

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2013.07.011

玻璃钢/聚氨酯保温复合管的连接设计研究^{*}

李瑞英,耿运贵,郭芳芳,刘岚博

(河南理工大学土木工程学院,河南焦作 454003)

摘要:介绍了玻璃钢(FRP)管道常用的连接形式及特点,结合FRP/聚氨酯(PUR)保温复合管的结构形式和使用条件,设计了快速接头连接方式,分析了FRP/PUR保温复合管快速接头的受力情况并确定了主要参数。研究表明,快速接头连接方式与常用连接形式相比,具有施工安装快捷、维修方便、密封效果好、可节约温度补偿器费用等优点,且连接质量有保证。设计的快速接头产品可以批量生产,造价成本低。

关键词:玻璃钢;聚氨酯;保温复合管;连接设计

中图分类号: TQ323.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2013)07-0048-04

Research on Connection Joints Design of Glass Fiber Reinforced Plastic/Polyurethane Thermal Insulation Pipes

Li Ruiying, Geng Yungui, Guo Fangfang, Liu Lanbo

(School of Civil Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China)

Abstract : The normal connection joint forms and characteristics of glass fiber reinforced plastic(FRP) were introduced. Quick-install connection joints which based on construction form of FRP and polyurethane(PUR) thermal insulation pipes were designed, and the force distribution of FRP/PUR thermal insulation pipes was analyzed to determine main parameters. The results demonstrate that the quick-install connection joints have advantages on installment speed, convenient maintenance, better insulation effects and saving the cost of thermal compensation costs, etc., the install quality is also guaranteed, which compared with normal connection forms. The design quick-install connection joints can be produced for large lot with low costs.

Keywords : glass fiber reinforced pipe ; polyurethane ; thermal insulation pipe ; connection joints design

玻璃钢(FRP)管是一种性能优良的复合材料管材,具有轻质、高强、耐腐蚀、水力性能优良、可设计性强等优点,已在我国的石油、化工及市政建设等众多领域得到广泛的推广和应用,综合经济效益和社会效益显著^[1-2]。FRP/聚氨酯(PUR)保温复合管是以纤维缠绕FRP管道作为介质输送管道,以PUR作为中间保温层,以纤维缠绕FRP作为外保护层的一种新型保温管道^[3-4]。虽然近几年也有FRP/PUR保温复合管应用于输送地热水、蒸汽凝结水和供热循环水管道中的工程^[5],但使用数量甚少,作为供暖用FRP/PUR保温复合管几乎没有,主要是由于人们对其优异性能认识不足以及生产工艺等技术方面的原因,致使FRP/PUR保温复合管一直没有被广泛研究和采用。目前全球自然资源日益匮乏,大气污染越来越严重,节能和环保材料备受各国的广泛关注。FRP/PUR保温复合管与传统钢制热力管道相比,不但可以节约大量的钢材,还能被回收利用,是一种环保材料^[6-7]。从生产应用方面来看,

FRP/PUR保温复合管节能又环保,符合国家可持续发展战略,具有更广阔的应用前景,因此FRP/PUR保温复合管取代传统钢制热力管道具有重要的技术经济价值和良好的社会效益。为使FRP/PUR保温复合管得到推广应用,就要实现其管道系统运行的经济性和安全性。在整个管道系统中,接头是重要组成部分,也是整个管道系统最易发生质量问题的部位,因此,管道连接的形式和质量至关重要。

1 FRP管道常用连接形式及特点

FRP管道的连接可设计性强,连接方式有带密封圈的承插连接、承插粘接、包缠对接、法兰连接、螺纹连接等形式。其中承插粘接和包缠对接两种连接方式为不可拆卸连接,其它均为可拆卸连接。

^{*} 河南省重点攻关项目(102102210435, 122102210472)

