

文章编号:1000-6931(2001)06-0561-07

岭澳核电站土建施工质量管理

陆卜良,叶长源

(岭澳核电有限公司 质量保证部,广东 深圳 518124)

摘要:基于岭澳核电站建设期间采用的质量管理模式,简要介绍了核电站主要土建施工活动的质量管理过程及土建不符合项的控制过程。文中所阐述的各项质量管理过程多是在吸取大亚湾核电站建设经验的基础上,通过岭澳核电工程的具体实践而逐步形成的。

关键词:核电站;土建施工;质量管理

中图分类号: TM623 **文献标识码:** A

核电站土建施工分为核电站主体土建和核电站辅助土建工程两部分。核电站主体土建包括核岛及核岛 BOP(核电站配套设施)和常规岛及常规岛 BOP。核电站辅助土建工程包括土石方工程、海工工程、隧道、水库等。

1 核电站土建施工活动

1.1 核岛及核岛 BOP 土建工程

核岛主要包括反应堆厂房、燃料厂房、电气和连接厂房、核辅助厂房及柴油发电机厂房等构筑物。反应堆厂房施工过程主要涉及钢筋砼、碳钢衬里、不锈钢衬里、预应力和钢结构等施工项目;除燃料厂房涉及钢筋砼、钢结构和不锈钢衬里施工项目外,其它厂房主要为钢筋砼施工项目;核岛 BOP 主要包括 GB 廊道、废水处理厂房、固体废物长期贮存区、除盐水生产车间、主辅助开关站和制氢站等构筑物,它们主要涉及钢筋砼施工项目。

1.2 常规岛及常规岛 BOP 土建工程

常规岛主要包括汽轮机厂房、通风设备间、主变压器与降压变压器综合设施、凝结水处理厂房和润滑油输送站等构筑物。汽轮机厂房施工主要涉及钢筋砼和钢结构两部分;其它厂房主要涉及钢筋砼施工项目。常规岛 BOP 主要包括泵站、廊道、废水处理站、排污系统油分离器、辅助变压器区、辅助锅炉房、加氯站和热机修车间等构筑物。其中,泵站涉及钢筋砼和钢结构两项施工活动,其它构筑物主要为钢筋砼施工项目。

收稿日期:2000-09-12;修回日期:2000-11-27

作者简介:陆卜良(1964—),男,江苏苏州人,高级工程师,硕士,环境工程专业

2 土建施工质量管理模式

2.1 施工跟踪档案(ETF)

ETF由3部分组成:1) ETF封面,主要记录ETF中所有施工段工作实施过程中产生的资料,包括业主H/W点(停工待检点/见证点)的签证放行,试验结果控制,不符合项验证、关闭,已FOR USE(供使用)的施工图纸目录清单,施工阶段草图及施工过程中发现的一般性问题的记录跟踪等;2) 质量检查单,为各阶段施工质量控制的具体记录,它是质量控制的核心部分;3) 其它有关文件,主要包括设计变更(TA)、澄清要求(CR)、现场变更(FCO)、不符合项报告(NCR)、测量报告和试验报告等。承包商至少在第一施工段施工开始前2周将ETF打开,同时,将ETF上附有业主设置控制点的部分拷贝提交业主备案。在到达W点前的一个工作日(任何情况下,至少提前2个工时),承包商通知业主代表前往施工现场检查签字放行,若业主代表未能按时到达检查放行,承包商可继续往下施工;在到达H点前的2个工作日(任何情况下,至少提前10个工时),承包商则必须通知业主代表前往施工现场检查签字放行,若未得到业主代表的检查放行,承包商不得继续下道工序的施工。承包商的施工队设有ETF室,由ETF管理员具体负责ETF的管理工作,在ETF关闭前,施工队长、承包商负责ETF接受的部门需对ETF的完整性与“QA/QC(质保/质控)符合性”作控制检查,符合要求后才可将ETF关闭。

2.2 质量计划(QP)

QP由承包商编制,报业主审查确认后方可实施。承包商和业主均在QP上设立检查控制点(H/W),承包商先于业主进行检查,并在检查合格后通知业主检查签字放行。

H/W点的操作原则与ETF中的H/W点操作原则一致。承包商的施工队配有QP管理员负责QP的管理,在每项施工活动开展前至少2周,QP管理员应打开相应的QP。施工执行人员在完成每项施工工序后必须在QP上签字,施工队QC(质控)人员对每项工序进行检查,并在检查记录单上签字。对于设立了H/W点的工序,应通知项目部的QC人员前来检查签字放行,对业主设立的H/W点,则在承包商检查合格后通知业主代表前去检查签字放行,如此反复,直到QP上的最后一道工序完成。检查过程中所发现的不符合项应按不符合项控制程序进行处理,并在QP的相应栏目中记载。承包商负责该项施工活动的QC人员对整个QP的填写及执行情况进行检查,满足要求则签字。如业主设控制点,则需在业主代表确认后才可关闭QP。

