

天津大学硕士学位论文

基于物联网的电梯智能维护系统的设计与
开发

**Design and Implementation of Elevator
Intelligent Maintenance System Based on
Internet of Things**

学科专业：控制工程

研 究 生：李光宇

指导教师：宗 群 教授

天津大学电气与自动化工程学院

二零一三年十二月

独创性声明

本人声明所呈交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作和取得的研究成果，除了文中特别加以标注和致谢之处外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得 天津大学 或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

学位论文作者签名：

签字日期：

年 月 日

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解 天津大学 有关保留、使用学位论文的规定。特授权 天津大学 可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，并采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编以供查阅和借阅。同意学校向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘。

（保密的学位论文在解密后适用本授权说明）

学位论文作者签名：

导师签名：

签字日期： 年 月 日

签字日期： 年 月 日

中文摘要

通过对大规模电梯群故障预警以及智能维护等安全管理概念深入的调查研究,并根据目前电梯故障诊断、远程监控系统中亟待解决的问题,论文提出了将物联网技术引入电梯远程安全管理总体架构,并结合故障预警以及智能维护技术全面提升电梯安全性能。另外,论文对基于案例推理的电梯故障预警以及基于电子地图智能维护中的两个关键技术进行了深入的研究,并完成了基于此两种关键技术的系统应用的设计与实现。

论文在分析了物联网应用的通用架构以及主要特点的基础上,在通用架构上进行了针对物联网电梯安全管理系统的修改。将电梯故障预警以及智能维护系统分成三层,分别为:物联网电梯传感层、物联网电梯网络层以及物联网电梯应用层。物联网电梯传感层主要由嵌入式数据采集终端构成。采集终端的主要功能是在本地采集电梯运行状态数据并通过网络传输到远程智能维护中心。物联网电梯网络层目前主要有已有的 **WIFI** 无线网络以及以太网构成,主要负责数据的传输和中继。物联网电梯应用层由运行在远程维护中心的一系列系统软件构成,主要负责对采集到的数据进行故障预测、维修调度、信息存储、统计分析等功能。具有极强的扩展性和实用性处在整个系统的核心位置。

论文在实验室已有的电梯故障诊断和远程监控系统的基础上引入基于案例推理的故障预警方法,将整个电梯故障的处理方式由以往的“事后处理”拓展到“事前预警”。首先基于 **Visual C++** 设计和开发了电梯故障的案例系统的推理机,并基于 **Microsoft SQL** 设计和实现了电梯安全维护的案例库。重点论述了案例检索模块以及相似度模块的开发和实现。最后介绍了软件的界面设计和实现以及网络发布的方法。

论文在实验室已有系统的基础上引入了电子地图的功能,基于 **GOOGLE MAP API** 二次开发模式开发电梯智能维护位置服务功能,主要包括故障电梯与维修人员之间的测距、路线选择以及任务调度等功能。位置服务模块作为应用层软件之一嵌入到主题软件之中。

最后,论文对电梯安全管理以及物联网电梯智能维护作出了合理的展望,指出了本系统功能上的不足和技术上的缺陷。重点提出了未来亟待加强的几种重要技术,包括采用应用层的云计算架构提高大规模数据的处理速度,针对电梯故障信息大数据的分析方法等。

关键词: 物联网电梯 故障预警 电子地图

ABSTRACT

By deeply investigating in the concept of Intelligence Maintenance and Safety Management for elevator groups, and by analyzing the emerging problems in the remote monitoring and diagnosis systems for elevator nowadays, technology in Internet of Things is introduced into the safety management systems for elevator to comprehensively promote the safety performance of elevator systems. In addition, prognosis for elevator based on Case-based Reasoning and Intelligent Maintenance for elevator based on electronic map is introduced, and applications using these two technologies are designed and implemented.

On the basis of analyzing the normal framework of Internet of Things, a new framework is designed for elevator safety management system by modifying normal framework. The Fault Prognosis and Intelligent Maintenance system for elevator is broken into three layers, which are sensor layer, network layer and application layer. The network layer is mainly based on Wireless network and ethernet, and it is responsible for data transmitting. The application layer is consisted by a series of softwares placed in the maintenance center, and its functions mainly include data prognosis, task scheduling, data storing and statistically analyzing. The application layer is the heart of the system.

A novel fault prognosis method based on Case Reasoning is introduced on the basis of the existing system in our laboratory, and this method successfully expands the existing function of "acting afterward" to the function of "acting beforehand". First the reasoning machine for Case Reasoning is designed and implemented by using Visual C++, and the elevator case database is structured and implemented by using Microsoft SQL. At last the Human Interface is designed and implemented. And the case retrieving module and similarity computing module are elaborated.

A function of electronic map is introduced on the basis of the existing system. The location-based system for elevator is designed and implemented by using the GOOGLE MAP API. The specified functions mainly include distance computing between the elevator and maintenance staff, route optimizing and task scheduling. The location-based module is embedded into the main software.

Finally a reasonable outlook of the system is introduced, and several flaws and technical problems are highlighted. Several novel technologies need further researching, including promoting the computing speed by Cloud Computing and Method of Big Data Analyzing.

KEY WORDS: Elevator based on IOTs, Fault Prognosis, Electronic Map for elevators

目 录

第一章 绪论.....	1
1.1 课题研究的背景与意义	1
1.2 课题的研究现状	3
1.3 课题的研究内容	5
第二章 基于物联网的电梯智能维护系统总体结构	7
2.1 基于物联网的电梯智能维护系统概述	7
2.2 电梯远程智能诊断与预警系统的结构与功能	7
2.3 电梯远程位置服务系统的结构与功能	10
2.4 小结	10
第三章 电梯智能维护案例系统的设计与开发	12
3.1 电梯智能维护案例系统概述	12
3.1.1 设备故障诊断发展现状.....	12
3.1.2 基于案例的诊断理论方法介绍.....	15
3.2 电梯智能维护案例库的设计与实现	19
3.2.1 电梯案例系统的结构.....	19
3.2.2 电梯智能维护案例信息结构.....	20
3.2.3 电梯智能维护案例的数据库实现.....	22
3.3 电梯智能维护推理机的设计与实现	23
3.3.1 案例系统推理机概述.....	23
3.3.2 电梯案例系统推理机模块的实现.....	24
3.4 小结	26
第四章 电梯远程智能诊断与预警软件的设计与开发	27
4.1 电梯智能诊断与预警软件的总体结构与功能	27
4.1.1 电梯智能诊断与预警软件的结构.....	27
4.1.2 电梯智能诊断与预警软件的功能.....	28
4.1.1 软件界面的设计.....	29
4.2 基于 WEB 的电梯智能维护软件的设计与实现	31

4.2.1 基于 SOA 的模块调用技术.....	31
4.2.2 SOA 技术在智能维护软件中的应用.....	32
4.3 SQL Server 数据库存储和远程 WEB 发布.....	33
4.3.1 SQL Server 数据库存储的实现.....	33
4.4 小结.....	34
第五章 电梯远程位置服务系统的设计与开发.....	35
5.1 电梯远程位置服务系统系统的结构与功能.....	35
5.1.1 电梯远程位置服务概述.....	35
5.1.2 电梯远程位置服务系统的结构和功能.....	37
5.2 基于 ASP 的远程位置服务系统的开发.....	39
5.2.1 ASP 编程技术简介.....	39
5.2.2 ASP 访问数据库技术.....	40
5.2.3 电梯远程位置服务系统的开发.....	41
5.3 物联网视频监控组件的设计与开发.....	43
5.4 小结.....	44
第六章 总结与展望.....	45
参考文献.....	46
发表论文和科研情况说明.....	49
致 谢.....	50

第一章 绪论

1.1 课题研究的背景与意义

2012 年数据显示中国电梯市场在保有量以及增长速度均达到全球第一位。据国家质检总局 2012 年数据显示,我国在用电梯数量总和已达到 245 万台,此数量正以每年 30 万台的增长速度持续上涨。全球每年新增的电梯数量有一半来自于中国市场^[1]。目前北、上、广、深等几个大型城市的年电梯新增数量已超过 15 万台。京沪两地早已取代纽约伦敦成为电梯保有量最多的两个城市。随着楼宇现代化以及我国高层楼宇数量的大幅度扩增,国内对电梯的需求在近几年以及未来将呈现指数型增长。在今后的 50 年中,中国新增加的数百亿住宅面积将会持续为中国的电梯市场注入巨大的活力。据有关部门数据显示国内城镇与农村比例在 2020 年将达到 3:2,中央政府城镇化的策略为电梯市场的发展提供了强大的动力。现代化的城市及其公共服务系统离不开高效安全的电梯系统^[2]。

上世纪九十年代中期,国家质检总局曾规定住宅电梯的寿命年限,一栋楼如果是单梯,使用寿命为 15 年;如是双梯,使用寿命在 18 年左右,可适当延长。电梯很大一部分投用于上世纪九十年代,运行使用近 20 年,型号老旧,使用年限较长,运行中故障频繁。按照 15 年使用寿命计算,2011 年需要更换的老化电梯数量将达到近 30 万台(见图 1.1)^[2]。这个数字以每年 20% 的速度递增,这类电梯安全事故已经进入高发期,如不进行有效的防范措施,随时都有出现严重事故的危险,电梯安全形势已十分紧急。

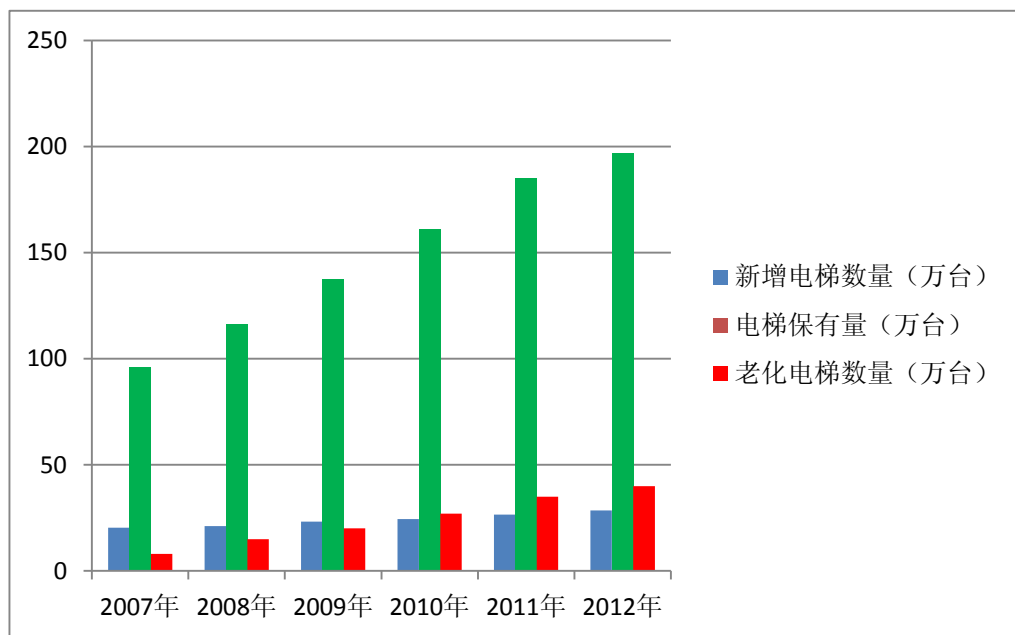


图 1-1 新增电梯与老化电梯数量

近些年随着人们对电梯的使用频率大幅度增长，电梯系统的效率质量开始受到越来越多的关注。其中安全性和可靠性一直是人们高度重视的问题，但是质监部门检查发现，电梯平层不准、曳引绳断裂、安全阀失效等严重并可能导致重大人身事故的电梯安全故障仍然时有发生。人们逐渐已经把电梯故障视作影响日常生活的最亟待解决的问题。因此，如何减少日常轻量级故障和如何预防重量级恶性电梯故障已成为业界关注的焦点。

2011年两会期间，国家质检总局曾多次强调我国特种设备数量激增，设备老龄化现象普遍，电梯等特种设备事故故障时有发生。加大质量安全监管力度，彻底改变质量安全事件多发的现状，让老百姓放心消费、安全消费，是必须解决的重大课题。2012年1月20日，国家质检总局特种设备安全监察局发出了《关于进一步加强公共交通领域电梯安全工作的指导意见》，要求电梯生产和使用单位以及各级质监部门采取更加严格有效的措施，保障电梯安全运行，为人民群众营造安全便利的出行环境。随着电梯事故频繁发生，国家有关部门也开始加大对电梯安全的监管力度，同时大力扶持电梯安全研发企业，鼓励发明保证电梯安全的新技术、新设备。可见，加大对电梯安全行业的投入已成为政府部门和百姓的共识。

