|  |  |
| --- | --- |
|  | 学校代码： 10246 |
|  | 学 号： 15210720124 |
|  |  |



|  |
| --- |
| 硕 士 学 位 论 文 |

（学术学位）

**基于WPF，Bootstrap和SpringMVC的大型预制构件预应力采集管理系统研发**

**Research on Prestress Acquisition and Management System of Large Pre-fabricated Component Based on WPF，Bootstrap and SpringMVC**

|  |  |
| --- | --- |
| 院 系： | 信息科学与工程学院 |
| 专 业： | 通信与信息系统 |
| 姓 名： | 王志文 |
| 指 导 教 师： | 钱松荣 教授 |
| 完 成 日 期： | 2018年 3 月 30 日 |

**指导小组成员名单**

**钱松荣 教授**

# 摘 要

伴随着全面建成小康社会以及“中国梦”目标的逐渐实现，我国的各类基础建设也在更加紧锣密鼓的投入建设。其中，大型预制构件是基础建设中必不可少的一部分，大型预制构件的健康检测是十分重要的因为它关系着人民的生命财产安全。利用预应力钢绞线制作成的混凝土预制构件可以有效的防止混凝土的开裂，在实际生产中已经得到了广泛地运用。

但是到现在为止，并没有一个成熟的系统可以用来对大型预制构件中的钢绞线预应力实现长期有效的监控，这也是这么多基础建设必须解决的一个隐患。本文为了实现对大型建筑的预应力预制构件的生命健康周期的监督，设计了一套完整的预应力信息采集和管理系统。

该管理系统的主要涉及硬件和软件两大部分。硬件主要是指基于125KHz RFID技术设计的无线无源传感器，用来部署在预应力钢绞线上采集预应力信息。无源所以不需频繁更换电池，无线所以部署简单没有限制，综合以上所有优点我们选择无线无源传感器作为信息采集设备。

软件又分为3个部分：App端、Web端和服务器端。

App端采用C#(WPF)编写而成。App端作为上位机软件需要在移动终端Surface上操作，WPF作为微软开发的语言在Windows系统上有很好的兼容性。App端主要负责接收来自读卡器的预应力信息，然后分析、校验、入库。

Web端是整个系统最核心的部分，需要实现除了信息采集以外的所有功能，如：人事管理、传感器管理、预应力展示与预警、企业管理等。我们采用现在十分流行的Bootstrap框架实现。

服务器端主要工作是应用服务器的搭建和数据库服务器的设计。应用服务器采用Tomcat+SpringMVC的经典搭配，负责响应来自App端或者Web端的不同请求并返回结果。数据库服务器我们选择Mysql，主要负责与应用服务器通信，为客户提供查询、更新、事务管理、索引等多种服务。

最后，本文中还提出了一种新的回归算法，实现了对预应力数据的提前预警，将有可能出现的危害降到最低。

**关键词：**大型预制构件监测，预应力预警，WPF，Bootstrap，SpringMVC, 回归算法

**中图分类号：**  TN91

# Abstract

With the gradual realization of the goal of building a well-off society in an all-round way and the goal of "China's dream," all kinds of infrastructure in our country are also being built even more intensively. Among all the infrastructure, large prefabricated components are an indispensable part. And health inspection for large prefabricated components is very important for it is related to people's life and property safety. Prefabricated concrete made of prestressed steel strands that can prevent concrete from cracking effectively have been widely applied in practical production.

So far, however, there is no mature system that can be used for long-term and effective monitoring of prestress in prestressed steel strand in large prefabricated components so that it is a hidden danger needs to be solved. In order to monitor the life cycle of prestressed precast members of large buildings, a complete prestress information acquisition and management system is designed in this paper.

This management system divided into two parts: the hardware and software. The hardware mainly refers to wireless and powerless sensor based on 125 KHz RFID technology, which is deployed on the prestressed steel strand and used to collect the prestress information. Powerless means never need a battery change, wireless means deployment is simple and unlimited. Taking all the advantages mentioned above into consideration, we use powerless and wireless sensor as our information acquisition devices.