2.3 二级QC一级QA检查制度

二级QC是指承包商在土建施工活动中分别在施工队一级和项目公司一级设立独立的QC组织,执行独立的QC检查活动。施工队一级的QC称QC1级,项目公司一级的QC(通常设在质保部)称QC2级。一般要求在QC1检查合格并签字后,再通知QC2检查,QC2检查合格签字后,最终通知业主检查。

一级QA是指承包商的QA人员按计划对二级QC活动的执行情况实施质保监督。

土建施工活动中,除无损检测、机械性能试验和土建常规试验等因其特殊性仅实行一级QC检查(相当于QC2)外,其它施工活动项目的质量控制检查都执行二级QC。二级QC检查制度是在业主质保部的帮助下,承包商经近半年的反复实践逐步形成的。二级QC检查制度形成了一个互相协调又互相制约的有机整体。经2年的运作证明:二级QC检查制度为承包商有效控制施工质量找到了一条行之有效的途径。

3 土建施工先决条件控制

3.1 施工材料采购

土建施工材料由土建承包商采购,业主监督检查。土建承包商采购材料须按采购控制程序要求进行,即对材料供应商进行资格评审,并报业主审查认可后方可签订采购合同;材料供货期间,所有到场材料必须有材质证书、试验报告、合格证等质保文件及材料的生产批号等,并按规定在业主代表的监督下由土建承包商对材料进行验收试验,验收合格材料需挂上“合格待用”标识,并允许进入加工车间或施工现场。土建承包商应对材料供应商至少每年进行一次定期质保监查,业主作为观察员参与和监督监查活动。

3.2 施工文件及变更管理

按照《现场土建施工中工程设计文件的处理过程》规定,土建承包商只有在获得相应的 FOR USE 授权后,才能有效利用施工文件执行有关工程。业主施工经理在施工文件宣布 work ready(可工作状态,由设计供应商宣布)后向承包商发布通知,予以 FOR USE 授权,承包商的技术部门收到 FU 授权通知后在相应的每份文件封面上盖上“FOR USE”或“供使用”印章。施工文件 FU 前,承包商可根据已收到的施工文件,作必要的施工准备。施工前或施工中往往需对施工文件作些修改,这些修改通过现场变更文件 CR、TA、FCO 等实现。承包商在收到业主答复的变更文件后,需及时对现场母本文件作相应修改,同时将其分发到相关施工队和质检部门,施工队和质检人员也应及时将这些变更文件内容标注到现场施工蓝图上。

3.3 施工方案及技术交底

施工方案由承包商编制,报业主施工经理部审查认可后执行。较为重要的复杂施工项目均需编制施工方案,作为执行施工文件(图纸、技术规格书)的支持性文件。技术交底是通过会议形式将施工要点、特点及安全等内容,分别由承包商的技术部门向施工队长和技术负责人、施工队长向施工班组长、施工班组长向施工工人交清,它应有书面记录。

3.4 人员资格

对从事核电工程的施工人员,视其从事的工种,由承包商对他们进行上岗前的知识和操作技能培训,经考核/考试合格后上岗,必要时颁发资格证书,持证上岗。施工期间,若施工人员的施工质量下降,不合格率达到一定程度,或离岗超过规定时限,则须接受再培训和考试,重新取得资格后,才可继续从事施工作业。

3.5 施工机具和设备

对核电土建使用的施工机具和设备,承包商均设有设备管理部门,负责施工机具、设备的采购和维护管理。对于有强制计量标定要求的设备/机具,必须按国家法定周期定期送检或定期对照标准器具进行自检,以确保有计量标定要求的设备/机具的状态始终是在其标定的有效期内。为方便统一管理,岭澳核电站的砼常规试验设备均由业主提供,并由业主负责维护和计量标定管理。