电梯故障诊断与智能维护系统在这种大环境中逐渐产生。如果能对电梯运行过程中的各项运行数据进行全面的远程监控，并通过设置在远程的计算中心高速的辨识各种故障；及时对易产生的故障进行报警；对维修人员无法快速解决的故障问题提供故障诊断与维修策略；对电梯故障进行预警并通过智能决策方法提供最有效率的维修资源调度策略；对电梯轿厢内外的现实场景进行观察；对使用电梯的人员身份进行核对等功能；就可以更好的掌握电梯的运行状态和使用情况，

减少不必要的电梯故障，提高电梯运行的安全性和稳定性。

然而，目前国内电梯监控市场被大型跨国电梯公司所占据，美国奥的斯、日本富士达、芬兰迅达、德国奔克等公司的远程监控产品占据市场的 90% 以上，监控产品价格高昂，从十几万到几十万不等，且只能与本公司产品配套销售，一般用户难以承受。国内电梯厂商和一些配套服务企业开发过的一些远程监控以及报警系统仍然存在一系列缺点，如几乎所有此类产品都是对局部地区、局部系统制定的远程监控和报警方案，系统的个性太强不易扩展；同时不同电梯厂家的通讯协议互不兼容。不论从扩展性、通用性还是兼容性都存在较严重的问题。

于此同时，目前国内外电梯厂商都缺乏一种将监控、诊断、报警以及远程智能维护结合在一起的低成本技术解决方案。大部分电梯厂商对于电梯故障的技术支持仍然仅限于对电梯故障的远程监控，且诊断效率与效果很大程度上依赖于维修人员的素质与水平。在电梯数量暴增而维修人员数量保持不变甚至略有下降的今天，传统的监控、报警以及维护技术都已经无法保证所有电梯的安全运行。近些年的市场调研表明，电梯远程故障诊断以及智能维护服务已经逐渐成为电梯厂家的核心竞争力以及主要卖点。因此研发扩充性、兼容性以及功能性较强的电梯安全服务系统已经成为电梯安全领域的焦点之一。

1.2 课题的研究现状

虽然总的来说，国内外研究机构以及电梯厂商已经开始对上述问题投入更多的关注，并开始针对相关问题寻求相应的解决方法，有关新技术相继产生。但是通过笔者对电梯故障诊断与智能维护领域的研究，近年来国内外电梯安全研究现状还存在以下几个问题：

1. 网络监控成为趋势，诊断功能亟待加强

运用 Internet、GPRS、3G 等通讯网络对大量电梯进行大范围监控已成为各大电梯公司技术的新趋势。如美国奥的斯公司的“Compass 远程电梯监控系统”结合了互联网技术与远程监控技术，使用户能够通过登录互联网对电梯进行远程监视和控制；日本三菱公司已经实现通过无线 3G 视频监控系统对电梯进行监控；中国移动开发的“电梯卫士”远程监控推出基于 GPRS 无线网络的不同远程监控系统。

2. 诊断方法相对落后，诊断效率有待提升

目前的电梯故障诊断仍然依靠维修人员的经验，实践中的诊断方法仍然依靠监测个别信号（曳引机电流、限位信号等）是否异常，这种诊断方法的准确度以及诊断效率都达不到要求。电梯系统作为一个结合了电气、机械以及各种电子器件的复杂控制系统，仅仅从信号超限对其进行诊断很多时候并不能快速而准确的

确定故障原因、确定故障位置以及提出维修策略。这就要求开发更多的可用于实践中的电梯故障诊断方法。

3. 电梯故障缺乏管理，重大故障缺乏预警

目前多数电梯发生事故后需要较长时间才能恢复，对人们的生产生活造成了极大地影响。其根本原因一方面由于目前的电梯故障诊断仍然依靠维修人员的经验，诊断方法、诊断准确度以及诊断效率极其落后；另一方面是由于电梯厂商或维修部门没有对每部电梯的历史故障及其维修记录进行有效的管理，若能在每次检修都对每部电梯不同的健康状况进行有针对性的维护，将大大提高维修效率以及维修成本，从而减少电梯故障对人们的影响。

对电梯进行监控远远不能满足用户的要求，无论是奥的斯公司的“Compass 远程监控系统”还是三菱公司的“无线监控系统”都没有包含对电梯故障有效而准确的诊断功能，更加缺乏对电梯故障的预报和预警功能，导致虽有监控但电梯故障仍时有发生，且仍然造成较大损失的尴尬局面。为了改变这种局面，急需建立电梯故障诊断与预警系统，对电梯状态实时监测，根据监测数据进行故障诊断与预警，将安全隐患消灭于萌芽之中。

4. 维修资源极度缺乏，维修支持需要加强

国内维修市场存在这样一种现象：随着电梯数量爆炸性增长，维修人员的数量远远跟不上现有需求，一个维修人员每个月要维护几十甚至上百台电梯的情况广泛存在。可以想象维修保养的质量在如此短的维保时间内不可能达到理想的标准。同时，电梯维修工作的高技术性、危险性等其他因素导致维修人才数量增长缓慢甚至有减少的迹象。这是近年来电梯故障发生越发频繁的一个重要原因。

为了从根本上改变这种局面，需要建立远程智能维修服务系统，为维修人员提供准确的维修指导，对维修资源进行科学的管理和调度，建立正确的维修计划，保证维修保养服务的高效运行。目前国外大型电梯公司已开发这种维修管理系统，如“迅达公司的预防性维修优化系统”，可以通过其优化算法实现维修路径优化，维修资源管理以及电子地图等功能，使维修服务效率大大提高。目前国内还没有针对此问题的解决方案。

5. 安全体系尚未建立，评价标准有待制定

我国一半以上的电梯已接近机械部件设计的寿命期。目前通过新梯验收以及在用电梯的周期检验方法，固然可以通过现场检查，直接发现电梯存在的一些问题，但是由于电梯是一个复杂的机电设备，机械和电气的安全是两个不可偏废的部分，电梯是否安全，或是否存在安全隐患，可能单凭检查规定的项目还是不够的，需要对发现的问题作组合的风险分析，提出减少危险的措施，才能科学地作出判定。特别是，电梯是直接为人服务的。其安全性不但与设备本身有关，还与设备的使用者、操作者以及维修检验人员有关。电梯的安全问题应以一个系统来

评价, 即对电梯、电梯部件和任何相关过程(如: 操作、使用、检查、测试或维保)的安全等级作出评价。用户和政府管理人员也都希望能有一套普遍适用的电梯安全评价规范。研究电梯安全评价技术有助于提高特种设备安全管理水平, 为政府管理和决策部门提供技术支持。

1.3 课题的研究内容

课题的主要研究内容如下:

(1) 基于物联网的电梯安全管理软件一套

在分析电梯远程监控与故障诊断系统的结构与功能的基础上, 提出了基于物联网的电梯安全管理系统的设计方案并对系统进行需求分析和功能设计。研究了物联网通讯技术, 通过嵌入式硬件以及无线通讯技术实现数据的传输采集, 并利用安全管理软件通过各种曲线和图表对电梯进行实时的监控显示, 同时, 通过 Web Service 调用技术把本系统软件和故障预警模块有效的结合起来, 对电梯进行有效的故障诊断和预测, 采用 SQL SERVER 数据库技术对历史数据进行存储备份。基于物联网通讯技术和 Web Service 调用技术的电梯安全管理软件是本课题的研究内容之一。

(2) 基于案例推理的电梯故障预警模块

考虑到当前对大范围单梯以及群控系统的故障预警技术发展趋势, 本文详细介绍了基于案例推理的电梯故障预警模块的设计以及实现方法。基于案例的电梯故障预警依托于两个主要的技术部分: 案例系统案例库部分以及案例系统的推理机部分。此外为了完善整个电梯故障预警案例系统, 还设计了电梯案例预警系统的工作流程以及辅助模块, 如目标案例输入模块、案例重用、评价模块以及案例学习模块。由这些模块组成的案例系统可以基本实现对已有电梯案例的故障预警、对新案例的自主学习以及整个案例系统的自我维护。最后介绍了基于 VC++ 以及 MS SQL 设计并实现整个电梯案例系统的技术要点以及基于 MFC 的软件界面设计。基于案例推理的电梯故障预警模块的设计与开发是本课题的研究内容之二。

(3) 电梯位置服务模块

分析当前电梯智能维护的发展趋势, 结合无线网络以及智能终端等技术条件, 本文研究了基于电子地图位置服务的电梯智能维护系统架构, 并开发了基于 GOOGLE MAP 的电梯位置服务系统。此外开发了远程维护中心软件中的无线通讯 WIFI 模块与电梯本地数据采集终端进行交互、传输数据, 一方面将所有监控电梯的故障位置信息以及简单描述信息呈现在远程服务中心软件上, 使服务中心得到监管电梯故障信息的全景, 并可以对采集到的大数据故障信息进行挖掘、分

析，得出故障信息的模式、趋势以及集群性特征。另一方面，结合本地智能终端的位置信息以及故障电梯的位置信息，采用距离算法计算两点之间的最短距离并将特定电梯故障位置发到基于时间最优原则选择出的维修人员的无线移动终端中，并附有远程智能维护中心自动生成的智能维护建议，使得维修人员解决故障更加迅速或进行电梯保养、检修时更有目的性，从总体上降低了电梯维护的时间成本、风险成本以及经济成本。

针对电梯预警和智能维护系统上文特点，本课题将基于物联网的电梯安全管理软件、基于案例推理的电梯故障预警模块以及电梯位置服务系统有效的集成起来，实现了电梯故障预警以及智能维护系统。利用 VC++、MS SQL、SOCKET 编程、COM、ASP、GOOGLE MAP 等具体技术最终完成了系统的开发。

第二章 基于物联网的电梯智能维护系统总体结构

本章将介绍基于物联网的电梯智能维护系统总体结构，简要说明物联网电梯智能维护系统中的重要概念和研究对象，并进一步讨论电梯远程智能诊断与预警系统的结构和功能、电梯远程位置服务系统的结构和功能以及各模块间联系方法。

2.1 基于物联网的电梯智能维护系统概述

美国麻省理工学院的撒马教授和戴维布鲁克教授在 1999 年首次提出物联网的基本概念，物联网的基本思想是基于 EPC 技术将一个唯一标示附加到世界上每一个具有智能处理功能的物体上，然后利用短程或远程的无线传输技术完成数据的采集，最后将这些物体的信息传输到互联网中使更多的用户能够共享^[3]。

本文给出的物联网定义是：通过嵌入式智能数据终端，GPS 等定位系统、网络摄像头等视频采集系统以及各种智能传感设备将采集到的物体信息以统一的方式在互联网上进行信息的交换和传输，并将这些信息应用到物体的远程监控、远程管理以及智能调度等问题。

如果综合考虑实现成本以及实现难度等各方面的因素，目前最佳的电梯智能维护物联网实现方案，是将所有电梯智能采集终端采集到的信息放在已有的互联网中进行传输，这样不仅省去了重新建立网络的成本，还可以利用已有的广泛互联网用户群将服务进行推广。

