

变频调速设备在大型流量调节阀中的应用

王德生

北京市南水北调大宁管理处

摘要：目前，在厂矿企业和市政公用工程中，大量使用电动调节型阀门，对生产过程中的流量、压力、液位、温度等过程参数进行闭环控制。电动调节型阀门一般为间歇式运行，并且电控机构功率较小，因此，通常采用交流接触器控制交流异步电动机正反转的方式，驱动阀门进行开关控制。交流接触器具有结构简单、质量稳定可靠，环境适应性好，价格低廉等优点，在小型流量调节阀中的应用效果良好，但在大型流量调节阀的应用中，存在控制精度差，PID难以稳定调节等问题，给运行管理造成巨大困扰。本文主要介绍，通过对一个供水系统的大型流量调节阀设备进行变频改造，提高流量控制精度，实现稳定自动控制的方法，从而实现减员增效，提高管理手段。

关键词：大型调流阀；变频器；闭环控制

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.14.072

一、大型流量调节阀电控部分的改造需求

水厂输水管线采双管供水，在分水口管理站内设置2台DN1400调流阀设备，用于实现水厂的进水流量控制。

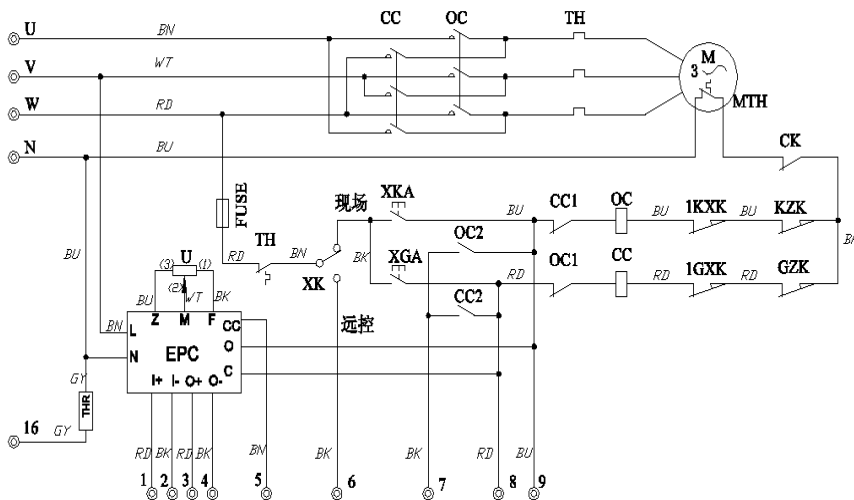
(一) 分水口主要工艺设备和技术要求

- 1、供水管线：DN1400，双管供水
- 2、调流阀：DN1400，2台，调流阀单台电机功率4KW，主要用于双管供水流量的实时调节。
- 3、检修电动蝶阀：DN1400，2台，调流阀单台电机功率1.56KW，布置于调流阀前后阀门井内，调流阀检修时使用。
- 4、流量计：DN1400，2台，用于实时监测瞬时流量和累计供水量。
- 5、压力计：1.0Mpa，4台，用于调流阀阀前、阀后压力监测
- 6、PLC设备：西门子1200系列1套，用于阀门远程自动控制。

(二) 调流阀电控部分介绍

调流阀厂家配套有阀门现地控制柜，通过交流接触器控制电机正反转的方式，实现调流阀的现地电控和远程控制。当现地控制柜转换开关切换至“现场”时，采用现地控制柜的“开、关、停”操作开关控制阀门。当现地控制柜转换开关切换至“远控”时，采用PLC设备控制阀门。