4 施工过程质量管理

4.1 钢筋砼

钢筋砼工程的施工质量是否得到有效控制将直接影响核电土建施工的进度与质量。在土建施工高峰期,钢筋砼施工过程控制是业主质保监督的一个重点。

1) 钢筋工程

钢筋工程主要有以下控制环节。

(1) 编制钢筋料单 钢筋料单由钢筋队的主管技术人员依据钢筋图及配筋表、相应的模板图及工程变更单等编制。料单编制后,经钢筋队负责人审核签字,并下发到加工场实施。

(2) 制作钢筋标识牌 根据钢筋料单,由抄牌员抄写钢筋标识牌,同一规格的钢筋抄写 1 份,交主管工程师校核标识牌与料单的一致性,校核无误后下发至钢筋加工场。

(3) 钢筋半成品加工 操作工根据钢筋标识牌所示的钢筋加工规格切断并弯制钢筋,加工过程中间隔一定数量进行尺寸检查,并由操作工按标识牌上的数量点数、用铁丝绑扎成捆和挂上标识牌。加工期间,加工场工长和 QC 人员对钢筋的加工质量进行抽查。

(4) 钢筋接受 承包商现场施工负责人员在接受钢筋半成品时,须将料单和所收到的钢筋按料单序号与钢筋标识牌进行对照检查,确保到场钢筋规格、数量与对应的钢筋料单一致。

(5) 钢筋绑扎 现场工长与班长根据放线工的放线定出钢筋的位置,由钢筋工按施工图纸绑扎钢筋。现场工长必须校对绑扎的钢筋与施工图纸要求的一致性。钢筋绑扎完毕后,班组进行自检,施工队 QC1 人员进行检查,检查合格后签字,通知质保部 QC2 人员再行检查。通过两级 QC 检查后,根据业主的设点情况通知业主代表检查。只有在完成了钢筋工程中所有规定的 QC 检查之后,才可进行下道工序——砼工程的施工。

2) 砼工程

砼工程主要包括砼生产、运输、浇筑及其养护等控制环节。

(1) 砼生产 土建承包商使用经业主审核批准的砼配合比生产砼。生产前,操作工将砼配合比打印并核对签字,再经砼搅拌站站长、砼实验室技术员核查确认并签字,最后由业主实验室技术人员核准签字后投入砼生产。在每次砼生产的初期,均需对砼生产作必要的调试,使得砼的坍落度、出机温度达到设计要求,调试期间有业主代表在场监督。砼生产过程中,应对砼的坍落度、出机温度进行定期测定并作记录。

(2) 砼运输 从搅拌站生产出的合格砼,由砼运输车运至浇筑现场,每车砼均有一份砼搅拌站发货单,说明砼型号、浇筑地点、出站时间、砼方量、砼坍落度和出机温度等。

(3) 砼浇筑及养护 砼浇筑前,施工队应确认所有规定的检查工作均已完成,特别是业主在 ETF 中规定的制模板 H 点已得到业主代表的检查确认放行。施工队工长检查运到现场砼搅拌站的发货单,确认无误后方可允许砼入模浇筑。砼浇筑期间,监督该砼的下落高度、入模温度、浇筑时间等。每车砼用完后,工长在砼搅拌站发货单上签署用完时间及姓名,以确认砼是在规定停留时间 1~1.5 h 内用完的。砼拆模后,施工队按规定养护方式及时间对砼进行养护,直至养护期结束。

3 年多的施工实践证明:上述钢筋砼质量管理过程对有效控制钢筋砼的施工质量起到了重要作用。岭澳核电土建的钢筋砼工程质量较为稳定,核岛砼工程为精品工程。施工中曾出现过某些质量问题,但都及时得以发现并予以有效纠正。

4.2 钢衬里

钢衬里包括核岛安全壳钢衬里和反应堆厂房 RX 与燃料厂房 KX 内的水池不锈钢衬里。钢衬里施工采用 QP 管理模式,由承包商编制钢衬里各部分施工的质量计划,报业主审查确认后实施。业主在审查 QP 时,在 QP 上设置必要的检查控制点(H/W)。2 年多的施工实践证明:QP 对于钢衬里施工活动是一种有效的质量管理模式。

安全壳钢衬里分为底板、筒体及穹顶 3 个部分。底板在现场拼装,筒体分层分块在车间预

制后在现场安装,穹顶在车间进行分层分块预制,现场拼装和整体吊装。筒体每一层的车间预制和现场安装分别编制并执行独立的QP。36个环吊牛腿的车间预制执行同一QP,但要求每个牛腿皆有一个QP记录。穹顶分4层在车间预制,每层有一独立的QP,现场拼装执行拼装QP,高空整体吊装和安装分别编制了QP。除穹顶整体吊装QP内容较为特殊外,其它QP的内容结构是类似的。

