

压力管道焊接接头无损检测抽查组批的探讨

童壮根　刘文虎　陈艺　吴晨

【摘要】对压力管道焊接接头进行无损检测是压力管道焊接质量检查的重要手段。目前我国的管道标准对检查方法、比例有相应的规定，但是在确定检测批和抽检基数方面没有统一规定，各标准关于批次的定义或解释之间存在差异。本文从抽查的理论基础出发，结合焊接接头的质量影响因素，对几个主要标准进行分析比较，对安装和使用环节的焊接接头抽查组批的选择给出建议。

关键词：压力管道；抽样检查；检验批；焊接质量；

1. 背景

压力管道普遍存在于石油、化工、制药等流程工业中，用于输送、分配、混合、分离、排放、计量和截止各类流体介质。一个管道系统往往由管子、管件等管道元件经螺栓、焊接、粘结、螺纹等连接方式装配而成，其中焊接是目前最广泛使用的一种连接方式，焊接质量的好坏，直接决定管道系统整体的质量情况，从而影响着管道系统运行安全。因此，从装配源头控制焊接质量显得至关重要，目前工程上普遍从焊接人员、焊接工艺、焊接材料和焊接环境等方面按相应的标准去把关，并通过相应的检查来判断焊接质量好坏，其中超声检测（UT）、射线检测（RT）等无损检测方法以其不损伤材料、工件和结构，又能有效检测出焊接接头缺陷而被广泛应用于焊接接头质量检测中。但是，一项工程的管道焊口数量往往非常庞大，如对每个焊口进行UT、RT等无损检测，虽然能保证质量，但是也将造成大量的时间、人力、物力、财力的浪费。因此，如何合理的进行抽样检测既关系着管道系统的质量，也关系着施工单位的切身利益、影响着整体经济建设。

按照质量检测理论，从检测对象与样本的关系的角度而言，质量检测可分为全数检测和抽样检测，而抽样检测又分统计抽样检测和其他抽样检测。其中全数检测对所考虑的产品集合内每个单位产品的被选定特性都进行检测；统计抽样检测以统计理论作为理论基础，对应该检测的一批产品按标准规定的抽样方案，抽取小部分的产品作为样本进行检测来判定该批产品的质量；其他抽样检测则缺乏可靠的理论基础，难以预计接受检测产品的平均质量水平。由此可知，全数检测通过判定一批中的每个产品，拒收的是单个不合格产品，保证被接收的该产品批只存在合格品，其优点是判定比较可靠，能提供更完整的检测数据，获得更充分可靠的质量信息，如果要得到百分百的合格品，唯一的办法便是通过全数检测。但是全数检测往往工作量大、周期长、成本高，需要更多人员和设备；相对的，抽样检测判定对象是产品批，抽检判定合格的产品批中仍可能存在不合格品，抽检判定不合格的批中也可能含合格品，其优点是检测工作量小，费用低，可缩短检测时间，但是抽样检测有一定风险，这种风险客观存在，不可消除。这种风险主要分为两类，即生产方风险和使

用方风险，前者指将合格批判为不合格（拒真）的概率，后者指将不合格批判为合格（存伪）的概率。因此在制定好的抽样方案时，应该考虑到批质量和抽样接受概率，可利用抽样方案的OC曲线（见附图），当已知批质量时可读出批被接收的概率。对于某一规定的好质量，生产方要求以高概率接收，这个好质量成为生产方风险质量（PRQ），相应的不接收概率为生产方风险；另一方面，对于某一给定的劣质量，使用方要求以低概率接收，这个劣质量称为使用方风险质量（CRQ），相应的接收概率即为使用方风险。好的方案应达到当批质量较好时、以高概率接收，当批质量变坏时，接收概率迅速减小，而坏到某个规定限度时，以高概率拒收。

