



浙江工业大学

## 本科毕业设计（论文） 文献综述

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

# 高层塔机区域保护软件系统设计

## 摘要

随着国内城市化进度的加快，塔机在工地上的使用也越来越多，从单台塔机到多台塔机协同作业，由于事故引起的人员伤亡和经济损失日益增多。加快工作效率的同时，又对安全和社会的稳定提出了新的挑战。本文对比国内外的塔机技术，简叙塔机保护技术的关键技术和实现方法。

**关键字：**塔机 保护软件

## 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，还和操作者的使用和指挥人员的失误有关，多数塔机的碰撞事故都是由于操作人员的违规操作造成的。除了加强人员的操作能力，指挥人的总体把握能力，还需要更强大的保障。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。

## 2. 国内外塔机对比

相比于国际的工业体系，国内的工业起步是比较晚的了。早在 20 世纪 90 年代，美国、俄罗斯、乌克兰等国已普遍开始应用塔机防碰撞系统[2]。国际知名塔式起重机的主要制造商有德国的 Liebherr Group、美国的 Manitowoc-Potain、德国的 WOLFFKRAM AG、美国的 Terex Corporaton、马来西亚的 Favalle Favco Group、西班牙的 Linden Comansa 等几十家的制造商，都是经过了市场残酷的淘汰而生存下来的精英企业。这些厂家基本代表了塔机的最高技术。他们大都数都研制了自己产品的配套安全监控装置，他们的产品基本反映了国外安全监控装置的发展历程、现状和趋势。很早开始，因为国家政策的强制性，他们就安全保护方面非常的重视了。

我国最早在 1994 年发布的标准 GB/T 5031-199 《塔式起重机性能试验》中规定了塔式起重机技术性能和技术要求的试验规范和程序。我国也在 1999 年发布了 GB/T 9462-1999 《塔式起重机技术条件》，等国家标准规定了对塔机的安全保护装置的要求和性能。现行标准为 GB/T 5031-2008 《塔式起重机》。我国对于安全的保护起步较晚，但也十分重视。从标准发布以来，事故率也在急速减小。

近年来起重机的技术在不断发展，起重机智能化成为了一种新的趋势。通过采用工业网络的技术，对起重机的电控系统进行信息采集，从而能实时全面的监控起重机的工作状态。随之利用远程服务以及远程监控，能进行快速服务响应，协助操作人员进行故障排除。同时国外的起重机在精确定位方面有了很大的提升，在数据更为准确的前提下，加之更为先进的控制算法，包括现代控制、非线性控制、模糊控制、滑模变结构控制等控制方式构成，在防撞控制方面取得了不俗的成果。因而塔机的自身安全已经在出厂的时候得到了全面的保障。国外的塔机监控系统参数比较全面，数字化和智能化程度都很高。

我国以中联重科的建筑起重机为例，也有平头塔式起重机、锤头塔式起重机、动臂塔式起重机。以其 TC6010-6 锤头塔机为例，电器控制系统采用 PLC 控制，采用专业电器厂引进国外先进技术生产的电器元件。虽然在性能参数及技术指标达到了国际的先进水平，但是在安全监控方面的系统，厂商并没有配备。厂商只配备了基础的行程限位器和载荷限制器[3]，确保了塔机本身的工作安全。

毕竟国外领先了数十年的经验和技术的积累，加上国外完善的安全标准，使得他们的发展方向向着更高的质量发展。而我国的企业在某些对平时使用上不怎么用得上的地方，往往会采用功能阉割的方式来提高厂家的竞争力。最新的 2017 年全球塔式起重机制造商十强中，有三家来自我国，分别为中联重科(第三)、徐工集团(第七)、永茂控股(第八)。可以看出，即使是在制造商排名如此靠前的中联重科，在安全监控方面，依然有做的不完美的地方。