这些QP可分为车间预制QP和现场安装QP两类。车间预制QP,由预制工作先决条件检查、预制过程控制、检查和预制竣工审核等部分组成。预制先决条件是预制工作的必备条件,业主和承包商均分别在此设立H点;预制过程控制则根据各道预制工序的顺序由相关操作人员按规定的程序/标准要求完成每一道工序并签字,业主/承包商根据需要设立并执行检查控制点(W/H);检查主要包括无损检查、外观及几何尺寸检查;预制竣工审核主要审核预制记录文件的有效性和完整性,一般由承包商的质保部门负责完成。现场安装QP,由安装工作先决条件检查、安装过程控制、检查和安装竣工审核等组成,控制过程与车间预制QP类似。

百万千瓦级商用核电站穹顶整体吊装属国内首创项目,无经验可借鉴。因此,岭澳公司针对穹顶整体吊装项目成立了以岭澳公司工程部为主,由穹顶预制、吊装和安装承包商参与的岭澳核电穹顶整体吊装协调委员会。该委员会定期召开协调会,全面负责有关穹顶从预制到完成安装全过程的施工进度、设计审查和施工技术方面的协调工作。岭澳公司质保部在中后期介入了该委员会的工作,并在1#穹顶实施整体吊装前,与工程部一起对承包商进行了一次联合专题质保监督,为整体吊装提出了不少有益的建议。穹顶整体吊装QP包括由承包商编制的穹顶吊装质量计划和穹顶吊装主质量计划。QP包括吊装先决条件检查、试吊、正式起吊和吊装完成确认等4个方面,主QP包括从起吊到穹顶准确就位的所有操作过程控制,因此,可把主QP视作为QP的一部分。

不锈钢衬里施工过程采用的QP与碳钢衬里的QP基本相同,但以下3个方面与之有别:

1) 要求清洁度,不能受到碳钢污染,操作人员必须穿防护服,戴手套;2) 以氩弧焊焊接;3) 无损检查合格后需对焊缝进行酸洗钝化。

4.3 钢结构

钢结构在核电站土建施工活动中占有相当比例。核岛主要包括龙门架(RP)、防甩击装置(VVP)、堆坑钢结构、屋面钢结构等;常规岛主要包括+28.2m标高以上的全部钢结构;泵房包括地面以上的全部钢结构。除上述主钢结构外,厂房内还有许多钢制楼梯、过道等二次钢结构。核岛、常规岛和泵房的所有钢结构施工全部采用QP的管理模式。核岛RP和VVP在现场直接预制后安装,其QP相应分为2个阶段。第一阶段为车间预制QP,用于控制钢构件的预制质量;第二阶段为现场拼装和安装QP,用于控制钢构件的安装质量。施工实践证明:在钢结构施工活动中,采用QP控制和管理施工质量是一种行之有效的方法。

4.4 预应力

预应力工程主要包括预应力管安装、穿钢绞线、钢绞线束的张拉及灌浆等方面,与此相关的还有钢绞线的验收检查、预应力摩擦试验、预应力全尺寸(1:1)灌浆试验等。预应力施工采用ETF质量管理模式。

1) 预应力管安装 预应力管包括刚性管和半刚性管,它们分别在钢筋绑扎的同时按要求位置布置在钢筋中间。施工过程主要控制检查预应力管分布位置、相邻管端接口、预应力管的畅通性等。还应关注预应力管的保护问题,包括防止水平管被损坏和竖向管内进入异物等。

2) 钢绞线验收和穿钢绞线 钢绞线应作进场验收检查。除检查合格证、出厂试验报告外,还对其外观质量进行检查,并抽样作机械性能试验。采用穿束机进行钢绞线穿束工作。穿束操作工按穿束程序及钢束型号进行预应力管的穿束,填写穿束表并签字。预应力队工地监督人员、质保部的QC人员对穿束过程实施监督,最后由业主QC人员对穿束情况进行检查,并分别在穿束表上签字确认。

3) 钢绞线束的张拉 进行钢绞线束的张拉前,应先进行预应力摩擦试验:水平向19T16钢束试验、竖向36T16钢束试验和穹顶19T16钢束试验,它们分别在每种类型的第1根钢束张拉前在1RX的安全壳上进行。张拉摩擦试验合格后方可进行正式张拉工作。从事该工作的人员事先必须接受必要的培训,考核合格后持证上岗。张拉设备上的计量压力表需保证在标定/自检的有效期内使用,张拉过程按预应力张拉工作程序进行。操作人员负责张拉操作并将测量数据记录在“张拉记录表”上。张拉结果的数据分析由技术人员完成,预应力队工地监督、质保部QC人员及业主代表对张拉过程实施监督,并分别在“张拉记录表”上签字确认。

