

大型吊装中设备吊耳设计与验收

潘文江

(中国石化集团宁波工程有限公司, 浙江宁波 315207)

摘 要: 吊耳是设备吊装中的重要连接部件, 直接关系到大型设备吊装安全。文章结合工程实际, 提出了在大型吊装工程中, 根据吊装设备的具体情况确定吊耳的结构型式和设计承载能力、设置吊耳的吊点、对吊耳进行加工制作、对吊耳的焊接质量进行控制和验收等的方法及相关要求。文章进一步指出: 吊耳设计与验收是大型吊装中的关键环节, 需根据吊耳设计规范和项目施工实际, 做好设备吊耳设计与验收工作。

关键词: 大型设备; 吊装; 吊耳; 设计; 验收

中图分类号: TE682 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-2206 (2009) 03-0049-03

0 引言

随着大型设备吊装一体化、专业化的实施, 在一个大型项目中, 涉及的大型设备吊装工作量将多达数十台、甚至数百台。目前, 大型设备吊耳设计工作一般都由吊装技术人员来完成。在福建炼油乙烯一体化项目中, 80 t 以上大型设备多达 150 余台, 除进口设备和卧式设备外, 均需要由吊装技术人员设计吊耳。下面结合该项目吊装实际, 介绍大型设备吊耳的设计与验收。

1 设备相关资料的收集查阅

在设备吊耳设计之前, 吊装技术人员应根据实际情况对设备进行分类, 向 EPC 承包商索要平面布置图、设备工程图纸、设备到货计划等相关资料, 并保持与 EPC 承包商的沟通联系, 及时掌握设计变更等重要信息。

认真查阅设备工程图, 详细了解设备重量、直径、高度、材质、管口方位、壁厚以及是否热处理等重要信息。需要 EPC 承包商确认哪些内件在设备出厂前安装, 吊装前是否安装劳动保护、附塔管道等。综合考虑主吊车和溜尾吊车的吊装负荷, 充分利用项目现有的吊车资源和吊装机索具, 做到既满足吊装需要, 又经济合理。

2 吊耳设计

吊耳可分为顶部板式吊耳(代号 TP)、侧壁板式吊耳(代号 SP)和管轴式吊耳(代号 AX)三大

类。管轴式吊耳适用于较高或较重型立式设备的吊装, 其结构合理、性能优异、使用方便, 因此在石油化工工程建设中, 管轴式吊耳是立式设备吊装中最常见的吊耳型式。本文仅对管轴式吊耳进行介绍。

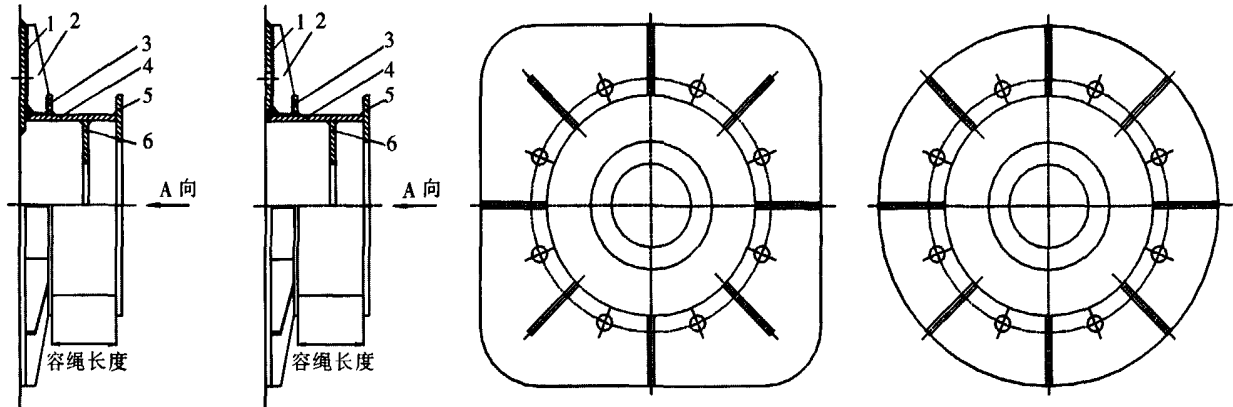
2.1 管轴式吊耳结构型式

目前, 国内管轴式吊耳设计一般都参考原石油工业部颁发的《起重工操作规程》和原化学工业部颁发的《设备吊耳》两个系列的标准。两个系列的吊耳结构型式适合国内当时的条件, 曾被广泛应用。随着我国经济的高速发展和科学技术的长足进步, 管轴式吊耳的制造技术条件和使用条件均发生了较大的变化。在这种情况下, 吊耳设计时应当摒弃老吊耳系列的弊端, 而参照国际上通常的管轴式吊耳型式进行设计, 使其结构型式更合理。

