

一种海工平台齿轮齿条升降系统安装工艺分析

张洪军 刘玉忠 李胤辉

(武汉船用机械有限公司 湖北 武汉 430080)

摘要: 作为海工平台关键设备之一,升降系统的稳定性、可靠性直接影响平台的整体性能。升降系统安装是平台上安装周期长、工艺要求高的系统之一,是平台建造的难点。本文通过对齿轮齿条升降系统安装工序、关键点精度控制进行论述和说明,提供一种可靠的安装工艺,希望对该类型平台升降系统安装提供参考。

关键词: 齿轮齿条; 升降系统; 安装; 拉线工艺; 精度控制

1 概述

随着人类探索海洋资源的不断深入,自升式海工平台得到了广泛应用。根据不同的用途、应用工况,升降系统可分为电动齿轮齿条升降系统、液压齿轮齿条升降系统和液压插销升降系统。相较于液压插销升降系统,齿轮齿条升降系统的升降速度更快、机动性更高,适用于机动性要求相对高的海工生活辅助平台和海洋勘探平台。随着海洋地质勘探和海上风电运维的发展,齿轮齿条升降系统得到了更为广泛的应用^[1]。

2 齿轮齿条升降系统安装总体说明

升降系统作为海工平台关键设备之一,其运行稳定性直接影响海工平台的整体性能,同时升降系统作为海工平台建造周期最长、安装要求最高的系统,对系统建造工艺、精度控制提出了更高要求。

升降系统安装关键有以下几点:

- (1) 齿轮箱小齿轮与齿条啮合间隙控制;
- (2) 同一安装架上齿轮箱垂直度偏差控制;
- (3) 固装架焊接变形对齿轮箱定位影响的控制。

因此,结合建造过程控制,应选择合适的建造工艺,

对升降系统安装进度、精度控制和性能保证起着至关重要的作用。本文结合公司建造的某型平台升降系统建造过程,对齿轮齿条升降系统安装工艺的要点、精度控制要素及注意事项进行论述。

齿轮齿条升降系统安装方法主要有两种:

(1) 先焊接桩靴与桩腿,待桩腿合拢完成后再进行固装架安装;

(2) 先以桩靴为基准合拢固装架,固装架合拢完成后进行桩腿与桩

靴合拢。

第一种方案因固装架尺寸大,并且齿轮箱已安装,在吊装过程中易造成齿轮箱小齿轮与齿条碰撞;吊装完成后再进行焊接固装时,因焊接变形导致齿轮箱需要进行二次定位,受空间限制,齿轮啮合间隙不易调整,施工难度高。

第二种方案相较前者,采用吊装桩腿插入固装架的方法更易于操作,并且在吊装桩腿前可以先齿轮箱定位,减少后续安装工序,更容易精度控制,节约工期。本工艺在第二种方案的基础上进行了优化,通过各工序的有序结合及精度控制,很好地完成了升降系统安装,并达到了安装精度的要求。

