

SC结构整圈吊装吊具设计与选型有关因素分析

裴盛昌

中国核工业第二二建设有限公司

[摘要]: 三门3、4号机组CAP1000核岛屏蔽墙SC结构是双壁钢板混凝土结构(简称:SC),其整体为圆形筒状结构,外径44.196m,设计分为16层,与之内部紧密相邻的结构是CV钢制安全壳,二者之间的净距1.327m。按照项目施工部署,拟将6-16层分为6个环段逐段吊装就位。SC多环段吊装工程与其它单个大件吊装工程相比,吊装环段较多,且需要考虑各环段与CV等相邻结构的施工协调性,吊具设计和选型需要考虑的因素更多。吊装设计前,厘清这些因素和这些因素对吊装设计的影响程度显得极为关键。所以,结合多年来关于大件吊装方面的工作经验积累,通过梳理SC环段吊装工艺匹配性及安全性、结构自身稳定性、各环段间统筹性、连接的配合性、经济性等背后的影响因素,然后分析这些因素的影响关系和影响程度,最终形成影响吊装吊具设计与选型的因素列表,提供给吊装吊具设计和选型阶段参考,为后续形成适用性好、经济合理的吊装设计方案打下基础。

[关键词]: SC结构;整圈吊装;吊具设计与选型;因素

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6261.2020.02.809

引言

CAP1000核岛屏蔽墙SC结构是双壁钢板混凝土结构(简称:SC),其整体为圆形筒状结构,设计分为16层,双壁板之间主要用钢筋拉结,各层划分为若干个子模块。在SC内部紧密相邻的结构是CV钢制安全壳(简称:CV),具体形式见下图。

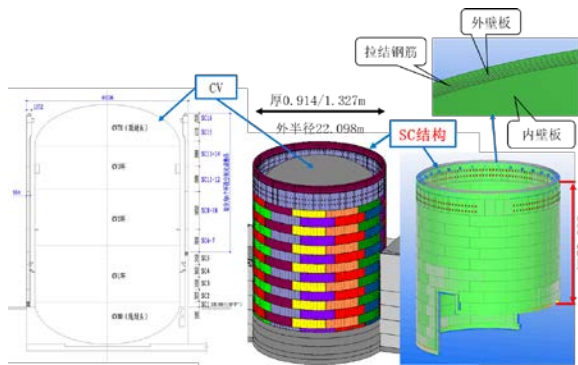


图1 SC结构整体结构概况示意图

按照三门3、4号机组项目施工部署,SC结构采取整圈吊装方式安装,SC结构可整圈吊装的是6-16层。按照一定的规则,现已确定为6个组合环段吊装,即6-7、8-10、11-12、13-14、15、16层。

项目所配置的大吊车为Lampson LTL-2600B(2600t)履带吊,负载能力可支持各个环段吊装。

鉴于SC与CV之间的净距仅1.327m, CV各层也是采取整圈吊装的方式安装,所以SC与CV钢制安全壳存在一定的施工逻辑关系。从结构布置来看,SC主要与CV2环、CV3环、CV顶封头的施工逻辑关系密切。因为CV的各个层段吊装方式和吊具已经固化,这个逻辑关系需依据SC各环段吊装与CV施工的协调关系来确定,而这个协调关系,很大程度上与SC吊装吊具设计和选型有关。

因为SC组合吊装环段数量较多,各环段体量参数不同,各环吊装时,现场的施工条件有一定差异,所以在吊装吊具设计和选型时,需要统筹考虑各方面因素,综合确定出适用、经济的配置方案。

所以,下面将通过各关联要素的详细分析讨论,提炼出SC整圈吊装吊具设计与选型时需考虑的影响因素,并根据各因素的影响程度,确定出强制约束因素和非强制约束因素,

以供后续吊装设计工作开展时参考。

一、影响适用性的因素分析

(一) 吊装工艺匹配性及安全性影响因素分析

1. 吊钩提升极限高度

在吊装过程中,吊车吊钩可提升的极限高度是一定的,它可根据吊车使用说明中明确的吊钩限位距离和所选的工况参数确定。这就要求吊装吊具设计和选型搭配时应从空间上统筹,确保吊装全过程中吊钩提升的最大高度在可提供的最大高度以内。由于该因素决定于吊车的原始设计,一般没有调节空间,是强制约束因素。

