压缩机的数量必须等于已启动的循环泵数量，因此，当通过 SCADA 系统远程启动压缩机时冷却水系统无法达到自动启动压缩机的外部条件，SCADA 系统发出的启动压缩机命令无法输出到 UCS。

为解决该问题，修改冷却水控制逻辑启动压缩机的条件，改为由变频器和电机冷却水入口的流量、温度来判断。

2 冷却水控制逻辑优化

根据上述解决方案，对原冷却水控制逻辑进行优化。原冷却水控制逻辑见图 2~4。

由图 2 可知，当 SCADA 系统发出启动某台压缩机

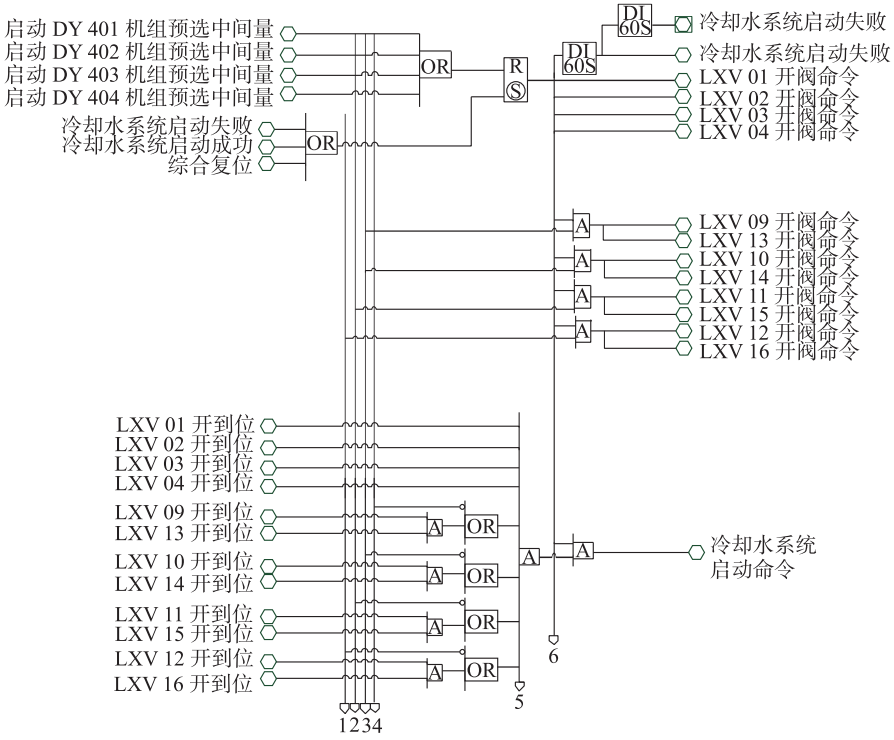

图 2 原冷却水系统启动逻辑

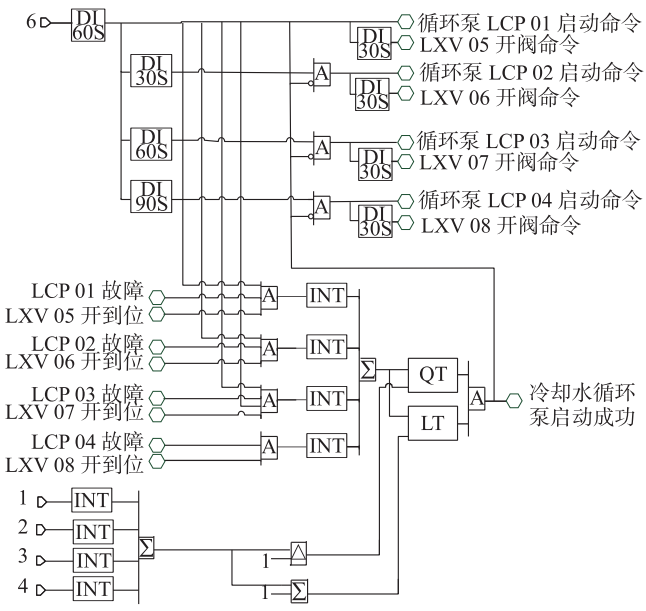

图 3 原冷却水循环泵启动逻辑

命令后，自动开启冷却塔出口阀 LXV01~LXV04、该压缩机对应的变频器和电机冷却水入口阀 LXV09、LXV13（或 LXV10、LXV14 或 LXV11、LXV15 或 LXV12、LXV16），上述阀门开到位后自动发出冷却水系统启动命令。