联系人:李瑞英,硕士,主要从事玻璃钢复合材料研究和建筑工程管理工作

收稿日期:2013-04-11

1.1 具有橡胶密封圈的承插连接

承插连接是地下 FRP 管道的主要连接形式之一。每根管子带有一个插口和一个承口,承口部分与直管段在芯模上整体成型,插口部分在螺旋缠绕结束后加缠环向层。管道固化脱模后,用表面修整机将两端切齐,并由专门的磨刀加工插口部的橡胶密封槽。安装时将橡胶密封圈套入槽内,然后将插口插入承口即可。此种连接方式拆装时要沿管道轴向施力,要求管道有一定的轴向位移方可承插管道,故对于地下管道拆装不便。

1.2 承插粘接式连接

承插粘接类似承插连接,不同之处在于承插口配合间隙较小,在结合面上依靠粘结剂将插口面和承口面粘结牢固,达到密封防渗漏效果。此种连接也需要用设备加工装备面,且结合面不可拆,而只能用于永久性连接。承插粘接适用于一般外负荷的低压、地下管路系统。

1.3 包缠对接式连接

包缠对接连接是复合材料管道固定连接的基本形式。此种方式要用专用设备加工管道坡口和管端面,对接技术要求高,安装时必须将两端对准、找正,在坡口接缝处制作内衬层,外面用浸透树脂的短切毡和玻纤布交替包缠,同时用多槽辊滚压去除气泡。包缠时应使每层增强材料的两边至少比里层宽 2.5 cm,形成内窄外宽的阶梯型排列,以确保包缠层与管体能够良好地贴合。最后外表面包缠表面毡并浸透树脂。要求接口包缠的总厚度不小于管道的壁厚。此种连接方式只能适用于不可拆卸的永久性连接。

1.4 法兰连接

法兰结构简单,可拆卸,适用性强,是一种良好的接头形式。法兰螺栓孔中心圆是标准尺寸,与金属法兰有互换性。但法兰连接用到 FRP 管线上存在如下弱点:当管道主体与法兰都是 FRP 材质时,难以实现 FRP 承载骨料的均匀性和连续性;若采用金属法兰与 FRP 粘结复合时,由于金属的弹性模量比 FRP 高得多,因此在载荷作用下二者变形不一致,将导致钢材与 FRP 在结合面上有不相容的现象。另外,法兰不平行是产生泄漏的重要原因,因此要求法兰中心线必须与管道的轴线对中,使法兰盘面与管道轴线垂直。因此这种连接方式一般用于仪器、设备、泵、阀门的连接,以及维修时必须拆除部分管道的地方。

1.5 螺纹连接

螺纹连接是小直径管道常用的机械连接接头,这种连接形式又分为套管式和承插式两种类型。管道采用螺纹连接时,螺纹部分可采用纤维缠绕或模压,也可采用金属预埋件。FRP 螺纹形式有锯齿形和梯形两种,设计时螺距和齿高要取得大些,过小的螺距和齿高对接点强度不利。

2 FRP/PUR 保温复合管快速接头设计

2.1 快速接头结构

管件及其连接方式的选择取决于管道系统的使用条件、安装方法、荷载情况、环境温度及输送介质的特性等因素。为了保证管道系统运行的安全,要求连接结构具有足够强度、刚度的同时,还必须保证在工作压力下具有良好的气密性。笔者研究的 FRP/PUR 保温复合管的用途是采暖管道,敷设方式是直埋,输送的介质是热水。

FRP/PUR 保温复合管与石油、市政等领域常用的 FRP 管道不同,在 FRP 工作管道外周是一层厚为 50 mm 左右的 PUR 保温层,单根管道端头预留接头,施工长度有限,因此,包缠对接和承插粘结对接头长度有严格要求的连接形式不适用,另外,安装过程中轴向移动管道时,不但施工不便,也容易造成保温层破损。而法兰连接形式对被连接管道的轴线对中具有严格要求,否则会造成法兰不平而产生渗漏。因此,根据以上各种接头形式的特点及适用条件,结合 FRP/PUR 保温复合管的结构形式及使用环境,FRP 管道常用的接头形式在保温复合管中使用均有一定的局限性,为了提高 FRP/PUR 保温复合管施工效率,确保管道拆装方便,对 FRP/PUR 保温复合管的连接设计采用快速接头形式,快速接头管卡结构见图 1,管道连接结构见图 2。

