

塔式起重机附墙杆断裂失效原因分析

李自平

(佛山市禅城区建设工程质量安全检测站 广东 佛山 528000)

摘要: 塔式起重机属于高层建筑施工的常见设备设施, 通常在塔身超出使用说明书要求自由高度后, 就必须采取安装附墙装置来促使起重机塔身和建筑物之间形成有效连接, 由此来减少塔身的自由高度, 缓解塔身内力效应, 保障塔机的正常稳定运行。塔式起重机附墙装置主要由框架、附墙预埋座及附墙杆组合而成, 因此其安装工作非常关键, 而安装质量的好坏通常直接对施工进度控制及施工质量产生直接影响。然而, 实际施工中, 塔式起重机附墙杆安装很容易因为一系列复杂原因而产生断裂, 进而导致附墙杆作用失效, 在影响施工质量的同时, 也对整体工期造成延误。为此, 本文针对塔式起重机附墙杆断裂失效的原因进行分析, 并由此提出有效的附墙杆安装施工技术, 以供业界参考。

关键词: 塔式起重机; 附墙杆; 断裂失效; 安装质量

0 引言

塔式起重机附墙杆通常由原制造厂或者同等资质制造厂购买, 在长度上是固定状态, 由于深受建筑物基本情况及施工实际状况的限制, 塔身和建筑物间的距离存在较为明显的差异。因此, 塔身附墙杆的长度也需充分结合实际状况来进行优化调整。在实际的施工当中, 基本都需要配备标准和非标准长度的附墙杆来参与施工, 而这都需要面向厂家进行定制, 或者直接在原附墙杆基础上进行改动调整。具体是将原附墙杆切割处理后再采取焊对接的方式来调整其长度值, 在实际焊接工作中, 一根附墙杆基本需要焊接 2~3 次, 然后采取特定的施工技术进行安装处理。但在实际安装当中, 经常会出现附墙杆断裂失效的情况, 以下针对此类问题展开详细论述。

1 结构分析

1.1 臂架结构

起重机吊臂是主承压和弯矩调整的重要结构类型, 因此其所具备的作用特点非常明显。在起重臂起吊施工中, 可依托变幅小车按照臂架的长度来实施优化调整, 在实际调整过程中, 进行水平位移处理时, 可以更顺利、有序地进行安装工作。在设计过程中, 起重臂的横截面形状是类比形式确定的。

1.2 塔身结构

根据塔机用户手册型号规格、最大起重力矩、最大起重重量、最大幅度、最大幅度处额定起重重量, 例如一台要求塔身结构截面尺寸需设定为 $1.8\text{m} \times 1.8\text{m}$, 其中, 塔身主弦、水平横杆、塔身斜杆均需采用无缝钢管处理,

塔身标准截面长度应采用无缝钢管处理。其中, 主绳的高度应控制为 2.8m, 而相邻节段之间的连接采用螺栓轴连接的形式, 塔架结构通常采用碳钢和低合金结构钢的材料来进行配置。同时, 需要选择更合适的截面尺寸, 以适当调整塔身重量。塔身段内部必须设置爬梯, 平台其余部分必须承受 3000N 的移动集中载荷才能适合其使用, 由此才达成基本使用要求。

1.3 塔顶结构

通常塔身顶部结构呈截锥形, 正是由于结构缺陷明显, 下部截面尺寸同等塔体截面尺寸, 主帘线采用厚无缝钢管。主帘线应与无缝钢管网连接。这种方法有自己的特点。其结构相对简单, 重量比其他结构形式轻。塔顶一般为旋转塔。框架和转盘集成在同一平台上。驾驶室通常安装在塔的侧面, 随转盘转动。塔顶高度应按塔机说明书要求加工, 高度控制在 7.1m。

