

HEDIANCHANG HEDAO ZHUSHEBEI ZHIZAO
HANJIE ZHILIANG JIQI KONGZHI

核电厂核岛主设备制造 焊接质量及其控制

中广核工程有限公司 组编

HEDIANCHANG HEDAO ZHUSHEBEI ZHIZAO
HANJIE ZHILIANG JIQI KONGZHI

核电厂核岛主设备制造 焊接质量及其控制

中广核工程有限公司 组编
雷中黎 吴义党 乔木等 合编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书作者在总结多年的设备制造、工程建设和质量管理经验的基础上,比较全面地阐述了百万千瓦级压水堆核电机组核岛主设备制造焊接的基本要求、工艺特点、检验要求与质量控制要点等。

全书共十一章,第一章主要介绍核电厂简介、压水堆核电厂核岛主设备的种类及制造特点和焊接质量控制要点。第二章从质量保证体系、焊接质量控制要素、设备制造质量文件要求和焊接检验试验方法等方面阐述了焊接质量控制的重点环节。第三章和第四章则主要介绍了重要部件原材料及焊接填充材料的牌号、种类和相关性能指标。第五章详细阐述了重要部件原材料的产品评定、原型件评定、焊接材料评定、焊接材料验收和焊接工艺评定等内容。第六章至第十章分别对反应堆压力容器、蒸汽发生器、稳压器、主管道及其他核岛主设备的焊接和检验等环节进行了重点阐述。第十一章介绍了我国国家法规对于焊接人员和无损检验人员的资格和管理要求。

本书以 CPR1000 型百万千瓦级压水堆核岛主设备为主要内容,但书中介绍的核电厂核岛主设备焊接及质量控制的各个关键环节、技术难点、质量控制方法等内容,也适用于同级别的其他类型的核电机组,有些理念也适用于其他类似装备的焊接及其检验。

本书主要供从事核电机组核岛主设备的制造、检验、安装、维修、质量管理等方面的工程技术人员和大中专院校师生参考使用,也可供从事其他设备制造焊接工艺、焊接检验和质量控制的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

核电厂核岛主设备制造焊接质量及其控制/中广核工程有限公司组编. —北京:中国电力出版社,2013.11

ISBN 978-7-5123-5221-6

I. ①核… II. ①中… III. ①核电厂-设备-焊接-研究 IV. ①TM623.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 288893 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2013 年 月第一版 2013 年 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 14.25 印张 344 千字
印数 0001—3000 册 定价 0.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



前 言

发展核能是我国调整能源结构、改善环境的重要途径，推进核电建设是我国能源中长期发展的重要方向。

作为全球在建核电机组规模最大的专业化管理公司，中广核工程有限公司，负责总承包的岭澳二期、红沿河一期、宁德一期、阳江一期、防城港一期等核电项目都采用的是CPR1000机组。CPR1000机组是在法国成熟的M310堆型基础上，经过引进、消化、吸收与创新形成的核电堆型。核岛主设备是核电厂的核心设备，其制造质量是核电机组安全运行的重要保障。焊接作为核岛主设备制造过程中的一个重要环节，其技术和质量控制直接影响着核岛主设备的质量，进而将影响着核电机组的安全、经济运行，甚至影响到核电机组的使用寿命。

中广核工程有限公司质量监督人员在承建CPR1000机组核岛主设备的监造过程中，积累了丰富的焊接技术及质量控制经验，在调研收集国内外相关核岛主设备制造中焊接技术、焊接检验和质量控制信息的基础上，编写了《核电厂核岛主设备制造焊接质量及其控制》。

希望本书能为广大关心和从事我国核电事业发展的人士提供有益的知识 and 借鉴，尤其是对核岛主设备制造国产化起到积极的作用，为我国核电专业队伍的 growth 及核电建设作出贡献。

鉴于编写人员的工作经历与水平所限，本书难免存在纰漏甚至错误，敬请广大读者批评指正。

2013年11月12日



目 录

前言

第一章 概述	1
第二章 焊接质量控制	6
第一节 概述	6
第二节 设备制造质量保证体系	6
第三节 焊接质量控制工艺	10
第四节 设备制造质量文件	13
第五节 焊接检验	18
第三章 原材料	34
第一节 核电厂核岛主设备材料	34
第二节 重要部件原材料制造工艺评定	39
第四章 焊接填充材料	43
第一节 概述	43
第二节 常用焊接填充材料	45
第三节 焊接填充材料的质量管理	58
第五章 焊接工艺评定	63
第一节 概述	63
第二节 焊接工艺评定预规程	65
第三节 焊接工艺评定的实施	65
第四节 对接焊缝工艺评定	66
第五节 耐蚀层堆焊评定	78
第六节 蒸发器管子与管板的焊接工艺评定	84
第七节 异种金属对接焊缝评定	88
第八节 支管接头焊缝	89
第九节 管子插套焊缝（插套焊接）	90
第十节 角焊缝	92
第十一节 焊接工艺评定报告	93
第六章 反应堆压力容器	95
第一节 概述	95