由图 3 可知，图 2 中的冷却水系统启动命令发出后顺序启动冷却水循环泵 LCP 01~LCP 04 及循环泵后的阀门，当已启动的冷却水循环泵数量等于准备启动的压缩机数量（即发出的压缩机启动命令数量）时，自动输出冷却水循环泵启动成功信号。

由图 4 可知，准备启动的压缩机对应的变频器和电机冷却水入口流量和温度满足要求，且冷却水循环泵启动成功、冷却水系统运行无故障，则冷却水系统满足启动压缩机条件有效。

结合现场实际运行需求，对原冷却水控制逻辑进行优化：

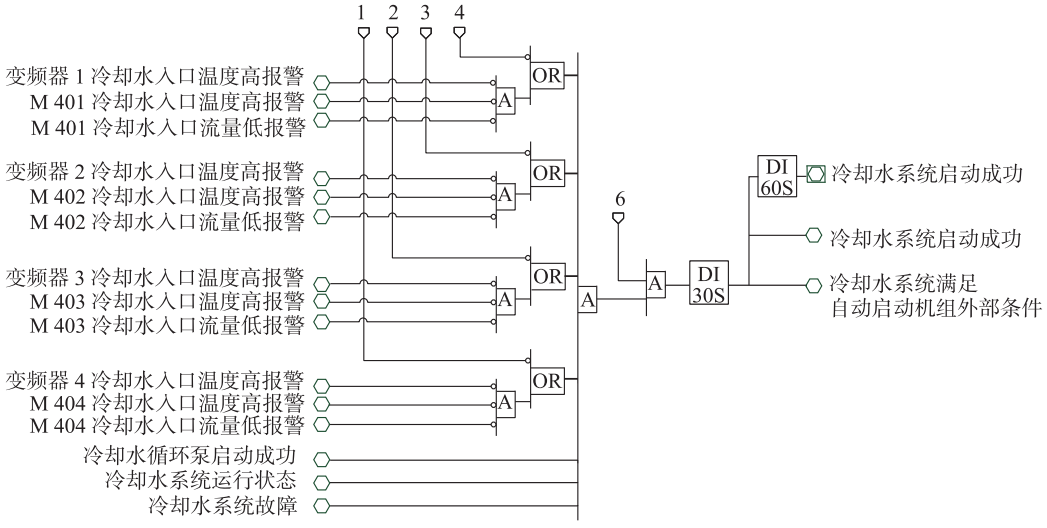

图 4　原冷却水系统启动成功判断逻辑

a）冷却水循环泵启动命令的条件中取消对 LXV 09~12 状态的判断。

b）机组预选信号生效后不再自动开 LXV 09~12，因为这 4 个阀门为调节型电动碟阀，需要保持在合适的开度，以保证冷却水流量在设定范围之内，并且把这 4 个阀门的远控模式改为由阀位设定来控制。

c）启动循环泵的逻辑改为顺序启动 1、2、3 号泵及其后的阀门，若有 1 台泵或者阀门故障则启动 4 号泵及其后的阀门，同时冷却水循环泵启动成功的条件改为至少有 3 台泵及其后的阀门启动成功。

优化后的冷却水控制逻辑见图 5~7。

由图 5 可知，SCADA 系统发出冷却水系统启动命令后，自动开启冷却塔出口阀 LXV 01~LXV 04 及变频器冷却水入口阀 LXV 13~LXV 16，当上述阀门开到位后中间变量有效。

