

仪器仪表
与应用

工程中电磁阀的应用探讨

陈学敏

(湖南百利工程科技有限公司, 湖南 岳阳 414007)

摘要: 流程工业的过程控制中, 存在许多安全联锁和紧急切断回路。电磁阀在安全联锁和紧急切断回路中处于非常重要位置, 在工程中一定要优选; 同时要注意电磁阀通断型式、逻辑控制器、主控制阀的故障型式等之间的配合关系, 使之严格符合生产过程的控制要求、符合故障安全的原则。详细描述了安全联锁系统中电磁阀的应用。

关键词: 电磁阀; 触发器; 联锁

中图分类号: TP214

文献标志码: B

文章编号: 1007-7324(2009)04-0058-04

1 引言

电磁阀在工业生产中应用非常广泛, 在石油化工业中尤为普遍和重要。它可用于水、空气、蒸汽以及其他介质的开关控制(两通、三通), 是安全联锁保护系统不可缺少的执行元件(三通、四通、五通)。

2 电磁阀的组成及工作原理

2.1 电磁阀的组成

电磁阀由电磁部件、阀体组成。电磁部件由固定铁芯、动铁芯、线圈等部件组成; 阀体部分由滑阀芯、滑阀套、弹簧底座等组成。

2.2 电磁阀分类

电磁阀从原理上分为三大类: 直动式、分步式、先导式; 而从阀瓣结构和材质以及原理上又分为六类: 直动膜片结构、分步重片结构、先导膜式结构、直动活塞结构、分步直动活塞结构、先导活塞结构。

2.3 电磁阀工作原理及特点

直动式电磁阀。 通电时, 电磁线圈产生电磁力把关闭件从阀座上提起, 阀门打开; 断电时, 电磁力消失, 弹簧把关闭件压在阀座上, 阀门关闭。特点: 在真空、负压、零压时能正常工作, 但通径一般不超过 25 mm。

先导式电磁阀。 通电时, 电磁力把先导孔打开, 上腔室压力迅速下降, 在关闭件周围形成上低下高的压差, 流体压力推动关闭件向上移动, 阀门打开; 断电时, 弹簧力把先导孔关闭, 入口压力通过旁通孔迅速在腔室关闭件周围形成下低上高的压差, 流体压力推动关闭件向下移动, 关闭阀门。特点: 流体压力范围上限较高, 可任意安装(需定制)但必须满足流体压差条件。

分步直动式电磁阀。 采用直动和先导式相结合的原理, 当入口与出口没有压差时, 通电后, 电磁力直接把先导小阀和主阀关闭件依次向上提起, 阀

门打开。当入口与出口达到启动压差时, 通电后, 电磁力先导小阀, 主阀下腔压力上升, 上腔压力下降, 从而利用压差把主阀向上推开; 断电时, 先导阀利用弹簧力或介质压力推动关闭件, 向下移动, 使阀门关闭。特点: 在零压差或真空、高压时亦能可靠动作, 但功率较大, 要求必须水平安装。

3 电磁阀的选型

安全联锁系统中电磁阀一般是配合主控制阀工作, 控制主控制阀仪表空气的通断。因此安全联锁系统中电磁阀一般选用直动式, 材质一般选用黄铜和不锈钢。为了工程中施工方便, 防爆场所的电磁阀的接线应采用带防爆接线盒的接线方式。

电磁阀的口径大小和流通能力关系到整个阀门控制系统(主控制阀)的开关速度和驱动能力, 主控制阀供应商需根据有关要求配合计算, 因此电磁阀应由主控制阀供货商成套供应, 但用户或设计单位应提出技术要求。

4 电磁阀功耗及允许传输距离^[1]