第二节	反应堆压力容器制造工艺	97
第三节	反应堆压力容器焊接的一般要求	99
第四节	反应堆压力容器焊接及其质量控制	107
第五节	反应堆压力容器焊接见证件的制备和检验	131
第七章	蒸汽发生器	135
第一节	概述	135
第二节	蒸汽发生器制造工艺	139
第三节	蒸汽发生器焊接及其质量控制	141
第四节	焊接见证件	159
第八章	稳压器	160
第一节	概述	160
第二节	制造工艺	162
第三节	焊接及质量控制	163
第四节	稳压器焊缝补焊	178
第五节	稳压器焊接见证件	181
第九章	主管道	183
第一节	概述	183
第二节	主管道焊接总体要求	186
第三节	弯头、45°斜插管铸件补焊	189
第四节	主管道主环焊缝焊接	191
第五节	接管焊接	192
第十章	其他设备	198
第一节	堆内构件	198
第二节	控制棒驱动机构	207
第三节	主泵泵壳的补焊	209
第十一章	焊接与无损检验人员资格管理	214
第一节	核安全设备焊接和无损检验人员的监督管理	214
第二节	焊工、焊接操作工考核与资格管理	216
第三节	无损检验人员考核与资格管理	217
参考文献	218



概 述

一、核电厂简介

(一) 核电发展

电力是世界各国国民经济发展中能效高、使用方便，并得到广泛应用的二次能源。能够转化为电能的一次能源主要有煤炭、石油天然气、水力和核能。另外，风能、潮汐能、太阳能、地热能和生物质能也在逐渐开发应用之中。煤炭、石油天然气和水资源已经得到比较充分的开发，局部区域近于枯竭，发展空间有限；风能、潮汐能、太阳能、地热能和生物质能由于成本和地域等其他因素，还需相当长时间的研究开发。据初步统计，目前我国探明的可通过核裂变方式释放核能的铀和钍等储量丰富，可持续 1000 年，如果计及核聚变技术的成熟可以充分利用海水中的所蕴含的氘和金属锂矿藏，则核能的资源将是永不枯竭的。另外，与煤和石油天然气等主要发电能系统源相比，核电具有十分明显的优势。例如，核能不排放二氧化碳对于控制大气污染、控制全球气候变暖具有重要的作用。

自 1938 年英国物理学家詹姆斯·查德威克 (James Chadwick) 发现中子以来，人们立即开始了核能的应用研究。1951 年，美国首次的爱达荷国家反应堆试验中心进行了核反应堆发电的尝试，发出了 100kW 的核能电力，为人类和平利用核能迈出了第一步。此后不久，1954 年 6 月，苏联在莫斯科近郊奥布宁斯克 (Obninsk) 建成了世界上第一座向工业电网送电的核电厂，但功率只有 5000kW。1957 年 12 月，美国建成了第一座商用核电厂——希平港 (Shippingport) 核电厂，满功率 (60MW) 运行。

根据国际原子能机构统计，截止 2013 年 11 月 10 日，全世界共有 435 座在役核电反应堆，装机容量达到 371 326MW，其中压水堆 250 480MW，占 67.5%；在建机组达 71 个，装机容量 69 386MW，其中压水堆 59 465MW，占 85.7%；在役机组中，我国有 24 座核电反应堆 (其中中国台湾 6 座)，装机容量仅 18 888MW (其中中国台湾 5028MW)，占 5.1%；在建机组中，我国有 32 座核电反应堆 (其中中国台湾 2 座)，装机容量为 32 374MW (其中中国台湾 2600MW)，占世界装机容量的 46.75%。

(二) 压水堆核电厂

世界上在役和在建核电厂的主力堆型是压水堆，我国发展核电选择的技术路线也是压水堆。压水堆核电厂的核燃料在反应堆内发生裂变而产生大量热能，再被高压水把热能带出，在蒸汽发生器内产生蒸汽，蒸汽推动汽轮机带动发电机发电，如图 1-1 所示。我国在建和在

役最多的百万千瓦级核电机组为 CPR1000 型，本书未特殊指出均以该机型为例。

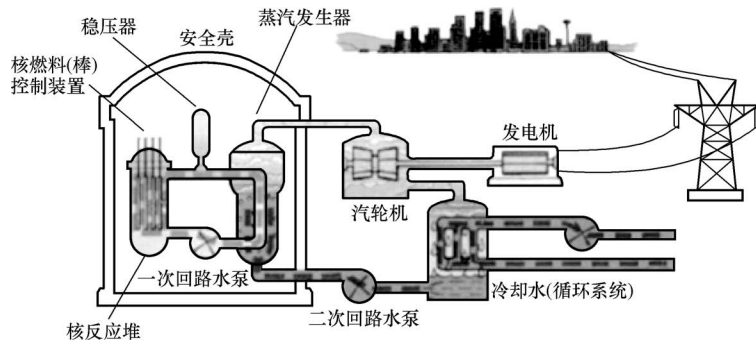


图 1-1 压水堆核电厂结构示意图

压水堆核电机组完成反应堆冷却剂的密闭循环环路称为一回路或一次回路，也称为核蒸汽供应系统（NSSS-nuclear steam supply system）。一回路由三个环路组成。压水堆核电机组中完成汽轮机工质密闭循环的环路叫做二回路或二次回路，又称为电力生产系统。

