

大口径管线用绝缘接头制造

■ 西安泵阀总厂有限公司 （陕西 710025） 邵宏智

摘要：本文主要从DN1200 PN120绝缘接头的制造过程入手，重点阐述了大口径绝缘接头的制造及其过程中的控制要点，为实现大口径管线用绝缘接头的国产化奠定基础。

随着世界各国对能源需求的日益增长及油气田开发技术的不断发展，高压大口径的输送管线已逐步建立安装，相应的强度等级较高的X80管线用钢已投入使用。为了增加介质的输送效率，管道的输送压力和管径也在不断增大，最大管径已达1420mm，输送压力已达15.7MPa。在此背景下，为满足市场需求，需要我们国内生产出满足输送介质要求、密封可靠以及绝缘性能良好的大口径绝缘接头。

绝缘接头主要应用于输油输气管线，在长输管线中起着密封、防止发生电化学腐蚀的重要保护作用。就其结构来看，主要由短节、钢件法兰、钢件固定环、密封件、绝缘板、绝缘套和填充绝缘材料等组成，使之形成一个完整的密闭系统。从密封件的类型来看，主要有O形圈密封、U形圈密封及“O形+U形”复合密封这三种密封结构形式，虽然密封结构不同，但它们都有相同的密封原理。其密封原理为：密封环在承受外界施加的预紧力的作用下，将产生弹性变

形，达到所需的密封力，保证管道内介质不外漏。

下面以规格型号为DN1200 PN120绝缘接头为例，阐述其生产制造过程及质量控制措施。

1. 产品特点

设计参数及选材：地区系数0.4；短管材质X80，尺寸 $\phi 1219\text{mm} \times 27.5\text{mm}$ ；主体承压钢件（法兰、固定环）材质F65，经过锻造成型，锻件级别为IV级；密封件选用氟橡胶U形密封圈，其具有密封可靠、吸水性低、抗压强度高、弹性和电绝缘性能良好的特点。绝缘板材料符合GB/T 1303.4标准规定，具有规定的电绝缘性能、抗流体渗透能力和低吸水性。

2. 化学成分、机械性能检验及金相组织分析

本产品中，钢件（法兰、固定套）为IV级锻件，按照相关标准规定，在活件上取样，检验材料化学成分，试验机械性能。试验在我公司光谱分析仪（见图1）、万能材料试验机（见图2）及冲击试验机（见图3）等设备上进行（见图4），试验结果符合

ASTM A694中对F65的要求，并符合本公司对F65的C、Mn、P、S含量和碳当量、抗裂指数、硬度及冲击功等提出的要求。



图1 光谱分析仪



图2 万能材料试验机



图3 冲击试验机



图4 -20℃冲击试验

对于F65锻件，还委托有资质单位进行了金相组织分析和晶粒度检测。经过检测，金相组织为珠光体+铁素体，组织均匀，没有出现偏析现象。平均晶粒度为8级。较细的晶粒度保证了锻件同时具有较高的强度和韧性。

3. 焊接工艺评定

DN1200 PN120型绝缘接头管件材质为X80，尺寸为 $\phi 1219\text{mm} \times 27.5\text{mm}$ ，法兰管件材质为F65。针对该产品的制造，提前特此进行了X80+F65、F65+F65的焊接工艺评定。焊评试件焊缝按NB/T 47013.2—2015进行射线探伤，达到了Ⅱ级要求。焊评试件经去应力处理后，加工拉伸、弯曲、冲击、硬度、金相和光谱分析试样，进行各项性能试验，试验结果皆符合标准规范要求。

(1) 焊接坡口形式的确定。

①根据管件及法兰的材料性能及壁厚，选择合适的坡口形式及尺寸。②对于法兰与短管的焊接，根据国家标准GB/T 985.2—2008埋弧焊的推荐坡口，结合我公司多年来焊接厚壁零件的经验，兼顾质量与效率，确定了双V形坡口形式。③设计焊接坡口尺寸及型式时，考虑了焊接热输入对密封元件性能的影响，采用较低的

热输入进行焊接，确保离焊缝较近的橡胶密封环在焊接过程中不被烧坏。结合我公司多年来焊接全焊球阀阀体的经验，确定了窄间隙坡口形式。

(2) 焊材和焊接工艺方法的选择。考虑到工件尺寸较大，焊口为规矩的圆形，兼顾质量与效率，选择了“氩弧焊打底+埋弧焊填充、盖面”的焊接方法。根据NB/T 47015—2011压力容器焊接规程标准规定的高合金钢不同钢号相焊的焊材选择原则，选择了与F65钢等级相匹配的焊接材料：所选焊接材料既能保证F65与X80材料的强度要求，又具有良好的韧性，符合焊接工艺设计要求。