3 升降系统安装

总体流程:固装架制作→固装架上齿轮箱临时定位→固装架与齿轮箱组件装焊→固装架中心线画线→齿轮箱齿顶定位拉线→楔形块拂配安装→桩腿插装→桩腿与桩靴焊接。

3.1 固装架制作及控制要素

固装架制作主要进行安装架与固装架套筒的装焊,固装架制造在台架上进行(图1),装配时主要控制要

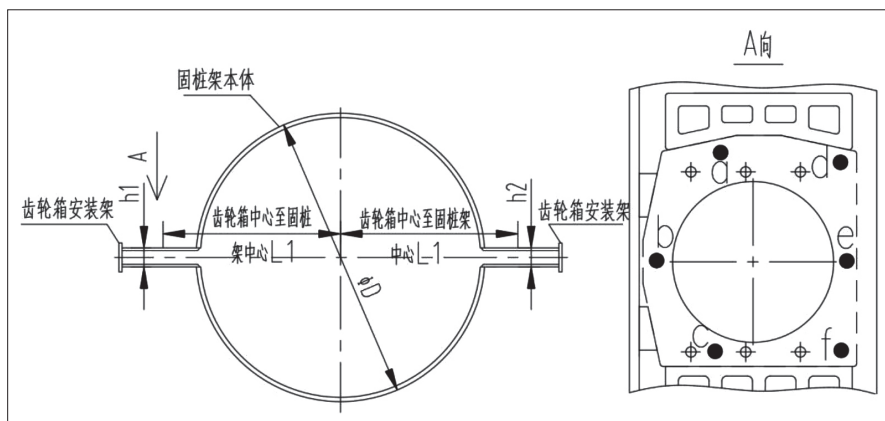


图1 固装架制作示意图

素有：

- (1) 齿轮箱中心至固装架中心线 L_1/L_2 ，偏差要求为 $-1 \sim 2\text{mm}$ ，控制齿轮箱安装时定位楔形块在调整范围内；
- (2) 安装架的外开档 h_1/h_2 ，偏差最大 $\pm 2\text{mm}$ ，控制齿轮箱小齿轮厚度及桩腿齿条厚度方向上与安装架的间隙，保证齿轮齿条不与安装架产生摩擦；
- (3) 严控安装架齿轮箱安装机加工面变形量（按照齿轮箱安装位置变形量测量表测量齿轮箱变形量）。
- (4) 如图 2 所示，对整体垂直度控制，为保证桩腿

表 齿轮箱安装位置变形量测量表

序号	测量点	理论尺寸 h	偏差	测量值 h_1	测量值 h_2
1	a	212	± 0.5	212	212
2	b	212	± 0.5	212	212.5
3	c	212	± 0.5	212.5	212
4	d	212	± 0.5	211.5	211.5
5	e	212	± 0.5	211.5	212
6	f	212	± 0.5	212	212.5

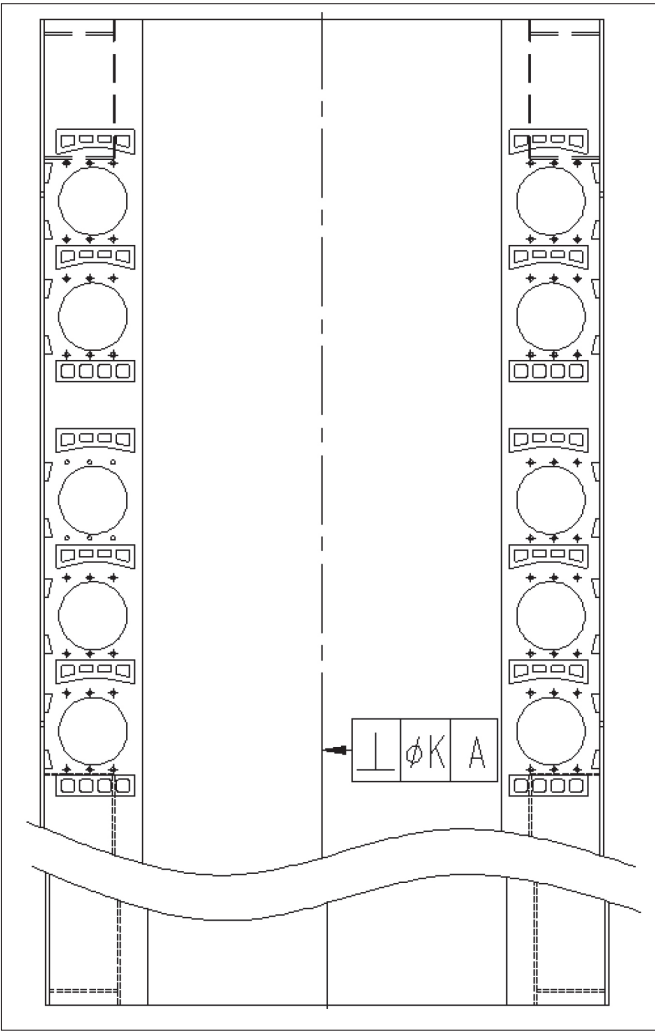


图 2 固装架整体垂直度控制示意图

齿条在安装架内间隙，防止齿条磨损安装架，需保证纵向垂直度 A 偏差控制在 $\pm 1\text{mm}$ 范围内。

3.2 齿轮箱在固装架上临时定位

- 如图 3 所示，提前在固装架上定位齿轮箱有 4 个作用：
- (1) 方便吊装，固装架为卧式制作，齿轮箱吊装方便，并减少后续安装工作；
 - (2) 检查齿轮箱及其后法兰与安装架安装法兰面的间隙，如间隙超过设计要求，可提前处理，减少后续返工；
 - (3) 对安装架内表面进行修配，防止齿轮箱小齿轮与安装架磨损；
 - (4) 预拂配定位楔形块，减少齿轮箱终定位后的工作量。