反应堆中由核燃料棒组成的堆芯因核燃料裂变产生巨大的热能，在一回路三个环路中的主泵泵入堆芯的水被加热成 327°C 、 15.5MPa 的高温高压水，高温高压水分别流经三台蒸汽发生器内的传热 U 形管，通过管壁将热能传递给 U 形管外的二回路冷却水，释放热量后又被主泵送回堆芯重新加热再进入蒸汽发生器。蒸汽发生器 U 形管外的二回路水受热从而变成蒸汽，推动汽轮发电机做功，把热能转化为电能；做完功后的蒸汽进入冷凝器冷却，凝结成水返回蒸汽发生器，重新加热成蒸汽。

压水堆核电机组中使用海水或淡水、在冷凝器中冷却二回路的蒸汽使之变回冷凝水的开放式回路称作三回路。

压水堆核电厂的各个系统与厂房分为核岛、常规岛和电厂配套设施三大部分。

二、压水堆核岛主设备

压水堆核电厂核岛一回路上的主要设备称为核岛主设备，主要包括反应堆压力容器、堆内构件、控制棒驱动机构、蒸汽发生器、稳压器、反应堆冷却剂（主）泵和主管道。

（一）反应堆压力容器

反应堆压力容器是壁厚超过 200mm 的金属容器，置于核岛安全壳内，用于容纳堆内构件、堆芯燃料组件、控制棒组件及其他相关组件，使核燃料的裂变反应限制在密闭空间内进行，对堆芯具有屏蔽作用；作为一回路承压边界的重要组成部分，密封高温高压并带有放射性的一回路冷却剂并维持其压力，承受各种工况下的动载荷和温度载荷；作为核安全方面的第二道屏障，在第一道屏障燃料元件包壳破损后防止裂变产物外逸。

反应堆压力容器是保证核电厂安全和寿命的核心部件，属于设计制造规范 1 级、安全 1 级、抗震 11 类设备，即在正常、异常、紧急和事故工况下都能保证结构完整性和设备可靠性，杜绝发生容器无延性断裂破损和放射性物质泄漏等事故。

反应堆压力容器本体在整个寿期内无法更换，因此其寿命决定了整个机组的寿命，是整个机组的核心部件。

（二）堆内构件

堆内构件在反应堆压力容器内支承和固定堆芯组件；确保控制棒驱动线的对中，为控制



棒运动导向；构成冷却剂流道，合理分配流量并尽可能减少堆内无效流量；为压力容器提供热屏蔽，减少其受中子和 γ 射线的辐射；为堆内测量提供安装和固定条件；为压力容器的材料辐射监督试验提供存放试样的场所。

堆内构件按作用分为堆芯支承结构件和堆内结构件，其中堆芯支承结构为安全相关级，抗震 1 I 级；控制棒导向管和辐照样品支承架为安全相关级，抗震 1 I 类。

（三）控制棒驱动机构

控制棒驱动机构安装在反应堆压力容器顶盖上，它是一种竖直方向步进的磁力提升装置，由驱动杆组件、钩爪组件、耐压壳及线圈磁轭等组成，是一种快速控制反应性的工具，在正常运行时用于调节反应堆功率，在事故工况下快速引入负反应性，使反应堆紧急停堆，保证核安全。

控制棒驱动机构的承压壳体为安全 1 级，抗震 1 I 类，设计建造规范 1 级；抗震支承板为安全相关级，抗震 1 I 类。

（四）蒸汽发生器

反应堆一回路由三个环路组成，每一个环路配有一台蒸汽发生器，目的是将反应堆内载热剂的热量传递到二回路，使二回路侧介质产生的一定温度和压力的蒸汽经一、二级汽水分离器分离干燥后推动汽轮机工作。其功能可归纳为三点：为核电厂提供性能参数合格的蒸汽；为核电厂提供可靠的第二道安全屏障；为反应堆冷却剂系统提供有效的自然循环冷却能力。

蒸汽发生器实质上就是一台热交换器，是核电厂一、二回路的枢纽，其管侧为安全 1 级，壳侧为安全 2 级，均为抗震 1 I 级，设计建造规范 1 级。

（五）稳压器

反应堆一回路三个环路共用一台稳压器，稳压器是对一回路压力进行控制和超压保护的重要设备，担负着正常运行时保持一回路压力恒定，负荷变化时限制一回路压力的变化，保证一回路系统压力边界完整性。当一回路中的压力需要调节时，可以通过喷淋管喷淋注入一回路中的介质来降压，也可以通过电加热器加热介质来升压，从而达到调节压力的目的。

