

钢衬里现场安装介绍

宋春雷 贾立博

中核工程咨询有限公司, 北京 100000

[**摘要**] 某核电站反应堆,单台机组发电功率110万千瓦。反应堆厂房钢衬里及安全壳是核电站第三道安全屏障,是核岛厂房土建施工的关键工序,一直也是监理人员控制的重点,其安装质量对于工程整体质量有着重要的影响。论文叙述了钢衬里(除穹顶外)安装的质量控制重点及措施,并归纳总结了安全壳钢衬里施工的常见质量问题,为其他堆型核电站钢衬里安装质量控制提供参考。

[关键词] 钢衬里; 质量控制; 经验反馈

1.概述

某堆型安全壳钢衬里是由底板、圆柱形筒体、槽钢支撑骨架和半球形穹顶组成。其中钢衬里筒体内直径为44.000m,底标高为+7.125m、顶标高为+48.600m,净高41.475m,共分九层,每层由12块左右分块板组成,壁板厚度为6mm,用材质为Q235B的 \angle 75×6的角钢作为加强肋,筒体壁板现场与外侧钢衬里支撑骨架通过 Φ 20圆钢焊接连接形成一整体。

钢衬里共含有 286 个贯穿件套筒,其中包括 2 个 Φ 2760×30mm 的人员闸门贯穿件套筒和 1 个 Φ 7520×60mm 的设备闸门贯穿件套筒,其余贯穿件套筒直径主要集中在 Φ 159mm \sim Φ 1120mm 之间。钢衬里支撑骨架主要由材质为 Q235B 的「14 槽钢和 \angle 63×5 角钢等型钢焊接而成的钢框架作为钢衬里外侧的骨架,永久埋在内安全壳混凝土中。

钢衬里内表面防腐涂层,采用的是含有有机硅盐成分的金属铝复合保护层。钢衬里在进行喷砂后,采用直径 1.5-2.0mm 的铝丝铺上 3-5 层通过气体热熔敷金属的方法进行涂敷,有机硅酸盐涂料应涂敷在铝涂层上 4-5 层。

2 主要施工工艺

安全壳钢衬里安装主要施工工艺为:外侧垂直、环向骨架支撑安装→待安装壁板定位基准放线→壁板吊装→临时固定→焊接立缝平台安装→外侧走道板铺设→垂直度调整→组对、焊接立缝(收缩缝除外)→组对、焊接环缝→组对、焊接收缩缝→上一层贯穿件套筒安装(如有)→安装几何尺寸检查。

3 施工技术要求

按照设计要求每个30°对壁板上口标高及半径进行检查。

筒体直径允许误差为 ±60mm, 筒体半径允许误差为 ±40mm, 钢衬里摆锤线的总偏差不能超过 ±35mm (摆锤线偏差 检查应在钢衬里筒体全部安装完成之后进行,并出具测量检查报告),每 3 米高度的垂直度偏差不超过 51mm。筒体起拱线上各点的平均标高与筒壁起拱线相应点的理论标高之差不应超过 60mm。另外上述各点应在相距 25mm 的两个水平面之间。

局部尺寸:按设计半径制成的长 4.5m 的样板,水平靠在筒壁板,当样板与焊缝的距离大于 300mm,筒壁与样板的缝隙不宜大于 25mm: 当样板距焊缝小于 300mm 或与焊缝相交时,缝隙不宜大于 38mm。3m 长的直尺每隔 30°,竖向靠在筒壁表面上,直尺与筒壁间的缝隙不宜超过 25mm。

贯穿件套管中心线和反应堆中心线之差: ±50mm;

贯穿件套管实际位置和理论位置之差: ±10mm;