The software, at the same time, is divided into three parts: the App, the Web and the server.

The App is written in C# (WPF). As an upper computer software, this App needs to operate on surface——the mobile terminal, and WPF, as a language developed by Microsoft, has a good compatibility on the Windows system. The main work of the App is to receive the prestress from card reader, and then analyze, check and save into the database.

The Web is the core part of the whole system, because it needs realize all functions except information acquisition such as personnel management, sensor management, prestress information display and early warning, enterprise management and so on. We use Bootstrap, a very popular front-end framework, to build Web end.

The main work on the server side is the construction of the application server and the design of the database server.

The application server is built with a classic combination——Tomcat+SpringMVC, which is responsible for responding to different requests from the App or the Web and return responses. We choose MySQL as our database. Database is responsible for communicating with the application server, providing customers with a variety of services such as query, update, transaction management, index and so on.

At the end of the paper, a new regression algorithm is proposed to realize the early warning for prestress data and reduce possible hazards

**Key words**: monitor prefabricate parts, prestress early warning, WPF，Bootstrap，SpringMVC, regression algorithm

**CLC:** TN91

# 绪论

## 1.1引言

随着“两个百年”奋斗目标的逐渐实现，随着“一带一路”计划的提出与实施，我国不仅在国内加强基础建设，还把如高铁、桥梁等大型基础建设走向了国外，让中国及周边国家的朋友共享改革开放的结果。在建设生产各类大型基础建筑时，我们都需要用到大量的大型预制构件，如各类预制梁、预制空心板、预制靠件等。

预应力预制构件就是指预制构件（混凝土构件）在生产时预先拉伸混凝土构件中的钢绞线或钢筋，这样钢绞线回缩就会对混凝土产生一个压应力【1】。当预应力预制构件正式服役受压时，因为承载而产生拉应力时就会需要先抵消压应力，然后才会拉伸预制构件。这种方式有效的发挥了钢筋的优势并阻值了预制混凝土构件过度拉伸而开裂。

现在很多的预制构件在生产时都预加了预应力，以达到防止构件提早开裂的目的。但是对正在服役的预应力构件，现在并没有什么很好的办法可以做到对预应力长期有效的检测。现有的检测方法都是机械物理的方法，大部分是如文献【2】、【3】中提到的方法：将钢绞索锚定，然后在钢绞线的一端采用锚力计或者测力计测量钢绞线的预应力，或者利用“物体在压力的作用下，其自振频率会降低；在拉力的作用下，其自振频率会增大”的原理，用频率法测量【4】。但是无论是物理法还是频率法，都只能测量钢绞线两端的预应力值，无法测量构件中央的预应力值。但是现实情况中，由于存在应力松弛、混凝土结构蠕变、摩擦等情况，以及钢绞线和预制构件是非对称结构的，钢绞线两端的预应力值和中间的并不一样。物联网和RFID技术的发展，为我们解决这个问题提供了一个新的思路：我们可以在钢绞线的不同位置部署不同的应力传感器，然后通过无线技术将应力信息以电磁波的形式发送。读卡器接收到预应力信息再发送给上位机用数据的校验、存储等工作。通过这种方法，我们就可以做到长期有效的监控。

## 1.2国内外研究现状及发展前景

随着科技水平的提高，国内外的建筑行业也在蓬勃发展，更多安全可靠的生产、施工技术被提出、完善。预应力技术是通过对钢筋施加拉应力，进而防止了大型预制构件在荷载以后的变形和开裂，可以有效提高工程的耐久性，延长工程寿命，优化大型建筑的工程质量【5】。

虽然在大型预制构件的生产过程中，现在都采用了信息化、自动化的方式【6】，但是对已服役的预制构件，并没有一种自动化、信息化的方式可以实现对预应力长期有效的采集监控。如引言中所述，现有的检测方法大多是物理机械的，一旦锚定在一端的测力计因为日晒雨淋或者其他原因损坏了，就无法再使用了也无法更换了。而且现在的这些测量法，无论是油压法还是传感器测量法，都只能测量其一端的预应力；而频率法和磁通量法又存在精度不够的缺点。