稳压器属压水堆核电厂一回路中调节压力的重要设备。稳压器属于安全 1 级、抗震 1 I 类、设计建造规范 1 级。

（六）反应堆冷却剂泵

反应堆一回路三个环路各有一台冷却剂泵，也叫主泵，它是反应堆冷却剂系统中唯一高速旋转的设备，用于驱动高温高压带放射性的冷却剂，使冷却剂以大流量通过反应堆堆芯、冷却堆芯，并把堆芯中产生的热量传送给蒸汽发生器。

主泵泵外壳属于安全 1 级、抗震 1 I 类、设计建造规范 1 级。

（七）主管道

连接反应堆压力容器、蒸汽发生器、主泵的管道称为主冷却剂管道，简称主管道。CPR1000 核电机组反应堆每个环路主管道设备由三大预制组件组成，即热段组件、冷段组件和 U 形过渡段组件（各一组）。每个预制组件由各类规格的弯头、直管和锻件（管嘴或接管）装配焊接而成。

主管道是核岛的主动脉，属于一回路压力边界，是安全 1 级、抗震 1 I 类、设计制造规范 1 级设备。

三、核岛主设备制造

(一) 核岛主设备的特点

核电厂与其他电厂最大的不同是存在核安全性问题。核电厂防止核泄漏有三大屏障：核燃料包壳、一回路承压边界、核岛安全壳，依次称为第一道、第二道和第三道安全屏障。核岛主设备均为一回路承压边界，一旦失效，很容易导致核泄漏事故，其危害和影响将是非常严重的，经济上的损失也将是十分巨大的。

核岛主设备不可更换、很难更换或维修艰难。反应堆压力容器是核电厂的关键设备，其本体在整个核电厂服役期间（40、60年或更长）不能更换，也很难维修，其寿命就决定了核电机组的寿命。有些核电设备，如蒸汽发生器、堆内构件等，虽然可以更换，但更换引起的停堆、放射性处理等一系列问题将引起巨额的经济损失。

核岛主设备大多是非标设备，单件生产，而且生产周期长。例如，反应堆压力容器、蒸汽发生器等制造周期都在3年以上。如果在制造中后期发生或发现重大质量缺陷，产生颠覆性问题，即使想不计成本重新制造为时已晚，对核电厂的建设会产生不可弥补的严重影响。

由于以上特点，国际国内均颁布相关协定、法规等，有专门的机构负责对核电厂主要设备的设计、原材料制造、设备制造进行审评、准入和监督管理，如国际原子能机构、中国原子能机构、中国核安全局及相关下属单位等。我国核安全局对于核安全相关设备制造的特种工种如无损检测人员、焊接及焊接操作工实行严格的培训、考核与资格证发放管理，专门制定了部门规章。

(二) 核岛主设备的制造与焊接

核岛主设备的制造过程中除大型锻件原材料、蒸发器传热管、镍基合金锻件和控制棒驱动导向筒等原材料制作外，最重要的工序就是焊接，即使是像主泵那样的转动机械设备，也存在着主泵壳体的补焊与密封面的堆焊等。

核岛主设备制造的焊接技术含量高、难度大。从焊接母材与结构上讲，涉及大厚壁件低合金钢的对接焊、厚壁不锈钢的焊接、因科镍合金的焊接、管子管板封口焊接、异种金属焊接等；从焊接方法上讲，涉及埋弧窄间隙焊、不锈钢带极堆焊、电渣焊、热丝TIG焊、电子束焊和手工电弧焊等。因此，在原材料满足设计要求的情况下，核岛主设备的焊接是决定设备质量的关键工序。

四、核岛主设备焊接质量控制

(一) 质量保证与焊接质量管理

为了确保焊接产品的质量，许多制造厂已经按照ISO 9000~9004和GB/T 10300《质量管理和质量保证》建立或完善质量保证体系。但对于核岛主设备的质量保证和质量控制，还必须严格执行HAF601《民用核安全设备设计制造安装和无损检验监督管理规定》。

在核岛主设备制造活动开始前，设备制造厂必须根据核电建设项目质量保证大纲编制项目质量保证分大纲。项目质量保证分大纲应当适用、完整，接口关系明确，并经民用核设施营运单位审查认可，且应当根据具体的制造设备和活动编制相应的质量计划，并经民用核设施营运单位或项目总承包单位的审查认可，报国家核安全局法定监管部门备案。

民用核安全设备制造厂，不得将国务院核安全监管部门确定的关键工艺环节分包给其他单位。

在民用核安全设备制造活动中，民用核设施营运单位或其委托单位应当采取驻厂监造或者出席见证等方式对过程进行监督，并做好验收工作。不能按照质量保证要求证明质量受控的，出现重大质量问题未处理完毕的不得验收通过。