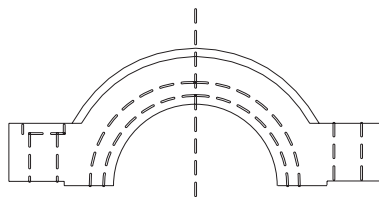


图1 快速接头管卡结构

2.2 快速接头特点

快速接头可将管道管头凸缘与工作管道主体在管道制作过程中整体成型完成,具有结构的连续性,强度上有保障,避免了带螺栓孔的大法兰在连接中引起的附加弯矩等不良情况。这种连接形式初始密封作用主要靠管卡与密封圈之间的预紧力提供,

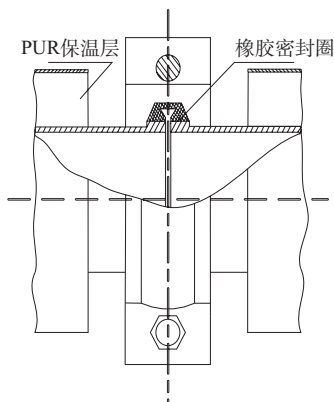


图 2 快速接头管道连接结构

当管道内介质压力升高后,内部压力将密封圈继续向管卡和管头凸缘挤压,内压愈大,密封圈与管头凸缘和管卡压得愈紧,密封效果愈好。

管卡的环状密封填料槽断面和橡胶密封圈断面均为梯形,以保证与管卡吻合密贴,同时在橡胶密封圈内侧设计有倒锥形空腔,这使得两管道端面密合不紧时,可由管内介质的压力将橡胶密封圈进一步压紧在管头凸缘外缘与管卡的内壁,起到自密封作用。故此种接头形式不同于一般只靠预紧力发挥密封作用的接头形式,而是靠预紧力和介质内压同时发挥作用而自密封的可靠连接形式。

该连接方式的管卡材料为 FRP。FRP 管卡在不专用设备的条件下采用手糊成型,当成批量生产时,可采用模具在模压机上成型的方法制成快速接头管卡,这样可使其几何尺寸更趋合理,外观更加美观,且其性能更有可靠保证。

此种接头形式制造容易实现,造价成本低,施工安装快捷、维修方便、质量可靠,只要管道内介质压力不超过密封圈、管头凸缘和管卡的强度及刚度的极限,密封便不会失效。同时为使橡胶密封圈借助管道内介质压力更好地发挥密封作用,设计管卡及管头凸缘尺寸时,两段管头之间留有一定间隙,这样在管道内介质温度升高时,FRP 管道由于温差作用将产生热膨胀,此时两管段之间的间隙可以吸收一定的热膨胀,减小管道热应力,从而起到温度补偿器的作用。

2.3 快速接头的受力分析及主要参数确定

研究表明,直埋 FRP/PUR 保温复合管锚固段总的轴向应力为内压引起的轴向拉伸应力及温差引起的轴向热应力(压应力)之和^[8]。在室外采暖管道中,热水介质温度一般为 95℃左右,管道安装温度为 10℃左右,由于温差引起的热应力大于介质内

压引起的轴向拉应力,因此直埋 FRP/PUR 保温复合管最终承受的是介质温差引起的热应力。而快速接头管卡的梯形填料槽的设计尺寸比管头凸缘总宽度大 2 mm 左右,故管道内的热应力在接头管卡内可以通过热膨胀得到释放而不会直接传递给快速接头管卡,同时管卡轴向尺寸不大,介质温度升高时,管卡自身由于温差引起的轴向力可以通过轴向应变得到释放,因此,管卡主要承受自身预紧力及由于介质内压引起的周向力。管卡的周向应力应小于其周向许用应力,才能确保接头部位安全工作,因此根据 FRP/PUR 保温复合管工作管道的外径、管头凸缘、梯形填料槽尺寸及介质压力等参数通过式(1)计算确定快速接头管卡的壁厚尺寸。

$$\sigma_{\theta} = \frac{P(D+t)}{2t} \leq [\sigma_{\theta}] \quad (1)$$

式中: σ_{θ} ——管卡周向应力, MPa;

