

远传法兰差压变送器设计工艺探究

冷飞国

上海立格仪表有限公司 上海 201109

摘要: 介绍远传法兰差压力变送器应用特点, 详细分析远传法兰差压结构组成与作用, 通过对各零部件结构设计、制造工艺进行探究, 避免用户在选择与使用上出现问题而导致不良后果, 同时也为国内流程工业变送器设计与制造工艺的发展与壮大提供一定参考作用。

关键词: 远传法兰差压变送器; 过程连接; 毛细管; 填充液; 测量膜片

引言

远传法兰差压变送器的测量原理与一般差压传感器相同, 也是通过感压膜片作用传导至敏感元件进行差压测量。两者的区别在于远传法兰差压变送器增加了导压毛细管与过程连接膜盒, 将测量点进行了有效延伸, 能拓展安装场地, 用途与适用范围更广泛。

远传法兰差压变送器常使用在以下场合: 被测介质对敏感元件有腐蚀; 高温被测介质而需要隔离敏感元件

与显示单元; 被测介质容易固化或结晶; 被测介质有固体悬浮物或高粘度易造成引压管堵塞; 被测介质容器或管道有冲洗或卫生方面要求。

1 远传法兰差压变送器结构

远传法兰差压变送器由差压变送器, 导压毛细管, 过程连接膜盒组成。如图1与图2分别为对称式远传法兰差压变送器与非对称式远传法兰差压变送器。

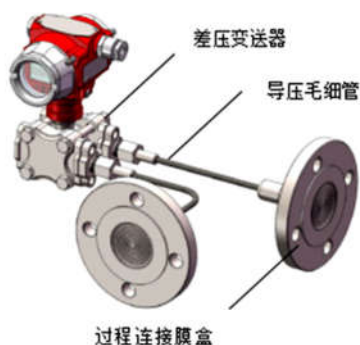


图1

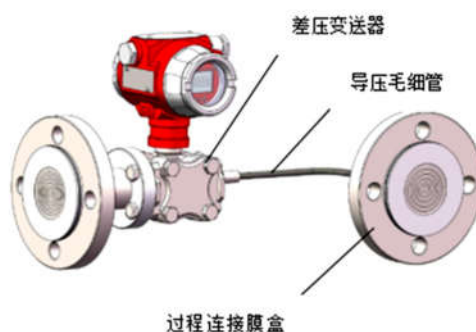


图2

2 过程连接膜盒设计与工艺

何谓过程连接? 过程连接为测量仪表与工业应用场合安装连接方式, 也叫仪表接头。常用的过程连接有螺纹连接、法兰连接、焊接等方式。远传法兰差压变送器通常采用法兰连接, 其规格尺寸需符合各国国家标准或行业标准。常用标准有美国标准 (ASME B 16.5-2003)、德国标准 (DIN 2503)、日本标准 (JIS B2239)、中国国家标准 (GB9119)、中国化工行业标准 (HG/T 20615、HG/T 20592) 等。过程连接膜盒是远传法兰差压变送器重要部件, 结构设计与工艺对产品性能产生直接影响, 主要体现在以下几个方面:

2.1 法兰设计选用

根据法兰标准要求, 法兰由公称尺寸与公称压力这两个参数确定, 公称尺寸确定法兰规格大小, 公称压力

确定法兰承压范围。因此在法兰设计或选用时, 公称压力必须大于远传法兰差压变送器实际感应压力。通常我们在设计时往往忽略实际感应压力, 只是根据差压量程来选法兰。差压变送器量程只是变送器两端压力值之差, 实际变送器两端感应压力有可能远远大于量程。如果选用不对, 就有可能导致法兰在过压的情况下长期使用, 存在泄漏风险, 甚至可能出现安全事故。因此, 法兰设计选用时除了要了解变送器量程信息, 同时也要了解管道实际压力, 二者缺一不可。

2.2 法兰波纹口径设计

测量介质与测量膜片直接接触, 通过测量膜片感压同步把压力传导至差压传感器上, 因此测量膜片要保持良好灵敏性与线性变形。要保证其测量膜片的灵敏性与线性变形, 与测量膜片相连接的法兰波纹口径设计是其关

健因素之一。法兰波纹口径设计主要涉及以下三个方面：

1) 波纹口径规格设计确定：公称尺寸决定了法兰的规格，同时也确定钢管外径与密封面及密封垫的大小。因此在设计波纹口径里，口径规格需小于钢管外径。因为波纹口径设计过大，产品在校准或安装时密封垫就可能碰到或压到感压膜片，这样就会造成变送器校准时不准确或失效，同时也加大测量膜片损坏可能。

