



关于建立核级焊接材料生产质量保证大纲（手册）的探讨

朱平 王淦刚 赵建仓

【摘要】 文章从核安全级设备用焊接材料（简称核级焊材）对设备接头质量的重要性出发，介绍国外著名焊材品牌企业针对核级焊材的质量认证和质保体系状况，对比了按照ASME和AD-WO/TRD 100建立的认证或体系的差异，同时介绍了核电用户对供应国产核级焊材的质量认可方式和国内焊材企业针对核电产品建立的质保大纲（手册）情况。在此基础上，结合核级焊材的特点和核质保的要求，探讨如何针对核级焊材建立相应的核质保大纲（手册），为国内进军核级焊材领域的焊材企业提供借鉴。

关键词： 核电；核级焊材；核质保大纲；探讨

核安全级设备用焊接材料（简称核级焊材）作为核级设备制造及安装阶段的原材料之一，对设备焊接接头的质量产生重要的影响。国内在建核电机组用核级焊材特别是核1级设备用焊材主要以进口欧洲、美国、日本等国家和地区为主。随着整个工业的进步和安全质量要求的提升，原有的设计指标也有一定的提升。近两年通过能源局相关科研项目的支持，国内以设计和研究机构牵头组成联合团队在原有的研发基础上再次进行核级焊材的集中攻关，截至目前，基于RCC-M和ASME两个体系的核级焊材基本完成研发，技术指标已达到设计要求，并进入第三方评价阶段，后续将面临大范围的推广应用。

焊接材料质量保证体系的建立及有效运作是决定焊接材料质量稳定性的关键因素，它的作用是能够提高顾客对供方的信任，增加订货，减少顾客对供方的检查评定，有利于顾客选择合格的供方。因此需要了解供应国内核电工程的核级焊材生产商及国内从事核级焊材研发或供货的企业的质量保证体系的状况，并提出国产核级焊材质保大纲的建设建议，为有志于进军核级焊材领域的企业提供借鉴和参考。

1. 进口核级焊材质量认证/质保体系现状

（1）主要焊材品牌 我国在建的二代改进型及三代压水堆核电机组核安全级设备部件用的焊接材料以进口为主，特别是核1

级部件用焊接材料几乎全部依靠进口。主要的进口焊材品牌包括英国曼彻特（METRODE）、瑞士奥林康（OERLIKON）、美国超合金集团（SMC）、美国林肯（Lincoln）、瑞典山特维克（Sandvic）、伊萨（ESAB）、瑞典阿维斯塔（Avesta）、奥钢联伯乐（Böhler）、日本神户制钢（KOBELCO）等，主要分布在欧洲、美国和日本等地。

（2）质保体系/产品质量认证情况 国外著名焊材品牌企业拥有长期核工业供货业绩，建立了针对核电焊接材料产品的生产质量保证体系，得到大量的客户认可。在国外，虽然普通产品和核电应用的产品可能来自同一炉熔炼原材料生产而成，且性能也是一致的，但应用于核电的

*国家能源应用技术研究工程示范项目资助，编号NY20111201-1。

焊材产品采用的质保文件是不同的。质保文件来自于质量管理体系，而质量管理体系是按照核安全相关标准法规制定的，国外类似的标准、法规有ASME III/NB-2400、RCC-M S2000、KTA 1408等，具体的测试或认证标准有VdTÜV 1153、KTA 1408.1、RCC-M S 5000等。

国外知名的焊材企业根据相应的法规标准建立了针对核电焊材产品的质量保证体系或通过了相应的产品质量认证，例如SMC、Sadvic、ESAB、LINCOLN等品牌焊材企业采用的是根据ASME III / NCA-3800“金属材料组织的质量体系程序”建立的生产厂及供货方体系认证，该认证颁发质量体系认证证书QSC (Quality System Certification)，证书(见图1)上一般描述“本证书用于认可所指定的公司根据ASME锅炉及压力容器规范适用规则在下述活动范围内、已具有其质量体系程序。…凡依据本证书生产的任何材料均应严格按照ASME锅炉及压力容器规范的规定进行建造”。

ASME BPVC锅炉及压力容器规范本身未对焊接材料的认证做出明确规定，有ASME授权认证证书的压力容器制造企业自己对焊接材料的生产企业进行分供方评审，即第二方评审，审查其质量保证体系能否按照SFA 5.01生产符合ASME/AWS技术标准的焊接材料，这一点与德国不同，德国强制要求焊接材料生产企业按照AD-W0/TRD 100取得由VD-TUV技术监督协会联合会认证的

生产许可证，如伯乐集团旗下的Hamm工厂(见图2)。其他品牌，如OERLIKON焊材按照KTA 1408的要求建立核级焊材质量保证体系，SAF焊材按照RCC-M建立核级焊材质量保证体系等。部分大型焊材生产企业由于涉及的焊材采购方不同的质量保证体系要求，分别建立了针对ASME III / NCA-3800、KTA 1408和RCC-M的质量保证文件。