值得关注的是，无论是设备制造厂，还是民用核设施营运单位或其委托单位，都必须积极配合国家民用核安全监管部 门或其派出机构人员的监督管理。

（二）焊接质量控制关注要点

1. 人员管理

从事核安全设备制造人员必须经受核安全文化的培训，质量第一，用户第一，意识强，技术熟练，身体状况良好。

设备制造厂应当根据其质量保证大纲的要求建立完善的组织机构，分工明确，配备经过培训的合格人员。尤其是对于焊接与无损检测人员的培训、考试、持证状况、业绩建档管理。

设备制造厂必须聘用具有民用核安全设备焊工、焊接操作工和无损检验人员资格的人员进行设备焊接和无损检验活动。无损检验结果报告应当由Ⅱ级或Ⅱ级以上无损检验人员编制、审核，并履行相关审批手续。

2. 设备管理

焊接设备是实施焊接的基本条件之一，焊接设备管理对焊接生产和质量有着重要的影响。所有焊接设备必须建立台账，必须定期保养维修，对相关仪表等进行定期校验或检定，重要的设备必须编制操作程序或规程。

3. 材料管理

母材与焊接材料在焊接生产中起着十分重要的作用。材料的采购、验收、存储与领用均需编制专门的程序。

4. 工艺程序管理

对于焊接这类特种工艺，根据设计技术条件及相关规范完成必要的工艺试验和工艺评定，总结编制焊接工艺评定报告（PQR），制定焊接工艺规程（WPS），并监督执行。

5. 工作环境管理

焊接工作环境也是影响焊接质量的因素之一，必须引起足够的重视。设备制造厂应当对焊接车间进行评定（包括车间温度、湿度、风速、振动、照明、清洁程度、电源、起吊装置、设备等），定期检查并维护。尤其是注意不锈钢焊接时铁素体污染的防护，蒸汽发生器管子管板焊接清洁，车间的清洁度、温度和湿度，以及进出人员的控制等。

6. 质量检查与反馈

设备制造厂必须事先根据购买方要求以文件形式明确各种质量控制、检查，对分供方的监督各种方法与要求，尤其是明确各种检验或测量工具、仪器仪表、设备或装置的准确度和精密度，定期进行校准和检定，制定相应的工作规程或程序，并严格执行，形成完整的记录与报告。对于无损检验程序，除要编制通用程序外，还需要根据设备的具体结构编制专门的无损检验程序。

对于在质量检查过程中发现的问题应分析根本原因，采取纠正措施并进行经验反馈。



焊接质量控制

第一节 概述

核安全是核电厂的生命线，核岛主设备的质量是核电厂安全、经济、可靠运行的重要基础。因此，在核岛主设备制造阶段，设备制造厂必须在原有质量保证体系的基础上，按照国家核安全法规标准的要求建立项目质量保证体系，并有效运转。

质量保证体系是为某一设备或装置能够满意地工作提供适当可信度所必需的、有计划的、系统性的活动，也是为使物项或服务与规定的质量要求相符合（质量实现）并提供足够的置信度（让别人相信）所必需的、一系列有计划的、系列化的活动。

质量保证大纲是为了贯彻质量保证制度，达到既定质量要求而制定的总体规划，是质量保证体系的文件化形式。

设备制造厂项目质量保证大纲是在单位质量保证大纲及建设单位项目质量保证大纲的基础上，通过文件化对所有影响质量的过程和活动提供详细的书面规定和指导，从而使各个影响质量的因素处于受控状态。它对内提供工作准绳，对外向顾客和外部机构证明和说明其执行的质量保证体系，并接受核安全监督管理部门监管。

质量保证大纲侧重于事先预防，通过大纲和相关程序，对设备制造过程进行控制，是一种良好的管理意识。

第二节 设备制造质量保证体系

我国对核安全相关设备的制造采用许可证管理制度，所有从事与核安全相关设备的制造厂必须取得由核安全监督管理部门颁发的制造许可证书，并接受其监督管理。

核安全相关设备的制造厂除了有与拟从事活动相适应的、经考核合格的专业技术人员、工作场所、设施、装备及健全的管理制度外，还必须按照《民用核设施安全监督管理条例（国务院第500号令）》和 HAF003《核电厂质量保证安全规定》建立、健全完善的核安全相关设备的质量保证体系，制定行之有效的项目质量保证大纲。