图 3 齿轮箱临时定位示意图

3.3 固装架与齿轮箱组件吊装

齿轮箱与固装架组装完成后进行整体吊装，按照船体定位画线基准进行定位焊接，保证整体垂直度，控制焊接变形。固装架焊接必须严控焊接顺序及焊接热输入，防止焊接变形。

3.4 齿轮箱精定位

固装架与齿轮箱组件装焊完成后必须复检固装架焊后尺寸，固装架筒体圆心上下圆心点是否变形移位，重新校核定筒体圆心上下中线点^[2]。

- (1) 采用拉线方式连接套筒中心上下点，以中心线为基准，向两侧齿轮的齿顶划线 1426.5mm ，用于齿轮箱的定位调整，要求调整后要求齿轮箱的直线度误差在 $0 \sim 1\text{mm}$ （图 4）；

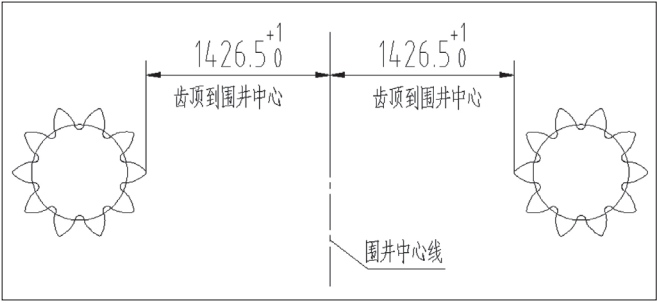


图 4 齿轮箱定位拉线示意图

(2) 调整齿轮箱位置, 旋转齿轮箱, 并将齿轮箱的齿顶与定位线重合;

(3) 测量齿轮箱定位楔形块的安装尺寸, 预留拂配余量后划线加工楔形块, 再拂配齿轮箱到位;

(4) 齿轮箱调整垫环配置, 为控制齿轮箱轴承轴向串量, 需在齿轮箱后法兰端盖与轴承之间设置调整垫环。调整垫环厚度受安装架法兰外开档 h 值的影响, 因此调整垫环厚度测量必须在齿轮箱安装螺栓紧固后进行, 厚度测量根据差值法进行测量。根据后端盖到轴承端面的间隙与设计间隙的差值, 来最终确认齿轮箱调整垫环厚度^[3]。

3.5 桩腿插装说明

齿轮箱安装完成后进行插桩, 为保证插装顺利, 需要在插桩前调整齿轮箱齿轮的角度。如图 5 所示, 一般条状齿轮箱小齿轮单齿与水平的夹角在 $20^{\circ} \sim 25^{\circ}$, 以确保插桩顺利。

3.6 复查

桩腿插桩之后需要对齿轮齿条安装间隙进行复查, 测量桩腿最顶部左右两侧齿轮箱和最底部左右两侧齿轮箱齿轮与齿条的啮合间隙, 啮合间隙复测如图 6 所示。

(1) 齿轮箱本体端通过手拉葫芦及千斤顶支撑, 拆出后法兰支撑, 并通过双头螺栓将减速箱固定;

(2) 测量齿轮箱齿轮轴中心到齿条齿顶的距离应为 $165 \sim 169\text{mm}$, 测量值在此范围内均为合格;

(3) 齿轮箱齿轮齿条啮合间隙复查, 仅作为齿轮齿条啮合间隙合格, 不能作为齿轮箱安装最终评价依据, 更不能作为安装工艺的正确性判断标准, 齿轮箱每一步安装都需要检验合格^[4]。