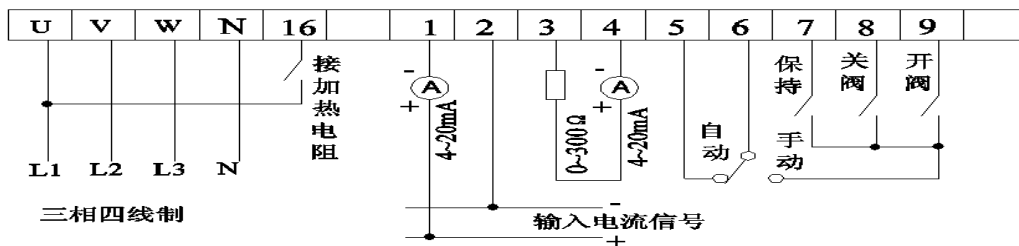
调流阀电控原理图如下：



符号说明：

- ◎ 用户接线端子
- KXK、GXK 开、关向行程限位开关 (250VAC/10A)
- KZK、GZK 开、关向转矩控制开关 (250VAC/10A)
- CK 手动切换互锁开关 (9031-9032产品无此开关，用短接线替代开关CK)
- THR 空间加热电阻 (220VAC 6.8kΩ)
- MTH 埋在电机绕组内的温度保护开关
- U 560Ω电位器 (阀门开向运行时 (2)、(3) 间电阻值增大)
- EPC 伺服放大器
- XKA, XGA 开、关阀门现场操作开关
- XK 现场/远控转换开关
- XK1 操作状态开关(XK1在远控时闭合)
- OC、CC 控制开、关向转接触器
- TH 热过载继电器
- FUSE 控制回路熔断器

用户接线参考



由上图可见，当现地控制柜转换开关切换至“远控”，并且PLC设备闭合5-6通道时，PLC设备可通过4-20mA信号控制阀门开度，实现调流阀的开度控制。

当现地控制柜转换开关切换至“远控”，并且PLC设备断开5-6通道时，PLC设备可通过中间继电器控制阀门的“开、关、停”动作，即远程点动控制。

(三) 控制工艺要求

水厂输水管线分水口的主要功能为实现水厂的进水量控制，即通过调节调流阀开度，控制管线瞬时流量，以满足水厂的用水需求。

根据水厂的不同时段用水量变化，分水口阀门每日需进行4-8次流量调节，调节范围在2000-8000m³/h，要求控制精度达到±100m³/h以内。

(四) 存在的问题

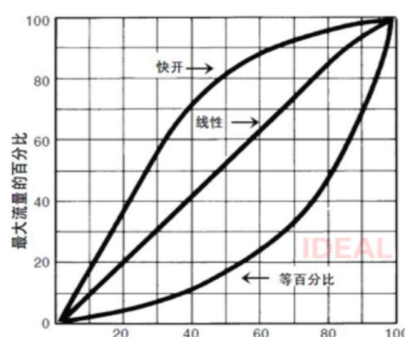
1、电动调节阀一般采用EPC伺服放大器，配合PLC的PID控制功能，实现调节阀的闭环控制。但由于EPC伺服放大器本身精度不高，同时为了避免阀门频繁动作，因此阀门EPC伺服放大器通常死区设计为±1°，即当调节量小于1°时，阀门不做动作。但是对于大型调流阀来讲，阀门动作±1°将带来瞬时流量的大幅变化，变化量远超控制精度要求。