一、法规标准体系框架

我国法规标准体系由宪法、法律、行政法规、地方性法规、行政规章（部门规章）、规



范性文件和标准等构成。我国核安全法规标准体系由国家法律、行政法规（条例）、部门规章、核安全导则和技术标准等构成，见表 2-1。

表 2-1 核安全法规标准体系

法律	《中华人民共和国环境保护法》(1989) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003)	全国人民代表大会常务 委员会	强制执行
行政 法规	《民用核设施安全监督管理条例》(国务院令第 500 号, 2008) 《中华人民共和国核电厂核事故应急管理条例》(国务院令第 124 号, 1993) 《中华人民共和国核材料管制条例》(国务院发布, 1987) 《中华人民共和国放射性同位素与射线装置放射防护条例》(国务院令第 449 号, 2005)	国务院	强制执行
部门 规章	HAF003《核电厂质量保证安全规定》(1991 年 7 月 27 日 国家核安全局令第 1 号发布, 1991 年修改) HAF601《民用核安全设备设计制造安装和无损检验监督管理规定》(国家环保总局令第 43 号) HAF602《民用核安全设备无损检验人员资格管理规定》(国家环保总局令第 44 号) HAF603《民用核安全设备焊工焊接操作工资格管理规定》(国家环保总局令第 45 号) HAF604《进口民用核安全设备监督管理规定》(国家环保总局令第 46 号)	国家核安全局	强制执行
导则	核安全导则和国家核安全局文件 HAD003/01《核电厂质量保证大纲的制定》(1988 年 10 月 6 日 国家核安全局批准发布) HAD003/02《核电厂质量保证组织》(1989 年 4 月 13 日 国家核安全局批准发布) HAD003/03《核电厂物项和服务采购中心质量保证》(1986 年 10 月 30 日 国家核安全局批准发布) HAD003/04《核电厂质量保证记录制度》(1986 年 10 月 30 日 国家核安全局批准发布) HAD003/05《核电厂质量保证监查》(1988 年 1 月 28 日 国家核安全局批准发布) HAD003/06《核电厂设计中的质量保证》(1986 年 10 月 30 日 国家核安全局批准发布) HAD003/07《核电厂建造期间的质量保证》(1987 年 4 月 17 日 国家核安全局批准发布) HAD003/08《核电厂物项制造中的质量保证》(1986 年 10 月 30 日 国家核安全局批准发布)	国家核安全局	推荐执行
技术 标准	国家标准、行业标准和企业标准 核安全设备标准体系框架		

（一）国家法律

国家法律是由全国人民代表大会和全国人民代表大会常务委员会制定并发布，具有高于行政法规和部门规章的效力，是法律法规的最高层，起决定性作用。由其产生的条例、法规的内容不能与国家法律相抵触。

目前，国家已颁布的与核安全相关的法律是《中华人民共和国环境保护法》（1989）和《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003），前者是保护和改善生活环境、防治污染、保障人民健康，促进社会发展的法律；后者是防止在核能开发、核技术应用及伴生矿物资源开发利用中由于废气排放、废液排放、固体废物，以及贯穿辐射造成的环境污染，从而达到保护环境和保护公众健康的目的。

（二）行政法规

行政法规是由国务院根据宪法和法律制定并公布，具有法律约束力；国务院条例是国务院的行政法规，是法律法规的第二层次，是国家法律在某一方面的细化，规定了该方面的法律要求。在核领域主要有《民用核设施安全监督管理条例》（国务院令第 500 号，2008）、《中华人民共和国核电厂核事故应急管理条例》（国务院令第 124 号，1993）、《中华人民共和国核材料管制条例》（国务院发布，1987）和《中华人民共和国放射性同位素与射线装置放射防护条例》（国务院令第 449 号，2005）等。

（三）部门规章

部门规章是由国务院有关部门根据法律和国务院行政法规在本部门权限范围内制定并发布，具有法律约束力。国务院各部委部门规章是法律法规的第三层，包括各个层次的规章制度。核安全部门的规章包括国务院条例的实施细则和核安全技术要求的行政管理规定等两种。其内容不能与国家有关法律和国务院条例相矛盾，这些要求是强制性的，必须执行。

（四）核安全导则

核安全导则泛指经过规定的编制、审定，由国家核安全监督管理部门签署发布的指导性文件，是政府对民用核设施的安全性能和相应的设计、制造、安装、调试、运行、维修和检验检测等做出的一系列规定，其作用是把法律、法规和行政规章的原则规定具体化。

（五）技术标准

自 1984 年开始，我国先后引进法国、俄罗斯、加拿大、美国等国的技术，技术路线和标准都不统一。目前，我国核电和核装置建设中，大多使用国外的标准及少量的国家标准，还没有形成系列的行业标准和国家标准。在建机组中，所采用的技术路线大致分为二代改进型技术和三代技术，采用的标准则为法国 RCC-M 标准、美国 ASME 标准和俄罗斯的有关标准等。

我国的核电标准工作起步于 20 世纪 80 年代，经过 30 多年的发展，到目前已制定了近百项国家标准和五百多项行业标准。我国将通过三个阶段逐渐建立与工业化水平相适应的核电标准体系。2009~2011 年为第一阶段，即基本完成满足二代改进型压水堆核电厂标准体系的主要工程建设和运行标准的制（修）订；2011~2013 年为第二阶段，即在完善二代改进型压水堆核电厂标准的同时，启动条件成熟的第三代技术的标准制订工作，构建三代压水堆核电机组的基本标准构架；2013~2015 年为第三阶段，完成三代压水堆核电机组所需标