本文中使用的无线无源传感器（即RFID电子标签）及相关的应力转换装置，在大型预制构建生产中直接置入，与构件的钢绞线的相贴合。由于安装在大型预制构件内部避免了日晒雨淋，并且由于是一个无源的硬件，避免了更换电池的麻烦，所以具有寿命长、不易损坏的优点。此外，传感器采用125KHz无线传输数据，所以可以安置在钢绞线的任一位置采集任意一点的预应力信息。有效的解决了以上几种测量方法的缺点。

Windows Presentation Foundation(WPF)是微软公司的一个图形子系统，用于呈现基于Windows的应用程序中的用户界面【7】。WPF是基于.NET框架上的新型编程框架，它真正做到了将UI界面设计和程序设计分离【8】=【7】的【1】，使得不论是界面设计还是逻辑设计都更加独立清晰。这也是它和微软最经典的编程技术WinForm之间最主要的区别，WinForm的软件界面设计和软件逻辑是完全耦合在一起的，在强调高内聚弱耦合今天，这个设计显然是很糟糕的。作为微软新一代的图形系统，基于DirectX渲染技术的WPF带来了当时前所未有的3D界面、3D动画以及半透明窗体效果等，给了客户强大的视觉体验。MVVM设计模式和今天很流行的AngularJS以及React是一致的，强调的是数据绑定的特点，当Model变化时，View-Model会自动更新，View也会自动变化，很好做到了数据的一致性。此外，它对动画、3D、高级图形高度支持，对复杂界面开发具有超高效率，同样是C++需要半年开发出来的界面，用WPF可能只需要一两个月。这些优点使得WPF成为了很多大型企业定制企业ERP的优选。另外，众所周知的QQ概念版也是用WPF开发的。由于客户端需要涉及天气的呈现、预应力数据的采集和展示，涉及到很多图表，所以我们选择WPF作为客户端开发技术。

Bootstrap是现在“网红”级别的前端框架，它由Twitter的两个员工Mark Otto和Jacob Thornton合作开发而出，并与2011年在GitHub上开源发布。它是基于HTML、CSS和JAVASCRIPT的灵活简单的Web开发框架。Bootstrap之所以这么火，最主要的原因就是因为它是响应式的框架，所谓响应式就是指无论你是在什么分辨率的电脑上，无论你是在PC、Pad还是不同手机上，它都能自适应的调整网页布局【9】，以最优化的方式呈现给访问者。此外，Bootstrap还具有成熟、拓展性强、拥有现成UI组件、有完善的文档、开发速度快【10】等优点。Bootstrap自开源以后，很多公司的网站都利用它进行开发，比如：星巴克官网，Ghost中文网，Jekyll中文网等。考虑到它技术成熟，插件、UI组件丰富，开放快上手效率高等优点，我们也选择Bootstrap作为我们网站的主框架。

SpringMVC是Spring框架的一个重要组成部分【11】。Spring是现在最受欢迎的企业级Java Web开发框架之一，几乎国内所有的大型互联网公司你都能看到它的影子。Spring是一个开源的轻量级的Java平台，由Rod Johnson开发，并与2003年6月根据Apache许可首次发布。Spring基本版本只有2M大小，在进行Web开发是支持其他组件的拓展的。SpringMVC实现了Model-View-Controller(MVC)的概念，MVC模式导致了应用程序的不同方面如输入逻辑、业务逻辑和UI逻辑的分离，同时提供了在这些元素之间的松散耦合，这样的架构可以帮助开发人员搭建结构清晰、可复用性好、维护方便的Web应用【12】。