2. 安全距离

吊装工况下,吊车与被吊物、吊车与固定建筑物、被吊物与固定建筑物之间应留有一定的净空距离,以防止因风荷载、惯性摆动和SC环自身变形等引起的水平分量位移,综合影响导致实际净空距离减小超过预留的净空距离,进而发生擦、碰。在吊具设计和选型时,为保证吊装安全,应计算确定吊装过程中SC环段可能发生的最大水平分量位移值,预留净空距离不可小于该位移值,而且还应留足余量。这因素直接影响吊装安全,是强制约束因素。

3. 吊具负载能力

吊钩与SC环段之间通过多重吊具搭配连接,各吊具负载能力均应满足要求,设计时应通过受力验算,并按照相关规范取合适的系数来确定其额定荷载,还应加一定的安全裕度。该因素是决定吊装安全的关键因素,属于强制约束因素。

(二) 结构自身稳定性影响因素分析

1. 吊点的位置和数量

SC环段为圆筒形结构,外形半径达到22米,环段最高可达10米,在提升地面后,整个环段的重量靠各吊点承担,吊点及其附近结构的材料应力应在许用应力以下,吊点的设置位置可能存在多种,如在内外壁板其中之一上、在二者上对应同时设置、在二者连桥中部设置吊耳等。设计时,需在试分析SC环段的整体变形和材料应力是否在允许范围内来确定合适的设置位置。该因素影响结构自身在吊装过程中的稳定性,必须验算,是强制约束因素。

2. 吊点受力方向

吊点主要有两种受力形式,一种是斜向受力,一种是竖向受力。前者会产生水平分力,进而引起结构本体水平方向上的挤压变形,对结构自身水平方向上的刚度和受力能力提

出一定要求；后者则通过特制环吊梁承担水平分力，吊点只受竖向力，不会出现前者因水平分力引起的挤压变形。这两种受力形式的选择要根据有限元分析结构整体受力与变形情况，同时还要兼顾各环节就位需要来综合确定选型，这里需要注意的是，吊点位置的设置也很关键。该因素必须考虑，而且可能是吊具总成本高与低的决定因素，是强制性约束因素。

（三）各环节间统筹性影响因素分析

SC筒体划分为6个环段分别吊装，因为各个环段高度、重量和细部结构等体量参数有一定差异，而且各环吊装时，与之相邻的结构施工状态不同（主要是CV），CV与SC的高差是在不断变化的，单从就位需要上看，SC6-7层吊装必须要采用环吊梁，才能完成SC与CV的套环步骤而就位，但SC10-12层则不需要使用环吊梁辅助套环，即可就位。因此，SC结构的吊装吊具不能以满足其中一个环段吊装来设计定案而覆盖各段，尚应统筹各个环段吊装工况和适用情形来设计，重点核定吊具对于各环的统筹性因素：吊点布置及接口、各级吊索的长度、吊具搭配与排列、吊钩的极限高度、安全距离等。各环节间统筹性与其他方面的影响因素中有一些共同的因素，他们不仅影响其他方面原则是否满足，还影响着各环节吊装是否都能顺利实现，均是强制约束因素。

（四）连接配合性影响因素分析

吊车通过吊具与被SC环连接，然后将SC环吊运至目标位置。为了实现连接，吊钩与SC环之间可能需要通过过渡吊梁、环吊梁、钢丝绳、可调拉杆、卸扣等吊具搭配组合实现连接，这就要求各吊具需合理排列，吊具与吊耳、吊具之间、吊具与吊车之间连接需配合良好、连接操作可达，方可确保整个连接链条的适用性。例如，可调拉杆放在近吊钩短，从连接接口配合来看，实现没有难度，但是放在近SC环段吊耳端就更有利于调试操作，在近吊钩端调试就很不方便。这项因素为强制约束因素，必须在设计和选配时核对清楚。