2、阀门在小开度范围时，流量/开度比过大，难以

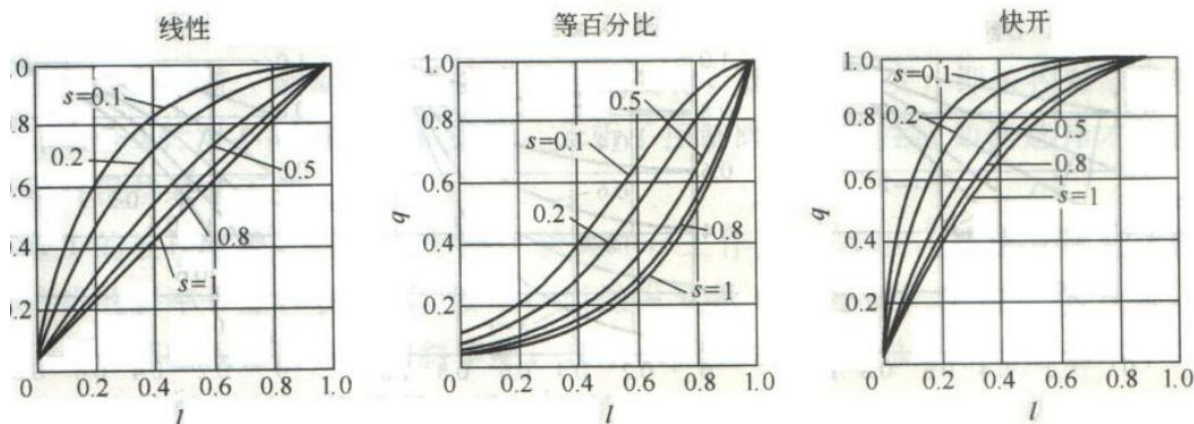
实现流量控制。根据对水厂输水管线分水口调流阀实测发现，阀门动作±1°时，最大流量变化量达到1500 m³/h，完全不能满足±100m³/h以内的精度要求。

3、大型调流阀采用三级减速机构驱动阀门，机械间隙过大，当开过程和关过程进行切换时，电机补偿机械间隙虚量需要运行约10秒，即切换过程中，电机运行10S以内，阀门没有实际动作。此现象进一步增加了调流阀实现流量控制精度的难度。

4、阀门实际特性曲线和理论特性曲线相差较大，根据特性曲线的计算值对阀门进行流量控制，偏差过大。



理论特性曲线



实际特性曲线

5、阀门开度变化时，流量信号变化反馈延时较长，并且流量反馈信号出现震荡现象，需阀门停止运行后，经过较长时间方可稳定，不利于流量控制功能的实现。

6、由于以上原因，分水口的流量闭环控制的精度难于实现，只能采用人工点击鼠标的方式进行流量调节，每次调节需要操作员根据经验读秒操作，反复多次操作，方可达到设定流量。运行管理效能低下，增加了操作员的工作负担。

二、改造原理

根据以上系统特点和出现的问题，拟采用变频装置改造电控系统的方法解决问题，实现分水口的流量自动调节。

1、将阀门电机的接触器直启控制，改造为变频控制后，PID闭环控制不再依赖于EPC伺服放大器，也不受EPC伺服放大器±1°死区限值，阀门开度可在小范围内

调节，可提高控制精度。

2、改用变频控制后，可通过调频，大幅降低阀门动作速度，同时明显减小了流量反馈信号的震荡现象，有利于流量PID闭环控制的实现。

3、采用变频控制降低阀门动作速度后，阀门开度变化和流量信号变化的相关性得以提高，即给定信号和反馈信号的相对反馈时效得以提升，有利于流量PID闭环控制的实现。

4、采用接触器直启控制时，阀门动作表现为间歇性的反复启停动作。改用变频控制并降低阀门动作速度后，阀门控制实现了连续可调控制，甚至开向和关向动作切换过程也可实现连续可调控制，更有利于闭环控制的实现。

三、具体改造措施

本次调流阀的电控改造包括阀门现地控制柜改造、PLC控制系统改造两部分内容。

(一) 阀门现地控制柜改造

拆除阀门现地柜接触器、热继电器等控制设备，采用变频控制器驱动阀门电机，同时改造阀门现地柜二次回路，实现阀门开关停控制及变频调速控制。为避免频率降低后，电机扭矩下降过大，变频器选用矢量型设备。