套管外口中心与穿过套管内口中心的一条线之间的偏差: ±3mm。

4 质量控制重点

4.1 支撑骨架安装质量控制

- 4.1.1 在每段安装时,先进行垂直骨架的安装,后进行水平骨架的安装,最后进行垂直支撑构件和托架的安装,支撑骨架的安装应符合《建筑钢结构总技术条件》的要求;
- 4.1.2按照图纸设计对垂直骨架进行定位放线,应先从120°和300°位置上的空间结构开始,在垂直支撑骨架组对、焊接后,均应仔细检查骨架的垂直度,对垂直度不符合要求的骨架应进行校正;
- 4.1.3 在垂直骨架上放出水平骨架的标高,安装支撑角钢及水平骨架,在水平骨架焊接完成后检查水平骨架的水平度;
 - 4.2 钢衬里筒体壁板安装质量控制
 - 4.2.1 在测量进行定位放线后,仔细核对测量报告中壁板的角度偏差是否满足设计要求,安装监理应注意受现场条

28 工程建设

件的影响,部分角度线(包括贯穿件安装时的定位线)放出的是控制线,需进行计算得出实际就位角度线;

- 4.2.2壁板吊装前核对分块板的编号,以及焊缝角度线和半径线(第一层安装前需核对);
- 4.2.3 按照分块板的位置和编号,按顺时针或逆时针的顺序依次一块接一块地吊装,每吊装一块就固定一块。吊装作业时,壁板吊装时应合理选择吊点,防止吊装变形;
- 4.2.4组对时先调整其中一块板的垂直度和位置,并点焊其环缝,以此板为基准组对两侧壁板立缝,组对时应同时调整单块板上口的垂直度和下口的环缝,两者都符合要求后(环缝不得点焊)再调整点焊与相邻壁板的立缝,最后加长板留余量一侧的立缝不组对。组对时严禁不使用垫板直接锤击钢衬里壁板;
- 4.2.5 采用间隙板和加强肋上的调整装置调整立缝和环缝的焊缝间隙,间隙板每隔 $300 \sim 500$ mm 设置一个,根据壁板的局部平整度可缩小至 200mm;
- 4.2.6 安装过程中利用全站仪通过对每一块壁板上口的测控点进行监测,通过加强肋上的调整装置调节壁板的垂直度;
- 4.2.7 立缝焊接后,开始组对环缝,组对时,宜从加长板对面以某一基准点开始,从顺时针和逆时针两个方向同时向加长板组对固定;
- 4.2.8 环缝组对完成后,重新调整该圈壁板的半径和周长,合格后组对最后一条立缝和环缝,先焊接最后一道立缝,然后按焊接方案施焊环缝;
- 4.2.9 由于第九层壁板上口与穹顶下口进行安装对接,因此需在钢衬里壁板第九层安装及穹顶第一层拼装时进行两者之间周长及半径的匹配。为保证穹顶顺利安装,根据相关穹顶安装施工经验,九层壁板上口与穹顶第一层下口周长之差应控制在 20mm 以内,九层壁板上口及穹顶下口半径在穹顶吊装之前应控制在 ±10mm 以内。同时考虑到九层壁板安装完成后,后续牛腿及锚固件安装焊接对壁板周长的影响,九层壁板上口周长应略长于穹顶下口周长;
- 4.2.10 在筒体壁板安装焊接完成后,再次检查筒上口壁板半径及标高,确认满足要求后,按照图纸要求在每块板的角钢加强肋上利用连接件将其与支撑骨架焊接固定。