（五）与其它工序协调性有关的因素分析

与其它工序协调性主要是指整环吊装吊耳与子模块倒运吊耳的公用程度。SC子模块在制作及出厂倒运、拼装阶段吊装和整环吊装过程中均需要通过吊耳连接吊装机具，若能三个阶段使用的吊耳统筹设计，提高吊耳共用程度，则对于SC结构在吊运方面的措施投入节省有利。这项因素属于非强制约束因素。

吊耳对其他工序的配合性要求。不同的吊耳设置位置和形式，可能对SC结构的其他施工工序造成影响，比如为实现吊耳均布，可能会影响钢筋、栓钉等其他零部件的组装时机或暂时占用其位置，带来局部施工工序的改变。该因素是强制约束因素。

二、影响经济性的因素分析

（一）影响采购投入的因素

吊装吊具因其作用关键，安全保障权重高，再加上其有出厂前荷载试验要求，一般都需要向专业制造厂家定制，采购成本相对常规吊索具高出较多，有必要在吊具设计、选型的时候，综合考虑选型、选材、材料用量、制造工艺难度、试验要求等影响制造成本的因素。这些因素影响一次采购成

本，要着重考虑，是强制约束因素。

（二）影响使用及维护费用的因素

吊具使用及维护一般有搬运、使用、存放、维护保养等环节，各个环节均会发生人工、运输、辅助材料费用，所设计和选型的吊具型式、体量、保养要求等均会关系到吊具使用费用高低。

（三）其它因素

1. 通用程度

SC整环吊装吊具为重要用途吊具，一般是针对特定的大件施工所设计，所以具有一定的专用性，若能在设计和选型时适当的兼顾其他物项施工的共用点，提高统筹设计的适用范围，提高全部或者部分吊具的通用程度，也可以通过其他物项使用来分摊其成本。该因素具有较多的不确定性，比较难把握，不宜作为强制约束因素。

2. 残值

当吊具使用达到报废标准，或者后续无继续使用的可能，作为废品处理所能获得的收益，该因素可以作为边际要素适当的平衡即可，不宜作为强制约束因素。

三、结论

通过分析，可以得出有关SC结构整环吊装吊具设计和选型的主要因素：

适用性维度：吊装工艺匹配性及安全性方面需强制考虑吊钩提升极限高度、安全距离、吊具负载能力；结构自身的稳定性方面需强制考虑结构自身的稳定性、吊点的位置与数量、吊点受力方向；各环节间统筹性方面需强制考虑吊点布置及接口、各级吊索的长度、吊具搭配与排列、吊钩提升极限高度、安全距离；连接的配合性方面需强制考虑吊具排列、连接的配合性、连接操作可达性；与其它工序的协调性方面适当考虑整吊吊耳与子模块倒运吊耳的公用程度、对其他工序的配合性；

经济性维度：采购投入方面需兼顾考虑选型、选材、材料用量、制造工艺难度、试验要求；使用及维护费用方面需适当考虑搬运、使用、存放、维护保养等费用；其它方面可适当考虑通用程度、残值。

需要说明的是，影响适用性和经济性的各个因素并非独立存在，而是相互关联、交叉影响。在吊装设计、吊具设计和选型时，要综合考虑这些因素，平衡好适用性、安全性和经济性要求，可能要经综合分析和多方案对比，然后确定最优的吊具设计和选型配置方案。结论虽然做了强制约束因素和非强制约束因素的区分，但当某项因素对适应性、安全性及经济性造成影响较大时，可以将其作为关键性因素，提高其影响值权重。然而，基本原则是SC结构吊装吊具最终的设计与选型方案应当符合强制约束因素，并适当兼顾非强制约束因素。

参考文献：

- [1]徐家生,于赛珂.SKF热轴承圈吊具设计及结构有限元分析[J].机械制造,2012(10):5.
- [2]蔡杰,刘涛.一种通用吊具的结构设计与仿真分析[J].机械制造,2019,57(4):5.