4) 灌浆 在灌浆工作开始前,先进行预应力全尺寸灌浆试验,以验证已通过验收试验的水泥浆适于导管充填和灌浆程序规定的灌浆方法的正确性。灌浆试验在业主代表监督情况下进行。为保证水泥浆生产质量,需测定所生产的每罐水泥浆的流动度、温度,并作记录,合格后方可用于灌注。此外,每10个工作日进行1次浆体强度试验。灌浆工作由预应力队灌浆组负责,每根钢束灌浆前,均需得到业主代表的监督认可。灌浆过程中需检查管道输入及输出端的浆体流动度、管道输入端压力、灌浆速度等,并记录于“灌浆表”中。预应力队工地监督、质保部QC人员及业主代表对灌浆过程实施监督,并在灌浆表上签字确认。

总体讲,预应力除设计原因造成张拉过程产生的几个不符合项外,其它过程未发现问题,施工质量得到了有效控制。

5 不符合项控制

为有效控制不符合项的处理过程,业主和承包商均编制不符合项控制程序。业主编制工程程序L-PMS-18CW,对土建施工产生的不符合项的分类、审查、联络渠道和处理流程作出具体规定,它是土建承包商现场处理不符合项必须遵循的基本准则。土建承包商根据L-PMS-18CW要求,结合自身施工特点,编制自己的不符合项控制程序,在发现不符合项后,应立即采取必要措施,包括标识不符合项、调查和分析产生不符合项的原因、与业主保持联系等,以减轻不符合项可能造成的后果。

5.1 土建不符合项的分类

土建不符合项分为3类,即C1类:偏离了承包商(或其分包商)自身内部标准规定要求的物项;C2类:不符合合同或采购规范书的要求,但承包商按照合同规定的工艺或业主批准的程序进行处理的物项;C3类:不符合合同要求且承包商无法按照合同规定工艺或业主批准的程序进行处理的物项。对每一个不符合项,无论其类别如何,承包商均应有记录。对于C2和C3类不符合项,承包商应持有最新状态的版本,以供业主随时检查。业主质保部重点关注的是承包商对不符合项分类的正确性和合理性,以及对不符合项产生原因的分析。

5.2 不符合项的审查和处理

土建施工发生C2或C3类不符合项后,承包商尽快通知业主,并向业主提交不符合项报告(NCR)。报告需阐述不符合项发生的原因,出现场临时处理措施,向业主推荐处理方案。

业主质保部参加对 NCR 的审查,从质保角度审查不符合项的分类是否正确,原因分析是否合理,并积极参与对不符合项的处理。除 C1 类外,任何 C2 或 C3 类不符合项,其处理方法均须经业主审查和确认。受不符合项影响的相关活动,通常应停止并等待业主的决定。对施工质量影响较大的不符合项,业主还会征询设计院的意见。最后,承包商按业主确认的处理方案,对不符合项进行处理。

5.3 不符合项关闭

对于 C2 和 C3 类不符合项,承包商按业主确认的处理方案完成后向业主报告,说明处理已经完成。经业主相关人员对不符合项的处理结果进行验证并确认满意和签字后,不符合项关闭。业主质保部应特别关注不符合项关闭的及时性。对长期不能关闭的,质保人员应进行跟踪,并督促承包商及时关闭或作出合理的解释。

5.4 不符合项状态报告

承包商在工程进展月报中,应向业主提交最新不符合项状态报告清单。承包商每半年应就不符合项的发展趋势,向业主提交质量趋势分析报告。通过分析发展趋势,确认应在哪些方面采取切实有效的措施,加强防范意识,以减少不符合项的发生。

6 结束语

本文介绍了岭澳核电站土建施工的管理模式,阐述了土建施工先决条件及不符合项的控制,在此基础上介绍了质量控制的实践经验。这些经验是在大亚湾核电站经验的基础上形成的,它们既具有中国特色,又同国际接轨。这些核电工程自主化管理经验是十分宝贵的,值得其它核电站借鉴。

本文经岭澳核电公司质保部高鹏飞经理审阅,并提出很多宝贵意见,在此深表感谢。

Quality Control of Ling 'ao Nuclear Power Station Civil Construction

LU Bu-liang, YE Chang-yuan

(Quality Assure Department, Ling 'ao Nuclear Power Company Limited, Shenzhen 518124, China)

Abstract :Based on the quality control model adopted during Ling 'ao Nuclear Power Station construction, the paper briefly introduces quality control process of some main civil construction activities (reinforced concrete, steel liner, steel works and prestressing force) of nuclear power station, and makes some descriptions on non-conformance control of civil works. These quality control processes described in this paper come from the concrete practice during civil construction of Ling 'ao Nuclear Power Station, and are based on Daya Bay Nuclear Power Station construction experience.

Key words :nuclear power station; civil construction; quality control