2. 国内核级焊材企业质量保证体系现状

(1) 国内核级焊材质量认可方式 目前我国核安全局对民用核安全级设备的设计、制造、安装及无损检测实行许可证制度，即企业必须依据按HAF003“核电厂质量保证安全规定”建立核质保体系，在此前提下通过技术能力验证等取得核安全局颁发的民用核承压设备设计、制造、安装或无损检测许可证，才能实施核级设备的设计、制造、安装或无损检测。在制造和安装环节，核安全局将核级设备作为一个整体进行监管，焊接材料作为整个设备的辅助材料，由用户

(设备制造/安装企业)进行监管。因此国内基本是采用焊材产品质量认可的方式，即用户通过质保监督和产品质量验证试验来对供方具体型号的产品进行认可。用户按自身的核质保体系要求对作为供应商的焊接材料供货企业进行质量保证体系监督，监督一般由用户组织质保监督人员(某些情况下还包括用户的分包方)在焊材供货方生产现场进行，完成质量保证体系监督后出具监督报告，被监督方完成相应的整改并得到监督方确认后完成质保监督工作，一般是质保监督通过后再进行具体型号产品的性能验证试验。

(2) 国内焊材企业质量保证体系情况 我国自20世纪80年代就开展了核级焊材的研发工作，部分焊接材料成功实现研发，性能指标达到当时的设计技术要求。秦山一期30万kW核电机组和秦山核电二期60万kW核电机组建设阶段已实现了部分核级焊材产品的供货，但随后的核电机组(如秦山二期扩建项目等)建设中，核岛主设备部分焊

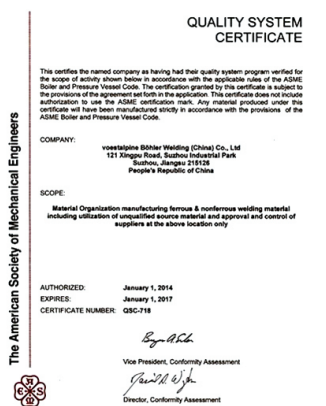


图1 基于ASME标准的认证证书



图2 Hamm工厂焊材认证证书

接材料又重新调整为进口产品,涉及多方面的原因,其中应与缺少有效的针对核电等高质保等级焊接材料产品的质量保证体系,进而影响了同批次和批次间产品质量的稳定性有关。

国内部分大型焊接材料企业和专供特种焊接材料的单位,如四川大西洋焊接材料股份有限公司、机械科学研究院哈尔滨焊接研究所等,结合核电产品生产质量保证的要求,在企业现有质量保证体系(如ISO 9001)的基础上,借鉴国外同类企业的经验和国内核级设备制造企业的经验,综合考虑ASME NCA 3800、RCC-M S5000、HAF 003等要求,建立了针对核电焊材产品的质量保证大纲(手册)。大纲经过企业生产过程控制的运行,并在用户质保监查环节获取了大量的监督检查意见、建议,得以对核电产品的质量保证体系进行不断修订完善。但这类企业非常少,大部分企业未针对核电产品建立专门的质量保证文件,虽然部分企业对核电产品的质量加强了管控力度,但质量保证体系作为一个系统管理文件,覆盖整个产品从原材料到生产、制造、检验、贮存等各个环节,任何一个环节的失控都有可能导致最终产品的质量失控,质量管控的加强需体现在生产的各个环节。

3. 核级焊材质量保证大纲(手册)建立的探讨

(1) 核级焊材生产特点 鉴于前述的核级焊材对核级设备质量的重要性,国产核级焊材材料要想顺利通过用户的产品质量认可,除了产品自身的性能指标符

合要求外,还需通过质量保证体系的建设与有效运行来保证产品质量的稳定性。

核电焊接材料产品从生产工序、生产作业流程和方式等方面与常规焊接材料产品无明显差异,但有其特殊的要求,如生产过程控制期间检测标准更高,所有测试都要有文件记录,质保相关的文件需要长期存档(一般为30年),批量大小,特殊的产品编号及包装贮存要求等。对核电焊材产品,除了产品最终的检测结果需符合要求外,核安全文化更重视过程的监督,只有可靠的过程才能生产出质量最优的产品。

(2) 不同质保体系的差异性分析 国内焊接材料企业基本采用ISO 9001质量管理体系认证,但相比较ASME NCA 3800、KTA 1408等标准、核电产品的质量和质量保证等级要求,ISO 9001质量管理体系通用性更强,未能在必要的环节体现出核电焊接材料产品质量管控的特殊性。即使是ASME NCA3800、KTA 1408、RCC-M S5000等标准,其质量保证控制方式和要求也不尽相同,也较难实现一套核级产品质量保证体系兼顾按不同标准要求生产的产品质量控制要求。如前所述,我国核级设备制造和安装企业是按照HAF 003及其导则建立的核质保体系,但同时由于AP1000核电机组是从美国西屋公司引进的第三代核电设备项目,其质量保证体系执行ASME NQA-1,国内在建的核电机组主要是基于RCC-M和ASME BPVC两种标准体系,后续还可