4.3 贯穿件套筒安装质量控制

- 4.3.1 为防止贯穿件套筒安装过程中安全壳钢衬里壁板变形过大,必须在下一层壁板安装并焊接完成后才能安装上一层的贯穿件套筒;
- 4.3.2 贯穿件套筒现场安装采用二次切割的方法。在安装完成的钢衬里壁板上放出贯穿件套筒中心位置的定位十字 线及预切割的控制线,进行壁板的预切割,切割孔的直径大于贯穿件套筒的管径及加劲肋直径,但小于加强圈的直径 以使贯穿件套筒能穿入。对于同一层壁板上贯穿件密封的部位,安装应间隔跳开进行,避免因集中开孔和焊接造成局 部较大的变形;
- 4.3.3 贯穿件套筒就位前,应按照图纸对贯穿件套筒的标识进行仔细核对,确认无误后方可进行吊装。将贯穿件套筒的加强圈与钢衬里壁板贴合,并将加强圈上的十字线与衬里板上十字线重合(注意十字线的方位性),调整固定支架,并固定住贯穿件套筒;沿加强圈边二次划线,进行二次精确切割,防止筒体壁板上开孔过大,最后将加强圈与钢衬里壁板对接组对、焊接,组对时再次核对贯穿件套筒的就位角度(贯穿件套筒内口上下、左右到钢衬里板的距离);
- 4.3.4 在贯穿件套筒安装焊接完成后,对贯穿件套筒内口的定位角度、标高进行测量,然后根据内口定位调整贯穿件外口角度及标高,使其内外口同心度满足要求。同心度调整合格后在外侧利用 Φ40 钢筋进行贯穿件加固,加固钢筋应焊接在水平或垂直骨架上。

4.4 现场涂层修补质量控制

- 4.4.1 钢衬里现在安装完成后,应对钢衬里焊缝区域进行涂层修补。钢衬里现场安装过程中,应做好内表面涂层的保护工作,防止划伤、碰伤、水泥污染等情况出现,当钢衬里内表面涂层收到损伤时,也应进行涂层修补;
- 4.4.2 在涂层修补前,应对整个钢衬里壁板防腐涂层进行全面检查,有无混凝土污染、有无有机硅涂层破坏、有无铝层损伤,确定钢衬里壁板的损伤部位及损伤类型,根据不同的检查结果确定不同的修补方式,现场防腐涂层修补类型及处理方式见下表:

防腐涂层修补类型及处理方式

MMMGPTALAX	
防腐涂层修补类型	处理方式
油漆层表面划痕损伤	应先用钢丝刷将划痕区域周围20cm区域有机硅油漆打磨干净,保证该
	区域清洁、干燥,然后可进行有机硅喷涂。
浮灰及浮浆	使用布、砂纸清理浮灰和浮浆,对于难以清除的使用铲刀进行铲除,
	若有油漆或铝层损伤的,各自按相应的处理方式处理。
表面油漆划伤并伤及铝层	使用砂轮磨光机打磨油漆及铝层,并将母材打磨出粗糙度后,然后再
	进行喷铝及有机硅的喷涂。
油漆点状式损伤	这种油漆损伤形式的面积一般很小,用钢丝刷将整块区域内油漆打磨
	干净,保证该区域清洁、干燥方可进行有机硅喷涂。
现场焊缝修补	使用小型喷砂机具对焊缝区域进行喷砂,粗糙度满足设计要求后进行
	喷铝及有机硅的喷涂。

- 4.4.3 现场铝层喷涂完成后,涂层表面应为密实的、浅灰的、小颗粒构造,表面不能有杂质(溅屑)粗粒结构段,喷铝层厚度应达到 $300\,\mu\,\text{m}\sim390\,\mu\,\text{m}$,粗糙度 Rz 不大于 $80\,\mu\,\text{m}$,Ra 不大于 $20\,\mu\,\text{m}$;
 - 4.4.4 现场有机硅酸盐涂料喷涂完成后,涂层表面应均匀、平整、光滑,不应有起皱、流挂和气泡,有机硅酸盐涂

工程建设

料厚度不小于 200 µm, 总涂层厚度应为 500 µm, 允许增至 590 µm。

5 经验反馈

5.1 支撑骨架影响贯穿件、预应力管道的安装

在钢衬里编号 P192 贯穿件套筒安装时,发现其安装位置与竖向支撑骨架(203.5°)处相冲突,导致 P192 贯穿件无法按照,经施工单位向设计澄清将相干涉部分切除,然后再骨架另一侧焊接 [14 的槽钢恢复竖向支撑骨架。在土建预应力管道安装时,发现部门水平骨架的钢筋影响预应力管道安装,经向设计澄清后将影响的钢筋切断,在预应力管道安装后应立即恢复,恢复后钢筋与水平骨架的连接点距原节点的距离不能大于 100mm。