(二) PLC控制系统改造

根据调流阀变频控制点位重新设计PLC输入输出点位，开发逻辑控制程序。

(1) PLC改造后监控项目如下：

机电设备	参数意义	参数类型	数量	备注
调流阀	自动状态	DI	2	
	电源指示	DI	2	
	开阀指示	DI	2	
	关阀指示	DI	2	
	开到位指示	DI	2	
	关到位指示	DI	2	
	过力矩	DI	2	
	故障指示	DI	2	
	启动控制	DO	2	
	阀门开度	AI	2	
	频率给定	AI	2	
	频率反馈	AO	2	
检修阀	自动状态	DI	4	
	电源指示	DI	4	
	开阀指示	DI	4	
	关阀指示	DI	4	
	开到位指示	DI	4	
	关到位指示	DI	4	
	过力矩	DI	4	
	故障指示	DI	4	
	开阀控制	DO	4	
	关阀控制	DO	4	
其他	管道压力	AI	4	
	流量计 (瞬时流量、累计流量)	RS485	1	
	动力电参数(电压、电流、功率、电度等)	RS485	1	

(2) 自控系统功能

控制功能：改造后自控系统可实现远程单体控制、流量自动控制两种控制方式。流量自动控制在日常主要控制方式，远程单体控制为备用方式。

工况监测：实时监测调流阀、检修阀的运行状态，采集压力、流量、电参量数据，并在设备工作异常时自动发出报警信号，实现对设备的自动保护。

人机界面：监控界面软件能够以图形化的界面实时显示监测数据，提供友好的人机界面，使现场运行人员的操作简单、便捷。同时可以向PLC下达控制命令，实现对机电设备的控制。

报警功能：当采集到的参数出现异常时，如阀门故

障、控制电源掉电、电机过载、数据超限等故障时，提供相应的报警信息时，自动控制阀门停机，实现对设备的保护功能。

生产管理：在监控工作站的显示器上能以数字、文字、图形、表格的形式对以下信息进行动态显示：

各相关机电设备的运行工况动画显示；

各种事故、故障显示图表；

机电设备操作统计记录表；

各种监视量上、下限整定表；

数据存储传输：监测数据实时存储在监控工作站数据库中，并实时传输到属性数据库中。

报表打印：对数据进行计算、处理、提供查询、修改、统计等功能，生成报表，实现定时或召唤打印各种报表、图形、曲线及纪录等功能。

历史趋势分析：利用监控界面软件能将采集到的各种数据绘制成各种曲线。如压力曲线、流量曲线等。

权限功能：提供多级密码来保证系统运行的可靠性。

四、系统技术要点

调流阀设备为满足在潮湿环境应用，驱动电机采用无风扇设计，散热条件较差，不适应长时间连续工作，因此，在PLC逻辑程序设计时，需重点考虑电机运行时长问题：

1、流量调节模式分两个阶段进行，当设定流量与实际反馈流量偏差超过±1000m³/h范围时，根据阀门特性曲线计算值快速控制阀门运行至计算开度，此阶段阀门电机采用50HZ工频运行；当设定流量与实际反馈流量偏差小于±1000m³/h范围时，切换至PID调节方式，此阶段由PLC设备动态调节阀电机运行速度和运行方向，实现阀门的流量控制。两个控制阶段需要无缝衔接。

2、当阀门连续运行时间超过1分钟时，需停机散热2分钟方可继续控制电机运行。因此，在降低阀门运行速度的同时，仍需考虑流量调节的时效性。

结论

通过以上改造，经过试验和数据汇总，实现水厂输水管线的流量控制功能，提高了控制精度，达到流量控制偏差小于±100m³/h的目标，简化了流量调节操作难度，降低操作人员劳动强度；同时，又提高了对系统运行的管控能力。

参考文献

[1]姜峰, 唐建兴, 龚文军. 变压变频技术在二次供水系统中的应用[J]. 城镇供水, 2019(01): 13-14+17.

[2]王凯, 孟凡月, 田雷. 分布变频技术在无人值守热力站中的应用[J]. 中国设备工程, 2017(12): 101-103.

[3]邓泳. 变频调速装置在供水系统的二次加压系统中的应用[J]. 轻工科技, 2015, 31(12): 52-53+55.

[4]燕林斌. 变频调速恒压供水系统在城市供水中的应用[J]. 山西建筑, 2014, 40(02): 130-131.

作者简介: 王德生, 1981-11, 男, 北京, 本科, 高级工程师, 研究方向: 机电设备及自动化。