工程中一般选用 24 V DC 电压等级的电磁阀, 口径 0.25 (1 = 25.4 mm), 其功耗为 11.6 VA, 与 DCS 的联接电缆为 2 × 1.5 mm², 阻值约为 12 / km, 电缆长度 L 为:

$$L = \frac{\text{允许压降}}{\text{导线的电阻值} \times \text{芯数} \times \text{仪表耗电}} \times 1000 = \frac{24 - 20}{12 \times 2 \times 11.6 / 24} \times 1000 = 354(\text{m})$$

收稿日期: 2009-03-24。

作者简介: 陈学敏(1963—), 男, 1986年毕业于华中科技大学(原华中工学院)检测技术及仪器专业, 任本刊编委, 中国石化集团公司自控中心站技术委员, 中国石油和化工勘察设计协会自动控制设计专业委员会委员, 从事过程控制设计工作。

上述计算结果是理想状态,如果考虑系统中的其他损耗,保守一点 L 约为 250 m。否则,供电电源的电压等级就要提高(48 V DC),或电缆电线的线径要加粗(采用 2.5 mm² 电缆,其传输距离可达 500 m 左右),或两者兼用之。中石化巴陵分公司某事业部一个联合 DCS 控制室由于距离现场较远,其中一装置采用提高供电电源电压等级来解决线路压降过大的问题;另一装置由于是与外商合作,无法要求外商更改订货提高电磁阀的电压等级,最后只能采取加粗电缆线径(2.5 ~ 4.0 mm²)的办法来解决线路过长的问题。

5 电磁阀的联锁控制

为了避免因电源故障而导致电磁阀在联锁发生时动作失败(故障安全),通常电磁阀都为常闭型(NC),即正常时带电,联锁动作时失电。另外还有一种为通用型,即可以连成常闭型或常开型(NO)的任意一种。在实际工程应用中,需根据工艺过程的安全保护需要,确定选用 NC 或通用型。

5.1 电磁阀与主阀的配合

表 1 列出了电磁阀与主控制阀的配合情况及配合后可实现的控制功能,在实际工程应用中,需根据工艺过程的安全保护需要,确定哪种型式能够满足安全联锁需要。R-S 触发器在安全联锁中的作用非常特殊,故对其参与安全联锁的功能也列举出来。以下分别针对表 1 中所列配合情况以实例加以说明。

表 1 电磁阀与主阀的配合

主 阀	电 磁 阀				
	两位三通	两位五通单线圈	两位五通双线圈	两个两位三通	两位三通 + R-S 触发器
单控弹簧复位气缸	单控、FO/FC	—	—	双控、FO/FC	双控、FO/FC
双作用气缸	—	单控、EO/EC	双控、EO/EC	双控、EO/EC	—
气动薄膜调节阀	控制、FO/FC	—	—	双控、控制、FO/FC	双控、控制、FO/FC

注: FO/FC——气源故障时阀门开/关;EO/EC——接通电源时阀门开/关;单控——DCS(PLC,SIS)给出一个控制信号(DO);双控——DCS(PLC,SIS)给出两个控制信号(DO)。

5.1.1 两位三通常闭型电磁阀与单控弹簧复位气缸的配合

表 2 及图 1 描述了安全联锁中电磁阀的最基本的用法,两位三通常闭型电磁阀的应用考虑了故障安全。

表 2 两位三通常闭型电磁阀与单控弹簧复位气缸的配合

主 阀	两位三通电磁阀		
	带 电	失 电	气源故障
FC 型 (单控弹簧复位)	开 (1—3—阀)	关 (阀—3—2)	FC (阀—3—)
FO 型 (单控弹簧复位)	关 (1—3—阀)	开 (阀—3—2)	FO (阀—3—)