4 结语

齿轮齿条升降系统的安装精度控制直接影响后续升降系统调试 / 运行的稳定性, 通过以上升降系统安装工

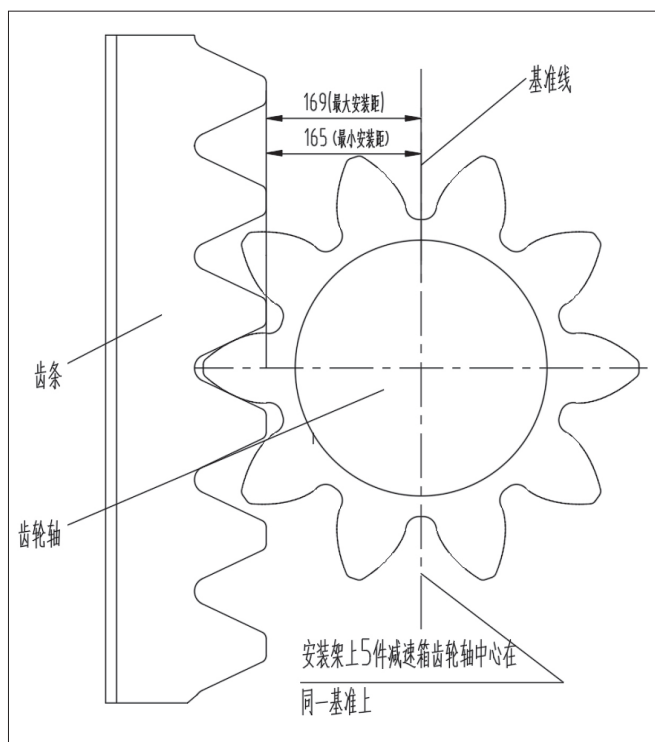


图 6 齿轮齿条啮合间隙复查示意图

艺及精度控制, 对安装过程中的关键因素进行合理控制, 可以有效解决升降系统齿轮磨损、齿轮齿条啮合间隙超差导致齿轮齿条损坏等问题。同时, 本工艺通过优化建造工序, 较好地控制了施工周期, 保证了建造周期, 提高了生产效率。本文提供的齿轮齿条安装工艺, 已经得到实船验证, 升降系统运行良好。同时, 为后续该类型平台的安装提供参考, 并结合新平台特点, 通过不断优化工艺, 更好地满足平台建造需求, 以保证升降系统的稳定性。

参考文献:

- [1] 罗宏志, 蒙古彬. 国内深水自升式钻井平台发展概况 [J]. 中国海洋平台, 2010, 25(4): 4-7.
- [2] 孙东昌, 潘斌. 海洋自升式移动平台设计与研究 [M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2008.
- [3] 孙永泰. 自升式海洋平台齿轮齿条升降系统的研究 [J]. 石油机械, 2004, 32(10): 23-26.
- [4] 蒙古彬, 曹宇光, 张士华. 自升式平台齿轮齿条升降系统结构设计 [J]. 机械设计与制造, 2013(11): 33-34.

作者简介: 张洪军 (1987.05-), 男, 汉族, 山东日照人, 硕士研究生, 高级工程师, 研究方向: 海洋工程。

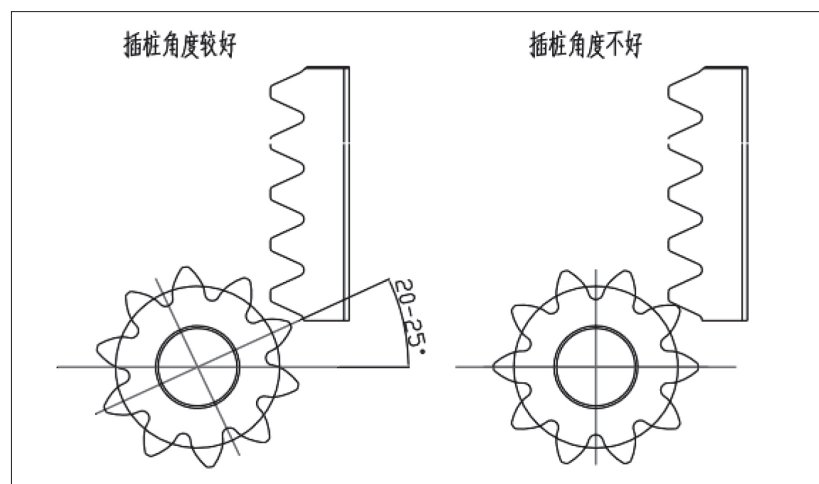


图 5 齿轮箱插装角度示意图