



浙江工业大学

本科毕业设计（论文） 开题报告

题目：高层塔机区域保护软件系统设计

学 院： 机 械 工 程 学 院
专 业： 测 控 技 术 与 仪 器
班 级： 测控 1401
学 号： 201402070626
学生姓名： 张 琪 伟
指导老师： 张 洪 涛
提交日期： 2018 年 3 月 10 日

题目：高层塔机区域保护软件系统设计

1、课题的背景及意义

塔机全称塔式起重机，是现代建筑施工的重要设备。塔机有着工作效率高、工作覆盖面积广的特点，加上塔机自增高的特性，安装拆卸也较简单。所以除了小型工程会使用到相关的工程车，大工地都会采用多台大型起重机并发施工。在多台塔机同时在场的情况下，如果没有安全可靠的检测控制系统作为保障，很容易发生塔机碰撞的事故。塔机一旦发生了事故，就会造成重大的影响和对社会的巨大损失。

据搜狐统计，2016 年在国内建筑业发生的事故就有 42 起，伤亡人数达到了 423 人，建筑业事故占了总事故的 13.46%，伤亡人数占了总伤亡人数的 23.13%。在建筑行业的安全至关重要。对于这些事故的调查，基本以坍塌和坠落为主，脚手架的坍塌、墙面的坍塌、高空坠落等。

塔机的事故主要可以分为以下几种：整体倾翻、升顶事故、脱臂或折臂事故和吊钩或重物脱落事故等^[1]。除了塔机本身的质量原因，因为在塔机设计之初，设计上的缺陷或者材料的问题，都会引发接下来的一系列事故了。塔机自身有着出故障的概率，那么塔机自身的安全保护装置也十分的重要。

在这个原因之外，还和操作者的使用有关，多数塔机的碰撞事故都是由于操作人员的误操作造成的。但这确是不可避免的，在重复高强度的作业时，总会有失误的时候。加之如今的塔机作业环境十分复杂，特别是在城市里，周围都是建筑物、街道、公路，甚至还有许多来往的人群，同一个作业空间内又布置者多台塔机。因此，作为保护措施的保护软件就十分重要了。

塔机的安全保障，除了塔机对自身故障的安全保障，还应该对障碍物的位置做出检测，并进行规避动作或预警操作人员。塔机自身的故障安全基本是由制造商决定的，通常情况下，购买国际认可的制造商的装备，出现问题的概率也会小很多，售后也更有保障。不过就目前的情况来看，制造商本身并不会配备一套完整的防碰撞的安全系统。所有的调度、操作都是现场的指挥人员完成的，工作的安全与指挥人员的经验、全局观有关。

传统的紧急解决方案就是使用区域的逻辑限制，使得塔机接近限制区域时产生报警，让塔机司机控制塔机进行避让操作。但是这种操作会降低工作效率，以及消耗不必要的能量，不是一种比较完美的解决方案。

2、课题的主要设计技术参数或研究工作要达到的目标

根据任务书的要求，综合运用所学的知识，遵循有关的设计规范，收集有关材料，拟定总体方案，对于系统的设计给出大体的方案，在协助现场指挥人员的同时，同时加入智能的防撞算法。使其能够运用到施工现场，保障工地的安全性。

对系统的设计要求主要：

(1) 保障数据采集的实时性，能及时的计算出危险的系数，并通知到塔机，使塔机自避让或者暂停。

(2) 给予现场指挥人员更为直观的数据表现，使其能更合理的分配任务和保障现场的安全效率。

3、课题研究的主要内容

以塔机的安全操作为目的，借鉴国内外研究的基础，本课题研究的主要内容为，在塔机尚未能完全自动化操作时，做出一种便于应急现场的故障情况，和现场指挥人员的调度控制的安全系统。

3.1 课题设计(或研究)的基本原理及技术方案

以上述需求为标准，提出了以下一种系统。塔机是数据的来源，塔机上必须安装各种传感器，以测量塔高、吊高、回转速度、回转角度、空间绝对位置等参数。随后采用主从结构的现场控制主机，终端将各自的数据发送到现场的主机中，又主机统一计算各塔机之间的干涉关系，及时计算出安全的操作轨迹，协助塔机司机进行操作。