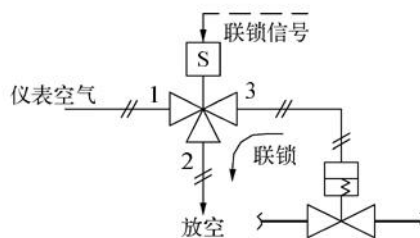


图 1 两位三通常闭型电磁阀与单控弹簧复位气缸的配合

5.1.2 两位三通通用型电磁阀与单控弹簧复位气缸的配合

表 3 及图 2 也是安全联锁中最基本的用法,但为了考虑故障安全把两位三通通用型电磁阀接线成常闭型,即电磁阀通电时,电磁阀排气 3—2 通。

表 3 两位三通通用型电磁阀与单控弹簧复位气缸配合

主 阀	两位三通电磁阀		
	带 电	失 电	气源故障
FC 型 (单控弹簧复位)	关 (阀—3—2)	开 (1—3—阀)	FC (阀—3—)
FO 型 (单控弹簧复位)	开 (阀—3—2)	关 (1—3—阀)	FO (阀—3—)

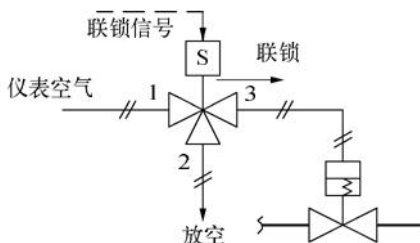


图 2 两位三通通用型电磁阀与单控弹簧复位气缸配合

5.1.3 两位五通单线圈电磁阀与双作用气缸的配合

表4及图3为切断阀中的基本用法,一般由于阀口径较大,弹簧复位时推力和气缸体积很大,且价格昂贵,为了节省安装空间和购买成本,在非关键联锁处采用双作用气缸执行机构,控制复位在电磁阀上实现。

表4 两位五通单线圈电磁阀与双作用气缸配合

主 阀	两位五通单线圈电磁阀		
	带 电	失 电	电源故障
EC型 (双作用)	关 (1-2-A) (B-4-5)	开 (1-4-B) (A-2-3)	EC (1-2-A) (B-4-5)
EO型 (双作用)	开 (1-4-B) (A-2-3)	关 (1-2-A) (B-4-5)	EO (1-4-B) (A-2-3)

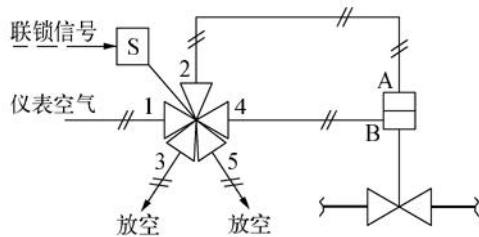


图3 两位五通单线圈电磁阀与双作用气缸配合

5.1.4 两位五通双线圈电磁阀与双作用气缸的配合

表5及图4同样为切断阀中的基本用法,不但适用阀口径较大的场合,而且适用在一些工艺要求电源故障保持阀位的场合,在非关键联锁处采用双线圈电磁配合双作用气缸执行机构来实现其要求。两位五通双线圈电磁阀也可用两个两位三通电磁阀来替代。

表5 两位五通双线圈电磁阀与双作用气缸配合

主 阀	两位五通双线圈电磁阀		
	S1带电 S2失电	S1失电 S2带电	S1,S2同时 带电或S1, S2同时失电
(双作用) EO	关 (1-2-A) (B-4-5)	开 (A-2-3) (1-4-B)	维持原位
(双作用) EC	开 (A-2-3) (1-4-B)	关 (1-2-A) (B-4-5)	维持原位

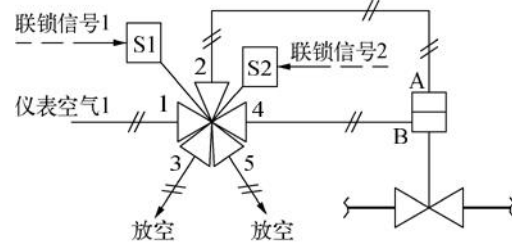


图4 两位五通双线圈电磁阀与双作用气缸配合

5.1.5 两位三通常闭型电磁阀与气动薄膜调节阀的配合

表6及图5描述了气动薄膜调节阀既具有调节功能又参与安全联锁时最基本的用法,两位三通常闭型电磁阀的应用考虑了故障安全。

表6 两位三通常闭型电磁阀与气动薄膜调节阀配合

主 阀	两位三通电磁阀		
	带 电	失 电	气源故障
FC型 气动薄膜调节阀	调节 (1-3-阀)	关 (阀-3-2)	FC (阀-3-→)
FO型 气动薄膜调节阀	调节 (1-3-阀)	开 (阀-3-2)	FO (阀-3-→)