### 3. 本课题的主要技术关键点的比较分析和实现方法

参考以前对此类问题的解决方式，最简易实现的方式应该就是计算非工作区使得塔机不发生安全事故。但是这样做的缺点就是不稳定以及存在工作的死角，对塔机的布置也有了更高的要求[4]。在现代这种落后的方式已经明显不适用了，现代需要的是更为一体化的监控系统和现场智能控制为一体的安全保护系统。

对此本文提出了一种较为全面的解决方案，在现场提供防撞控制的同时，通过远程后台监控，使得现场的状况能够快速反映到现场值班负责人手上，并提出响应的解决方案。通过更为全面的监控，值班人员更能发现其中的风险，并做出相应的预警，辅助现场塔机的智能防撞算法，达到更为安全的解决方案。这是考虑到目前的指挥体系而提出的一种折中的方案，既然达不到完全全智能的智能塔机体系，那就在现有的体系上，辅助现场的指挥人员。

要完成安全保护一系列的系系统，主要有那么几点。数据的采集、数据的分析、和数据的实时分析监控。

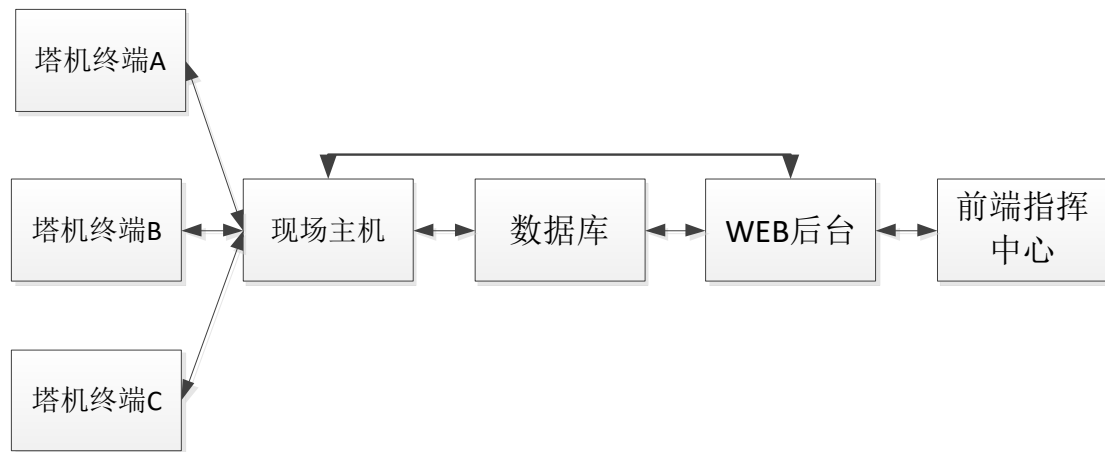


图 1. 系统总体设计图

关于数据的采集，比较传统的方式是使用超声波或者红外定位距离。这里为了更为精准的定位，继而加入 GPS 来定位塔机的绝对位置。塔机的自身数据可以抽象为，臂长、塔高、吊起的高度以及臂旋转角[5]。如果能精确定位到塔机，建筑物的情况下，这样的数据已经能够做出这样的系统了。但是现场的情况有着传感器的测量误差，风速，GPS 的信号强弱，来往的工人等因素造成的影响，若要为一个安全可用的系统，是不够的。其次 GPS 作为一个定位系统，如果不采用高精度工业级别的 GPS，也很难达到要求的精度。

现场需要测量的数据有塔机的机械信号，回转、变幅、高度传感器的信号，重物的质量、风速、温度等数据。从这些传感器输出的电信号经过滤波后，在通过 AD 转换转化为数字信号，提供给现场的测量终端的处理器，做下一步的处理。

关于数据的分析，涉及到塔机群之间的碰撞和塔机于建筑物之间的碰撞。

塔机与建筑物之间的碰撞，由于建筑物在一定程度上是绝对静止的，只要保证塔机的转动的过程中不进入建筑物的碰撞范围即可[6]。所以需要处理相应超声波测距传感器的测量值，同时根据事先得到的现场建筑数据，也可以进行一些预估的操作。在现场数据无法直接得到的情况下，也可以通过多个测距仪进行测量距离模糊判断出建筑的大致范围和高度。