2.2 电梯远程智能诊断与预警系统的结构与功能

基于物联网的电梯智能维护系统总体结构如图 2-2 所示：

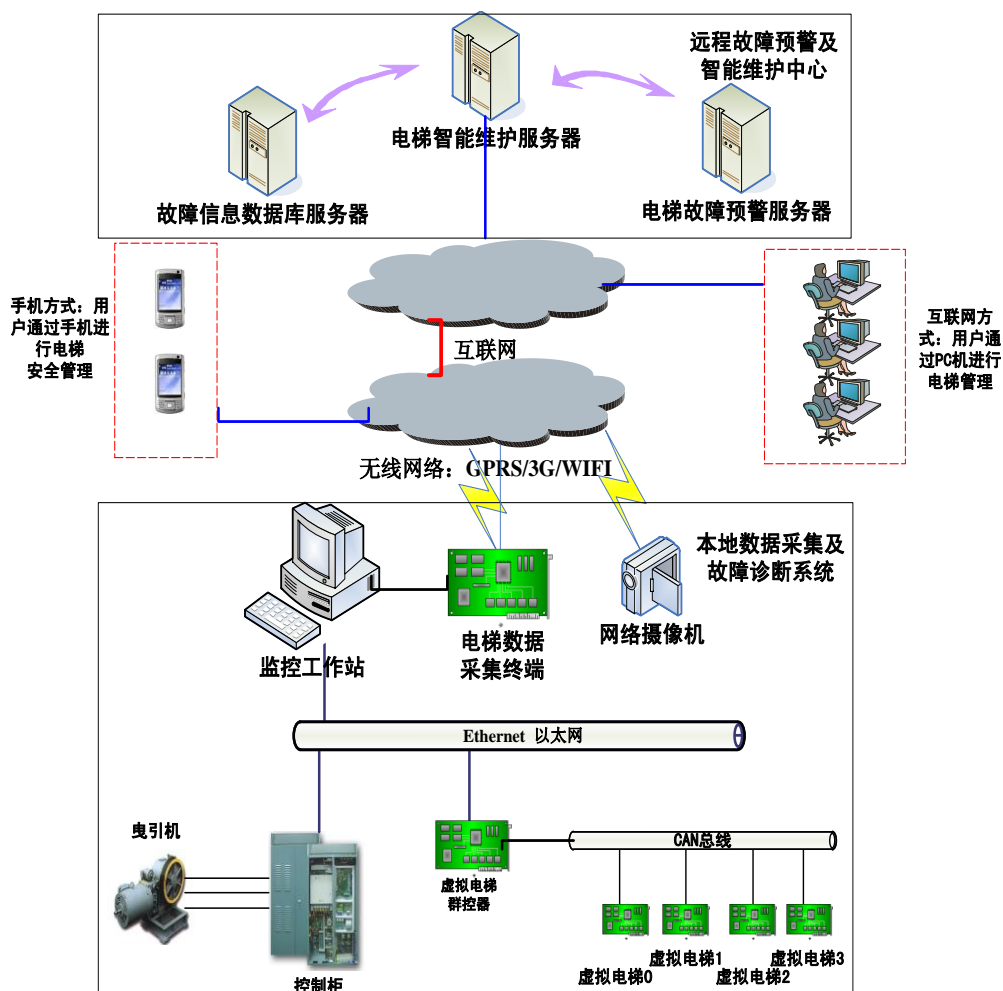


图 2-2 基于物联网的电梯智能维护系统总体结构图

基于物联网的电梯智能维护系统总体结构主要由本地数据采集及故障诊断系统和远程故障预警及智能维护中心两大部分组成。

远程故障预警及智能维护中心主要由电梯智能维护服务器、电梯故障预警服务器、电梯故障信息数据库服务器以及运行在三台服务器上的系统软件构成。

本地数据采集系统包括电梯数据采集终端、网络摄像机以及监控工作站等与电梯轿厢、控制柜及曳引机等电梯系统设备直接相连的数据采集装置。

远程故障预警及智能维护中心与本地数据采集及故障诊断系统通过无线网络如 GPRS、3G 以及 WIFI 和以太网或互联网进行连接并传输数据。物联网电梯用户通过手机等智能移动终端或 PC 机连接互联网的方式得到物联网电梯的相关服务。

监控对象为实验室现有的虚拟电梯系统。虚拟电梯系统包括一部 0.75KW 的变频调速三项异步电机用来模拟电梯曳引机的功能；一台电梯系统控制柜用来放置电梯核心控制器、变频器控制器以及其他控制柜元器；一块井道仿真通讯卡用来向数据采集装置反馈所用需要的电梯运行数据如变频器电流、变频器电压、上

下限信号、平层信号、电机转速、电机转矩等信号。监控对象还包括一台基于以太网通讯的网络摄像机，主要负责采集轿厢内外的视频数据。

具体实物图如图 2-2 所示：



图 2-3 实验室虚拟电梯平台图

物联网电梯智能维护系统总体功能有远程智能维护系统和电梯本地诊断报警功能，系统总体功能结构如图 2-4 所示：

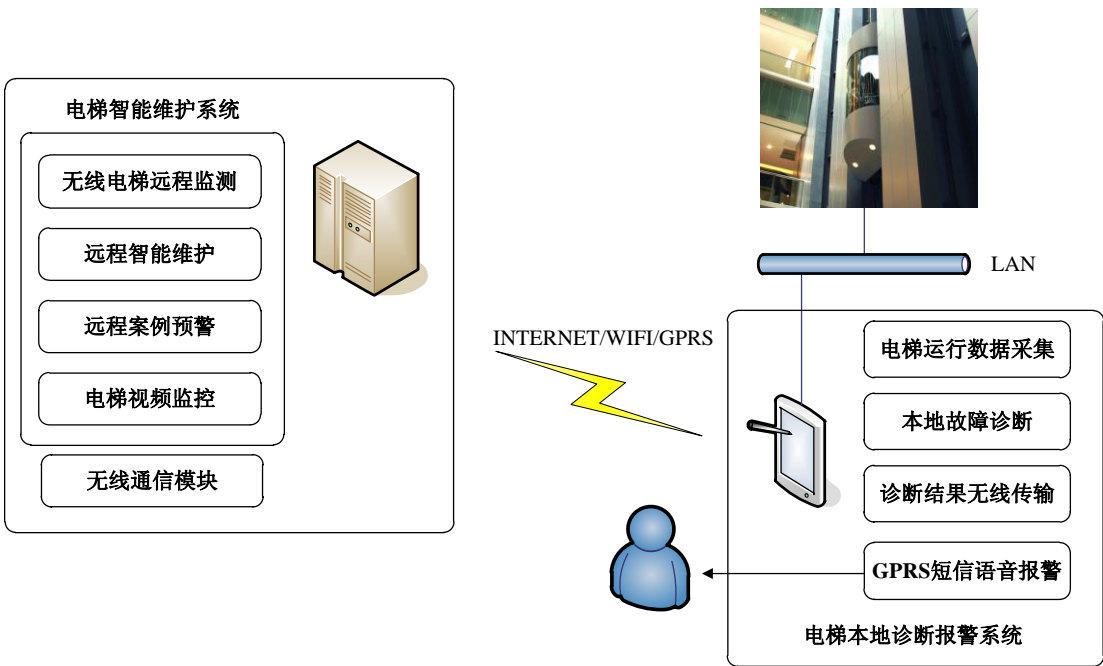


图 2-4 系统总体功能结构图

电梯智能维护系统包括无线电梯监测模块、远程维护建议模块、远程案例预

警模块、电梯视频监控模块和无线通信模块构成。其中，无线电梯监控模块是在现有电梯监控模块的基础上通过将以太网通信改造为无线通信而成，并加以修改完善。远程智能维护模块与远程案例预警模块是采用基于案例推理的智能维护方法开发的，通过检索案例库得到最优解决方案，并具有一定的自学习功能。电梯视频监控模块具有人数识别功能，可以用于轿箱内超载检测或节能群控。

电梯本地诊断报警系统包括电梯运行数据采集模块、本地故障诊断模块、故障结果无线传输模块以及 GPRS 短信语音报警模块，其中，电梯运行数据采集模块通过以太网采集电梯控制器或群控器中的电梯状态信息，再通过无线网络向远端传输。发生故障后，技术人员进入现场并将观察到的故障现象输入基于专家系统的故障诊断模块，专家系统给出初步诊断结果，对于专家系统知识库中不存在的故障以及更为详细的故障原因、解决方案则通过无线网络向远端发送咨询请求，远端的电梯智能维护系统将返回更为详细的解决方案。

2.3 电梯远程位置服务系统的结构与功能

为了实现电梯维修保养、故障排除的效率，论文开发了电梯远程位置服务系统。电梯位置服务系统作为整个基于物联网的智能维护系统的一个子系统，继承了物联网的整体技术架构，本质上是由运行于物联网电梯应用层的一系列软件组成。

电梯位置服务系统的具体功能主要包括以下几部分：

1) 标示本地系统提供的 GPS 位置信息。通过 GPRS/WIFI 等网络从本地系统获取故障电梯的经纬度信息。将采集到的信息以图形化的方式显示与远程维护中心的软件界面中，为监管人员提供较为直观的电梯故障情况和统计。

2) 位置测算功能。此功能需要同时采集到电梯位置信息和维修人员的位置信息，其中维修人员的位置信息主要有随身携带的智能移动终端如手机等装置发出。然后通过软件中的距离算法算出距离故障电梯最近的空闲维修人员的位置。

3) 基于距离最优的智能维修调度功能。在测算到距离故障电梯最近的空闲维修人员后，远程服务中心通过 GPRS/WIFI 等网络将维修信息传送到维修人员随身携带的智能终端上。完成特定的任务调度。

2.4 小结

本章首先给出基于物联网的电梯智能维护系统中一些基本概念，并简要描述了将物联网技术引入电梯智能维护领域的必要性以及物联网技术引入电梯维护系统的切入点以及融合点。然后详细介绍了物联网电梯智能维护系统的两个子系

统：电梯远程智能诊断和预警系统和电梯远程位置服务系统的结构和功能，并简要分析了系统的各个功能模块如何全面提升电梯安全管理的整体效率。

另外，本章也对系统的开发测试平台进行了详细的介绍，论文的开发成果是建立在实验室已有的虚拟电梯测试系统上。在虚拟电梯测试系统中主要介绍了系统的硬件结构、软件结构以及如何运用虚拟电梯提供的信号开发基于物联网的电梯智能维护系统。

第三章 电梯智能维护案例系统的设计与开发

3.1 电梯智能维护案例系统概述

近些年来，基于数据挖掘和数据分析的智能计算作为一个新的发展方向正在逐渐弥补传统人工智能知识获取的局限。同时，基于案例推理的方法在人们越来越重视基于相似性的推理机制的大环境下逐渐形成。提高问题的求解效率、进行知识积累、改善求解质量、简化知识获取是基于案例推理方法的几种显著的优点，并作为一种认知模型，很好的模拟了人类认知心理学并提供了一种与人类解决问题过程比较相似的问题解决方法。

本章主要介绍案例推理案例推理方法的形成背景、基于案例推理的优点以及电梯故障智能维护系统的结合。

3.1.1 设备故障诊断发展现状

设备诊断技术作为一种适应工程中的实际需要从而形成的各专业交叉的综合新学科，在近 40 年来蓬勃发展^[5]。

人类对设备的维修流程与设备诊断技术发展的历史紧密相连，工业革命后很长的一段时间之内，因为那时的设备设计水平、设备结构的复杂性以及设备生产的规模都相对较低，设备的维修费用以及设备利用里均没有引起人们的重视，大家对设备的维修流程主要是以事后维修为主，即仅仅当设备运行出现问题之后才进行设备故障维护和分析^[6]。20 世纪之后，因为社会大生产的发展以及社会生产力的大幅提高，设备故障已经对生产力产生了严重的额影响。与此同时，产生了定期维修的维护方式，主要目的是为了在事故出现之前进行处理。60 年代之后，美国军方在总结各种维修方法时认为定期维修存在一系列的问题，所以从以前的定期维修转变为预知维修，即在设备的正常运行状态之中提取运行信息并进行分析和处理，以便发现潜在的故障因素同时及时采取相应的措施，目的是有效阻止大规模突发性故障的发生。美国军方的此种维修方法，可以大大降低设备突发性故障的可能性，而且也可以避免过剩维修和维修不足两种极端情况，同时大大降低了维修成本，增加了经济效益。从此之后，这种维修方式很快从军方转向民用，很多企业将这种维修方式引入自己的生产过程之中，设备诊断技术也飞快的发展起来。

从科学与技术发展的各种环境因素来看，设备诊断技术在各学科交叉的情况

下发展起来也是一种必然。40 年代以来,人类的大工业生产方式逐渐取代以往作坊式的生产方式,在这种大的社会背景之下,各种理论如混沌学、系统论等理论相继产生,控制理论产生了巨大的突破,一系列现代控制方法被相继提出,所有这些促使设备诊断技术进一步发展。同时,电子、电气、以及正在蓬勃发展的电子计算机技术奠定了设备故障诊断技术的底层基础。设备故障诊断技术在快速傅里叶变换提出的六十年代得到加速发展。近些年来,各领域专家提出了新型的传感和滤波技术、信号处理和谱分析技术以及 AI 系列技术如神经网络和专家系统等都逐渐的故障诊断领域中发挥作用,并使设备诊断技术更加完善。。

下面从设备诊断发展的角度说明设备诊断技术的定义。按照时间顺序可以大致将设备故障诊断的发展历程分为 3 个阶段,第一个阶段是设备状态检测 (Condition Monitoring),第二各阶段是设备状态检测与故障诊断 (Condition Monitoring and Fault Diagnosis),第三各阶段是现代管理 (Modern Management),也就是说吧设备故障诊断及预警与企业的信息管理系统融合起来,这种方案目前在研究领域处于领导地位,牵引着整个学科的发展^[7]。目前设备故障诊断技术在第 2 阶段的技术体系已基本成熟和完善,正向第 3 阶段逐渐发展,处在两个阶段的过渡时期。

随着设备故障诊断技术在各个领域产生了巨大的经济、社会效益,越来越多的科研专家将目光投放到该领域,该领域的热度持续增长。从总体发展来看,美国在设备故障诊断技术的各个细化方面均占有绝对领先的地位。不仅一些美国官方机构如宇航局、机械工程师学会在设备故障诊断领域投入了大量人力物力,而且很多大学和私人企业也都深入参与了这一技术领域。美国的一些公司如亚特兰大科学实验室、惠普公司、宾利公司等,他们的故障诊断技术与非常成熟的产品在全球范围占有翘楚地位,也基本能够代表该领域的最高技术水平。它们将先进的监控功能和强大的故障诊断功能融为一体,在化学品生产、武器制造以及航空航天等领域均得到了广泛的应用。设备故障诊断技术在欧洲、亚洲的发展也各具特色,如丹麦 C&T 公司在设备温度检测领域、英国埃里克森公司在电动机摩擦诊断方面以及日本三菱公司故障诊断技术在电梯系统的应用方面都各具特点^[8]。