4. 大型零件的吊装、内部转运及机械加工

加工车间内配备有多台吊装设备，车间面积应足够大，确保满足大型零件的吊装及转运方便、安全可靠。加工设备应能满足装夹及回转切削的要求，并能够安全、平稳地运行。

5. 法兰—短节焊接

法兰与管节焊接采用氩弧焊和埋弧自动焊相结合的方案进行施焊（见图5）。先用氩弧焊进行打底焊，再用埋弧自动焊进行填充、盖面焊。

(1) 焊接设备。采用埋弧自动焊机：龙门式埋弧焊机，型号LSMG-5500，转速0.04~2r/min，工件夹持范围 $\phi 330 \sim \phi 2700\text{mm}$ ，可焊工件最大长度4500mm，可焊最大焊缝深度110mm，可承载质量30t。

选择埋弧焊的优点是：焊缝

质量可靠，焊道成形美观（见图6），熔敷率高，生产效率较高，可广泛应用于大口径绝缘接头、全焊式埋地球阀等阀门产品的焊接。



图5 法兰—短管组焊

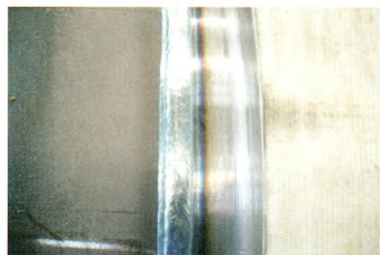


图6 焊缝外观

(2) 焊接方法。采用GTAW+SAW的焊接方法。先用氩弧焊根部打底，填充一遍，保证根部熔透，然后用埋弧自动焊焊接，采用多层多道焊方式，完成填充、盖面。

6. 焊缝无损检测

对接接头焊缝利用射线探伤机（见图7）进行100%射线探伤检验（见图8），承担此项任务的人员为至少具备Ⅱ级资质的专业



图7 X射线探伤接收机

射线探伤技术人员，射线探伤必须在专用场所进行，防止射线源对人员的伤害及环境污染。



图8 焊缝射线探伤

7. 焊后热处理

为了减小焊缝的残余应力，防止焊缝产生裂纹或应力变形，短管对接焊缝焊后须进行去应力回火处理。热处理用SCD型绳状电加热器（长18.5m）、LWK-3×220-A型温控箱，温度测量设备选用K型铠装热电偶（见图9）。热处理温度为550℃，保温2h。



图9 焊后热处理

8. 装配

（1）装配前检验。为了控制组装后绝缘接头整体的密封性及电绝缘性，通过检测密封圈实际尺寸（见图10），可以对钢件中影响密封性能的关键尺寸、组装预紧力的大小进行修正，从而达到优化设计的目的；通过对绝缘材料的性能测试（见图11），可以达到对绝缘接头整体绝缘性预控的目的。

（2）装配设备。绝缘接头安装压力机是我公司自主研发的专

用设备，可以用于DN500~1400绝缘接头的安装（见图12），其具有四缸联动液压系统，总夹紧力可以达到240t，油缸行程0~200mm。

（3）装配过程中的控制要点。①装配预紧力的控制：根据绝缘接头密封原理，“密封环在承受外界施加的预紧力的作用下，将产生弹性变形，达到所需的密封力，保证管道内介质不外漏”，可知安装过程中提供的预紧力对绝缘接头的密封性有着重要的影响。若预紧力过小，会达不到所需的密封力；若预紧力过大，一方面，持续过大的预紧力会使密封件丧失部分弹性，在



图10 密封圈尺寸检测



图11 密封圈绝缘电阻检测

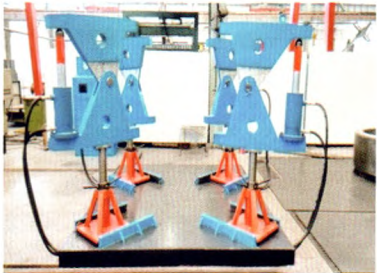


图 12

管线安装使用一段时间后可能会产生泄漏。另一方面，过大的预紧力可能会使法兰钢件的端面压在绝缘板的端面上而使绝缘板破坏，从而使绝缘接头整体的密封性能和电绝缘性能丧失。②装配设备系统检查：装配前，先检查各管路及接头有无异常，确认正常后，启用液压系统，待运行正常后，设置预紧力（见图13）。③关键尺寸测量：压紧力达到设定值后，用游标卡尺测量法兰端面与固定套端面之间距离（见图14）；用塞尺测量绝缘板与法兰端面的间隙，确定密封圈的变形量，从而为分析绝缘接头的密封性提供数据基础，同时为后期的设计改进及修正提供可靠的实践经验。