国际上通常的管轴式吊耳管轴内不设筋板, 或为中空式, 或设加强环, 从加大管径和管轴壁厚方面满足强度条件, 显然优于我国老吊耳系列采用小口径薄壁管轴而在内腔加复杂筋板的方式。从管轴长度看, 国际上通常以大绳径少股数钢丝绳为前提条件, 将管轴设计得较短, 而我国老吊耳系列则以小绳径多股数钢丝绳为前提条件, 不得不将管轴设计得较长。从理论上讲, 前者显然更合理; 从实际上看, 不必完全依照国外模式, 但是应逐步加大钢丝绳绳径以减少股数, 从而缩短管轴长度。福建炼

油乙烯一体化项目大型设备吊耳设计吸收了国际上管轴式吊耳的通常设计理念,并根据项目吊装实际情况进行了优化,在吊装方案审查时,作为方案中的一个亮点得到了中国石化集团吊装专家组的肯定。

管轴式吊耳结构型式如图1所示。在不锈钢和低温钢等材质的设备与碳钢管轴之间需加垫板,见图1(a),在设备和吊耳材质相同时,吊耳可直接焊在设备筒体上,见图1(b)。加强板一般为方形或者圆形,见图1(c)和(d)。



(a) 管轴焊接在加强板上 (b) 管轴直接焊在设备筒体上 (c) 方形加强板型式(A向) (d) 圆形加强板型式(A向)

1.加强板; 2.肋板; 3.内挡板; 4.管轴; 5.外挡板; 6.加强环

图1 管轴式吊耳结构型式

2.2 管轴式吊耳设计相关要求

吊耳设计的指导思想是承载能力要有足够大的余量。吊耳的结构应满足自身强度和设备连接的强度要求。吊耳设计依据国家相关规范进行初步设计,根据初步确定的位置及方位做吊装稳定性、强度、局部应力、局部补强、加固、吊耳本身强度等相关的力学计算,对薄壁、细长塔等特殊设备还应做有限元分析,确保吊耳设计满足吊装要求。在满足强度、稳定性及吊装能力的前提下,还应吸收国内外吊耳设计的先进技术,优化吊耳设计。

注意管轴式吊耳的有效容绳长度。吊耳的有效容绳长度应根据吊装所选用的钢丝绳进行确定,容绳长度过长,将影响吊耳强度,加大吊耳本体的局部应力,不利于安全吊装;若容绳长度过小,可能导致钢丝绳无法穿挂,影响正常吊装。根据吊装需要,容绳长度宜留50~100mm的余量;以 $\phi 90$ mm的绳扣为例,绳扣绕1圈,容绳长度在150~180mm;绳扣绕2圈,容绳长度在250~300mm范围内;绳扣绕3圈,容绳长度在350~400mm范围内。

以往采用桅杆吊装时,吊耳都必须设置活动挡圈,但随着吊车的大型化,吊耳设计时一般都很少考虑设置活动挡圈。在实际吊装过程中,钢丝绳与吊耳挡板间还存在微小的夹角,在设计吊耳时可根据需要设置活动挡圈。设备吊装翻转过程对主吊钢

丝绳磨损较大,应采取适当的保护措施,延长钢丝绳的使用寿命,对于大管径吊耳可在管轴上设置自由转动的轴套,以保护钢丝绳。

2.3 吊耳强度及设备本体处局部应力计算

局部应力按美国焊接研究委员会WRC-107公报的方法计算,或者用ANSYS软件对吊耳焊接处局部应力进行有限元分析。采用WRC-107公报的方法计算,因需要通过插值查表估算,计算结果存在一定偏差;而用有限元分析,可直观显示最大应力处及其应力值,能较准确反映实际应力值。目前,基于ANSYS的吊耳受力分析在工程中得到了广泛的应用。

2.4 吊耳位置的确定

HG/T 21574-1994《设备吊耳》中提到吊耳设置部位及数量:AX型吊耳一般应设置在设备重心1.5m以上,并对称设置两个。从理论上说,主吊耳只要设置在重心以上即可满足吊装要求。吊耳位置若设置在重心以上靠重心附近,其优点是可以减小溜尾力,则溜尾吊车可以选用较小的吊车级别,但这样的吊耳位置设置存在以下弊端:

(1) 需要有较大的吊装场地,设备正面起吊,其头部会顶到吊车臂杆;设备侧面起吊,平衡梁正对吊车臂杆,需有较大的作业半径,方可避开平衡梁与吊车臂杆的相碰。

(2) 不利于吊装过程控制，设备吊装达到脱排临界角时，由于设备本身的惯性，溜尾吊车很难控制设备的摆动，而这样的左右摆动将对吊车臂杆产生侧向力，侧向力将可能对吊车臂杆产生较大的危害。