七十年代左右我国的设备故障诊断技术才开始发展,虽然开始时间比较落后,但通过各界学者的齐心协力,已经开始出现接近国外水平的发展趋势,尤其是近几年,一些具有代表性的理论研究和突破引领了设备故障诊断技术在中国的发展步伐。如西安交通大学的“基于远程计算技术的大型转动设备的状态监控和诊断系统,东北 大学研制的“钢铁滚卷设备状态监测诊断系统”,“高炉传动工作状态监测诊断系统”,哈尔滨工业大学的“发电机组计算机诊断及监控系统”,取得了可喜的成果。总体上我国设备监控和诊断技术的主要应用范围集中在钢铁、发电、化学品制造等行业,科研工作主要在大学进行,如哈尔滨工业大学、

清华大学、上海交通大学、天津大学等在设备故障诊断领域都极具实力。

故障诊断技术需要将极强的理论基础与实际系统紧密联系在一起才能产生巨大的实用价值。从本质上讲,故障诊断技术是个模式分类问题,即把机器的运行状态分为正常和异常两类^[9]。进一步讲,异常的信号样本究竟又属于哪些故障,这又属于一个模式识别问题^[10]。从开展故障诊断的流程来看,设备诊断分为信号采集(signal acquisition),信号处理(signal processing),故障诊断(fault analysis) 3个阶段。

1) 基于规则的故障诊断方法

基于规则的专家系统在设备诊断领域中由于非常符合人脑的思考方式,已经存在并应用了相当长的时间^[11]。它的基本思想是将专家的经验 and 知识提取出来并将简化后的规则应用到推理过程中。但传统的 RBR 存在着很多缺点:知识更新复杂、知识提取困难、检索效率不高、很难实现自学习功能。

2) 基于模型的故障诊断方法

基于模型推理的基本思想是:将故障推理建立在系统行为以及部件行为的数学或其他精确性描述模型之上^[12]。这种诊断技术能够直接从对象的构造和设计中提取有效信息搭建故障诊断模型,也不存在专家知识获取难的问题,但是完全抛弃专家经验和知识导致故障诊断的效率下降严重。

3) 人工神经网络故障诊断方法

人工神经网络是一种利用大量历史数据训练出来的权值网络来对故障进行分类的一种分类系统^[13]。所以,向网络中输入故障特征向量,输出故障标识,用大量学习样本进行训练,将故障诊断知识存储于网络的拓扑结构和联接权值之中,进而形成从设备故障征兆到设备故障识别的非线性映射。

4) 基于案例推理(案例推理)的故障诊断方法

案例推理故障诊断直接模拟人类思维模式,当存在一个需要求解的问题时,第一步首先在实例库中检索与该问题最相类似的事例,同时对其进行修正,输出修正后的结果作为该问题的中间解^[14]。这个解是最佳匹配,而不是准确的匹配。除上述理论之外,基于知识的故障诊断方法还包含以下几种典型的诊断理论。

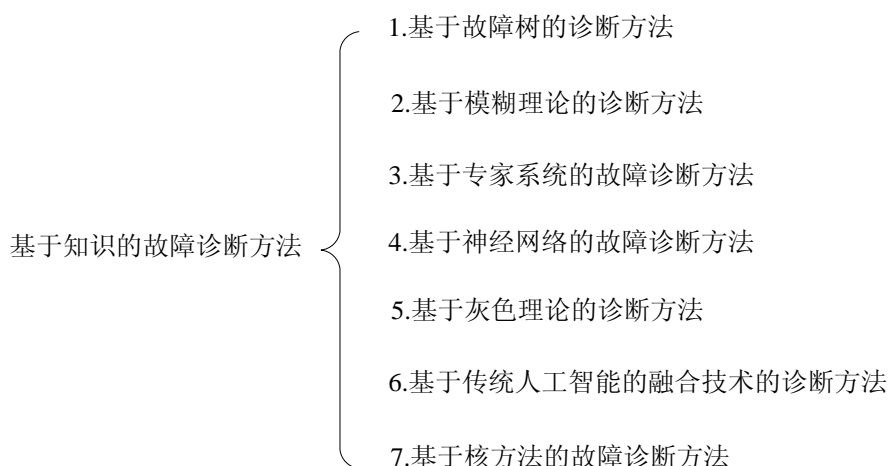


图 3-1 典型基于知识的故障诊断方法

3.1.2 基于案例的诊断理论方法介绍

一、案例推理的发展

基于案例的推理技术作为近年来发展出的一种人工智能技术，其基本思想是利用以往的知识和解决方案，同时结合联想和相似性比对的方式来解决当前问题的一种方法，并简称为案例推理^[15]。这种策略首先根据当前问题的特征，访问案例库中过去同类问题的求解方法，从中检索出类似的案例。这种方法首先将目前问题特征或现象从当前问题中提取出来，然后在案例库中检索过去相似问题的解决方案以及求解方法。如果检索出的解决方案能够完整的解决当前问题，检索出的案例就是最佳检索结果；如果没有找到非常相似的问题案例或解决方案，则要借鉴过去的领域经验和专家知识，同时结合根据当前案例的实际加以调整和完善，使之更符合实际情况^[16]。

在案例推理方法的基本概念中，对当前实际问题的表述是目标案例，而对存储在案例库中的案例的表述是源案例。总体来说，案例推理方法输入目标案例而输出源案例的一种模式分类系统，并最终通过得到的源案例解决当前问题的一种解决方案。它在以下几个方面与一般的人工智能分类方法有着明显的不同。一是它提供的解决方案是建立在过去实际情况的基础之上，无论是过去问题发生的具体环境还是过去问题解决的具体环境都与当前问题的发生环境极其相似，过去的解决方案能够极为容易的运用到当前问题中。相比之下其他的人工智能方法在某种角度上存在着对知识过度抽象而导致无法简单的运用目标案例的问题。二是案例推理方法在持续的使用当中具有一定的学习能力，而这种学习能力与传统的专家系统等方法相比则异常简单，不需要专家提取经验和知识，而只需要将新问题产生的新案例在有效的监督下存储到源案例中即可对案例库进行完善，进而更准确的为未来问题提供解决方案^[18]。

理论界普遍认为 Schank 和阿贝尔森是案例推理方法的开山鼻祖，他们的研究工作开始于 1977 年，而在 1982 年出版的《动态记忆：在计算机和人的提醒和学习理论》被认为是表述案例推理思想的第一部著作。珍妮特克罗德纳开发的 CYRUS 系统是理论意义上的第一个案例推理系统。这个系统首先收集事件的模式如美国前国务卿的会议及旅行经验，然后将这些经验运用到实际事物的日常处理，这个系统具体体现了 Schank 理论中的动态记忆模型。Texas 大学的布鲁斯波特研究了有关机器学习以及启发式分类的相关理论，并在此基础上开发了 PROTOS 系统。此系统将普遍性的领域知识与个体的实例联系模型结合起来并有效地运用于早期的法律事务智能系统之中。

案例推理除了在美国大规模发展之外，在二十世纪八十年代在欧洲也得到了广泛的关注。苏格兰德里克的阿伯丁研究小组凭借他们开发的 REFINER 系统将实例用于实际的知识获取成为了第一个被引用的欧洲案例推理研究者。此后，都柏林三一学院麦克基恩将相似性比对推理引入认知科学，从而推动了案例推理研究的进步，目前，案例推理方法的应用和研究范围还在随着人们对案例推理方法的研究而不断扩大。截止到今日，案例推理方法的应用已经先后出现在各种各样需要过去经验和知识的领域，如设备故障诊断、行业发展预测、律政系统、天气预报系统、医学诊断等领域，案例推理方法在这些领域的应用效果非常良好，证明了这种方法是一种集实用性和有效性于一体的方法。

近十年来，案例推理的方法和应用研究在中国也逐渐的得到重视，中科院计算科学研究所已经在这个领域进行了一系列的理论和实践研究并取得了良好的成果。2005 年，史忠植等人提出并验证了案例提取和网状记忆模型^[20]。2007 年周涵研制了基于案例学习的内燃机油产品设计 EOFDS 系统^[20]。2009 年徐众会开发了基于案例推理的天气预报系统^[20]。2011 年赵钢开发了基于案例推理技术的降水过程预测系统^[20]。2012 年王军开发了基于范例推理的淮河王家坝洪水 FOREZ 预报调度系统^[20]。相比于美国和欧洲，良好应用于商业实践和其他使用性领域的案例推理系统仍然较少，这类系统仍然主要集中在大型科研院所和高校的科研工作中。

二、案例推理的基本原理

案例推理方法的基本思想简单来说首先检索案例库得到过去的案例，此案例应为与当前案例特征最为相似的案例，然后经过调整并修改相应的实际参数重新运用于当前问题的解决中。基于案例的推理是人的一种认知性行为，是基于记忆的推理过程^{[22] [23] [24]}。在案例推理的策略中，案例库扮演了人脑的记忆的角色，其具体功能是以固定的组织方式（以便提高未来检索的速率）将以往的经验 and 知识存储在一个固定的空间之内；案例库检索（旧案例提取）过程对应着人脑的回忆过程。当然，提取出的旧案例未必完全符合新问题的实际情况，这是则需要将

提取出的旧案例进行适当的调整和修改使之完全适用于实际情况。在应用旧案例完成了解决新问题的任务之后，还要将修改后的案例作为对现实世界更加匹配（相对于修改前）的解决方案重新存储到案例库中。以上即是案例推理方法中推理和自学习的基本思想和基本过程。

按照上述案例推理方法基本思想和基本过程可以将一个典型的案例推理实例表述为四个基本的步骤：案例检索（Retrieve）、案例重用（Reuse）、案例修正（Revise）和案例保存（Retain）^[24]。在案例推理系统中一般把当前问题成为目标案例，存储在案例库中的旧案例被称为源案例，所有的源案例组成了案例库。从图 3-2 中可以了解案例推理系统解决问题的基本过程为：一个待解决的新问题产生，即目标案例，采用目标案例的描述信息查询过去相似的案例，即对案例库进行检索，得到与目标案例相类似的源案例，由此获得对新问题的一些解决方案，如果这个解答方案不成功，将对其进行修正以获得一个能存储的成功案例，这个过程结束后可以获得目标案例的比较完整的解决方案；若源案例未能给出正确且合适的解则通过案例修正并存储可以获得一个新的源案例^{[28] [29]}。

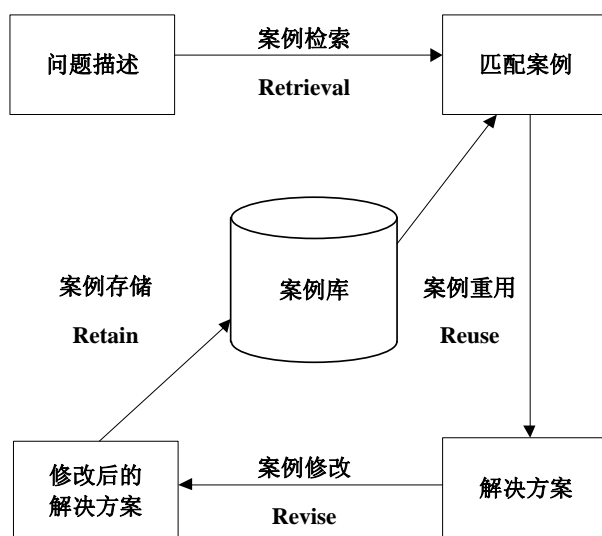


图 3-2 案例推理 4R 原理

二、案例推理的基本概念

1. 表述案例

以下几个部分组成了一个完整案例的表述：

- 1) 目标案例的特征和环境因素：需要对问题的现象和环境附加信息进行描述。问题描述通常使用“属性-值”法。对于每一属性，将不同的权值分配到不同的每个属性中是有必要的因为不同的属性在实际情况中有着不同的重要性。
- 2) 求解。
- 3) 最后结果。

2.组织与索引案例

案例的检索过程是案例推理方法的核心。案例的索引和案例的检索有机的结合,并通过二者的共同作用使得寻找最佳匹配案例的过程更加高效和准确。一个案例系统中案例检索的能力是影响系统能否有效率的得出有效匹配案例的关键性因素,为此在案例系统中建立案例索引非常有必要。

因为案例索引对于提高案例系统查找相关知识有着关键性的作用,所以在建立案例索引时需要依据一定的原则和规范进行建立,案例索引的建立一般有着以下几种原则:

- 1) 案例索引与数据库中的索引有着本质上的区别。在数据库中建立索引仅仅是为了有效地划分数据结构使得在搜索相关数据条目时更加快捷,而案例库中的索引除了要考虑上述问题,还要考虑到本领域知识内在的知识结构,并将这些知识结构体现在案例库的索引中。
- 2) 案例索引的抽象程度应该适中,不能太过抽象也不能太过具体。太过抽象将导致检索出的案例准确率大幅度下降,而太过具体则使得以往的案例不能很好的适应新问题的解决。
- 3) 案例索引还应该在知识结构的层面达到最简。太过具体或冗长的索引本身成为数据的一部分,及当搜索案例索引本身所需要的时间复杂度已经大大超过数据本身时,案例检索的效率就大大降低了。