同时主机将数据写入数据库（可以是远程或者是本地）。塔机的数量相对来说是有限的，系统的并发量也不会大于三位数。对于现场的主机，这点操作在发送数据的间隔完全能够应付。然后就是 Linux 后台部署 Web 项目，并且将数据库中的数据形象的展示给现场的指挥人员或者是远程的监控人员。对于现场的指挥人员来说，对各塔机的状况、位置、工作效率能有一个更好的把控。对于远程来说，当塔机出现故障时，技术人员可以先通过各项数据的记录推算出故障的所在，进行远程指导。而且对于更高级别的指挥人员，可以通过这个系统实时的给出指导方案，协助工程项目的推动。

目前而言，在现场终端搭载嵌入式 Linux、现场主机跑 C#或 Java 等后台程序，同时交接数据库。Web 后台采用也是用 JavaEE 标准完成。数据库采用 MySQL。

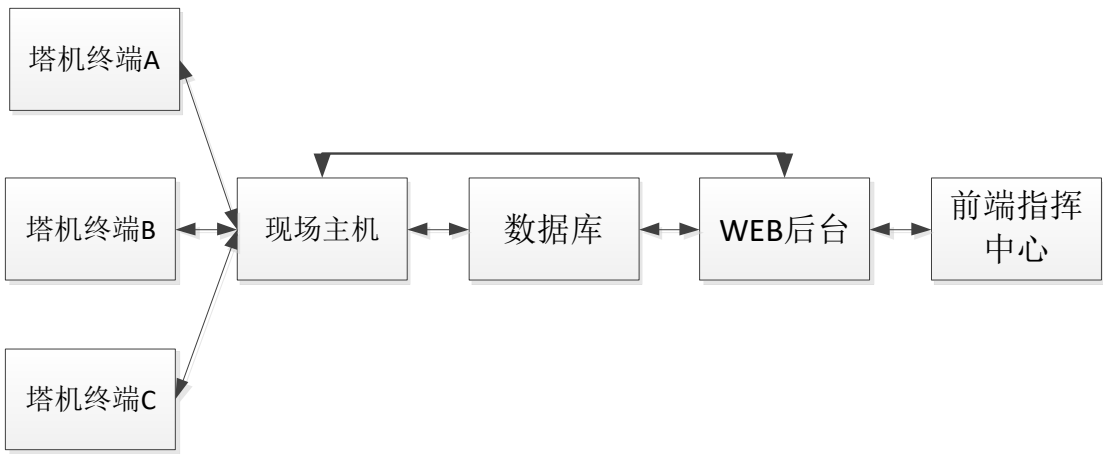


图 1. 系统总体设计图

另一个关键点就是塔机的传感器配置。为了能够更精确的解析出塔所在的状态，得获取塔机的高度，转角，角速度，塔高等带数据。计划是在塔臂上装载超声波测距仪、加速度传感器、力传感器、力矩传感器等。同时要求控制终端能够控制塔机的紧急避让和紧急停止，因此终端要能够对接到塔机的控制系统里面。对于终端和控制系统的对接，下文会简单介绍目前所构思的几种方案。

3.2 课题的可行性分析

本课题设计的系统主要的目的是保障工地塔机施工的安全。为此提出的解决方案，一方面对接现有的施工体系，即在存在现场指挥官的情况下，辅助现场的指挥官能够更加清楚的了解现场的情况，同时也能能够更加合理的指派、调度现场的任务。另一方面是在指挥人员

指挥不当的情况下,确保塔机的应急措施正常运行,采取紧急停机、或者是智能避让的方案。

假设在现场数据完全精确的情况下,这样的系统应该是能够比较好的运行的。剩下的就是现场数据的采集的准确性。塔机发生事故的主要原因有两种,一是塔机和建筑物的碰撞,二是塔机群之间的碰撞。

对于第一种情况,要实现数据层面的查表控制,建筑物的位置、高度必须精确的定位。这也是不现实的。目前手机的定位能达到十米的精确级,而使用专业的工业级的 GPS 精度也是不太够的。因此需要在塔机的工作臂上安装相关的测距仪来预判。