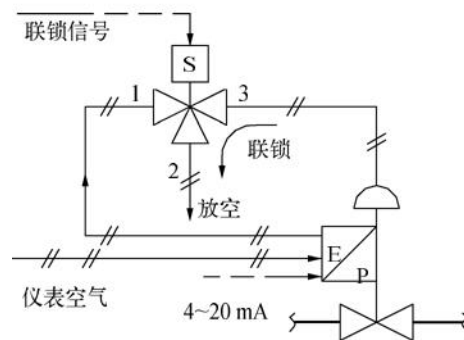


图5 两位三通常闭型电磁阀与气动薄膜调节阀配合

5.1.6 两位三通通用型电磁阀与气动薄膜调节阀的配合

表7及图6也是气动薄膜调节阀既具有调节功能又参与安全联锁时最基本的用法,但为了考虑故障安全把两位三通通用型电磁阀接线成常闭型,即电磁阀通电时,电磁阀排气3-2通。

表7 两位三通通用型电磁阀与气动薄膜调节阀配合

主 阀	两位三通电磁阀			气源故障
	带 电	失 电	气源故障	
FC型 气动薄膜调节阀	关 (阀→3→2)	调节 (1→3→阀)	FC (阀→3→)	
FO型 气动薄膜调节阀	开 (阀→3→2)	调节 (1→3→阀)	FO (阀→3→)	

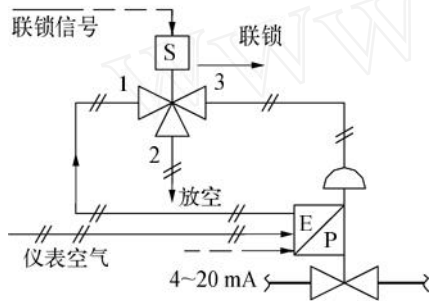


图6 两位三通通用型电磁阀与气动薄膜调节阀配合

5.1.7 两位三通通用型电磁阀与气动薄膜调节阀的配合

表8及图7描述了两台电磁阀(单控弹簧复位气缸)接收同一工艺参数的不同值(高和低)引起的联锁信号,且考虑了故障安全。调节阀用于精确控制和联锁切断相结合的情况,而开关阀型则用于简单的通断联锁,如贮罐设备的液位控制和联锁切断等情况。

表8 两台两位三通常闭型电磁阀与气动薄膜调节阀配合(单控弹簧复位气缸)

主 阀	两位三通电磁阀				气源故障
	S1 带电	S1 带电	S1 失电	S1 失电	
FO型 (气动薄膜调节阀)	调节 (11→13→21)	关 (11→13, 13→12, 13→12, 22→23)	开 (13→12, 22→23)	关 (13→12, 22→23)	开 (阀→23→)
FC型 (气动薄膜调节阀)	调节 (11→13→21)	开 (11→13, 22→23)	关 (13→12, 23→22)	开 (13→12, 22→23)	关 (阀→23→)

