

基于 GSM 的塔式起重机安全监控管理系统

陈 帅,周见行*,姜 伟

(浙江工业大学 特种装备制造与先进加工技术教育部/浙江省重点实验室,浙江 杭州 310014)

摘要:针对传统方法只能对单一塔机的运行状态进行安全报警,很难实现对塔机进行大规模的统一管理并进行安全报警的问题,设计了一种解决方案。首先根据塔机安全监控的需要,采用 GSM 网络的无线通讯技术,分析了短消息的压包和解包过程,并且自定义了通信协议的内容;然后根据塔机安全报警指标,对塔机的运行状态实现安全报警;最后设计了安全监控管理系统软件的流程。研究表明,该设计具有一定的工程应用价值,为进一步完善塔机安全监控管理软件功能奠定了基础。

关键词:塔式起重机;GSM 网络;监控系统

中图分类号:TH213.3;TP277

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2011)03-0337-06

Safety monitoring and management system for tower crane based on GSM

CHEN Shuai, ZHOU Jian-xing, JIANG Wei

(E&M Key Lab, Ministry of Education, Zhejiang Province, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China)

Abstract: Aiming at traditional method can realize safety alarm on a single tower crane only. It was difficult to achieve unified management and safety alarm on many tower cranes. In order to solve the problems, a design was presented. Firstly, according to the needs of tower crane safely monitoring, the wireless communication technology of global system for mobile communications(GSM) network was used, the pack and unpack of short message was analyzed, and the content of the communication protocol was customized. Then according to the safety alarm indicator, the safety alarm was realized. Finally a software process of the monitoring and management system was designed. The result shows that the system may be valuable for engineering application. The analysis lays the foundation for the further more perfection of software functions.

Key words: tower crane; global system for mobile communications(GSM) network; monitoring system

0 引 言

塔式起重机(简称塔机)是工业和民用建筑施工中的重要设备,具有工作效率高、使用范围广、操作容易、安装拆卸简便等特点。近年来,建筑业的迅速发展,为塔式起重机的发展创造了前所未有的发展机会,但同时也提出了挑战,塔机安全事故随着起重机数量的猛增而频繁发生。虽然我国对塔机及其配套件实行了各种许可证制度,但塔机的安全事故仍然不能避免。为此,减少塔机事故、提高塔机安全性能迫在眉睫。国家有关部门强制在塔机上使用安全保护装置。GB/T 9462-1999《塔式起重机技术条件》和 GB 5144-2006《塔式起重机安全规程》等国家标准对各种安全保护

装置的性能和要求都作了明确规定。从发生事故的原因方面分析,因使用方面的原因引发的事故约占 70%。而这方面事故的随机性大、种类多、情况复杂、较难控制。因此除了迫切地需要一种功能完善的安全保护装置来预防事故发生外,还需要一种合理有效的安全管理措施来对塔机群的使用进行统一管理和监控其安全状况^[1]。

基于此,本研究主要探讨了基于 GSM 的塔式起重机安全监控管理系统。

1 塔机安全监控管理系统

为了给塔机司机作业提供良好的运行信息,塔机安全监控管理系统需要掌握详尽的塔机运行参数。塔

收稿日期:2010-09-01

作者简介:陈 帅(1986-),男,浙江台州人,主要从事机械电子方面的研究. E-mail: chenshuai0203@126.com

通信联系人:周见行,男,高级工程师. E-mail: zhoujx@mail.hz.zj.cn

机运行时具有几个关键参数:吊钩高度、速度信息、小车变幅、塔机转角、转速信息,起重重量信息,特别重要的是起重力矩信息。以上这些参数对塔机的安全运行非常重要,因此塔机安全监控系统需要监控这些参数。塔机现场终端以发送短信的方式,将塔机的运行参数传回到安全监控中心,安全监控中心通过塔机安全监控系统地对塔机进行安全监控和显示。安全监控中心根据塔机的安全报警指标,判断塔机的各种运行参数是否达到预警点和报警停机点,当运行参数达到预警点时,塔机上的黄灯亮,当运行参数达到报警停机点时,塔机上的红灯亮,并执行停机操作。