2. 国内外焊接接头无损检测标准比较

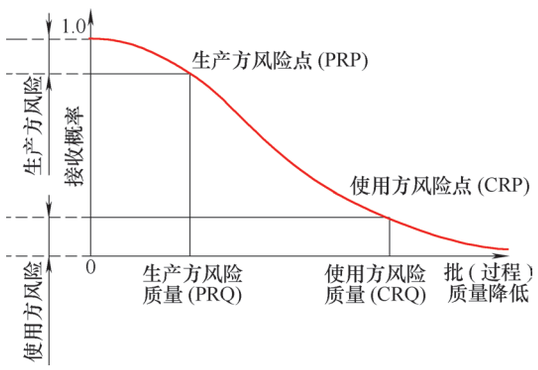
目前工业管道领域内的国际标准和国外先进标准主要有ISO 15649《石油和天然气工业管道》、ASME B 31.3《工艺管道》、EN13480《工业用金属管道》；其中ASME B 31.3《工艺管道》是国际普遍接收的工艺管道规范，ISO 15649是一份关于石油天然气工业管道的纲领性标准，总体上也采用了ASME B 31.3。在ASME B 31.3中，对压力管道的检查方法包括目视检查和射线照相检查、超声检查等其他检查，检查类型包括100%检查（100% examination）、抽样检查（random examination）、局部检查（spot examination）和抽样局部检查（random spot examination）。具体检查方法和检查类型、流体工况类别（D类流体、M类流体、常规流体）、是否为剧烈循环条件等有关，对抽样检查和局部检查都是采用百分比抽样，对于焊接接头的抽样批要求为同一焊工或焊接操作工所制成，局部抽样检查发现的缺陷采用累进检查（progressive sampling for examination），即对每个缺陷件增加两个相同件进行相同检查，若两件都合格，则整批合格，如任何一件不合格，则每个缺陷件再增加两个相同件检查，如果都合格，则该批合格，否则累进检查该批的所有件。

我国的压力管道标准体系还相对错综复杂，由于行业和管理条块分割，各行业各自为政等历史原因，GB、SH、HG、SY等标准体系自成一体，造成标准多、标准间引用易混乱，内容不统一、不协调等问题。

GB/T 20801－2006对焊接接头的检查根据检查等级来确定检查方法和比例，而检查等级则是根据管道级别和剧烈循环工况确定或者材料类别和公称压力确定。检查类型包括100%检查、抽样检查和局部检查。当抽样检查和局部检查中发现超标缺陷件时，采用了和ASME B 31.3基本一致的累进检查。其对检查批的释义为标准中用于检查要求考虑的管道数量，指定批的数量和程度宜由合同双方在工作开始前协议规定，对不同种类的管道制作、安装工作，可以规定不同的“批”。但同时规定选择被检焊缝时，应包括每个参加产品焊接的焊工或焊接操作工所焊的焊缝。

SH3501－2011中对管道焊接接头的无损检测的规定，相较前版已经在检查等级和检测要求等方面做了部分修改，与GB/T 20801－2006更趋于一致性，但是在检测批和累进检查方面规定更加严格。其中规定，检测批需满足每批的执行周期宜控制在两周内，抽样能覆盖每名施焊焊工、按比例均衡各管道编号分配检测数量等，强调对焊接接头的无损检测比例应按管道编号分配和统计，以使每条管道的检测比例达到规定比例的要求；累进检查只有一次增加检查的机会，否则就要进行100%的检查。

GB50184－2011中同样对管



由生产方风险质量和使用方风险质量确定的OC曲线

道焊缝的检查采用检查等级来确定检查比例，对焊接接头进行RT和UT抽样检查时，检测批由质量检查人员确定，要求对每一焊工所焊的焊缝按规定对比例进行抽检,这一点和GB50236-2000《工业金属管道设计规范》中关于无损检测抽查的规定一致。

3. 焊接接头质量管理的建议

比较以上这些标准可以看出，对压力管道焊接接头的无损检测都是根据管道的危险程度来确定检查比例，对焊接接头进行的抽样检查共同点是都采用百分比抽样（属于其他抽样的范畴）进行，而在检测批的定义上有所差异。而高晓冬等已经做过研究分析表明：百分比抽样是不合理、不科学的一种抽样方式，其显著的特点是大批严、小批宽，另外还起不到控制产品质量在某一水平的作用；而检测批是为完成抽样目的，在基本相同条件下组成的总体的一个确定部分。为实施抽样检测的检测批应该是在基本相同的时段，由生产过程稳定和一致的条件下生产的同种（型号、规格、等级、成分等）产品构成。针对压力管道的焊接接头，影响焊接质量的主要因素有焊接工艺、焊接人员、焊接环境等，在同一个工作现场，针对同类材料的焊接，焊接人员对焊缝质量的影响将是首要的。

目前压力管道的设计源头对管道的检查等级都是以管线为单位给出具体要求，这也导致后续的施工过程中，各方都强调保证每个管线编号对应的管线的检测比例是否达到要求，施工中也以管线为单位进行焊接质量控制，而类似GB50184-2011的以焊工为组批原则进行控制的方式被削弱。这种首先以管线为出发点、同时保证每个焊工的焊口都被抽到的方式，抽查比例的基数就是同一管线号的所有焊口，而如果焊工增加，则检测批再被细分，如此往往会使抽检比例高出不少。附表为某设计项目中材料P1和P8的管线严格按照管线进行管理，同时保证每个焊工被抽到的检测焊口统计情况。由此可见，实际检测抽查比列均比计划抽检（设计方案）高出许多，计划比例越低，超出的越厉害。