塔机的转角测量可以通过光电码盘来较为精确的测量,配合上加速度传感器,可以更为精确的拟合出塔机所在的角度。吊物的高度可以通过塔机的起重机构测量得到。

对于塔机的控制,国内外一般是采用 PLC 作为控制器来实现整个塔机的控制系统。因此对于数据的监控也会比较方便。如果能破解其总线的通讯协议,或者能直接与厂商完成对接,对于塔机的操作也会十分便利^[2]。

之前也有提到过,PC 机对于两位数的并发量并没有什么压力,加之 MySQL 的并发量达到三位数也没有什么压力。相比较于塔机的终端而言,指挥中心的实现反而是最简易的。

从以上的原理和软、硬件的解决方案来看,完成这个系统基本上是可行的。

3.3 课题主要解决的技术关键问题及创新点

塔机的避让系统,论关键性,在真个系统中占据了最大的比重。在塔机能够判断本身需要避让的情况下,整个系统才更有意义。

这里就有两种方案,第一种是使用很多的传感器去测量塔机的实时数据,并通过微机/计算机的分析给出实时的工作情况。第二种是对接塔机的 PLC 系统,获取到一些塔机的实时数据,即制造商所关注的一些数据。第一种方式对塔机的侵入较小,塔机不会因为本系统的故障而不能工作。同时非侵入式也代表了低耦合性,对于本系统的升级更换也很有帮助。但是第二种系统带来的好处是,能通过厂商控制系统 PLC 来代理操作塔机。同时也能通过塔机动态获取一切塔机的数据。

本课题主要解决的技术问题涉及到以下几个方面:

- (1) 塔机的当前状态的获取;
要能较为详细的获取塔机的数据,获取塔机的塔高、吊高、转角和角速度。
- (2) 工地建筑物的详细数据获取;
工地的建筑信息更迭速度较快,要能比较实时地获取工地上的建筑信息,又要考虑到数据的准确性。
- (3) 塔机终端与主机的信息传输问题。
要保持终端和主机的通讯,在塔机的高度和工地面积的影响下,通讯可能不是很顺利。

本课题的创新在于,通过一定的软件辅助,加强指挥人员的指挥作用。同时智能分析塔机的状态数据,给出最佳的避让方案。即在兼容现有的指挥系统下,给出更为高效、安全的系统。

3.4 课题研究工作的技术路线

本课题研究的安全系统是对现有塔机工作系统的加强。主要是由测量控制终端、现场主机、数据库、远程后台、前端指挥中心组成。首先,测量的数据经过简单的处理和判断,发往现场的 PC 主机,现场的 PC 主机通过高速的计算拟合,预判接下来的安全状况,发送给终端做出相应的处理。于此同时,将实时的数据存入数据库。在指挥中心访问前端页面时,会向 WEB 后台获取相应的数据,WEB 后台则拉取数据库中的数据,经过处理后来展示。在

指挥中心发现设备异常时，可以直接通过指挥中心前端，将请求发送给 WEB 后台，通过 WEB 后台将数据发送给现场主机，最后由现场主机告知塔机终端进行相应的处理操作。