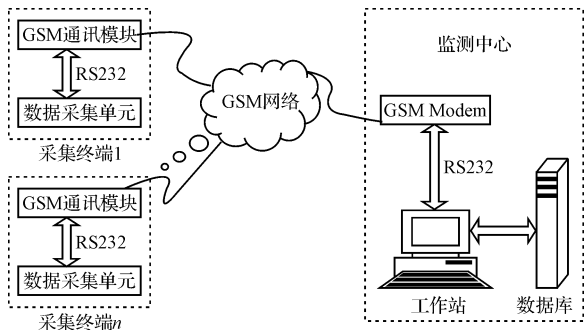


图 1 系统总体结构

2 短信收发的实现

2.1 AT 指令

AT 即 Attention,它是 Hayes 推出的一套 Modem 操作命令集,是 Modem 通信接口的工业标准,它的功能包括配置 Modem 与软件共同工作、与远程系统通信、发起或应答一个呼叫等。AT 指令以 AT 开头(A/命令除外),回车键结尾,前缀 AT 用于通知 Modem 注意检测计算机串行口发送信号的速率、识别字符格式。用户可以通过 AT 命令进行呼叫短信、数据业务、补充业务、传真等^[2-3]。

AT 命令是作为一个接口标准,所以它的命令、返回的值和格式都是固定的,总体上说 AT 命令有 4 种形式:

(1) 无参数命令。它是一种单纯的命令,格式是 AT[+ | &] < command > 如开机、显示当前设置列表等:AT + ON、AT&V…;

(2) 查询命令。它用来查询该命令当前设置的值,格式是 AT[+ | &] < command > ?,如:“AT + CS-CA?”;

(3) 帮助命令。它是用来列出该命令的可能参数,格式是 AT[+ | &] < command > = ?,如:“AT + CMGL = ?”;

(4) 带参数命令。它是应用最广的一种格式,它为命令提供了强大的灵活性,格式是 AT[+ | &] < command > = = < par1 > , < par2 > , < par3 > …^[4]。

本系统用到的主要 AT 命令如表 1 所示。

表 1 系统主要 AT 命令表

AT 命令	说明
AT + CMGF	选择短消息格式
AT + CNMI	新短消息提示
AT + CMGS	发送短消息
AT + CMGD	删除短消息
AT + CMGL	短消息列表
AT + CMGR	读取短消息

2.2 短消息编码和解码方式

目前,短消息的发送和接收方式一共有 3 种:

(1) Block Mode:目前很少用了;

(2) Text Mode:是纯文本方式,可使用不同的字符集,从技术上说也可用于发送中文短消息,但国内手机基本上不支持,主要用于欧美地区;

(3) PDU Mode:被所有手机支持,可以使用任何字符集,这也是手机默认的编码方式。

在 PDU Mode 中,可以采用 3 种编码方式对发送的内容编码:7-bit、8-bit 和 UCS2 编码。7-bit 编码用于发送普通的 ASCII 字符,它将一串 7-bit 字符(最高位为 0)编码成 8-bit 的数据,每 8 个字符可压缩成 7 个;8-bit 编码通常用于发送数据信息,如图片和铃声;而 UCS2 编码用于发送 Unicode 字符。PDU 串的用户信息段最大的容量是 140 Bytes,所以在这 3 种编码方式下,可以发送的短信的最大字符分别是 160,140 和 70。这里,将一个英文字母、一个汉字和一个数据字节都视为一个字符。本系统短消息采用 PDU UCS2 编码方式^[5-6]。

2.3 PDU 模式的结构

PDU 串表面上是一串 ASCII 码,由 0 ~ 9、A ~ F 这些数字和字母组成。它们是 8 位字节的十六进制数,或者 BCD 码十进制数。PDU 串不仅包含可显示的消息本身,还包含很多其他信息,如 SMS 服务中心号码、目标号码、回复号码、编码方式和服务时间等。下面给出具体的例子来说明发送和接收的结构^[7]。

2.4 短消息压包过程

发送和接收的 PDU 串,结构是不完全相同的。下面用两个实例说明 PDU 串的结构和编排方式^[8]。

发送内容是“Hello!”,SMSC 号码是 +8613800250500,对方号码是 13776816151,手机发出的 PDU 串是:
08 91 68 31 08 20 05 05 F0 11 00 0D 91 68 31 77
86 61 51 F1 00 08 00 06 C8 32 9B FD 0B01