2) 波纹口径凹形设计：为确保尽可能保护测量膜片

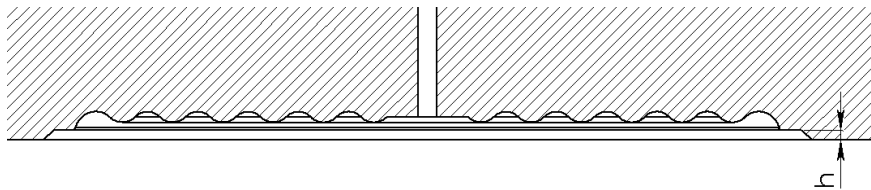


图3

3) 波纹设计：测量膜片需保持线性的弹性变形，因此波纹口径要求设计成特殊的波纹状。

波纹状使膜片受力更均匀，线性回弹性更好，通常设计成锯齿形与正弦形。锯齿形相对于正弦形的波纹线性特征更好，但锯齿形波纹成型与加工较为困难，同时对膜片材料拉伸比较大，直角边的存在使得应力更集中。由于测量膜片在感压过程中一直受交变力的作用，锯齿形波纹相对正弦波纹其使用要短。正弦波纹成圆弧均匀，受力更均匀，长期稳定性更好。因此波纹设计时需根据量程与精度等级确定其波纹形状，量程小且精度等级高的产品优选锯齿形波纹。正弦波纹具有良好稳定性能与可靠性，综合性能比锯齿形波纹更完好，采用正弦波纹设计产品更多。

2.3 测量膜片设计确定

测量膜片是远传法兰差变送器的核心弹性元件，影响其压力响应、测量误差、长期漂

移、零点漂移、长期稳定性等特性。因此测量膜片的设计确定是极为重要，测量膜片设计确定体现为以下四个方面：

1) 测量膜片材质选择

测量膜片需要在工作状态下保持弹性与线性恒定，需要选用具有高弹性极限的金属材料。材料的弹性极限越高，材料的弹性储能就越大，非弹效应就越小。常用的测量膜片材料有316L、哈氏合金C、钽、钛、蒙耐尔合金等，不同材料性能与应用场合也不一致。316L是应用最广泛的测量膜片材质，因其含碳量较低，故焊接后不进行热处理。316L常用于无腐蚀与卫生型应用场合，同时也常用于硫酸、硫化物溶液、钠及锰的盐溶液、盐

有效，波纹口径一般设计成凹形结构

(参考图3)，波纹口径凹进法兰密封面内，一般可凹进0.8mm~2mm之间。这样设计膜片直径可以更小，直径小测量膜片的弹性更强且焊接更方便。同时这样设计可有效减少变送器校准、生产、搬运、安装时对膜片的碰伤，杜绝密封垫挤压时变形对膜片的压迫而造成的测量偏差。

酸溶液及磷酸溶液、醋酸、蚁酸、甲酸和热碱溶液等一般耐蚀性场合。哈氏合金C耐腐能力比316L高很多，常用于多种腐蚀性介质的混合液中使用，如能在湿氯气、干氯气、硝酸(<50℃)、盐酸、硫酸、磷酸、醋酸、次氯酸盐、氯化铁、氯化铜、苛性钠、海水和各种有机酸下工作。钽是一种具有高度化学稳定性的纯金属，常用于无机酸、王水、有机酸、氯化物、盐类、腐蚀性气体等有极强的耐蚀性场合使用。钛是耐蚀性非常好的纯金属，常用于各种浓度的硝酸、有机酸、氯化物、湿氯气和碱等很强的耐蚀性场合。蒙耐尔合金是除铂和银以外，是最耐氢氟酸的金属之一，也可用作氯化物、海水、碱中的防腐材料。

2) 测量膜片厚度设计确定

测量膜片起压力传递作用，为了有效减少压力传递过程中的损耗，测量膜片厚度选用十分关键。测量膜片厚度太薄，膜片容易受介质腐蚀失效或长期使用弹性与线性变异。测量厚度太厚，膜片刚性变强产生内应力，会造成产品迟滞或压力传递损耗。为保证压力的有效传递，测量膜片厚度保持在0.025mm~0.2mm之间。普通远传法兰差压变送器测量膜片厚度一般使用0.08mm，高温高真空远传法兰差压变送器选用0.2mm左右厚度。

3) 测量膜片焊接工艺确定

测量膜片与法兰通过焊接在一起形成感压密封腔，因此其焊接处不允许有泄漏，焊接工艺好坏直接影响泄漏率。测量膜片焊接方式有激光焊接、氩弧焊接、电阻焊接等。激光焊接能量比较集中，焊接时膜片不易形成折皱与拉伤。缺点在于激光焊接是以点束式焊接，容易出现焊接熔深不够或缺焊而导致泄漏。氩弧焊接焊接更

均匀更可靠,但氩弧焊接能量太大且发散,膜片厚度太薄导致焊接直接焊穿,一般需要在膜片表面再增加更厚压环来辅助焊接。对于特殊膜片的焊接,一般采用电阻焊接,电阻焊接在测量膜片内表面与法兰外表面压合产生电阻效应熔合焊接,不会破坏膜片表面。一般法兰材质与特殊膜片材质不一致,特殊膜片与腐蚀性介质接触时不会因为焊接处的点蚀而逐步失效。