1.4 平衡臂结构

通常采取平架样式的平衡臂、起重机、减速器等置于箱型断面位置排列。同时需根据设计使用手册的规范标准, 设定平衡臂的长度为 14.9m。在具体设计中可使用短平衡臂, 主要因为其具备明显的优势, 能够促使塔式起重机在狭窄的空间内顺利安装和拆卸。同时, 在施工过程中短平衡臂也不易受到相邻建筑物的不利影响, 其自重也很有效。在结构上重量较轻, 平衡重量主要采用钢筋混凝土来做配重, 并且体积比其他结构也更小, 在迎风面具备显著优势。

2 安装工艺原理及技术特点

2.1 安装工艺原理

组装式附墙杆具体涵盖了安装架连接端杆、中间构

件、安装支架端杆。各个杆件部位均采用材质和型号相同的钢管。并且,中间件两端通常设有相应的法兰盘,其中连接架的连杆端杆和连接支架的连杆端杆在靠近中间件的一端各有一个法兰盘,法兰盘的端面需垂直于杆的轴线。在实际使用中,杆的三个杆件部分主要采用螺栓固定在一起。

附架端杆加工成固定尺寸,附架端杆有长度微调的调节螺丝,微调范围为 $\pm 15\text{cm}$ 。并且,需要严格根据差异化的长度范围,将其中间件加工规格为:200mm、400mm、900mm 和 1500mm 几项。实际应用中,根据壁挂杆的实际长度选择中间件,也可以随意连接一根或两根中间件。组装完成后,附墙杆的长度与实际需要的杆件长度之差不得超出 15cm,并应调整螺纹杆以消除存在的差值。

2.2 安装技术特点

安装技术特点主要有以下几点:

(1) 提高贴墙材料的质量。壁挂杆以无缝钢管为主要材料,按相应塔机型号设计,按图纸要求批量加工而成。模具用于加工和焊接,加工质量易于控制和检测。壁挂杆的长度以装配式增减中间件的形式变化。更换时,避免焊接,减少安装在墙壁上的杆的焊缝数量,确保杆的所有零件具有相同的材料和管径,并且杆的每个部分同轴度确保满足要求。这提高了壁挂杆的质量和外观。

(2) 组装速度快,降低安装成本。壁挂杆经过切割和焊接改造,需要 2 名工人在 1 天内完成完整的壁挂杆。使用组装好的壁挂杆,两个工人可以在 1.5 小时内组装一套壁挂杆。在改造过程中,只需要扳手等简单的工具,不需要切割机和电焊机等进行切割和焊接工作。这大大简化了操作方法,缩短了施工时间,减少了人员、设备和材料的投入,显著降低了施工成本。

(3) 节省材料、快速生产、重复使用。组装的壁挂杆和所有组件都是标准化的。不同长度的中间件可与任意杆组合,组成不同长度的壁挂杆。这意味着如果改变墙杆的长度,只需要更换内部中间件即可。每次修改都不需要切割或焊接等机加工工作。因此,每套墙杆都可以回收利用。

(4) 全面消除施工现场的环境污染等因素。组装式附墙杆可直接用于新产品,且不需要通过现场或基地再行加工,由此能够极大地减少施工现场产生的光污染、烟雾和废渣污染。同时,也避免了在建筑工地进行焊接作业时,焊渣飞散,与周围可燃物接触会引起火灾。因此,组装式塔吊附墙杆的安装能够显著减轻一些安全问题。

(5) 使用子模块和子规范创建。根据施工现场常用的塔机,按规格进行分组,如 QC31.5、QC40 为一组,

QC63、QC80 为一组,其他类型的大型塔机型号细分为一组。不同组选用差异化的模块设计来进行附墙杆制造。对于同组设备,可根据设备手册中的支座反作用力,选择其中受力需求相对较高的附墙杆件作为设计标准,设计制造的壁挂式杆件都满足组内设备使用要求,同一组中的所有设备都可以为相应的模块使用任何一组壁挂杆,因此使用起来很方便。该技术适用于配套塔吊附墙设备的施工,塔吊与建筑物间距需严格控制在 3.5 ~ 6m。