表 2 发送 PDU 串数据说明

分段	含义	说明
08	SMSC 地址信息的长度	共 8 个 8 位字节(包括 91)
91	SMSC 地址格式(TON/NPI)	用国际格式号码(在前面加‘+’)
68 31 08 20 05 05 F0	SMSC 地址	在号码“8613800250500”,补“F”凑成偶数,且两两对换
11	基本参数(TP-MTL/VFP)	发送,TP-VP 用相对格式
11	消息基准值(TP-MR)	消息基准值为 0
0D	目标地址数字个数	共 13 个十进制数,(不包括 91 和“F”)
91	目标地址格式(TON/NPI)	用国际格式号码(在前面加“+”)
68 31 77 86 61 51 F1	目标地址(TP-DA)	在号码“8613776816151”,补“F”凑成偶数,且两两对换
00	协议标识(TP-PID)	是普通 GSM 类型,点到点方式
08	用户信息编码方式(TP-DCS)	UCS2 编码
00	有效期(TP-VP)	5 分钟
06	用户信息长度(TP-UDC)	实际长度 6 个字节
C8 32 9B FD 0B01	用户信息(TP-UD)	“你好!”

2.5 短消息解包过程

接收 SMSC 号码是 +8613800250500,对方号码是 13851872468,消息内容是“你好!”。手机接收到的 PDU 字符串如下^[9-10]:

08 91 68 31 08 20 05 05 F0 84 0D 91 68 31 58 81
27 F8 00 08 30 30 21 80 63 54 80 06 4F 60 59 7D 00 21
PDU 字符串具体分析如表 3 所示。

表 3 接收 PDU 串数据说明

分段	含义	说明
08	SMSC 地址信息的长度	共 8 个 8 位字节(包括 91)
91	SMSC 地址格式(TON/NPI)	用国际格式号码(在前面加‘+’)
68 31 08 20 05 05 F0	SMSC 地址	在号码“8613800250500”,补“F”凑成偶数,且两两对换
84	基本参数(TP-MTL/MMS)	接收,无更多消息,有回复地址
0D	回复地址数字个数	13 个十进制数(不包括 91 和‘F’)
91	回复地址格式(TON/NPI)	用国际格式号码(在前面加‘+’)
68 31 58 81 27 F8	回复地址(TP-RA)	在号码“8613851872468”,补“F”凑成偶数,且两两对换
00	协议标识(TP-PID)	是普通 GSM 类型,点到点方式
08	用户信息编码方式(TP-DCS)	UCS2 编码
30 30 21 80 63 54 80	时间戳(TP-SCTS)	2003-3-12 08:36:45 +8 时区
06	用户信息长度(TP-UDL)	实际长度 6 个字节
4F 60 59 7D 00 21	用户信息(TP-UD)	“你好!”

3 塔机数据通信的实现

3.1 塔机信息编码规则

监控中心和各塔机之间的通信依赖于短消息,两者将短消息作为信息载体来传输各种数据。一个无线监控系统往往由一个监控中心和多个塔机终端构成。系统传输的数据量较大,信息的紧急程度不同,因此有

必要对短消息进行优先级排序。对重要的信息优先传送,并采用循环冗余校验码(CRC)校验的传输策略,以确保传输的可靠性和正确性。同样,在接收端对优先级高的信息优先处理,对优先级低的信息放在相应的队列里等候处理^[11-13]。

3.2 短消息分类

依照系统体系结构,按传输方向的不同将短消息分为两类:上行短信(塔机→监控中心)和下行短信

(监控中心→塔机),各类短消息的详细分类如下:

(1) 上行短消息:

①第一优先级塔机安全评价参数,内容如:起吊重力矩、起吊重量、起吊幅度、起升高度、风速等;

②第二优先级塔机普通参数,内容如:小车变幅速度、回转速度、上升速度等。

(2) 下行短消息:

①设置消息,功能如:设置塔机终端开始发送短消息时间、设置塔机终端结束发送短消息时间、设置通信密码;