4) 测量膜片大小

影响产品压力传导除了测量膜片厚度有关外,测量膜片的大小也是因素之一。过程压力作用在测量膜片上,测量膜片直径的大小直接影响到推动填充液作用力的大小。压力推动力大时,整个远传法兰差压变送器的动态响应性好。当压力推动力小时,特别测量量程小于10kPa时,远传法兰差压变送器的动态响应就会变差。要有效解决此类问题,加大测量膜片直径是有效手段之一。根据法兰波纹口径设计条件,测量膜片直径受法兰规格制约不能无限加大,否则会造成整个产品校准与安装时出现问题。因此部分厂家在远传法兰差压变送器选型时明确了小于DN25的法兰不建议选用,特别是小于40kPa量程的产品需选用DN50及以上法兰规格,其目的就是为保证更大测量膜片口径来可靠传导压力。

3 导压毛细管设计确定

介质将压力作用在过程连接膜盒测量膜片上,导压毛细管通过填充液实时传导压力至感压元件进行信号转换与处理。导压毛细管就像一条高速公路,连通介质与感压元件两个位置的压力信号互通。要保证压力传导实时与可靠,导压毛细管设计确定十分关键,需要关注毛细管内径与长度两个参数:

a、毛细管内径大小是导压毛细管设计关键的参数,细的毛细管因为内部填充油少,更少受填充油热胀冷缩的影响,有比较好的温度稳定性。但细的毛细管因为流程面积小,填充油的阻力大,影响产品的动态响应性能。相反,粗的毛细管性能动态响应好,受填充油热胀冷缩的影响大。因此,需要根据具体使用工况选择合适的毛细管内径,通常毛细管设计内径大小有0.8mm、1mm、1.5mm三种。

b、毛细管长度也是导压毛细管设计的关键参数,毛细管太长,动态响应就会变差,同时温度影响也会变差。从综合性能来考虑,一般小于6m的毛细管选用0.8mm内径,6m到10m之间的毛细管选用1mm内径,大于10m的毛细管选用1.5mm内径。当然毛细管也不能无限延长,一般建议毛细管单边不超过15m。

4 填充液确定与填充工艺

硅油具有良好的热稳定性及不易挥发性,常做为远传法兰差压变送器的填充液。变送器常用硅油种类有常温硅油、高温硅油、卫生型硅油等,常温硅油适用于-45℃~205℃工况下使用,高温硅油适用于0℃~315℃工况下使用,卫生型硅油适用于食品、制药等卫生场合使用。硅油是一种不可压缩液体,在温度变化时,体积变化是有规律的,可以通过膜片设计来补偿。但是如果硅油中存可挥发性杂质,如水、空气等,这些杂质由于受热胀冷缩变化不成规律,这就造成整个产品稳定性变差或失效。因此,填充液填充工艺是远传差压变送器制造过程重要一个环节。首先填充前变送器腔体内需进行完全抽真空处理,真空度需达到0.5Pa以下,抽真空时间保持6小时以上,以确保腔体内不存空气或杂质。其次填充液也需抽真空处理,同时需加热加搅拌,保证硅油内的空气与杂质完全挥发。最后填充液填充完成后,密封也是至关重要。原来常用方式为钢珠硬密封,工艺简单好操作,但存在泄漏的风险。现在厂家基本采用焊接方式进行处理,填充工艺结束后需即时焊接处理,防止空气通过硅油再次渗透至管道内,相比于钢珠硬密封更加可靠。

5 结束语

远传差压变送器设计广泛用于在石油、化工、食品、制药等流程工业场合,对生产制造过程安全及测控起到了重要作用,可靠的设计与工艺能够增加产品使用寿命,提高产品测控精度,减少由测控失效而导致生产中断或不合格,最终保障生产过程的安全。本文从材料、设计、工艺三方面对远传差压力变送器设计进行了探究,得到了有价值的研究成果。

纵观全局,目前远传法兰差压力变送器在向高端发展的过程中,最大的困难是对其设计与工艺要点缺乏系统的认识,国内大部分厂家基本处于技术积累的初步阶段,技术上没有进行整合与推广。随着国内变送器行业的发展与壮大,国产变送器质量与技术水平也在同步提高,相对于国外大的厂家差距也越来越小。随着国家对自主品牌愈发重视,国内变送器厂家也在加大基础工艺与研发力度投入,国产变送器会逐步主导国内市场,同时在世界的舞台上发挥光彩。

参考文献

- [1]HG/T 20592-2009 [S].
- [2]王建宏,刘仁,王瑞涛.FCX高温高真空远传法兰变送器制作工艺设计分析[J]
- [3]任小兆,刘仁,严富家,胡金虎,丁宏斌.远传法兰变送器在特殊环境下的应用[J]