至此，我们整个系统的结构已经很清晰了，这是一个同时基于C/S和B/S混合结构的大型预制构件预应力采集管理系统：硬件部分由无线无源传感器和相应的应力转换装置构成，主要工作为预应力信息的采集；client端由C#(WPF)编写而成，功能为串口数据的读取，预应力数据的校验、入库，以及查询展示；browser端作为企业级ERP设计，具有除了预应力读取、录入以外的所有的功能模块；server端负责响应来自client端和browser端的所有请求并与数据库交互。

该系统可以作为现代各类物联网相关企业的数据管理系统，为如大型预制构件预应力检测之类的至今未实现自动化智能化的工程应用提供了“物联网+互联网”的解决方案。客户端App作为物联网端的上位机系统，负责物联网内的数据采集校验等工作。浏览器端需要实现企业级ERP的所有功能：实现数据的处理、展示和预警等数据功能，以及个人管理、组织管理等各种系统功能。该系统为所有物联网数据的长期采集和监测提供了一个模板系统，具有广阔的应用前景。

## 1.3论文主要工作及组织结构

### 1.3.1 论文的研究内容

本文在实验室前辈研究的无线无源传感器的基础上，结合现在大型预制构件预应力检测存在的如检测精度不够、探测器或传感器易损坏，无法长期实施监控等诸多弊端，创新性的将装有全桥应变片的无线无源传感器作为预应力采集的物理设备嵌入大型预制构件之中，有效避免了各种人为或自然因素导致的损坏，实现了长期有效的监控。此外，我们利用WPF、Bootstrap、以及SpringMVC相关技术，对应现场采集和后台人员、数据管理，基于C/S和B/S混合架构设计了一套采集管理管理系统。本文的主要内容如下：

1. 在实验室前辈设计的基于125KHz的无线无源通信模块基础上，根据力学和电路知识，将预应力转换装置中的力与电信号转换关系做了精确的数学推导，对无线无源传感器对大型预制构件中钢绞线的预应力长期监控实现了理论基础，以及为日后正式生产中的部署提供了一种解决方案。
2. 针对现在对各类大型预制构件中钢绞线的预应力检测方法还停留在机械人工方法的现状，更有甚者无法长期监控、无法监控的缺点，在内容(1)的基础上，设计一个C/S结构的信息采集、校验、查询软件。Client端由C#语言编写，Server端与B/S架构的服务端一致，由Java编写。工作时RFID读卡器读取无线无源传感器的采集的预应力数据，然后上位机软件串口读取RFID读卡器中的数据，解析、校验以后与服务器交互。C/S结构实现的员工登陆、信息采集、天气查询，预应力查询等一系列查询功能。
3. 为了长期有效监测预制构件的健康状况，生命周期以及预应力大小等数据及其相关规律，设计了一套B/S架构的企业系统。在B/S架构中，前端使用Bootstrap编写，后端使用Java的SpringMVC框架。该系统也可以作为企业的ERP系统，传感器、预应力的查询展示只是作为数据展示功能的一部分，还实现了如个人管理、邮件管理等个人事务功能以及人事管理、部门管理、以及通知公告等系统功能。
4. 改进型算法TODO