②安全提示消息,功能如:当塔机起吊重量达到预警点进行安全提示、起吊重量达到报警停机点进行安全提示等。

3.3 短消息格式

3.3.1 上行短消息格式

为了便于塔机管理,往往把各塔机按地域进行区块划分,即对塔机实行货机区块化管理。另外,系统的监控中心与各塔机终端是一对多的关系,监控中心接收来自各个塔机终端的短消息,为了加以区分,有必要在上行短消息中添加塔机号和塔机区块号两个字段,具体分析如下:

格式:

密码	优先级	塔机号	塔机区块号	内容
----	-----	-----	-------	----

各段含义:

(1) 密码(8 个字符):即通信密码,此段用于保证数据通信安全,两个等级的短消息密码段内容一致;

(2) 优先级(1 个字符):此段用于标识短消息的优先级别,“1”代表第 1 优先级、“2”代表第 2 优先级;

(3) 塔机号(3 个字符):此段用于标识发送短消息的塔机的编号,由发送短消息的塔机确定;

(4) 塔机区块号(2 个字符):此段用于标识发送短消息的塔机所在区块的编号,由发送短消息的塔机确定;

(5) 内容(不固定长度):此段为短消息的具体内容,根据不同的情况,格式各不相同。

内容段结构分析如下:

(1) 如果发送的是第 1 优先级塔机安全评估参数短消息,则它的长度为 6 个字符,内容为起吊重力矩、起吊重量、起升高度等,格式为:安全评估参数 | 具体数值。其中“90”代表起吊重力矩、“91”代表起吊重量、“92”代表起升高度的种类代码,例如:当起吊重力矩为 $500 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 时,这时的代码应该为 9701F4,其中 01F4 是 500 的十六进制^[14-15]。

(2) 如果发送的是第 2 优先级塔机普通参数短消息,则它的长度为 6 个字符,内容为小车变幅速度、回转速度、上升速度等,格式为:塔机普通参数 | 具体数值。其中“11”代表小车变幅速度、“12”代表回转速度、“13”代表上升速度,取值范围为 11 ~ 30。例如:当塔机的小车变幅速度为 35 m/min 时,这时的代码应该为 110023,其中 0023 为 35 的十六进制。

3.3.2 下行短信格式

所有塔机的 SIM 卡号都存储于监控中心的数据库中,当监控中心要对某一塔机进行控制时,可以通过查询数据库塔机基本信息表来得到该塔机的 SIM 卡号,因此下行短消息较之上行短消息在内容上可以省去塔机号和塔机区块号两个字段,具体分析如下:

格式:

密码	短消息种类	指令
----	-------	----

各段含义:

(1) 密码(8 个字符):即通信密码,此段用于保证数据通信安全;

(2) 短消息种类(1 个字符):此段用于标识短消息的功能类别,“1”代表设置类、“2”代表安全提示类;

(3) 指令(不固定长度):此段为监控中心的动作指令,根据不同动作,其格式各不相同。

两种消息如下:

(1) 第 1 种设置消息,指令段分为两部分:设置命令代码 | 设置内容。设置命令代码长度为 2 个字符,各代码具体含义如表 4 所示。设置内容与设置命令代码有关,例如:当设置命令代码为“12”,即短消息命令为设置通信密码时,设置内容为 8 位的通信密码。

表 4 塔机设置命令对照表

设置代码	说明
10	设置塔机终端开始发送短消息时间
11	设置塔机终端结束发送短消息时间
12	设置通信密码
13、14、15	备用设置代码

(2) 第 2 种安全提示消息,查询命令代码长度为 2 个字符:“21”代表塔机起吊重量达到预警点、“22”代表起吊重量达到报警停机点、“23”代表起重力矩达到预警点,接下去的数字依次代表每个参数达到预警点和报警停机点,其他“30”~“39”作为备用安全提示代码。

3.4 短消息的读取和发送

PC 机通过串口控制 GSM 通信模块进行短消息的接收,串口初始化完成后,如果 GSM 模块已开机,便可进行短消息的收发。监控系统通过串口读取短消息时,并通过发送命令“AT + CMGL”和“AT + CMGR”来选