准的制订工作，使标准体系全面覆盖二代改进型和基本覆盖三代压水堆核电站。

二、质量保证体系的建立

(一) 总体要求

《民用核设施安全监督管理条例》(国务院第 500 号令) 规定制造厂对所从事的民用核安全设备制造和无损检验活动承担全面责任；应提高核安全意识，建立完善的质量保证体系，确保民用核安全设备的质量和可靠性；应根据其质量保证大纲和民用核设施营运单位的要求，在民用核安全设备设计、制造、安装和无损检验活动开始前编制项目质量保证分大纲，并经民用核设施营运单位审查同意；应当在制造活动开始 30 日前，将项目制造质量保证分大纲和程序清单、制造技术规格书、分包项目清单、制造质量计划报国务院核安全监管部备案；应当聘用取得民用核安全设备焊工、焊接操作工和无损检验人员资格证书的人员进行民用核安全设备焊接和无损检验活动；应当对设备的制造质量进行检验，应当客观、准确地出具无损检验结果报告，无损检验结果报告经取得相应资格证书的无损检验人员签字方为有效，民用核安全设备无损检验单位和无损检验人员对无损检验结果报告负责；未经检验或者经检验不合格的，不得交付验收。

核岛主设备的制造厂必须依照《民用核安全设备监督管理条例》(国务院第 500 号令) 的要求，按照 HAF601《民用核安全设备设计制造安装和无损检验监督管理规定》和 HAF003《核电厂质量保证安全规定》的要求，参照 HAD003/08《核电厂项制造中的质量保证》认真制定和有效实施核电厂质量保证总大纲和每一项工作的质量保证分大纲，在核安全设备活动中履行各自的职责，有效运转质量保证体系，确保民用核安全设备制造质量，确保核安全。

(二) 核质量保证体系

自 20 世纪 80 年代初，我国很多企业开始按照 GB/T 19000《质量管理体系 基础和术语》建立企业的质量保证体系。

两者之间的主要差异体现在以下几个方面：

(1) 法律效力不同。核质量保证体系是按照国家政府机构颁布的核安全法规的要求建立的，具有法律约束力，属强制执行。GB/T 19000 属国家推荐标准，非强制执行。

(2) 根本出发点不同。核质量保证体系是以质量保安全，核安全是第一位的。GB/T 19000 是以质量求经济效益，经济效益是第一位的。

(3) 适用范围不同。核质量保证体系适用于参加影响核设施质量活动的所有单位，是针对项目而建立的质量保证体系。GB/T 19000 使用广泛，是企业建立质量体系的标准，适用于所有行业，即可适用于非合同环境下的质量保证要求，也可适用于合同环境下的质量保证要求。

(4) 要求严格程度不同。核质量保证体系要求按核安全的重要性，采取分级控制措施，所以对某些要求较严。GB/T 19000 是根据工作类型确定质量保证体系模式的。

(5) 内容不同。GB/T 19000 强调过程控制，而核质量保证体系是在强调过程控制的同时，注重要素控制。

(6) 对人员的资格要求不同。核质量保证体系强制要求某些特种作业人员（如焊工、焊接操作工、无损检验人员）必须按照国家有关规定经专门的培训，取得资格证书后，方可上岗作业。GB/T 19000 规定特种作业人员资格由所属企业、行业自行规定，仅强调上岗培训

和人员激励。

（三）核质量保证大纲

核质量保证大纲就是项目有关各方的质量管理体系，用核质量保证大纲予以文件化；每一个分大纲必须遵守上游质量保证大纲（或分大纲）的要求。法规的质量保证要求通过合同关系进行传递，体现在法规—质量保证总大纲—分大纲—分大纲……的传递中，见图 2-1。

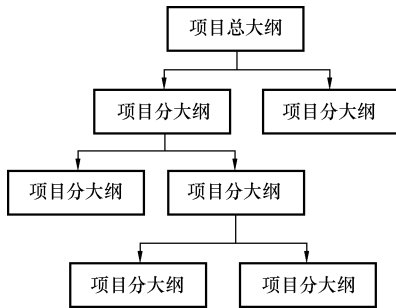


图 2-1 核质量保证大纲

设备制造厂根据 HAF003 及其导则的相关要求，制定和实施质量保证大纲，将质量保证要求告知每个分包厂，并告知其供应商必须遵守的质量保证要求，以满足合同的相关要求，并对其供应商是否遵守已提出的要求进行验证。

核安全设备制造厂质量保证部门及设备购买方质量保证部门按照 HAF003 和相应的质量保证大纲的规定，对设备物项制造部门进行定期的内外部质量保证监查，进行文件方面的验证，以确定质量保证大纲的完整性、有效性和适宜性。国务院核安全监管部及其派出机构，依照《民用核安全设备监督管理条例》（国务院第 500 号令）的规定对民用核安全设备制造和无损检验活动进行监督检查。