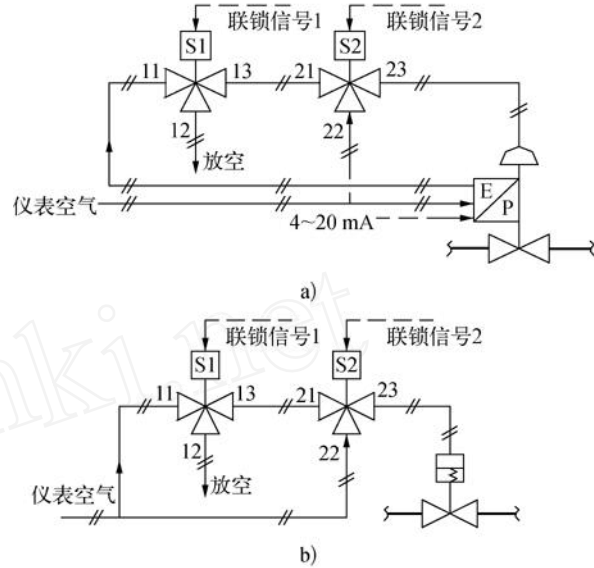


图7 两台两位三通常闭型电磁阀与气动薄膜调节阀配合

5.1.8 两位三通常闭型电磁阀组合 R-S 触发器与气动薄膜调节阀的配合

表9和图8是两位三通常闭型电磁阀(单控弹簧复位气缸)组合 R-S 触发器与气动薄膜调节阀的配合应用。在保证故障安全的前提下,采用 R-S 触发器的逻辑功能替代一个电磁阀有一定的优点,可以减少接线故障、节省电缆和电磁阀的投资、减少仪表空气的消耗等。

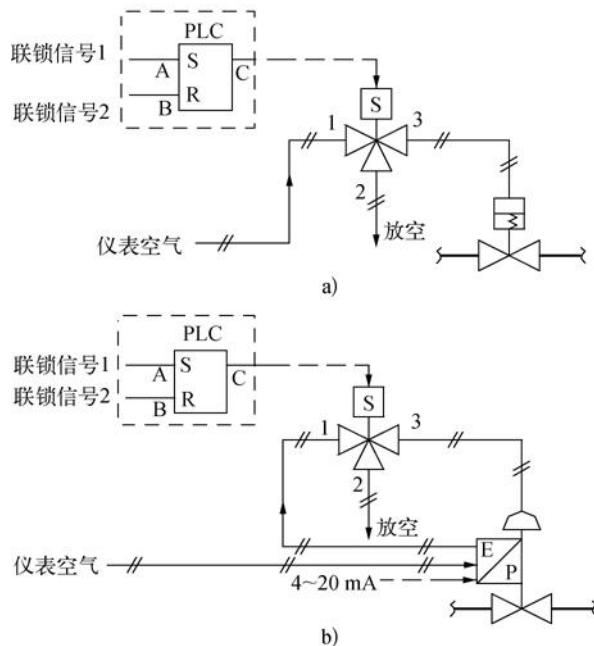


图8 两位三通常闭型电磁阀组合 R-S 触发器与气动薄膜调节阀

(下转第70页)

EEx me[ia] IIC T4)技术的发展而确立的,其思路是将起到限能作用的安全栅从主干线的起始端移到各分支处,即鸡爪接线盒内,分别对于每个现场仪表进行能量限制,从而兼容 FISCO 和 Entity 仪表,使二者可以在一个网段中混用。这种总线的本安计算只需从现场安全栅到现场仪表按照参量认证的方法即可。这种方法是目前比较实用,也越来越为更多的用户所接受。