择读取多条或单条短消息,从而实现短消息的接收^[16]。

单片机通过串口控制 GSM 通信模块进行短消息的发送,通过控制命令“AT + CMGF”和“AT + CMGS”来发送短消息,从而实现短消息的发送。

4 塔机安全报警指标

塔机起吊重量预警点:额定最大重量的 90%;报警停机点:额定最大起重量的 110%。起重力矩预警点:塔机力矩值的 90%;报警停机点:起重力矩的 110%。高度和幅度预警点:设定起升高度、幅度极限 ± 2 m;报警停机点:设定起升高度、幅度极限值。风速预警点:12 m/s(6 级风);报警停机点:16 m/s(7 级风)。根据以上指标,安全管理系统针对塔机的运行状态,实现安全报警。

5 塔机现场终端简介

塔机现场终端主要方案为“各类传感器 + 单片机 + GSM 模块”。系统依托 GSM 网络,采用短消息进行数据通信,即在传统的单片机数据采集系统中增加支持短消息、数据通信等业务的 GSM 模块,并为其分配一个独立的 SIM 卡,结合单片机系统通过串行通信接口,实现数据的远程无线传输^[17]。

6 监控管理软件主要流程图

监控管理软件主要流程图如图 2 所示。

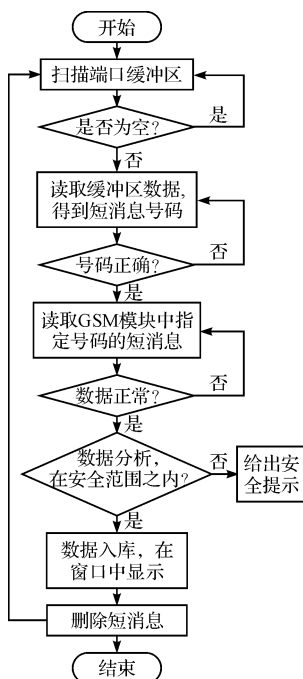


图 2 自动接收数据流程图

自动接收数据,就是在没有人工干预的情况下,监控上位机一直处于循环的检测串口数据信息的状态,如有数据到达,则根据不同的数据信息采取不同的操作:如果数据在正常范围内,则把数据直接入库,供以后分析使用;如果数据超出正常范围,则给出相关提示信息,自动接收数据时在后台执行。

由于监控中心和远端系统之间以短消息的方式传送数据,短消息的发送和接收又受到许多非人为因素的影响,有时会出现不能够及时收到的情况,扫描端口的程序必须循环地执行,而且要有一定的延时,因此主要的程序流程都用定时器控件来实现。

7 结束语

塔机安全监控管理系统属于整个系统的上位机部分。下位机部分通过单片机控制 GSM 模块来发送短信。整个系统运用现代信息技术、通信技术等手段来提升特种机械设备监督管理水平。从塔机设备安装后的第 1 次吊装起就将塔机的各种有关安全的数据反馈到安全监控管理中心,监管人员能及时地掌握设备运行状况,把安全隐患消除在萌芽状态。

参考文献 (References):

- [1] 田 奇,马鹏飞.塔式起重机维修图解手册[M].南京:江苏科学技术出版社,2007.
- [2] 周书锋.基于 SMS 的商业 MIS 应用研究[J].电脑知识与技术(学术交流),2007(20):361-362.
- [3] 李鹏阳,李 言,杨明顺,等.基于 GSM 的制造执行系统信息传输平台[J].计算机工程,2007(2):361-362.
- [4] 中兴通讯. ME3000 模块 AT 指令手册[M].中兴通讯,2007.
- [5] 包 健.计算机组成原理[M].杭州:浙江科学技术出版社,2004.
- [6] 周立明.塔式起重机运行状态监测系统的研究[D].西安:西安建筑科技大学建筑工程学院,2002.
- [7] 张桂青,袁丽艳,申 斌,等.基于(COS-II)的多功能塔机黑匣子软件平台设计[J].微计算机信息,2007(11):70-72.
- [8] 郑人杰.实用软件工程[M].2版.北京:清华大学出版社,1997.
- [9] 刘恩博,马富裕,郑 重. GSM 棉田水分监测系统的设计与实现[J].农机化研究,2005(2):115-117.
- [10] 韩华峰,孙忠富,杜克明,等.短信息服务技术在农业环境远程监测中的应用[J].农业网络信息,2007(5):9-11.
- [11] VOISIN D, GRILLAUDA G, SOLLIECC C, et al. Wind tunnel test method to study out-of-service tower crane be-