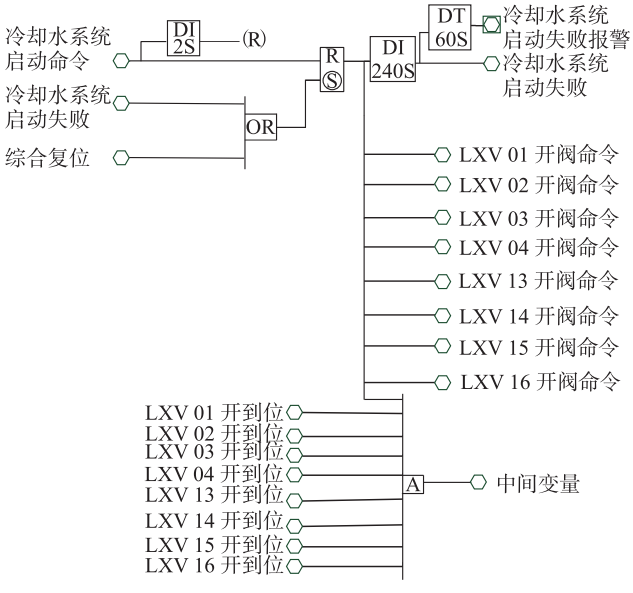

图 5　优化后的冷却水系统启动逻辑

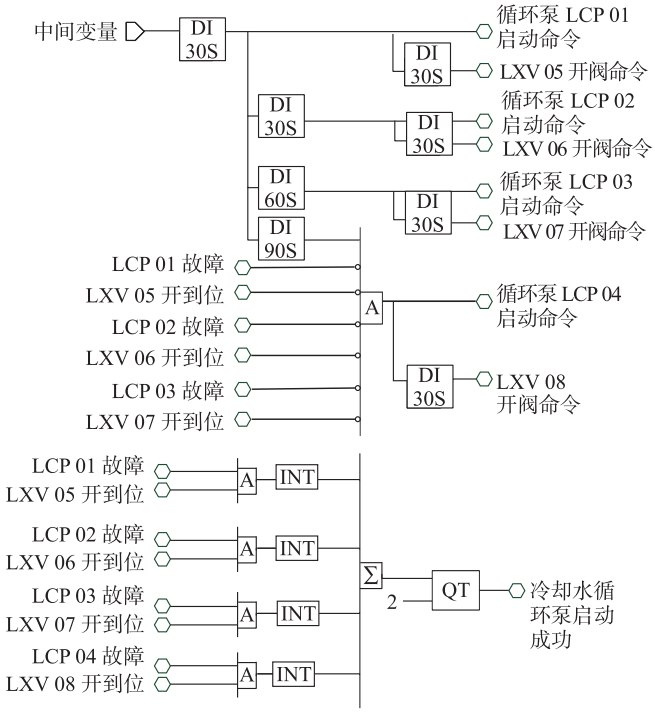

图 6　优化后的冷却水循环泵启动逻辑

由图 6 可知，中间变量有效后，顺序启动冷却水循环泵 LCP 01~LCP 03 及泵后的阀门，如果上述泵及阀门任何一个未能正常启动则启动 LCP 04 及泵后的阀门，当已启动的循环泵数量大于 2 时冷却水循环泵启动成功信号有效。

由图 7 可知，变频器和电机冷却水入口流量和温度满足要求，则冷却水满足启动对应压缩机的条件有效。

优化后，通过 SCADA 系统一键命令启动冷却水系统，便可自动启动冷却水循环泵并打开阀门，当任意一台压缩机的驱动电机和变频器冷却水[4]入口流量和温度满足要求后，冷却水系统达到启动该压缩机的条件，值班人