9. 组装后焊接

（1）焊接方法：组装完成后，按焊接作业指导书施焊，采用SMAW+SAW的焊接方法。先用焊条根部打底（见图15），填充一遍，再用埋弧自动焊，采



图13 绝缘接头压装

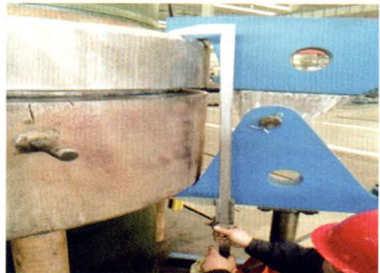


图14 组装后尺寸检测

用多层多道焊，完成填充、盖面（见图16）。

（2）焊缝无损检测：焊缝按NB/T 47013.3—2015的要求进行超声波检验，达到了I级要求（见图17）。



图15 组装后打底、点固



图16 法兰—固定套焊接



图17 组焊试压封头及弯矩试验加接管段

10. 性能试验

试验依据SY/T 0516—2008绝缘接头与绝缘法兰技术规范，绝缘接头应进行水压强度试验、气体密封试验及绝缘电阻等各项性能试验，试验项目如附表所示。

试验结果如下：①强度试验合格，没有出现缺陷及异常变形。②施加推力至4 067kN时，最大变形量13.3mm，无泄

性能试验项目表

序号	试验项目	试验要求及过程	检验结果
1	强度试验	试验介质：洁净淡水；试验压力：18MPa；保压时间：30min。观察在保压时间内，产品有无损坏、变形及泄漏	无泄漏
2	水压+弯矩试验	试验介质：洁净淡水；试验压力：18MPa；加载推力：5 194kN；支撑距离：6 100mm。观察绝缘接头在承受内压及外部加载的情况下，产品有无损坏、变形及泄漏	无泄漏及异常变形
3	水压+疲劳试验	试验介质：洁净淡水；试验压力：18MPa；内压从0MPa到18MPa，再到0MPa，此过程为一个循环周期，如此连续循环20个周期。结束以上循环试验后，维持液压内压18MPa，最少持续30min。观察试验过程有无泄漏及异常变形	无泄漏
4	气体密封试验	试验介质：压缩空气；试验压力：12MPa；保压时间：30min。观察在保压时间内，产品有无损坏、变形及泄漏	无泄漏
5	绝缘电阻测试	检测设备：500V兆欧表；将检测触头夹在绝缘接头两端，对绝缘接头进行电阻测试	200MΩ
6	电绝缘强度测试	检测设备：PVT-5耐电压测试仪；调节电压，使电压从初始值不大于1.2kV，30s内达到3.0kV，然后持续60s。记录漏电流	漏电流2.2mA
7	涂层厚度检测	检测设备：磁性涂层测厚仪。涂层固化后，测试干膜厚度	350~520μm
8	涂层缺陷检测	检测设备：电火花检漏仪；检测电压：1.5kV；检测方式：表面刷扫移动	无漏点及厚度过薄等缺陷

漏，没有出现损坏。③经疲劳试验显示产品密封性能良好。④气体密封试验过程中无泄漏。⑤绝缘电阻值200MΩ，满足规范中“≥10MΩ”的要求。⑥电绝缘强度测试中，漏电流为2.2mA，满足规范中“<10mA”的要求。⑦表面涂层厚度实测350μm，满足规范中“≥300μm”的要求。⑧电火花检漏测试中，无漏点及厚度过薄等缺陷。

11. 结语

从DN1200 PN120型绝缘接头制造过程来看，只要从原材料的检验及试验、焊接试验及焊接工艺评定、零件的吊装、内部转运、机械加工、焊接、焊缝无损

检测、焊后热处理、产品的组装、整机性能试验及检验等各个环节得到有效的控制，就能制造出符合相关标准规范的绝缘接头。今后，我们将继续研究及开发大口径绝缘接头设计及制造过程中的关键技术，如绝缘接头密封结构的优化设计；研究焊缝收缩力对绝缘接头密封预紧力的影响等，从而为实现我国大口径管线用绝缘接头的国产化奠定基础。

参考文献：

[1] 国家发展和改革委员会. SY/T 0516—2008 绝缘接头与绝缘法兰技术规范[S]. 北京：中国标准出版社，2008.

MW（收稿日期：20170118）