- haviour in storm winds[J]. **Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics**,2004, 92(7-8):687-697.
- [12] AL-HUSSEIN M, NIAZ M A, YU Hai-tao, et al. Integrating 3D visualization and simulation for tower crane operations on construction sites[J]. **Automation in Construction**, 2006,15(5):554-562.
- [13] YEHIEL R, AVIAD S. Automation of existing tower cranes; economic and technological feasibility[J]. **Automation in Construction**,1998,7(4):285-298.
- [14] AVIAD S, LUCKO G. Cranes for building construction projects[J]. **Journal of Construction Engineering and Management**,2007,133(9):690-700.
- [15] THORSTENSEN B, SYVERSEN T, BJORNVOLD T. Electronic Shepherd-a Low-cost, Low-bandwidth, Wireless Network System[C]//Proceedings of the 2nd International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services. New York, NY, USA: ACM,2004:245-255.
- [16] LIU Hui, MENG Zhi-jun, CUI Shuang-hu. A Wireless Sensor Network Prototype for Environmental Monitoring in Greenhouses[C]//2007 International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, WiCOM 2007. Piscataway, United States: Inst. of Elec. and Elec. Eng. Computer Society,2007:2344-2347.
- [17] DALTON A F, SCANAILL C. A Clinical Evaluation of a Remote Mobility Monitoring System based on SMS Messaging[C]//29th Annual International Conference of IEEE-EMBS, Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC'07. Piscataway, United States: Inst. of Elec. and Elec. Eng. Computer Society,2007:2327-2330.

[编辑:柴福莉]

(上接第 323 页)

- [7] SCHRAFT R D, SIMONS F. Concept of a low-cost, window-cleaning robot [C]//Proceedings of the 6th ICCWR. [s. n.],2003:785-792.
- [8] LONGO D, MUSCATO G. Adhesion Control for the Alicia3 Climbing Robot[M]. IEEE Robotics and Automation Magazine,2006:42-50.
- [9] JIZHONG X, SADEGH A. Design of Mobile Robots with Wall Climbing Capability [C]//Proceedings of the 2005 IEEE/ASME ICAIM, [s. n.],2005:438-443.
- [10] HILLENBRAND C, BERNS K. A Climbing Robot based on under Pressure Adhesion for the Inspection of Concrete Walls [C]. 35th International Symposium on Robotics (ISR), [s. n.],2004.
- [11] WANG Y, LIU S L, XU D G. Development and application of wall-climbing robots[C]//Proceedings of ICRA99, [s. n.],1999:1207-1212.

[编辑:柴福莉]

(上接第 332 页)

- [4] 颜晓河,董玲娇,苏绍兴. 光电传感器的发展及其应用[J]. 电子工业专用设备,2006,35(1):59-62.
- [5] 萧泽新. 现代光电仪器共性技术与系统集成[M]. 北京:电子工业出版社,2008.
- [6] 曲光阳,吴晓波. 高精度高边电流检测放大器的研究与设计[J]. 机电工程,2008,25(1):1-4.
- [7] 郭振民. 自动增益控制在光电检测系统中的应用[J]. 河北省科学院学报,2009,26(2):38-41.
- [8] CHEN Jin-xiang, CHANG Ben-kang. A study on intelligent measuring equipment for the width of fibers [C]//Proceeding of SPIE,1998:591-594.
- [9] GUSAROVA N F. Optical monitoring of yarn during its processing [J]. **Journal of Optical Technology**, 2001, 68(8):613-616.
- [10] [美]KUO S M, [美]LEE B H. 实时数字信号处理[M]. 卢伯英,译. 北京:中国铁道出版社,2005.
- [11] CHIAPPALONE M, VATO A, TEDESCO M B, et al. Networks of neurons coupled to microelectrode arrays: a neuronal sensory system for pharmacological applications [J]. **Biosensors and Bioelectronics**,2003(18):627-634.

[编辑:柴福莉]