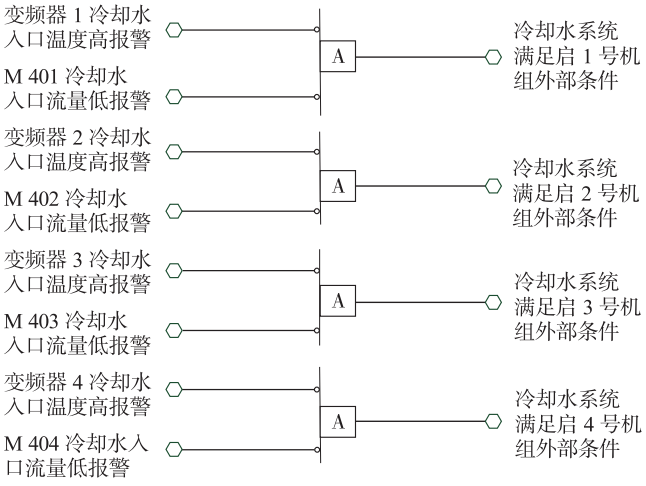

图 7　优化后的冷却水启动成功判断逻辑

员可直接从人机界面看到启动压缩机条件是否满足[5],发出启动压缩机命令即可实现远程启动压缩机的功能。

3　结论

冷却水系统是电驱压气站的重要辅助系统，对于电机和变频器的正常运行及寿命有重要作用。通过本次优化，不但实现了远程一键启动压缩机的功能，而且优化了远程启动压缩机对辅助系统工况的判断条件，很大程度上提高了长输管道自控水平，减轻了现场人员工作量。随着长输管道自动化技术的不断发展，辅助系统的远程控制及自动控制的需求也越来越强烈，因此须不断深入研究工艺流程、优化控制逻辑，以提高长输管道自动化水平。

参考文献：

[1] 蒋文娟,朱安邦. 压缩机远程监控系统的设计与实施[J]. 自动化博览，2004,21(3):22-23.
Jiang Wenjuan, Zhu Anbang. The Design and Implementation of Air Compressor Remote Monitoring and Control System[J]. Automation Panorama, 2004,21(3):22-23.

[2] 冯若飞，李学新，焦光伟，等，液化天然气长输管道输送技术[J]. 天然气与石油. 2012,30(2):8-10.
Feng Ruofei, Li Xuexin, Jiao Guangwei, et al. Technology for Long Distance Liquefied Natural Gas Pipeline Transportation [J].Natural Gas and Oil, 2012,30(2):8-10.

[3] 赵军艳，蔡共先.浅谈塔里木油田放空天然气回收措施[J]. 天然气与石油,2012,30(5):13-15.
Zhao Junyan, Cai Gongxian. Recovery Measures of Vented Gas in Tarim Oilfield [J]. Natural Gas and Oil, 2012,30(5): 13-15.

[4] 王国伟，邓　东，王常平，等. 大型变压器强油循环冷却系统的缺陷及其改造[J]. 变压器. 2004,41(5):15-16.
Wang Guowei, Deng Dong, Wang Changping,et al. Defect and Reconstruction of Large Transformer Forced Oil Circulation Cooling System[J]. Transformer. 2004,41(5): 15-16.

[5] 刘晋萍. 循环冷却水处理优化设计的探讨[J]. 天然气与石油,2005,23(1):55-57.
Liu Jinping. Discussion on Optimum Design of Circulated Cooling Water Treatment [J]. Natural Gas and Oil, 2005,23 (1):55-57.

我国首座百万吨级 LNG 工厂成功达产运行

2014 年 6 月 26 日 20 时 25 分，湖北黄冈 LNG 工厂天然气日处理量超过 500×10^4 m^3，安全平稳达产至设计能力。这是继 5 月 30 日该项目一次投产成功后，我国首座国产化百万吨级 LNG 工厂示范项目的又一重大胜利。

湖北黄冈 LNG 工厂的成功达产标志着中国石油在 LNG 领域取得重大技术进步，标志着我国已拥有自主建设大型 LNG 工厂的技术和装备能力。对打破国外大型 LNG 技术与装备长期垄断，确保国家能源安全，巩固中国石油在天然气综合利用领域地位等方面意义重大。

项目 2012 年 2 月 21 日启动，7 月正式施工，2013 年 10 月 25 日实现中间交接，2014 年 5 月 24 日引入天然气，在历时 6 d 的系统调试后于 5 月 31 日 11 时流程全部贯通，产出 LNG 产品，实现一次性投产成功，6 月 9 日，首车 LNG 槽车装车外运。

该项目采用中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司独立自主知识产权“多级单组分制冷方法”液化工艺技术，工程质量、安全、工期、投资全面受控，工程建设创造多个首次、数项第一的新纪录。

湖北 500×10^4 m^3/d LNG 工厂国产化示范工程是国内首套单线处理天然气 500×10^4 m^3/d、年产 LNG 超过百万吨级能力的 LNG 工厂，也是当前国内生产规模最大的 LNG 工厂。项目的成功建设为国产化装备制造业的发展提供了宝贵的实战机会，推动了国家民族工业的发展，极大地提升了整个 LNG 产业的发展。

（刘永清　供稿）