能涉及到我国能源行业核电标准NB系列。因此如何建立适用性更广的核电焊材产品质量保证大纲需要综合考虑。

我国现行的HAF 003 及其系列导则等效采用IAEA于1988年颁布的“核电厂质量保证安全规”(IAEA 50-C-QA)及其导则。众所周知,追根溯源,ISO 9001 质量管理标准的理念是源自美国核质保法规与标准,两者在内核与理念方面是一致的。尽管ISO 9001 是在吸纳现代质量管理精华基础上将两者适应范围拓展至各领域、各行业,但仍与核质保标准没有原则性的冲突。因此IAEA和美国NRC出版的报告或导则中,明确说明基于ISO 9001 的质量管理体系只需补充诸多具体要求即可满足核质保体系的要求。

(3) 建立核级焊材质保大纲(手册) 因此建议国内有志于向核电焊接材料产品供货商方向发展的企业,可以在现有的ISO 9001的质量保证体系下,综合考虑ASME、HAF 003、RCC-M等标准和法规的特殊要求,结合“凡事有章可循”、“凡事有人负责”、“凡事有人监督”和“凡事有据可查”的核安全文化理念,制定针对核级焊材产品的核质保大纲(手册)。

核质保大纲(手册)一般包含三个层次:

第一,核质保大纲(手册)是强制性的纲领性文件,涵盖了组织机构、大纲(手册)管理、采购、标识、生产过程控制、检查与试验、不符合项、纠正措施、计量控制、人员资格等,并描述

了核质保大纲的运作方式及其监督控制。

第二，核质保程序：核质保程序是大纲(手册)的支持性文件，对大纲(手册)进一步扩展、细化和补充。

第三，各部门内部工作程序及技术性文件：在大纲(手册)和程序的基础上，各部门结合本部门工作特点和实际情况自行编制了部分内部工作程序，以明确其内部组织机构、岗位职责和接口关系。技术性文件(如流转卡、指导书、规程等)中，对每项具体的技术工作、工序等均明确规定了由谁做、何处做、何时做、做什么、如何做、怎样控制、怎样验证以及使用什么资源等内容。

实践证明，通过一系列有计划有目的的质量保证监督活动，能保证质量管理体系的有效运行，经过不断实践和改进，质量保证体系能得到明显改善。质量保证体系源于实践、源于调查，也依赖培训和经验反馈，这是国内核电企业推行焊接质量保证体系的显著特点，也是我国成功实践的经验。因此应重视培训和经验反馈在焊接质量保证体系的作用。

首先，核级焊材质保大纲(手册)制定和运行过程中，需加强生产各环节的人员核安全文化的培训，核质保意识的转变，充分认识到核质保对产品质量乃至产品生命线的关键保障。

其次，质量保证体系不可能一建立就达到较高标准，并满足所有监督和管理活动的需要，需通过体系运作、用户的监督监

查、内部的监督监督等措施进行有效经验反馈，不断优化完善核质保大纲(手册)中涉及的各项程序和技术性文件，不断提高其运行的有效性。

4. 结语

核电发展应始终秉持“安全第一、质量第一”的方针，核级焊接材料同样应遵守这一方针，只有在可靠、受控、可信的产品质量控制过程下生产的产品，其质量才是可靠的。国内核级焊接材料要想实现批量工程推广应用，除了产品自身性能外，需更多依赖于针对核级产品的质量保证体系的建立、完善和有效运作，可在现有ISO 9001质量体系的基础上，综合相关法规标准的要求建立核电产品质保大纲(手册)，并有效运行。

总之，要保证核级焊材质保体系的有效运行，需从各个环节渗透核电产品质量保证的思维和方式，培养自觉执行意识，良好的体系加上人员核质保观念的配合才能实现好的产品质量控制效果，为生产出稳定可靠的产品提供保障。

参考文献：

- [1] 邱振生.核电国产化焊接材料需求和展望[C]. 核电站关键材料、设备焊接及修复技术研讨会论文集，2012 (9) .
- [2] Beate Rickes, Volker Gross. Quality assurance in the nuclear industry -Perspective of welding consumable producer. The Nuclear Technical Conference, 2011

(2) .

- [3] 韩肇俊.关于国内钢厂生产ASME/ASTM材料是否需要体系认证和认可的探讨[C]. ASME论坛，2006 (9) .
- [4] 潘川.核电主设备焊接材料科技攻关与工程应用[C].核电站关键材料、设备焊接及修复技术研讨会论文集，2012 (9) .
- [5] 杨涛，安德强. ASME 核质量保证体系监督工作的实施[J]. 一重技术，2010 (3) : 58-59.
- [6] 黄超云，张敏.我国核电厂质保法规修订之思考[J]. 中国核工业，2013 (3) : 53-55.
- [7] 程建秀. IAEA 50-C/SG-Q与ISO 9000相结合完善核电站质量管理体系[J]. 世界标准化与质量管理，2001 (1) : 26-29.
- [8] 刘建成.核设备制造质量保证大纲的建立与运行实践[J]. 核动力工程，2003，24(6): 589-592.
- [9] 李晓军.浅谈核电厂核安全级设备焊接质量保证[J].核标准计量与质量，2013 (2) : 43-47.

作者简介：朱平等，苏州热工研究院有限公司。

MW 20161123