3.检索案例

案例检索过程是案例推理中“推理”的代名词,案例推理的广泛应用必须建立在检索算法能高效的处理案例库中的大数量案例的基础上。在现有的案例系统中案例的检索策略基本上是以“相似度”为基本准则的,相似度也可以被看作是各个案例之间的“空间距离”,判断两个案例是否相似完全是依靠两个案例中的特征向量空间距离的计算。

4.修正案例

虽然在案例检索后得到相应的匹配案例,但匹配到的案例与现实世界问题的契合度有可能不能达到解决问题的程度,所以需要根据实际情况对匹配到的案例修正并更新,最后存储到案例库中。

5.学习与存储案例

案例学习能力是案例系统非常必要的一部分,它的主要功能是扩充和更新旧的案例库,并保证当前案例库充分的贴近实际问题。两种案例学习方案是比较常用的,一是在案例修正的过程中将修正过的案例持续的添加到案例库中,另一种是在新案例产生时添加到案例库中并根据专家干预删除冗余案例。

3.2 电梯智能维护案例库的设计与实现

3.2.1 电梯案例系统的结构

案例和推理机是组成案例推理系统的最重要的两个部分。我们一般将一个新问题进行特征提取并表述，然后以固定的结构和组织方式存储在案例库中，则这些存储的案例库中的数据即被定义为案例；我们依赖案例索引、案例匹配算法以及空间距离计算等手段将现有问题匹配到案例库中的旧案例的过程被定义为一般意义上的推理机。

在电梯系统的故障诊断过程中，首先由维修人员找出当前故障的故障征兆和现象，包括以一个固定结构组成的定量数据和定性数据。然后再根据这些数据与案例库中案例的相似度最大的原则选出最相似案例，同时将新案例与旧案例进行比较，如果完全一致，则直接重用该旧案例的解决办法。如果没有找到完全一致案例，则参考最相似案例的解决方法，根据当前环境做适当修改再运用到故障解决中。最后将新案例的征兆和现象以及解决方法存储进案例库，完成案例学习。

基于案例推理的电梯智能维护软件包括以下几个功能模块：人机界面、目标案例输入模块、案例检索模块、案例重用模块、案例评价模块、案例修改模块、案例学习模块以及案例库。软件结构如下图所示：

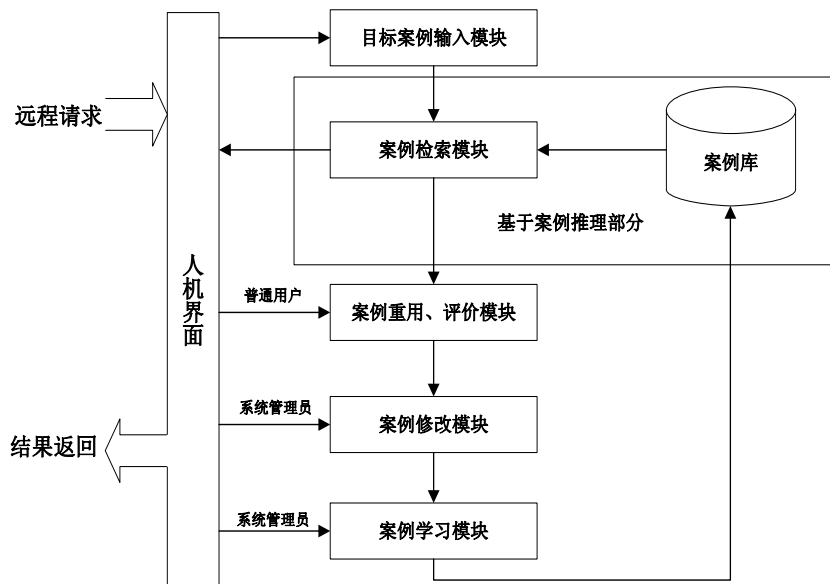


图 3-3 故障诊断案例推理系统软件结构

通过对系统功能结构需求的分析，设计了电梯智能维护软件主流程和案例检索流程和案例预警流程，流程图如图 3-4 所示：

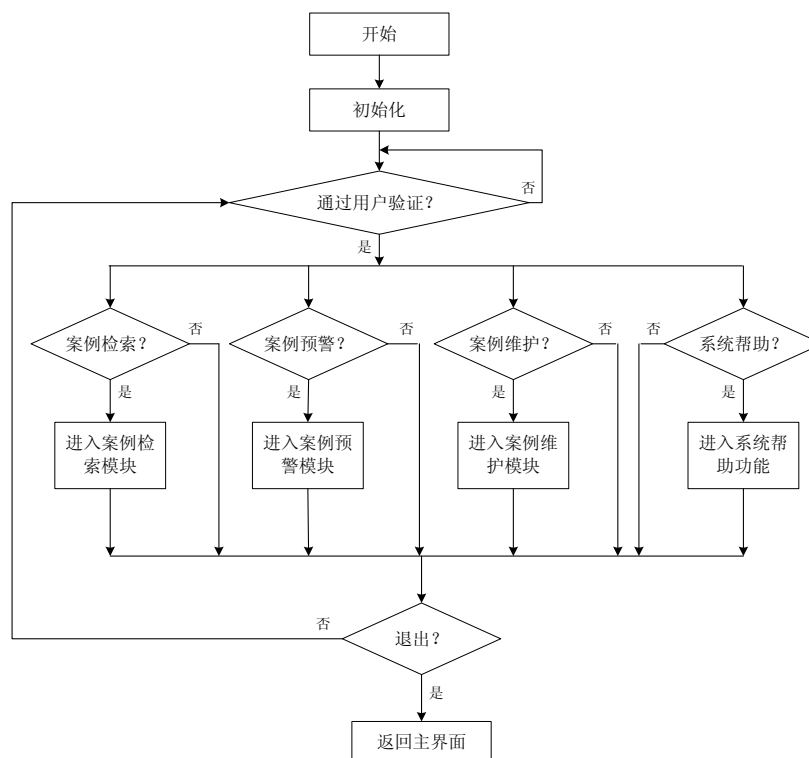


图 3-4 故障诊断软件流程

当用户进入主界面并通过用户验证后，可选择案例检索、案例预警、案例维护以及系统帮助等功能。

3.2.2 电梯智能维护案例信息结构

在建立电梯智能维护案例信息结构之前首先要完成知识获取的三个主要任务：知识的收集、案例优化案例和案例表示三个过程。

1. 知识的收集

基于案例的知识系统不仅能够充分利用电梯公司维修记录、事务日志，同时也能够从不同渠道（专家指导、维修手册）获取来自专业领域的经验知识，这一特性很大程度上克服了专业领域专家知识的提炼、获取困难，保证了知识系统的完整性，与传统的专家系统比较起来具有很大优势。

2. 案例优化

所获得的知识可能比较复杂，还有可能会有冗余或不一致性的知识。这个阶段的任务就是把案例按照主题归类、知识整理、精练、合并。由于案例系统能够不断通过外界网络获取新的案例或修正后的案例，并在领域专家的指导下对案例库进行优化和维护，故案例系统拥有良好的学习能力，案例知识系统能够随着应用时间的延伸而趋于与现实匹配的状态。

3. 案例表示

我们一般用一个二元组或三元组表示以往解决过问题中的问题特征和问题

解决方法两部分信息。在一个二元组中，问题特征空间和解决方法空间组成了案例的描述空间，这种形式的描述方法非常适用于各种决策案例的描述；在一个三元组中，问题特征空间、现象描述空间和解决方法空间组成了整个描述空间，这种描述方法比较实用与各种故障诊断系统的问题描述。

4.案例库构造

除了个体案例表述方法，整体上案例库的设计过程还要遵循以下原则：

(1)有利于检索效率，案例库中不仅存储了数值型知识还存储了如字符数组等非数值型知识，两种知识的混合检索要求案例库的检索方法和存储方法有效地为案例的检索提供支持。

(2)有利于案例学习

不断增减新案例以及对已有案例的调整和维护保证了案例系统的自学习功能，随着系统解决问题数量的增长，系统的性能也逐渐的提高（准确度，检索效率）。

(3)有利于知识的维护

不断淘汰旧的冗余案例（不符合事实）以防止由于案例库空间过于庞大而导致案例检索效率低下，维护案例库一般有以下几种常见的方法：

1. 要不断地记录和存储案例的使用频率，使用效果情况，提高采用率高的案例的检索优先级，降低采用率低的案例检索优先级。
2. 检查案例库使用的各方面参数，然后根据参数作出调整。

在案例库建立初期即以固定的结构组织所有的案例，这种组织方式有两个优点，一是提高了案例的检索效率，二是提高了案例的学习效率。在一般的案例系统中，常见的结构组织方法将一个案例分拆为问题特征、解决方法以及附件信息三个部分。

如果将上述表述方法引入到电梯智能维护系统中并综合考虑到电梯故障诊断领域的具体知识，我们将一个电梯智能维护案例定义为一个四元组：

$$C = \langle D, S, M, E \rangle$$

其中， $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$ 表示故障案例的描述信息，包括故障案例编号、故障发生时间、故障类型等； $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ 表示故障征兆属性集； M 是案例的结论信息； E 代表案例的附加信息。

具体需要表示的信息如下所示：

故障描述信息	案例编号
	故障发生时间
	故障现象
	故障模式
故障征兆信息	案例特征向量
	案例特征权值
故障结论信息	解决措施
	故障手册
	结果评价
案例附加信息	案例所属子系统
	成功匹配次数
	案例的学习质量

图 3-5 案例信息分类结构

3.2.3 电梯智能维护案例的数据库实现

电梯故障诊断系统的核心是推理模块，而数据库设计是其中的基础。数据库建模设计不仅要充分考虑业务需求、系统检索、存储效率，更要考虑可扩展性，以适应不断新增的需求。数据库建模是数据库设计的核心和基础。

本系统使用SQLServer2005作为数据库管理系统，在电梯故障诊断案例系统中，案例表示的主要内容可分为八部分来描述案例的各个方面，概括如下：

1)故障案例类：针对电梯系统相关子系统、相关部件及其相关特征，将所有案例划分为几个主要的案例分类。在一个种类的案例集合中，可以通关相似的特征向量以及特征权值提高相关故障的检索效率。

2)案例状态特征：将电梯各部件相关故障的定性征兆、定量征兆以及故障权值、附加信息等字段存储到一整个特征向量中，作为电梯故障征兆的状态描述向量；

3)故障特征权值：专业领域专家预先设定的每个特征分量的重要度标示；

4)故障现象：现场维修人员在故障现场观察或测量到的定性或定量信息；

5)故障原因：指出发生故障的原因；

6)故障诊断：指出故障发生的设备、部件、部位；

7)故障解决办法：故障诊断的过程和解决办法；

8)故障诊断结果反馈信息：验证故障解决办法的成效。

下面将主要描述故障案例库中的故障案例种类表、故障案例表、故障案例特

征表和电梯结构特征属性数据库的电梯故障关键特征表的关系。

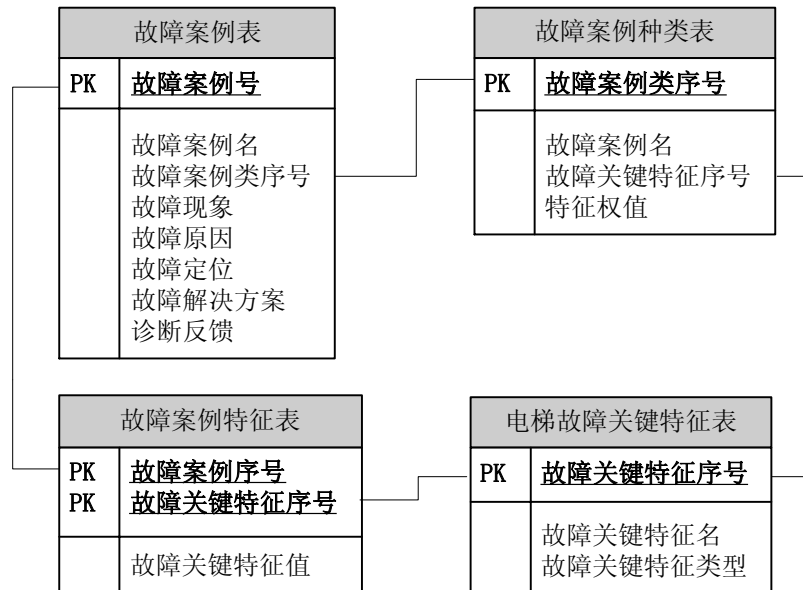


图 3-6 案例推理系统数据库建模

3.3 电梯智能维护推理机的设计与实现

3.3.1 案例系统推理机概述

组织和控制系统输入到输出地求解步骤是案例系统推理机的主要工作。传统的专家系统与案例系统在推理机部分有着显著的区别。在传统的专家系统中，推理机是一个单独的模块，这个模块有固定的程序结构，由知识库中不依赖于知识本身的框架元素构成。