3 断裂失效原因分析

3.1 起重量限制器故障

如果起重量限制器发生故障,需将起重量限制器的传感器销线连接到臂架基部的横梁上。否则,将使塔机不能限制起重量,难以预防超负荷运行,最终将对起升传动部分、塔身、附墙杆结构,乃至电机和电气等造成损坏。

3.2 附墙安装角度及载重回转过快的失效

一般塔吊两只附墙杆的夹角应该为 $60^\circ \sim 90^\circ$,短撑杆内角 $45^\circ \sim 60^\circ$,标准节中心到建筑物 5 米,标准设置必须保持在相应区间,塔机室的作用是承受起重臂拉绳和平衡臂拉绳的上部载荷,通过旋转塔转盘等结构件直接传递到塔体结构上。然而在实际安装中,很容易因为安装角度不符合规范,再加上载重回转速度过快等诸多因素,导致附墙杆开裂失效,如图 1 所示。

3.3 焊接工艺问题导致回转受力的失效

焊接工艺问题是导致附墙杆断裂的主要因素之一,通常因为焊接施工工艺不够成熟,导致焊接未熔合、未焊透,仍然存在裂缝、气孔、固体杂质、咬边、焊缝超高、凸度过大、错边和焊瘤等,再加上槽钢厚度不足、严重锈蚀,塔机基础长期浸泡在水中致使材料和焊缝严重锈蚀,或因焊缝表面被油漆覆盖等,从而导致不能及时发现焊缝开裂和主肢撕裂以及螺栓松动等异常,最终致使主材断裂及焊缝撕裂。在此背景下,一旦塔吊载重回转时受力,将直接引发附墙杆断裂失效,如图 2 所示。

4 安装施工技术要点

4.1 选材及安装设计

具体需认真查看所有适用于此模块组装的拉杆塔式起重机的产品手册,重点查看同一组中塔式起重机拉杆的最大轴向压力和最大轴向张力。结合拉杆的最大轴向压力和最大轴向张力来选择合适的拉杆材料和连接螺栓。结合塔吊所附壁挂杆的描述性数据和选用的加工材料,在组内现有的各项设备要求均应当充分满足其安全使用要求为基本前提,设计出装配式壁挂杆



图 1 安装角度因素导致附墙杆开裂

的图纸。

4.2 下料及加工

钢管切割长度偏差需严格控制为 $\pm 5\text{mm}$ ，其中切割面垂直偏斜应小于 4mm ，钢管切割面不可出现裂纹、分层或间隙 $\geq 2\text{mm}$ 的情况，所有毛刺均应当彻底清除。

4.3 机械加工

使用打孔器冲出凸耳板和法兰盘毛坯，具体要求孔径应符合图纸要求，孔位公差范围为 $\pm 0.5\text{mm}$ 。

4.4 焊接加工及验收

针对法兰盘的焊接操作，要求其垂直公差应当严格控制在 1.5mm 以下，以保证法兰盘端面与管道工作轴线的垂直度符合要求。同时，为了保证焊接后法兰盘的垂直度，需要制作法兰板用于焊接定位模具，并在焊接前将法兰板和钢管杆固定在模具上。焊好法兰板后，再焊上加强板，将三块加强板焊接到板上。三个快速加强筋之间的夹角为 120° 。为满足耳板和套筒的焊接需要，各加强筋与相邻螺栓孔应保持相同间距。在焊



图 2 焊接工艺问题导致附墙杆断裂

接、安装和调整钢管和螺母时，应当严格注意保护螺纹，防止损坏螺纹。焊接完成后，检查焊缝部分所呈现的外观质量，并借助超声波探伤仪等仪器检测其内部焊接质量，总体要求低于一级焊接要求。