5.2 工装去除造成母材损伤的问题

在 3 号机组反应堆厂房钢衬里套筒 1-3 层壁板安装过程中,施工单位按 ASME 标准相关条款,将用于调整钢衬里组对间隙、错边量以及防止焊接变形的临时性附件焊接到钢衬里壁板上,在附件焊接、去除过程中对钢衬里筒体壁板母材、防腐涂层造成了一定的损伤,打磨去除的部位共 200 多处。

施工单位编写临时性附件安装去除方案经确认,对钢衬里损伤部位进行检测和修补,后续施工按照设计文件执行, 在安全壳钢衬里壁板外侧(混凝土侧)的角钢上焊接附件方法。

5.3 钢衬里壁板局部变形尺寸超差

钢衬里筒体壁板在组对、焊接后进行局部变形尺寸检查,发现焊缝两侧 300mm 内变形尺寸达到 31mm,超过了设计标准 25mm 的要求。

主要原因有: 1)在组对焊接之前,未及时对运输、吊装过程中产生的变形进行矫正; 2)组对过程中强力组对,焊接时的焊接应力造成钢衬里壁板变形; 3)钢衬里壁板上口未及时增加工艺角钢控制其弧度; 4)焊接作业过程未严格按照既定的焊接顺序和工艺进行焊接作业; 5)局部区域焊缝较多,焊接应力较为集中造成的焊接变形过大从而导致钢衬里壁板变形过大。

纠正及预防措施为: 1)对于焊接作业较为集中区域应及时补增反变形措施,进行焊接变形的控制; 2)在组对作业中,壁板对接及锚固件、贯穿件套筒对接处,调整错边不应使用蛮力,应通过切割或者其他方式消除组对应力; 3)及时增加工艺角钢等工装,调整钢衬里壁板的垂直度及弧度;对于使用强力组对的壁板对接处,打开定位焊点,重新进行组对之后再进行焊接。

5.4 内、外贯穿件套筒同心度超差

该堆型为双层安全壳,在钢衬里与外安全壳上均安装均有贯穿件套筒,在贯穿件套筒安装过程中,应特别注意检查"套管外口中心与穿过套管内口中心的一条线之间的偏差:±3mm"的技术要求,如果内贯穿件套筒的同心度超差,将使外贯穿件套筒产生更大的超差。如厂房设备闸门套筒、人员闸门套筒及部分贯穿件套筒在安装后复测时发现内、外贯穿件套筒同心度超差,直接影响了设备闸门、人员闸门的安装。

在钢衬里内贯穿件套筒组对后应对同心度进行测量,在钢衬里板外侧点焊固定支撑工装,在焊接完成后对同心度进行复测,如有超差则需重新进行调整并加支撑进行加固。

5.5 钢衬里内表面涂层保护不到位

在钢衬里、内部结构施工过程中,由于操作不当和保护措施不到位,致使钢衬里内表面涂层多次出现损伤、污染的问题,监理人员、业主及工程公司多次发文提出整改要求,但是施工单位主动保护的意识不够、采取措施不到位,涂层保护效果不是很理想。经组织专题会明确要求施工单位分析原因,做好隔离和遮盖措施,制定涂层修补施工方案,做好钢结构和土建施工工人的技术交底,将所采取的预防措施固化在相关程序和方案中,建立定期检查制度来监督检查方案的落实情况,确保成品保护工作落实到位。

[参考文献]

- [1] ASME BPVC-III第二册 1998。
- [2] GB50755-2012 钢结构工程施工规范。
- [3] 9.304-87 通用防腐抗老化方法——热喷涂基本要求和检查方法。
- [4] 23118-99 建筑钢结构总技术条件。

30 工程建设