而在基于案例的推理系统中，推理机需要个体案例之间的参与，通过计算两个案例之间的相似度来体现案例的检索过程，这种相似度计算即是案例系统推理机的核心，需要通过设计案例检索算法来得到案例间结构上、语法上以及数量上的相似关系。

在本系统中由于电梯数据有一定的固定模式和特点，采用最近邻匹配算法较为合适。最近邻法是目前最为广泛使用的案例相似度算法。

近邻法使用的前提条件是两组案例的信息结构基本相同，而且对于两个特征向量中的分量的重要性（即特征权值）也基本相同。满足上述条件后即可使用基于距离度量的相似度计算算法，欧氏距离、Manhattan 距离以及无限模距离都是比较常用的空间距离计算方法，本系统将两组电梯数据设置为相同的结构和特征权值，并采用欧氏距离算法计算案例之间的空间距离。

假设 U 为源案例的集合， X 为已经存储在案例库中的某个案例我们称之为源

案例, $X \in U$, $U = \{X_1, X_2, \dots, X_m\}$, m 为案例库中案例个数, Y 为待求解的案例称为目标案例(也称为新案例或用户案例)。源案例 X 的问题域属性表示为 $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, 同理, 目标案例 Y 表示为 $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$, 每个属性的权值为 ω , $\omega \in (0,1)$, $\sum_{i=1}^n \omega_i = 1$, n 为问题域属性的总数($n > 0$)。

源案例和目标案例之间的相似度函数为: $SIM(X, Y)$

源案例的第 i 属性和目标案例的第 i 属性相异度为: $sim(x_i, y_i)$

$$SIM(X, Y) = \sum_{i=1}^n (1 - sim(x_i, y_i)) \omega_i$$

案例检索所得到的案例称为相似案例。如果案例检索的结果为相似度最大的一个案例, 我们称这个案例为最佳匹配案例, 这时案例检索策略为最近邻策略。

基于案例的故障预警建立在对故障案例相似度的检索上, 在对案例相似度进行提取之前, 可以通过领域专家设置一个合理的案例相似度阈值, 当新案例与旧案例的相似度超过这个阈值的时候说明新案例发生旧案例中描述故障的可能性大大提高, 即有相应的故障隐患。

另外, 如果在维修人员每月定期维护的过程中都做一次相应的案例匹配, 并将案例匹配信息(包括相似度、案例号等), 则可以一段时间内的故障相似度绘成一条相似度曲线, 再对该曲线进行拟合得到相对光滑的曲线, 这样就可以清晰的看到故障的发展趋势。

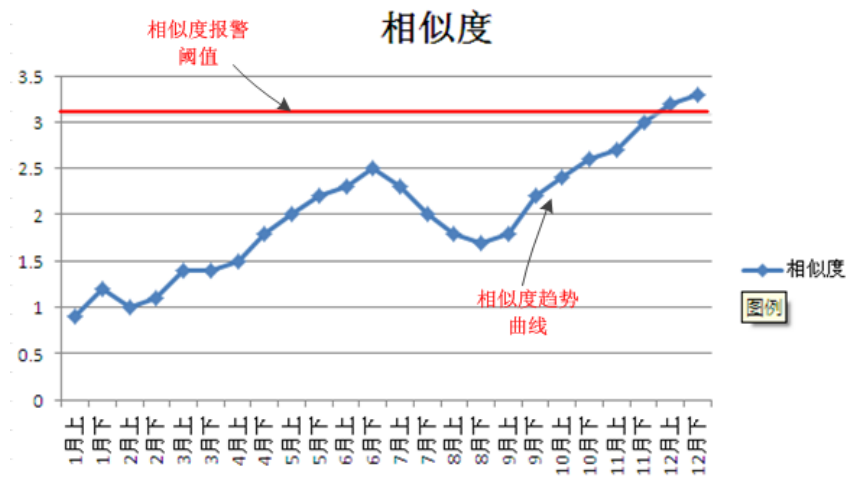


图 3-7 案例相似度历史曲线

3.3.2 电梯案例系统推理机模块的实现

在设计电梯故障的案例检索过程时, 我们采用基于层次分类模型的索引策略, 在案例索引时, 快速缩小案例匹配的空间, 而不是盲目搜索; 在案例匹配阶段, 采用带权值的最近邻案例匹配方法, 进行案例匹配。

以下给出方法的具体实现步骤:

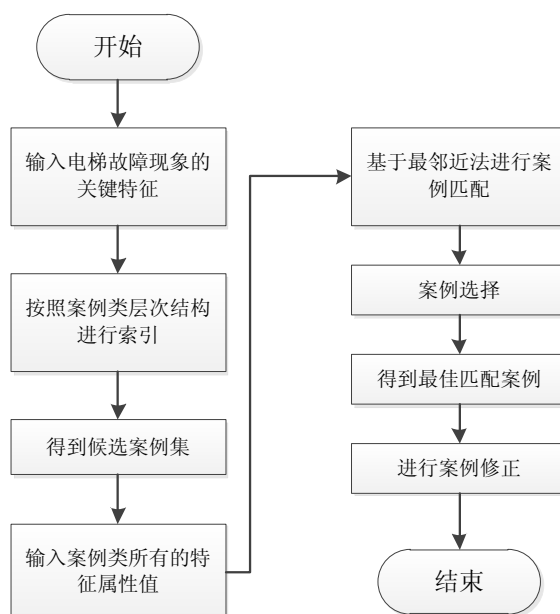


图 3-8 案例推理系统使用流程

在此基础上基于电梯案例系统的故障预警流程如下：

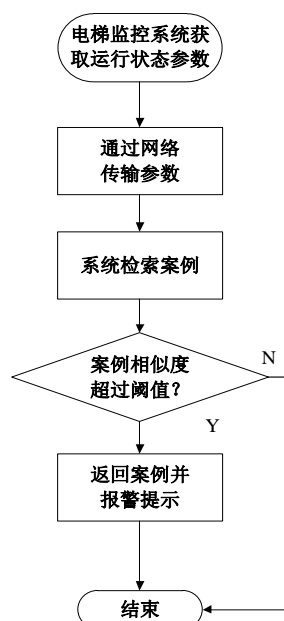


图 3-9 电梯案例系统故障预警流程

本系统以 VC++2010 作为开发环境，以面向对象模式进行程序开发，因此必须先定义系统的核心单元——类。程序核心类图如下：

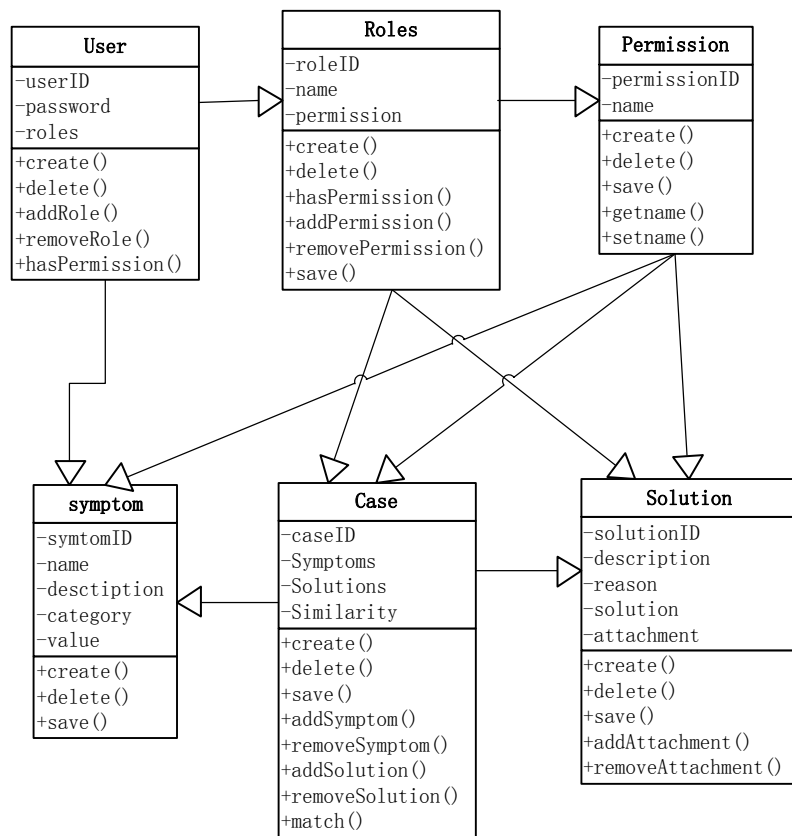


图 3-10 电梯案例系统故障预警流程

3.4 小结

本章首先对设备故障诊断的发展历史和目前的方法理论做了概述，然后根据本课题的要求，设计了电梯系统的故障诊断与预警软件结构和功能。本章重点论述了利用 VC++ 和 SQL 设计对故障诊断和预警模块的设计实现，包括理论方法的研究、案例库的建立、案例推理机的设计与实现等。

第四章 电梯远程智能诊断与预警软件的设计与开发

本章主要介绍物联网应用层智能诊断和预警软件的开发框架、运行环境以及一些外围功能的设计与开发。第三章将介绍物联网电梯智能诊断和预警软件的核心功能开发：案例系统开发。本章作为第四章的基础提供了开发核心功能所需要的总体框架和辅助模块。本章将重点介绍这些框架和模块的结构和功能，并对这些模块的开发流程作了详细的介绍。

4.1 电梯智能诊断与预警软件的总体结构与功能

4.1.1 电梯智能诊断与预警软件的结构

根据实验室目前的实验环境，结合系统的功能需求，将物联网电梯智能诊断和预警软件部署在 Windows XP SP3 平台上，数据库采用 Microsoft SQL Server 2005，部署在 Windows XP SP3 平台上。以上两台服务器均使用 DELL PC 作为服务器，具有单一双核 Intel E7200 2.53GHz，内存配备 2G，硬盘采用 4 块 60G ST3320613AS，客户端服务器支持 IE6，IE7。开发环境是 Visual Studio 2010，系统的部署架构如图 4-1。

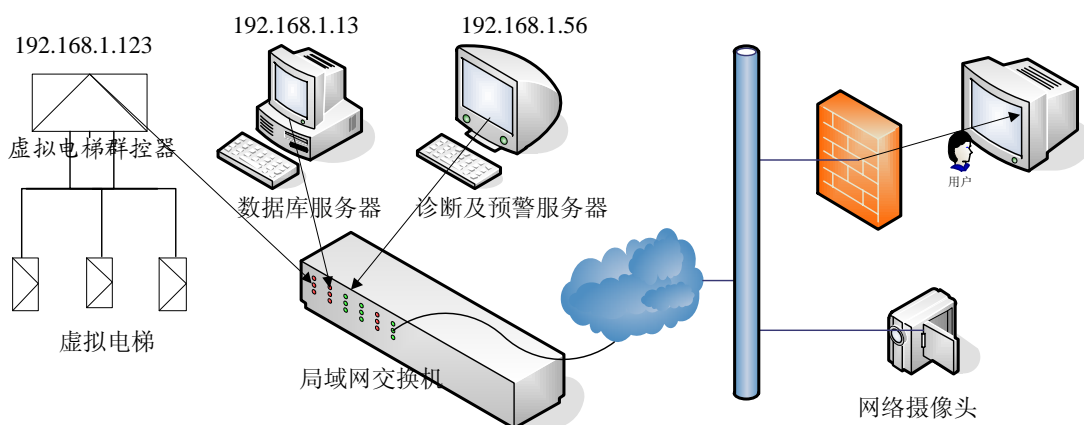


图 4-1 系统的部署架构图

系统采用 Visual Studio 2010 作为主要的软件开发环境。采用 VS2010 可以较好的满足界面设计的工作，其中加入了大量的软件界面设计实现库，可以通过完全的用户化操作构成一些类似于 Microsoft Office 2000/XP/2003 和 Microsoft

Visual Studio.NET 的应用程序（用户工具栏、菜单、键盘等等）。

远程维护中心与本地数据采集系统采用两种方式通讯。一是以太网通讯。工业以太网是应用于工业控制领域的以太网技术，在技术上与商用以太网（即 IEEE 802.3 标准）兼容，但是实际产品和应用却又完全不同。这主要表现普通商用以太网的产品设计时，在材质的选用、产品的强度、适用性以及实时性、可互操作性、可靠性、抗干扰性、本质安全性等方面不能满足工业现场的需要。Wi-Fi 是一种能够将个人电脑、手持设备（如 Pad、手机）等终端以无线方式互相连接的技术。Wi-Fi 是一个无线网路通信技术的品牌，由 Wi-Fi 联盟(Wi-Fi Alliance)所持有。目的是改善基于 IEEE802.11 标准的无线网络产品之间的互通性。使用 IEEE 802.11 系列协议的局域网就称为 Wi-Fi。甚至把 Wi-Fi 等同于无线网际网路(Wi-Fi 是 WLAN 的重要组成部分)