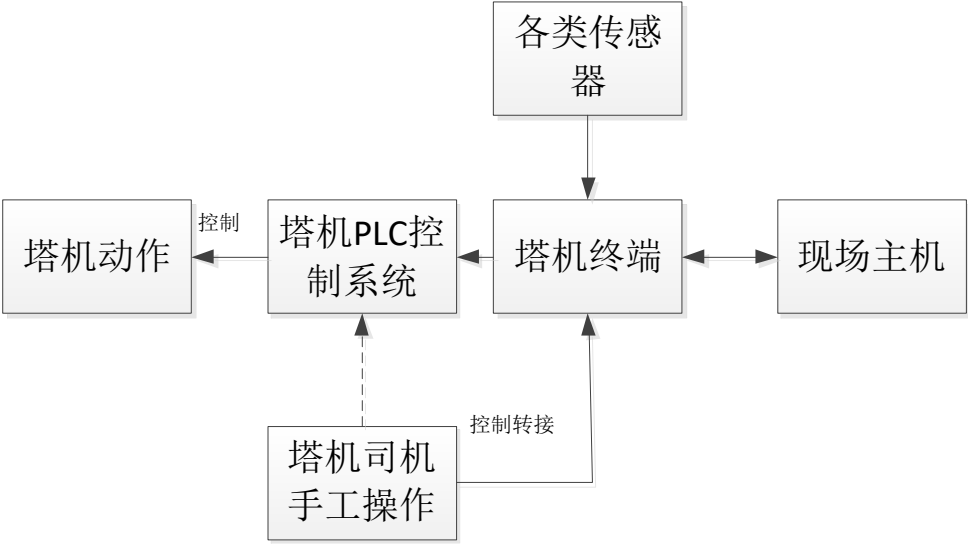


图 2.塔机终端控制方案 1

在如果能获取到 PLC 的控制权限的情况下，使用如上的系统，将会更加的便捷。一是直接接入 PLC 的控制系统，使用厂商原生的控制系统将会更加适配。但与之带来的另一个问题是每塔机的控制系统都各不相同，要针对每一台塔机都做出一套适配系统，成本过大，也不是很现实，在现在国际还没统一塔机控制体系的前提下。

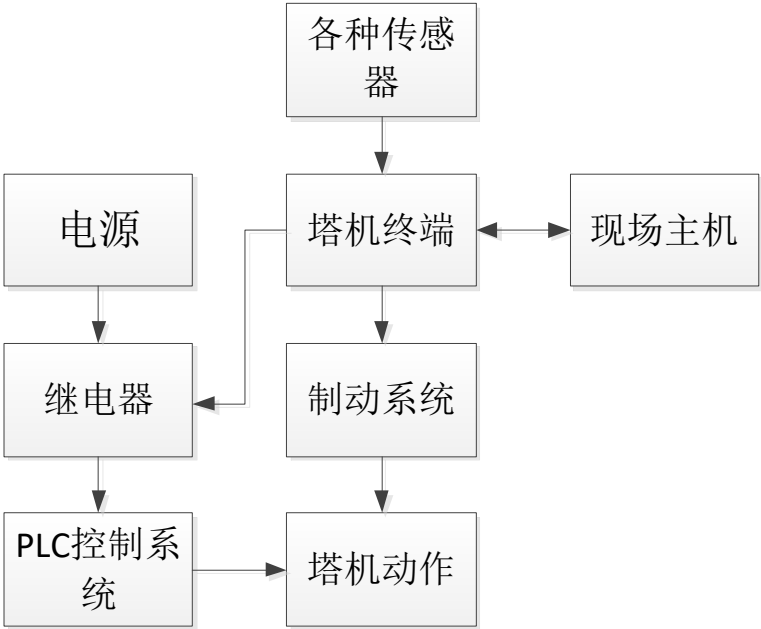


图 3. 塔机终端控制方案 2

第二种方案则是对电源下手，在塔机司机的高危操作的情况下。切断 PLC 控制系统的电源，转而启动制动系统。是较为折中的方案，但是不能完美的控制塔机的操作。

第三种可以想到的方案是放弃制造商的控制系统，接入自己的控制系统。这种情况下，我们要直接负责塔机的控制方案，除了塔机碰撞安全，还需负责塔机的自身安全。放弃制造

商调试的控制系统而采用自己的控制方案，其实是不太明智的。

最好直接与制造商达成合作，这是最完美的解决方案了。

在能够获取塔机数据和通过塔基终端控制塔机的前提下，接下来要做的是主机数据的分析。

4、课题计划进度

时间	完成的主要工作
2017.11.01—2017.12.01	了解毕业设计的总进程
2017.12.01—2018.01.15	查阅资料，完成开题报告，完成文献综述和外文翻译
2018.01.15—2018.03.31	完成塔机的机构计算和参数
2018.04.01—2018.04.30	完成塔机数据的获取和处理
2018.05.01—2018.05.26	完成安全指挥中心系统
2018.05.26—2018.06	修改及完成毕业答辩

参 考 文 献

[1] 琚晓涛,谷立臣. 基于超声信息融合的塔机防碰撞技术研究综述[J].传感器与微系统,2014,3,5:1-4

[2] 殷冬冬.智能仪器的外部接口与实现.中国科技技术大学.2010