### 1.3.2 论文的内容结构

本文共分为七个章节，内容分别如下：

第一章为绪论，阐明本文的研究背景、国内外的研究现状以及本文的前景及意义，简单介绍了本项目中用到的各种技术，并说明了文章的内容结构安排。

第二章为无线无源传感器的简单介绍以及对无线无源传感器应力转换做了严格的数学推导。

第三章为系统总体架构的设计和介绍，介绍了B/S和C/S混合结构的工作流程，分析了client端、browser端、sever端分别要实现的功能。

第四章为APP端（client端）的设计，主要内容为APP端功能介绍，包括工作流程图，相关界面设计以及使用的接口和插件。

第五章为前端（browser端）的介绍，分析了作为一个企业网站的需求和功能，分析了前端设计、UI设计以及网站页面布局等。

第六章为服务器（server端）的设计，介绍了WEB服务器的配置，工作流程，如何与数据库服务器交互以及核心代码的解析。

第七章 改进型算法TODO

# 第二章 无线无源传感器及应力转换公式推导

## 2.1 无线无源传感器简介

### 2.1.1 传感器基本介绍

传感器作为一种检测装置，作为物联网必不可少的组件之一，可视为人类感官的延伸，可以把我们想要的温度、湿度、压力等信息转换为电信号的形式传输、记录、储存。现在最广泛的应用的传感器是无线传感器，因为无线传感器不需要提前布线，可以节省前期施工成本，并且部署起来也更加灵活【13】。但是随着无线传感器地广泛应用，它的各种缺点也暴露出来了，最突出的问题就是电源供电【14=13的1】。因为绝大部分传感器，由于部署环境恶劣或更换电池不易等原因，在部署以后都是不再回收的。一旦传感器中的能量消耗完了，传感器也就死亡了。所以如果能解决传感器的持久供电问题，那么传感器也就能加速其大规模推广的步伐【15=13的2】。

为解决此问题，无源传感器也应运而生。顾名思义，不需要给无源传感器提供能量（电池），它就可以正常工作。那么它工作时能量从何而来？无源传感器的分很多种，有声表面波无源传感器【16=13的4】，有光电式无源传感器【17=13的6】，有压电式无源传感器【18=13的7】，以及还有根据RFID技术制成的无线无源传感器等。这些无线无源传感器，既保留了普通无线传感器部署简单、自适应等优点，又具有可持续工作、无需更换电源的优点。

### 2.1.2 基于RFID技术的无线无源传感器

射频识别（RFID）是一种利用电磁耦合技术实现特定目标识别并读写数据的无线通信技术。RFID技术是一种非常常见的技术，我们平时所熟知的身份证、公交卡、学生卡以及高速公路道路自动收费等，都是利用RFID技术工作的。RFID有五种频段的空中接口协议，分别是125~134KHz，13.56MHz，2.45GHz，860~960MHz以及433.92MHz。由于我们的无线无源传感器（既RFID芯片）需要放置在大型预制构件里面，几十厘米厚的混凝土层会对电磁波产生阻碍作用，所以对于频段的选择很重要。2.45G和960M等高频信号虽然具有方向性好、通信距离远的优点，但是由于其穿透性弱，无法穿透厚厚的混凝土预制构件，所以不适合用于此处。在文献[19]中，实验室师兄选择125KHz的频率，通过优化带负载匹配电路的串并联混合谐振电路，极大的提升了耦合负载电路的通信距离。已证明，即使隔着厚厚的钢筋混凝土，也能在最大的范围38cm实现传感器和读卡器的良好通信。

## 2.2 预应力转换与计算

### 2.1.1 预应力钢绞线

预应力钢绞线是有由很多根钢丝高强度钢丝绞合而成并经过并消除应力处理合成的高强度钢铁制品。钢绞线如图2-1：

图3-1 混凝土管桩生产管理系统功能架构图

我们要检测的预制构件的预应力其实就是钢绞线的预拉力。在相同大小的力的作用下，不同物体的形变大小只和该物体的弹性模量有关。如果是一般的线性形变，弹性模量即杨氏模量，定义为：对一根细杆施加一个[拉力](http://baike.baidu.com/view/84909.htm)F，这个拉力除以杆的[截面积](http://baike.baidu.com/view/5347593.htm)S，称为“线应力”，杆的伸长量除以原长L，称为“线应变”。线应力除以线应变就等于杨氏模量，即：

 (1)

工程上，不同的材料、型号的钢筋有不同的弹性模量，常用的钢筋及钢绞线弹性模量如下图所示：

|  |  |
| --- | --- |
| 钢筋的弹性模量 | |
| 牌号或种类 | 弹性模量E |
| HPB300钢筋 | 2.10 |
| HRB335、HRB400、HRB500 钢筋  HRBF335、HRBF400、HRBF500 钢筋  RRB400钢筋 | 2.00 |
| 钢绞线 | 1.95 |

图3-2 钢筋弹性模量表