(3) 若重心位置计算不准确，将可能出现主吊耳在设备重心之下，无法进行正常吊装。

(4) 在现场设备就位后安装附塔管道和劳动保护还需要大型吊车配合。

(5) 若重力产生的力矩不足以克服钢丝绳与吊耳间摩擦力产生的力矩，设备脱排后不能直立。

目前，大型设备吊装中，在满足设备本身强度的条件下，主吊耳一般都尽可能往设备头部靠。主吊耳上移，将增加溜尾力，溜尾吊车级别也相应增大。主吊耳上移可以尽量避开管口，同时也可在吊装前做好设备的吊装辅助工作，减少高空作业量，吊装过程较为平稳。因此，吊耳具体设置位置还需综合考虑吊装现场条件、项目投入吊车资源、现有的机索具、设备管口方位以及设备制造排版图等情况。

2.5 吊耳材料选择及焊接制作要求

吊耳的材质应与设备材质相同或接近，对于在低温钢和不锈钢上焊普通碳钢材质的吊耳，焊接时则应考虑加垫板，垫板材料应与焊接吊耳位置的设备本体材质相一致。制定吊耳焊接顺序，选择合适的焊接工艺，由有相应资质的焊工施焊。

常见材料之间焊接的焊材选用：16MnR+16MnR 焊条为 J507，16MnR+20R 焊条为 J427 或 J422，Q235+20R 焊条为 J427，Q235+Q235 焊条为 J427，20R+20R 焊条为 J427，0Cr18Ni9+0Cr18Ni9 焊条为 A102 或 A132，0Cr18Ni9+16MnR（或 Q235）焊条为 A307 或 A302，09MnNiDR+09MnNiDR 焊条为 W707 或 W707DR，09MnNiDR+16MnR（或 Q235）焊条为 W707 或 W707DR。

吊耳图纸中必须有吊耳制作的详细技术要求。技术要求是指导吊耳材料选择、下料、制作、焊接和验收等工序的作业指导书。技术要求中所引用的标准或规范必须准确无误，行文规范严谨，文字叙述部分必须与图形部分相呼应。吊耳图纸必须经有相应资质的吊装工程师审核批准后方可发给制造单位。如有条件，应到制造厂对吊耳制

作进行施工技术交底。

3 吊耳验收

吊耳由吊装单位设计审核，经 EPC 承包商确认后发给制造厂。吊装单位应建立与 EPC 承包商、制造厂家联系沟通的渠道，吊耳位置变更可以得到及时的反馈。在福建炼油乙烯一体化项目中，个别设备吊耳下料或设置位置未严格执行图纸要求，给吊装带来了较大的影响，如：上海一家设备制造公司，在没通知 EPC 承包商和吊装单位的情况下，擅自改动其中两台设备的吊耳位置，其中 1# 丙烯精馏塔吊耳位置上移了 6 m，按原吊装方案，250 t 履带吊车就不能满足设备吊装溜尾要求；脱甲烷塔主吊耳下移了 1 m，造成原吊装方案中选择的平衡梁下套钢丝绳长度不够；天津一家设备制造公司在抽提蒸馏塔吊耳下料时未考虑设备弧度，造成吊耳容绳长度减少，按原吊装方案钢丝绳无法进行穿挂。对发现的问题在吊装前及时采取了相应的措施，变更了吊装方案，才满足了吊装要求。

吊装单位还应与设备制造厂家沟通，将吊耳验收工作前移。制造厂家必须提供吊耳检测报告，吊装技术人员必须对吊耳检测报告进行查验。设备进场后，吊装技术人员必须对每台设备的吊耳外观、焊肉高度、焊接位置、方位等进行复核，必要时还应对吊耳进行复检，检查是否出现延迟裂纹，确保吊装安全。

4 结束语

大型设备吊装是项目施工的关键，设备吊耳设计与验收是大型吊装中的关键。因此大型设备吊装中须根据吊耳设计规范和项目施工实际，做好设备吊耳设计与验收工作，使吊耳满足吊装要求，确保大型设备吊装安全、稳妥。

参考文献：

- [1] GB150-1998, 钢制压力容器[S].
- [2] HG/T21574-1994, 设备吊耳[S].
- [3] JB/T4708-2000, 钢制压力容器焊接工艺评定[S].
- [4] SH/T3513-2003, 大型设备吊装工程施工工艺标准[S].

作者简介：潘文江（1970-），男，福建泉州人，工程师，1995年毕业于辽宁抚顺石油学院化工机械系，从事大型设备吊装技术工作。

收稿日期：2008-07-30