P ——管内最大工作压力, MPa;

D ——管卡平均内径, mm;

t ——管卡最小壁厚, mm;

$[\sigma_{\theta}]$ ——管卡周向许用应力, MPa。

由式(1)可得管卡最小壁厚为:

$$t \geq \frac{PD}{2[\sigma_{\theta}] - P} \quad (2)$$

其中 $[\sigma_{\theta}]$ 通过试验并考虑一定的安全系数确定。管卡周向许用应力的测定是将管卡材料制作成管状试样参照 GB/T 5351-2005 标准进行试验测定。

管头凸缘主要承受管卡作用力及介质内压,当管道有轴向位移时,在管卡的作用下,管头凸缘与工作管道管壁之间将产生剪切力,其受力特点与 FRP 活套法兰整体凸缘相似,因此快速接头管头凸缘尺寸可参照 FRP 活套法兰整体凸缘尺寸设计确定^[9]。

管卡内侧环状密封填料槽断面梯形尺寸确定时依据管头凸缘的总宽度考虑了一定的富余量,以确保两管道端面不平时管卡的顺利安装,同时在介质内压升高时能更好地发挥自密封效果。

3 结论

(1) FRP 快速接头管卡的结构尺寸与管内介质压力、所连接管道规格、管头凸缘尺寸及管卡自身材料强度等因素相关,为确保所设计接头管卡的经济性和所连接管系的安全有效运行,应根据不同的使用条件进行具体设计。

(2) FRP/PUR 保温复合管快速接头连接形式

与其它接头形式相比,拆卸安装方便,施工效率高,密封效果好,可节约温度补偿器且连接质量有保证,同时管卡可以批量生产,造价成本低,因此,采用快速接头连接形式对实现 FRP/PUR 保温复合管的经济性和安全性有重大意义。

参考文献

- [1] 郭明林,莫华林,耿运贵. 玻璃纤维增强复合材料在建筑节能中的应用[J]. 工程塑料应用,2008,36(5):47-49.
Guo Minglin, Mo Hualin, Geng Yungui. Application of glass fiber reinforced plastics in building energy conservation[J]. Engineering Plastics Application, 2008, 36(5):47-49.
- [2] 刘洋,董事尔,文倩,等. 玻璃钢管的应用现状及展望[J]. 油气田地面工程,2011,30(4):98-99.
Liu Yang, Dong Shier, Wen Qian, et al. Application review and perspectives of glass fiber reinforced plastics[J]. Oil-Gasfield Surface Engineering, 2011, 30(4):98-99.
- [3] 李瑞英,耿运贵. 直埋玻璃钢聚氨酯保温管及其保温层厚度设计[J]. 河南理工大学学报:自然科学版,2012,31(3):330-333.
Li Ruiying, Geng Yungui. Design on burial glass reinforced plastic polyurethane insulation coating pipe and insulation layer thickness[J]. Journal of Henan Polytechnic University: Natural Science, 2012, 31(3):330-333.
- [4] 闫松,李瑞英,耿运贵. 玻璃钢聚氨酯保温管用于采暖工程的探讨[J]. 河南科学,2010(4):464-466.
Yan Song, Li Ruiying, Geng Yungui. A probe into the application of fiber reinforced plastics polyurethane insulating pipes to heating engineering[J]. Henan Science, 2010(4):464-466.
- [5] 袁红娟,王琦,谷志强. 玻璃钢聚氨酯保温管在供热工程中的应用[J]. 煤气与热力,2001,22(1):86-87.
Yuan Hongjuan, Wang Qi, Gu Zhiqiang. Application of polyurethane GFRP insulating pipe in heat-supply[J]. Gas & Heat, 2001, 22(1):86-87.
- [6] 高桥仪德,白淳岳,张淑萍,等. 日本废旧复合材料再生利用现状[J]. 纤维复合材料,2007(1):59-61.
Takahashi Ypshinori, Bai Chunyue, Zhang Shuping, et al. Current status for wasted FRP recycling in Japan[J]. Fiber Composites, 2007(1):59-61.
- [7] 徐佳,孙超明. 树脂基复合材料废弃物的回收利用技术[J]. 玻璃钢/复合材料,2009(4):100-103.
Xu Jia, Sun Chaoming. Recycling technology of composite material[J]. Fiber Reinforced Plastics / Composites, 2009(4):100-103.
- [8] 李瑞英,闫松,耿运贵. 直埋玻璃钢/聚氨酯保温管道补偿设计探讨[J]. 工程塑料应用,2012,40(10):47-49.
Li Ruiying, Yan Song, Geng Yungui. Discuss on compensational design of direct laydown FRP / polyurethane thermal insulation pipes[J]. Engineering Plastics Application, 2012, 40(10):47-49.
- [9] 王耀先. 复合材料结构设计[M]. 北京:化学工业出版社,2001.
Wang Yaoxian. Construction design of complex materials[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2001.