➡ 第三节 焊接质量控制工艺

焊接质量控制是核岛主设备制造工艺过程控制要素中最重要的一环之一，其有效性是核安全设备制造质量控制的最重要方面之一，也是核安全设备制造质量的根本保证。

一、焊接质量控制要素

设备制造厂的质量保证大纲中应规定有关焊接质量控制的目的、范围、总体要求，与焊接控制的相关部门与人员的职责、职权，规定焊接质量控制与其他要素的相互关系及控制和协调措施。

焊接质量控制的相关程序文件是按焊接质量控制要求编制的焊接方面的管理制度，使焊接质量控制工作文件化、具体化。其内容包括焊工及焊接操作工培训与考核管理、焊接设备管理、焊材管理、焊接工艺评定、焊接工艺编制、焊工及焊接操作工工艺纪律，产品及产品见证件的焊接与检验试验、焊接返修等。

焊接工艺文件是根据已评定合格的焊接工艺评定报告而编制的，应明确适用范围、焊工和焊接操作工资格、焊接工艺参数要求、焊接环境要求及焊接检验和试验等，是指导产品焊接的技术规范，是企业安排生产计划、进行生产调度、技术检验、劳动组织和材料供应的技术依据，如焊接工艺评定预规程（也称作焊接工艺评定任务书、焊接工艺评定指导书等）、焊接数据包或非核级部件使用的焊接工艺规程等。

焊接质量记录是产品质量的证明文件之一，含焊接质量控制中的质量记录表格、卡、单，如工序流转卡、合格焊工焊接操作清单、焊材库温湿度记录、焊接材料烘焙记录、焊接材料领退单、焊接工艺评定记录、焊接工艺评定报告、焊接记录表、焊接返修工艺和记录报告、产品及产品见证件的检验与试验报告等。



二、焊接质量控制内容

焊接质量控制包括焊工、焊接操作工管理、焊接设备管理、焊材管理、焊接工艺评定、焊接工艺管理、产品焊接实施、产品焊接见证件管理和焊接返修等重要环节。

(一) 焊工、焊接操作工管理

核岛主设备制造厂应聘用取得民用核安全设备焊工、焊接操作工资格证书的人员从事与之相适应的焊接活动；焊工、焊接操作工管理包括对焊工、焊接操作工的培训、考试、持证上岗管理、业绩考核和档案管理等关键点。

(二) 焊接设备管理

焊接设备是核岛主设备制造中必不可少的生产要素。焊接设备的数量和品种应满足生产需要，设备制造厂应具备适应核安全设备制造所需的焊接设备。焊接设备管理包括设备资源条件、焊接设备采购、设备状态、焊接仪表周期检定或标定等关键点。

(三) 焊材管理

焊材管理包括焊材采购、验收、评定、保管、烘焙、发放、使用和回收等关键点。

(四) 焊接工艺评定

焊接工艺评定包括焊接性能试验，焊接工艺评定预规程的制定，焊接工艺评定的实施、检验和试验，焊接工艺评定报告等关键点。

(五) 焊接工艺管理

焊接工艺管理包括焊接工艺文件的编制、审查和批准，焊接工艺文件的更改，焊接工艺贯彻实施等关键环节。焊接工艺文件是在保证焊接接头具有所要求的性能，满足焊接质量要求的前提下，依据焊接工艺评定报告编制的工艺文件。焊接工艺文件可因技术改进或经验积累、用户或设计单位要求、材料代用等进行更改，更改过程仍按原工艺文件编制审批程序执行。

(六) 产品焊接实施

产品焊接实施质量控制环节包括焊接环境、焊接工艺纪律、施焊过程及焊接检验等。

焊接工作环境应有足够的光线，限制风速和相对湿度，气温不得太低。对不锈钢产品的焊接，为防止铁素体污染，应在专用的清洁场地实施。

焊工、焊接操作工应有与焊接工作要求相一致的且在有效期内的持证项目，应熟悉焊接工艺，并检查焊接工艺的 implementation 条件；重要焊接工序前，技术人员应对焊工、焊接操作工及相关检查人员进行焊接工艺技术交底。焊工、焊接操作工在施焊时，应严格遵守工艺纪律，并在施焊记录中详细记录实际使用的焊接参数，负责焊接质量控制的检验员应对焊工、焊接操作工的施焊情况进行巡检，核对实际焊接条件是否符合工艺规定和持证上岗情况，所用的焊材、工艺参数是否与工艺规程一致，并将检查结果记录在焊接检查记录中。焊接工艺人员、检验员、班组长及车间领导均有权禁止任何违反工艺纪律随意施焊的错误行为。

焊接工作完成后，焊工、焊接操作工应按规定做好焊工、焊接操作工标识，检验员应做焊缝外观检查，并将检查结果记入焊接检查记录中。检查合格后才允许做无损检验及焊后热处理等后续工作。

(七) 产品焊接见证件管理

为了验证产品焊接满足焊接工艺评定试验所确定的操作要求及产品焊缝质量，对重要焊缝应设置产品焊接见证件。产品焊接见证件的数量和焊件按照上游设计文件和法规、规范的