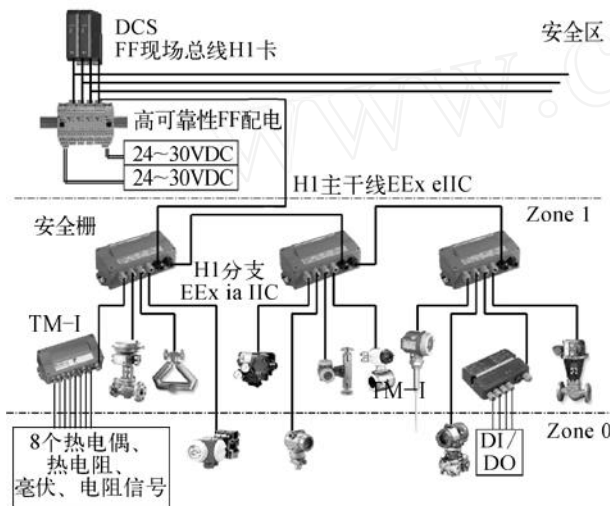


图9 增安型主干和本安型分支

5 结束语

近年来,伴随着中国全面加入 IECEx 体系,中国在防爆电气产品试验与认证技术方面也基本实现了国际接轨。随着本安防爆技术在中国石油、化工等危险产业中的广泛应用,本安防爆系统也越来越得到普遍重视。本安防爆系统的设计也有着更严格的规范可依据,本安计算将成为工程设计中不可缺少的工作,从而为中国快速发展的石油、化工、煤炭等爆炸危险行业的安全生产提供了更可靠的安全保障。

参考文献:

- 1 李达,范新缓. 本安防爆系统综述[J]. 石油化工自动化,2000,(6): 8-10
- 2 崔巍,孙式伟,朱迎春. 仪表本安防爆技术及其在化工现场的应用[J]. PLC&FA,2006,(3): 139-141
- 3 陆德民,张振基,黄步余. 石油化工自动控制设计手册[M]. 3版. 北京: 化学工业出版社,2000: 1098-1099
- 4 徐春玲,凌志浩. 本安现场总线系统 Profibus-PA 及其应用[J]. 自动化仪表,2006,(7): 42-45
- 5 IEC60079-14: 2007, Electrical Apparatus for Explosive Gas Atmospheres (Part 14 - Electrical Installations in Hazardous Areas) [S]
- 6 EICHHORM T, JOHANNSMeyer U, SCHIMMELE A. Verification of Intrinsic Safety[J]. Ex-Magazine, 2007: 61-65
- 7 IEC60079-25: 2003, Electrical Apparatus for Explosive Gas Atmospheres (Part 25 - Intrinsically Safe Systems) [S]

(上接第 61 页)

表9 两位三通常闭型电磁阀组合 R-S 触发器与气动薄膜调节阀(单控弹簧复位气缸)

主 阀	R-S 触发器电磁阀			气源故障
	联锁信号 1ON—OFF 联锁信号 2OFF 电磁阀断开	联锁信号 1OFF 联锁信号 2ON—OFF 电磁阀接通		
FO型(气动薄膜调节阀)	关	调节、开	开	
FO型(单控弹簧复位气缸)	(阀—3—2)	(1—3—阀)	(阀—3—)	
FC型(气动薄膜调节阀)	开	调节、关	关	
FC型(单控弹簧复位气缸)	(阀—3—2)	(1—3—阀)	(阀—3—)	

6 结束语

电磁阀在气动联锁回路中处于非常重要位置,在工程中一定要优选。同时要注意电磁阀通断型式、逻辑控制器、主控制阀的故障型式等之间的配合关系,使之严格符合工艺过程的控制要求、符合故障安全的原则。

参考文献:

- 1 陈学敏. DCS 控制室设计探讨[J]. 石油化工自动化,1999,(4): 11-15
- 2 HG/T 20511-2000: 2001, 信号报警、安全联锁系统设计规定[S]
- 3 SH/T 3018-2003: 2004, 石油化工安全仪表系统设计规范[S]
- 4 IEC 61511-2003, Functional Safety Instrumented Systems for the Process Industry Sector[S]
- 5 GB/T 17213.1-1998: 1998, 工业过程控制阀第1部分: 控制阀术语和总则[S]
- 6 SH 3005-1999: 2000, 石油化工自动化仪表选型设计规范[S]
- 7 SH 3020-2001: 2002, 石油化工仪表供气设计规范[S]
- 8 JB/T 7352-1994: 1994, 工业过程控制系统用电磁阀[S]