再来就是塔机与塔机之间的碰撞。首先由于塔机是人操作的，人的操作是无法预估的，如果当两方同时需要经过一个有干涉的区域时，可以有以下几种解决的方案。

首先就是通过管理解决的方案。建立统一协调机制，即在现场布置一些管理人员；合理的进行施工组织，即尽可能少的进行同步作业；加强联络，通讯管理，加强指挥管理[7]。这也是现在比较常用的主流的方式。传统的方案也是目前最佳的中转方案，在目前无法完全实现塔机自动化的前提下，辅助之前的控制指挥体系，来使得指挥人员发挥更加高效的作用，也是该系统的一大特色。

而后可以采用较为智能的“锁”机制。即将通过一个干涉区时，低优先级的塔机会无法进入干涉区，直到高优先级的塔机离开干涉区位置，随后才可可通过。但是这样对效率的影响也是重大的[8]。经过在工地的观察，工地的塔机很少进行大幅度的转向操作，这样的机制可以作为预防。根本的效率还是通过指挥的合理分配来实现的。如果说智能的话，下一步应该也是通过计算机代替手动指挥吧。

同时数据的分析通过现场的测量终端应付紧急的情况。同时将数据通过移动/电信网络传到远程服务器进行分析，并定时（实时）存入数据库。数据的实时监控就将数据库中的最新数据读取，并通过一定的拟合算法来展现。展现完的数据基本能够代表整个工地的运行情况，以便于下一步的步骤。

数据的重现主要是给现场指挥人员和远程监控人员看的。上一步中，远程的主机会将实

时的数据写入到数据库里面。这个系统的后台就通过读取数据库，以 HTTP 协议的 REST 的数据接口的形式提供给前端展示。前端指挥中心则能对塔机进行一些简单的提示操作，辅助塔机司机。

## 4. 总结

针对建筑工地的塔机的安全保护，本文提出了上述的安全保护系统。在使得现场的指挥人员发挥最大作用的同时，也能通过实时的数据检测，智能防止、解决一些塔机容易发生的事故和故障。进一步的将通过更智能的数据分析算法，使得塔机的安全保护能够更加智能。

本文只是做了其中的一小步工作，简单的搭了一个系统的框架。具体的实现还会遇到各种各样的困难，如数据的采集、塔机的控制、网络的影响等。

## 参 考 文 献

- [1] 倪佩韦,王胜春, 张烨,田艳,于艳杰.塔式起重机动态特性方法研究进展.山东建筑大学学报.2014,12:29,6
- [2] Mohamed Al-Hussein, Muhammad Athar Niaz, Yu Haitao. Integrating 3D visualization and simulation for tower crane operations on construction sites[J].Automation in Construction,2006,15: 554 -562
- [3] 王小鹏,夏正月. 一种限制塔机工作区域的防碰撞装置.建筑成金.2014 年第 10 期
- [4] 万宏权,蔡亮,马荣章,罗文龙,向丽丽.塔机监控系统的工作区域限制逻辑算法. 国家“十一五”科技项目。2009.11.005
- [5] 陈科,张建庭,郑红梅,王有杰. 塔机信号采集与存储系统的设计与实现.合肥工业大学.电子测量与仪器学报.2014.8,第 28 卷第 8 期
- [6] 张东,李彦明,刘成良,胡鸿彬. 基于 ZigBee 的塔式起重机防碰撞系统研究.上海交通大学机械与动力工程学院
- [7] 雍尚华.多台塔式起重机同区域作业安全技术措施. 重庆巨能建设（集团）有限公司.工程技术.2013.11.081
- [8] 张友同.工程塔机防碰撞技术之浅析. 莱芜市机关事业管理局. 山东广播电视大学学报.2012 年第二期