澳大利亚研发出可以设定导电性的高分子材料

一项最新技术将使得人们有可能制造出一种具有金属甚至超导体性质的塑料产品。

最近澳大利亚的研究人员发现,当将一层极薄的金属膜覆盖至一层塑料层之上,并借助离子束将其混入高分子聚合物表面,将可以生成一种价格低、强度高、韧性好且可导电的塑料膜。

取得这一成果的小组由两位来自澳大利亚昆士兰大学的专家领导,分别是保罗·麦里迪斯教授和助理教授本·鲍威尔,以及一位来自新南威尔士大学的专家亚当·米考林教授。他们的这一成果已经发表于《Chem Phys Chem》杂志。该项研究所依据的实验由前昆士兰大学博士生安德鲁·斯蒂芬森进行。

离子束技术在微电子工业领域被广泛运用来测试半导体,如硅片的导电性能。但将这种技术应用到塑料膜材料的尝试是从 20 世纪 80 年代才开始起步的,一直进展不大,直到现在才取得突破。麦里迪斯教授介绍说:“这个小组所作的工作,简单来说就是借助离子束技术改变塑料膜材料的性质,使其具备类似金属的功能,能够像导线本身那样导电,甚至可以变成超导体,当温度低到一定程度时电阻变为零。”

为了显示这种材料的潜在应用价值,小组采用这种材料

参照工业标准制作了电阻温度计。在和同类型的铂电阻温度计进行对比测试时,新材料制作的产品显示了类似甚至更优越的性能。

“这种材料的有趣之处在于我们几乎保留了高分子聚合物的全部优势——柔韧性、高强度,低成本,但与此同时它却又具有良好的导电性,而这通常可不是塑料应该具有的特性。”米考林教授说。“这种材料开创了一个塑料导体的新天地。”

而安德鲁·斯蒂芬森则认为这项技术最令人兴奋之处在于这种薄膜的导电性可以进行精确的调整或设定,这具有非常广阔的应用前景。他说:“事实上,我们可以将这种材料的导电性更改 10 个数量级,简单说,这就像是我们在制作这种材料时,手里拥有 100 亿种选择。理论上说,我们可以制造出完全不导电的塑料,或者导电性和金属一样好的塑料,以及介于两者之间的全部可能性。”

这种新材料可以利用现在的微电子工业常用的设备轻易地制造出来,并且相比传统的高分子半导体材料,这种新材料对暴露在氧气中的抗氧化能力也要高得多。

研究人员表示,综合以上优势,这种借助离子束处理高分子聚合物得到的薄膜材料将具有广阔的应用前景,它是现代和未来技术的完美融合。(中聚网)