设想有5条管线的材质等参数基本一致，而且检查等级一样，各有20道口，抽检比例均为10%，这些焊口由5名焊工各焊接了20道分散于5条管线中，那么首先要保证每条管线抽检2个焊口，同时要保证抽到每个焊工的施焊口，即每条管线就需要都到5个焊口，共计25个，是原来的2.5倍，如此虽然满足了单条管线的比例要求，但是抽检各项成本也明显增加，不符合抽检的本意；如果考虑这些管线材质、检查等级一样，而将其组为一批，保证每个焊工的抽查比例，则抽查数量为每人2个，共10个。这样对整批而言，不仅其质量同样得到了保证，而且大大提高了工作效率，节约了成本。

由此可见，合理的选择检测批，不仅关系着质量控制，也关系着各类成本、效率的综合效益。在百分比抽样的大前提下，充分利用其大批严，小批宽的特点，适当扩大检测批的数量，既可以严把质量关，对于影响质量的关键因素（如焊工）进行针对性控制，又能减少检测成本，提高生产效率。在目前的标准体系下，作为工业管道强制性标准的GB/T20801－2006为这种灵活组批的方式提供了可能性，该标准规定指定批的数量和程度宜由合同双方在工作开始前协议规定。另一方面，如果坚持以管线为单位控制焊接接头质量，那么对管线的细分程度将决定着抽检数量和生产效率，可将原本细分的直接相连的具有同等管道级别的、同介质、同材料类别、同压力温度等级的管道作为一个管线对待，赋予一个管线号，而忽略其跨区、支管等因素等影响，这样再结合焊工等因素进行抽检，同样可以达到适当扩大检测批，提高工作效率的目的。

某项目按照管线、焊工组批实际检测状态统计

材料	抽检比例（%）	总焊口数（个）	实际检测数量（个）	实际检测比例（%）	实际比列/计划比列
P1	5	3526	735	20.85	4.2
	10	9846	2238	22.73	2.3
	20	1530	476	31.11	1.6
P8	5	3678	755	20.53	4.1
	10	6582	1485	22.56	2.3
	20	2977	892	29.96	1.5

4. 结语

在目前智能化水平越来越



推钢式加热炉炉筋管开裂原因分析

宋亚虎　毛宽亮　张磊磊　赵学谦　郭亚森　王博　孙胜伟　胡寒婷

【摘要】本文通过断口形貌、化学成分、力学性能试验和金相检测等方法对加热炉炉筋管开裂原因进行分析。结果表明，焊接裂纹和气孔等缺陷的存在是导致其开裂的主要原因，管道力学性能不合格和滑块材料耐热性差、强度不高对其开裂也都有重要影响。

关键词：加热炉；炉筋管；滑块；焊接裂纹；力学性能

1. 概述

某公司热带厂新上一条热轧生产线，其推钢式连续加热炉在第一次投产运行期间，炉中最高加热温度达到1250℃，炉筋管外层用耐火材料进行隔热，其炉筋管中的最高温度在300℃左右，运行12天后，最后缓慢冷却下来。在第二次往炉中装钢坯过程中，发现其炉中的多根炉筋管发生开裂。该管道最大外径140mm，壁厚20mm，材料为20G。经现场检测发现，裂纹基本上是沿滑块的止裂孔或两滑块间隙穿过焊缝向炉筋管扩展，多为环向裂纹，其中滑块材质为45钢，与炉筋管焊接在一起。现场开裂处的宏观形貌如图1、图2所示，局部放大如图3、图4所示。

2. 理化分析

（1）宏观检测　在裂纹沿着

高，数据库应用越来越普遍、越深入的情况下，从焊工、材料类别、检测等级等角度出发的焊接质量控制方法不失为一种好的选择，尤其针对大项目，既提高项目的经济性，同时也利于管道焊接质量控制的时效性。

参考文献：

[1]信海红. 抽样检测技术（第二版）[M]. 北京：中国质检出版社，2015：3.

[2]应道宴. GB/T20801—2006《压力管道规范 工业管道》实施指南[M]. 北京：新华出版社，2008：11.

[3] Charles Becht IV著，陈登丰，等译. 工艺管道ASME B31.3 实用指南（第二版）[M]. 北京：化学工业出版社，2006：1.

[4]蔡暖姝，阮黎祥，应道宴.我国压力管道安全标准技术规范体系的建立和完善[J].化工设备与管道，2003（3）：1-3.

[5]高晓冬，刘扬.百分比抽样检测的不合理性研究[J]. 海军航空工程学院学报，2002（1）：195-197.

[6]叶永和.考核产品质量按百分比抽样的弊端[J].中国质量，2004（4）：77-78.

作者简介：童壮根、陈艺、吴晨，上海市特种设备监督检测技术研究院；刘文虎，东阳工程（上海）有限公司。

MW 20170824