4.5 组装与验收

(1) 固定架连接装配端杆时，首先在调节丝杠两端装上两个锁紧螺母，然后将锁紧螺母尽可能向靠近调节丝杠的中心位置转动。连杆的另外两部分用调节螺钉组装，通过转动调节螺钉，调节螺钉左右螺纹外露部分的长度约为 7.5cm 。调节螺钉的调节范围为 $\pm 15\text{cm}$ 。

(2) 根据现场测量确定所需的连杆长度，并根据连杆长度选择合适的中心部分长度。将连接架的连接端杆、中间件、连接支架的连接端杆依次用螺栓连接起来。先拧紧螺栓。所有安装完成后，以螺栓材料屈服极限的 50% 的预紧力拧紧。第二次拧紧时，首先拧紧该组螺栓，然后在相应位置拧紧螺栓，并非单纯按顺时针或逆时针顺序。具体要求每个螺栓上都使用双螺母，以预防螺栓在使用过程中松动。

(3) 转动调节螺钉，严格控制调节螺钉的外露长度，使组装好的壁挂杆长度为实际要求的长度。

4.6 现场安装运用

在实际安装前，要求应当全面检查附墙杆的钢结

构,内容上包含螺钉、焊缝、螺栓连接构件等部分的完整性。安装固定架后,将固定壁杆按顺序提升到固定位置,并用铰链固定。一个销连接到附件框架,另一端连接到嵌入在建筑物中的附件支架。

可依托调节丝杆来调整安装墙杆长度以此呈现出预期的塔体垂直度。附着状态下最高附着点以下塔身轴心线的侧向垂直度偏差应 $\leq 2\text{‰}$,附着状态下最高附着点以上塔身轴心线的侧向垂直度偏差应 $\leq 4\text{‰}$ 。拧紧调节螺钉上的锁紧螺母,以固定安装在附墙上的杆的长度。确保所有销钉、开口销和连接螺栓等都应当牢牢固定,由此才能真正符合标准要求。

4.7 质量控制举措

针对法兰盘与杆管的焊接工作,法兰盘与杆轴垂直线的公差值在 1.5mm 以下。喷漆前杆表面应进行锈蚀处理。处理后的棒材表面不应有焊渣、焊缝划痕、灰尘、水和油等。钢筋的表面质量也不容忽视,涂层应均匀,无明显褶皱、流挂、针孔和气泡。为确保准确放样,请创建用于在法兰盘中放样螺栓孔的模板。此外,还需制作专门的定位模具,来切实保证焊接后法兰盘与杆、管材的垂直度要求。

5 结语

综上所述,塔式起重机附墙杆断裂失效对整个工程

的影响非常明显,而导致附墙杆断裂失效的原因较为复杂,包括起重量限制器的失效、附墙杆安装角度及载重回转过快的失效、焊接工艺问题导致回转受力的失效等。为此,就必须强化塔式起重机附墙杆安装施工工艺,具体通过组装式附墙杆安装施工技术,才能切实保障塔式起重机附墙杆的安装质量,增强其安全系数,最大限度地避免附墙杆断裂失效问题的产生,为不断完善塔式起重机附墙装置安装提供全新的思路。

参考文献:

- [1] 刘嘉浩,赵保同,吴涛,黄春武,李刚.塔式起重机三角斜撑固定附墙施工技术[J].建筑技术开发,2021,48(21):35-36.
- [2] 刘洋,刘鑫,杨皓东,涂刚要,庞涛.装配式建筑塔式起重机附着点增强措施及受力分析[J].安徽建筑,2020,27(12):72-73.
- [3] 余纯.大型动臂式塔机超长附墙杆件的设计和安装技术[J].建筑施工,2019,41(05):876-878.
- [4] 袁墩宾.塔式起重机组装式附墙杆施工技术[J].工程技术研究,2017(12):118+123.

作者简介:李自平(1984.04-),男,汉族,广东佛山人,本科,工程师,研究方向:建筑机械工程检测。