同时，远程智能维护系统需要对所有电梯的运行状态数据进行存储并分析，故需要远程维护服务器通过以太网与数据库服务器进行通讯并控制数据库服务器进行数据存储，数据检索以及数据的添加和删除。本课题采用 MFC 远程 DAO 调用 SQL Server 数据库来完成对数据库的操作与控制。

4.1.2 电梯智能诊断与预警软件的功能

该系统具有以下功能：

（1）远程数据采集与显示：通过以太网或 WIFI 网络采集电梯运行参数，并在以 MFC 为框架编写的软件界面中显示各类运行参数，并以曲线、饼状图、柱状图、雷达图的等方式显示在界面的动态画面中。参数如图 4-2 所示：

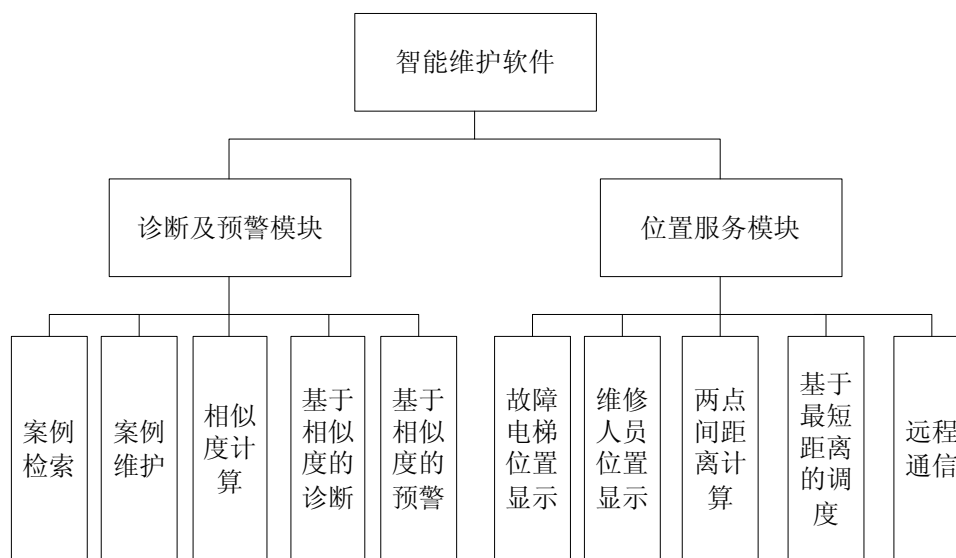


图 4-2 服务器软件显示的主要运行参数

（2）数据库存储：远程智能维护软件与数据库服务器（MS SQL Server）进行交

互,将本地数据采集系统传输的电梯运行状态信息实时的存储于已定义的数据库中,以便于查询历史记录,故障趋势的数据挖掘以及故障案例系统的案例信息。

(3) 软件界面及动画显示:在软件界面中嵌入 Flash 动画并根据反馈的电梯运行状态信息显示电梯动画,同时也可以根据从数据库服务器提取出的故障信息、案例信息绘制历史曲线和数据图表用于直观的显示电梯的健康状况和运行状态。

(4) 故障预警模块:远程服务器软件通过采集到的定量信息以及定性信息检索并匹配数据库中已有的案例信息,并得出与已有案例的相似程度和相似度趋势,提示电梯维修人员电梯面临哪方面隐患以及隐患发展趋势。

4.1.3 软件界面的设计

电梯案例系统主界面有三个功能子页构成,分别是案例诊断、案例信息和案例库维护,软件使用流程也按照此顺序进行。边栏为电梯关键部件索引,列出了电梯系统八个主要子系统及其关键部件:曳引系统、导向系统、轿厢、门系统、重量平衡系统、电力拖动系统以及安全保护系统。使用时首先在边栏中选定一个或几个关键部件,然后再进行匹配。这样当案例库内容过大时提高检索效率。

案例诊断子页面操作流程:首先输入电梯基本信息,然后输入定量征兆和定性征兆。定量征兆包括曳引机电压、电流、转速、变频器功率、使用年限、楼层高度等定量信息。定性征兆主要是维修人员在维修现场发现的故障现象。

基本信息和征兆信息输入完成并确认后,可以点击案例匹配按钮进行案例匹配,匹配完成后得到最佳匹配案例的案例号及其案例相似度。同时自动跳转到第二个功能页面:案例信息页面。案例诊断界面如图 4-3 所示。



图 4-3 案例诊断界面

案例信息页面主要显示由案例诊断页面匹配出的最佳案例的基本信息，包括：案例号、附加故障码、故障描述、故障原因、维修建议等信息。除基本信息之外还显示案例可信度以及案例使用次数等信息。案例信息界面如图 4-4。

如果没有匹配到合适的案例或对匹配到的案例不满意，可以点击下方的“添加新案例”，跳转到第三个功能页面案例库维护。



图 4-4 案例维护界面

由于电梯可能同时存在一种以上潜在故障，在此页面嵌入故障雷达图，以便全面观察电梯故障状态。例如下图的电梯同时具有较高的 CAN 总线故障隐患、配重故障隐患以及变频器故障隐患。故障雷达图如图 4-5 所示。

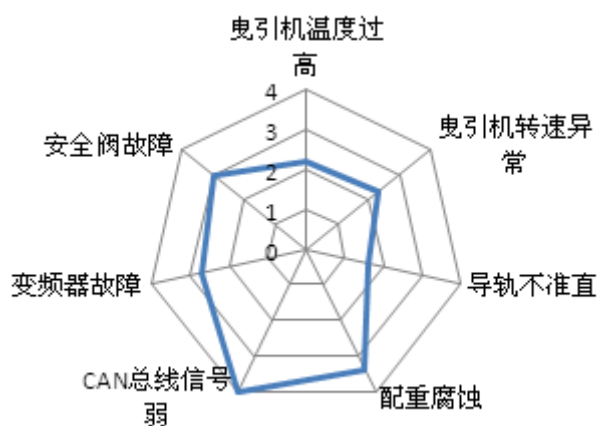


图 4-5 故障雷达图

第三个功能页面案例库维护主要实现查询、添加、删除和修改案例的功能，

同时为每个案例添加一些辅助信息，如：案例可靠度、案例使用次数、相关案例等信息。案例维护页面如图 4-6 所示：



图 4-6 案例维护页面

4.2 基于 WEB 的电梯智能维护软件的设计与实现

4.2.1 基于 SOA 的模块调用技术

SOA(Service-Oriented Architecture)，面向服务架构，他将以往整合到一体的软件架构打碎为不同粒度的分布式软件应用^{[29] [30]}。在软件功能重用的过程中可以实现任意模块的快速简单调用而不涉及原始完整架构的整体调用。服务层是 SOA 架构的基础，是可以直接被应用调用的，这样可以有效控制系统中人为以来软件代理。SOA 架构是一种粗粒度、松耦合服务架构，各个服务之间通过更加简单、更加精确的定义接口进行通讯，并不涉及软件的通讯模型和底层编程接口。SOA 一般被人为是继 XML/Web Service 技术、B/S 模型之后第三代技术^{[31] [32]}。SOA 架构将能够帮助软件设计者从一个新的角度完成软件架构中的各种组件的开发、各种部署的形式，它可以帮助软件设计者以更具重用性、更迅速、更可靠架构整个业务系统。与以往相比，具有 SOA 架构的软件系统具有更加灵活的面对需求变化的特点^{[33] [34]}。

不同种类的系统软件，操作系统，应用软件和应用基础结构（application infrastructure）互相穿插，这是目前软件设计需求的现状。人们经常会运用一些现有的应用程序来完成业务流程（application process），因此几乎不可能重新建立一个软件环境。软件设计者为了迅速的应对不断变化的需求，利用对已有的应

用基础结构（application infrastructure）和应用程序来解决新的业务需求，这样使用者便得到了一个新的应用模式，有机业务（organic business）的构架同时也可以得到支持。SOA 架构凭借其松耦合的特性，使得企业可以按照模块化的方式来更新现有服务模块或添加新服务模块，以解决新的业务需要，可以在不同的使用渠道中进行方便的选择，并能够把系统已有的应用作为服务模块，从而加快了新软件的的开发速度降低的新软件的开发成本。

4.2.2 SOA 技术在智能维护软件中的应用

基于物联网的电梯智能维护系统实质是发布在服务器端 基于 ASP.NET 的 Web 服务程序。ASP.NET 作为整个系统的人机接口为最终用户提供最直接的服务同时获取第一手的数据信息。本文基于面向服务的体系结构（service-oriented architecture, SOA）提出了物联网电梯智能维护系统框架，基于 SOA 服务的智能维护平台的系统构架如图 4-7 所示：

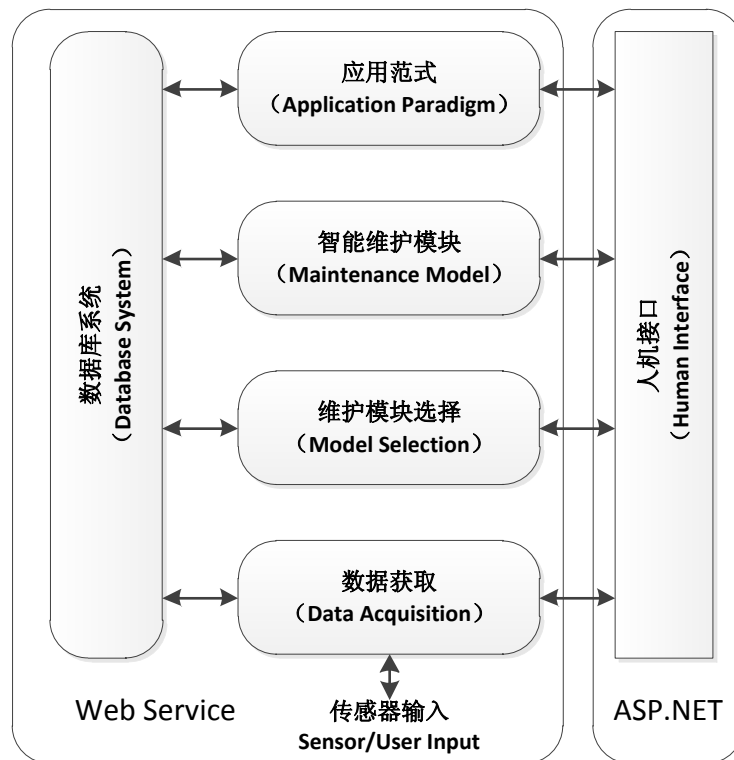


图 4-7 基于 SOA 服务的智能维护平台的系统构架

远程智能维护服务器上的人机接口是基于 ASP.NET 的人机接口调用 WebService 组件，实现用户调用智能维护模块、输入数据等操作，重点实现了人机接口对各个维护模块的灵活选择的特性。

Web 服务程序运行于服务器端并将评估结果及用户上传的实时监测数据以网页的形式呈现给用户，与此同时与按权限级别提供各种操作管理指令、后台

的数据库系统进行交互,使用户在有 Internet 接入的地方任意的接入物联网查看网络中电梯的状态信息和故障信息,按照相关步骤进入系统进行操作,可以实现随时随地的故障诊断和故障预警,同时通过电梯电子地图定位电梯位置信息并对维修人员给予提示。

4.3 SQL Server 数据库存储和远程 WEB 发布

4.3.1 SQL Server 数据库存储的实现

数据库管理系统(database management system)是一种操纵和管理数据库的大型软件,是用于建立、使用和维护数据库,简称DBMS^{[35][36]}。它对数据库进行统一的管理和控制,以保证数据库的安全性和完整性。用户通过dbms 访问数据库中的数据,数据库管理员也通过DBMS 进行数据库的维护工作。它提供多种功能,可使多个应用程序和用户用不同的方法在同时或不同时刻去建立,修改和询问数据库。它使用户能方便地定义和操纵数据,维护数据的安全性和完整性,以及进行多用户下的并发控制和恢复数据库。

为了对检测到的数据进行存储和备份,需要利用数据库进行实时存储。目前的数据库管理系统(DBMS),主要包括:①大型:Oracal、SQL Server、Sybase、Informix、IBM DB2 等。②中型:Informix 等。③小型:Access、foxpro、excel 等。

由于考虑到公司数据的存储数据大小和访问效率,同时考虑到 windows 平台的相关性,我们选择微软的 SQL Server 来完成数据的存储和访问。

Visual C++可以与其他外部数据库(支持ODBC访问接口)进行数据传输。首先在系统ODBC 数据源中添加数据库,然后通过Visual C++访问管理器和SQL 函数实现各种操作。

电梯检测参数数据表结构如图 4-8 所示:

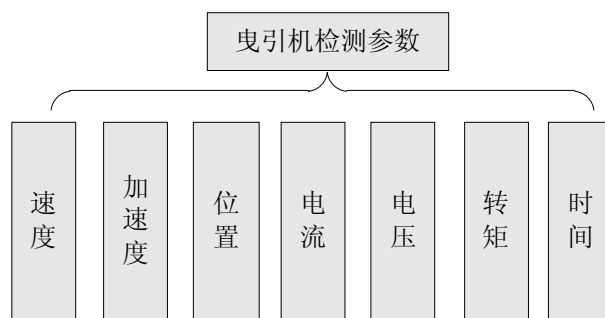


图 4-8 电梯检测参数数据表结构图

Visual C++通过以太网或 WIFI 通讯协议采集本地数据采集系统的数据，包括速度、加速度、位置、电流、电压、转矩、时间等，并通过 SQL 语句，把数据存储到 SQL Server 数据库中，同时进行对数据的曲线绘制和数据分析。

Visual C++访问管理器包括表格模板和记录体两个部分功能。当 Visual C++执行 SQLCreateTable()指令时,使用的表格模板将定义创建的表格的结构;当执行 SQLInsert()、SQLSelect()或 SQLUpdate()时,记录体中定义的连接将使组态王中的变量和数据库表格中的变量相关联。

4.4 小结

本章较为详细的研究了电梯远程智能诊断与预警软件设计与实现。首先，介绍了电梯远程智能诊断与预警软件的总体结构和功能，然后介绍了基于 VC++监控界面的设计与实现。重点研究了模块架构的实现、SQL Server 数据库访问存储技术的实现和远程 WEB 发布功能。在此基础之上完成了电梯远程智能诊断与预警软件的设计。该监控系统具有设备运行参数显示、历史数据存储、实时曲线显示和报警、历史曲线绘制、故障预警与诊断等功能。通过本章的工作，设计并实现了电梯远程智能诊断与预警软件结构和功能。本章中只是涉及到故障诊断模块的功能，没有提到故障诊断与故障预警的设计与实现，在下一章中，论文将深入介绍故障预警与诊断模块的设计与实现。进一步全面的介绍电梯远程智能诊断与预警软件的设计与实现。

第五章 电梯远程位置服务系统的设计与开发

5.1 电梯远程位置服务系统系统的结构与功能

5.1.1 电梯远程位置服务概述

因为近些年来我国电梯数量激增，而电梯维修人员数量远远跟不上在用电梯的需求，一个维修人员往往需要在一个月內维修将近千部电梯。为了从调度效率和现场维修效率两方面提高整体维护效率，在通过案例系统解决现场维修效率的基础上，引入基于 Googlemap 的电子地图来提高调度效率。

1) Google Map 的优势

基于 Internet 的 Web 地理信息系统技术近年来发展迅速，这些技术可以大体按历史时期分为两种：初级阶段是基于 JavaApplete 和 ActiveX 的插件方式生成地图，现阶段是基于 ArcIMS 和 MapXtreme 采用的动态生成图片模式生成地图，这些技术不仅得到了大范围的应用，也在具体实践中也得到了很大成功。

但是自从在新地图服务被 Google 公司推出后，广大用户在操作中前所未有的体验到这种技术提供的平滑无缝漫游和缩放、快速用户响应、良好交互性。目前这种技术应用的非常广泛，大约 90% 的在线地图服务采用了这种技术进行处理。而且很多政府用户也已经将这种技术手段采用到政府的 WebGIS 中。

Google Map 的优势是：

(1) 性能优异

因为谷歌地图具有以下 2 点优势：一是地图图片的预先生成，二是在后端不需要读取空间数据库数据和实施渲染地图，所以大大节省了系统处理时间。Google 在线地图响应速度很快，硬盘的读取和网络的传输将成为影响 Internet 用户并发的唯一限制 Internet 用户并发的限制，完全能够通过增加低成本的硬件系统来提升系统性能。

(2) 用户体验良好

平滑的漫游和移动是该技术的一大特点，漫游和放大缩小完全不需要等待太多时间，地图图片内容可以不需要再受平台限制，并可以美观和非常复杂。

(3) 开发模式简单快速

前端地图提供 JavaScript 的对象接口，便于衔接和理解，一些功能复杂的前台系统亦可以非常容易的实现。

(4) 跨平台移植性好

同样的空间数据可以在桌面、Web 程序和手机中进行操作和使用，在其他框架下需要针对不同系统进行重复制作的限制这种技术完全克服。采用 Google 这种图片引擎的方案，可以大幅度提高在线地图的检索速度，适合于一些相对简单的政务在线地图应用、性能要求较高的应用，如手机定位、GPS 等。

2) Google Map 的基本原理

Google Map 的技术原理是：

在 Google Map 中我们认为一些固定大小的图片组成了一张固定尺度的地图图片，并把这些固定大小的图片称作地图单元，我们把这些按照一定命名规则命名的固定范围和大小的图片存储在地图库中。当需要使用某一区域的图片时再从地图库中取出相应的图片相互连接并移动，这样地图就完全的被显示出来，其他功能是基于此之上的扩展，如：地址搜索、路径规划、空间查询、信息查询等。



图 5-1 Google Map 原理

3) Google Map API 的功能

开发者可以通过 Google Map API 使用 JavaScript 将 Google Maps 嵌入自己开发的软件中或网页中。Google Map API 主要提供了如下的功能：

(1) 基本地图对象

提供了对象的方法和属性，并定义了 Object-Oriented 的 JavaScript 地图对象。

(2) 地图事件

定义了地图对象可以响应的事件类型，如键盘操作、窗口缩放、鼠标点击等事件。

(3) 地图控件

提供对地图的缩小功能和逐级放大操作使用界面。

(4) 地图叠加层

电子地图的 Zoom In、Zoom Out 以及移动等功能都是建立在上述方法的应用的基础上，同时这些方法给在地图上标注地点以及测距提供了很好的支持。

5.1.2 电梯远程位置服务系统的结构和功能

主要有两个部分组成了系统所使用的数据：基础空间数据以及功能空间数据。基础空间数据包括基本的电子地图以及遥感影像、叠加电子地图、遥感影像、三维地形等，用户通过调用 Google Map API 结构可以回这些数据访问。由于这些基础将数据的建立、维护、更新的成本都比较高，所以最好使用调用接口的方式对数据进行访问，这样就有效降低了系统建设的费用和周期。功能空间数据包含能够在地图上进行定位和显示的电梯故障数据，这些数据都存储在本地的 SQL 空间数据库中，功能应用系统以 B/S 架构为主，采用基于 ASP.NET 技术构建系统整体的运行平台。

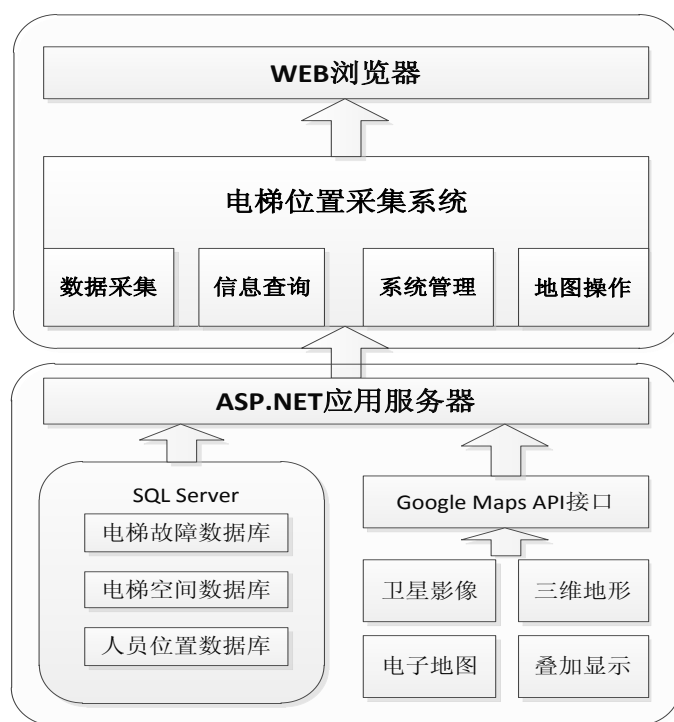


图 5-2 电梯位置服务系统结构

电梯位置服务系统的位置服务功能，主要包括如下内容：

1. 数据采集、编辑与检验

电梯位置服务系统可以提供获取数据的功能，保证位置信息数据库中的数据在空间和内容上具有较好的一致性和完整性。在开发过程中位置信息数据库的建

立占据总体开发时间的大约 70% 以上。数据信息的来源可能是远程 GPS 终端、手机以及其他定位系统。

2. 数据处理

得到初步的电梯位置信息数据后的工作主要包括数据格式化、概括以及转换等三个数据处理工作。格式化数据指的是几种不同数据结构之间的转换，其中不仅包含数据不同格式的转换也包含数据比例尺的转换。矢量到栅格的转换相较于逆运算是一种更加简单、快速的转换方法。

3. 数据的存储与组织

以电梯位置为基本信息从本地终端得到后并通过了智能维护服务器的简单处理，直接传输到网络内的数据库服务器，数据库服务器中初始建立了电梯位置的空间位置数据表。电梯位置控件数据表将电梯的位置信息结构化的存储下来，在今后检索的过程中能够大幅度提高的检索到效率，合理的设计数据库的关系与结构能够有效地防止空间数据库的冗余和位置信息的爆炸性增长。智能维护应用服务器同时可以通过相关指令远程控制和操作远程数据库添加、删除或更新电梯空间位置信息。下表为使用过程中常用的数据库操作命令。

表 5-1 常用 SQL 指令

SQL 指令	用例	说明
Create database	Create database database-name	创建数据库
Drop	drop database dbname	删除数据库
Create table	Create table tablename(col1 type1 [not null] [primary key], col2 type2 [not null])	创建新表
Drop table	drop table tablename	删除一个表
Add primary key	Alter table tablename add primary key(col)	添加主键
Create Index	Create [unique] index idxname on tablename(col....)	创建索引
Create View	Create view viewname as select statement	创建视图

4. 查询、检索功能

电梯位置服务系统应该拥有的最基本功能之一就是检索和查询。电梯位置服务系统的查询功能主要涵盖四种方式：逻辑、属性、图形以及关系查询。属性查询指的是用户的网页或软件见面中点击界面中的图形要素时出发的查询功能，用以查询相关的属性要素；而属性查询是本系统应用的最主要查询方式。

5. 空间分析功能

电梯位置服务系统为了提取和传输空间信息采用了一种基于地理对象位置和形态特征的空间数据分析技术。利用空间分析可以实现挖掘空间数据之间更加

深层侧的知识。如，电梯故障的位置集群性爆发现象、相关位置间的距离计算等。

6.显示功能

电梯位置服务系统最接近用户的功能是显示功能，目前主流位置服务系统的显示功能主要是图形化数据显示以及数字坐标显示为主要显示方式，能够给用户以直观、容易理解的位置服务效果。

5.2 基于 ASP 的远程位置服务系统的开发

5.2.1 ASP 编程技术简介

近些年随着网络信息数据的飞速增长以及互联网和 Web 技术的不断发展，为网络数据提供一个共享和交换的动态交互的环境成为目前网络建设的一个必须功能要求。然而作为普通静态网页来说，页面不能支持动态在线的检索、删除和修改，另一方面作为网站的拥有者来说，由于网络信息的爆炸性增长，需要更新的固定网页文档的工作量显得有些大的超乎想象^{[37][38][39]}。这样，ASP（Active Server Page）技术的诞生就具有了非常重要的意义。这种技术可以不用独立制作独立网页，而基于访问者向服务器提出不同请求有服务器 ASP 框架自动生成访问者所需要的页面。

ASP（Active Server Pages）编程技术也被称为动态服务器主页技术，是微软公司推出的基于服务器脚本的编写环境，这种技术结合了基于 Web 的应用程序、HTML 页、ASP 指令以及 ActiveX 交互组件。ASP 的运行进程如图 5-4 所示^[40]：

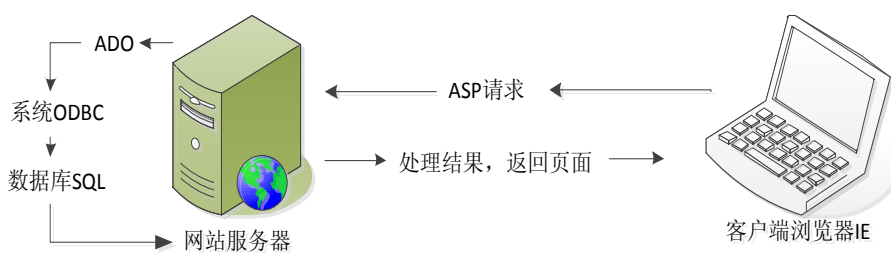


图 5-3 ASP 运行进程示意图

用户浏览器首先向 Web 服务器请求以.asp 为后缀的动态页面，然后服务器响应并调用 ASP 组件，在 ASP 组件完全提取并解释请求文件后，执行请求文件定义的脚本命令，而后向用户浏览器发送含有数据查询结果的动态 Web 页面，这样做的结果是大大减轻了用户端浏览器所承担的计算负担，用户端受到的仅仅是最终的标准 HTML 页面，从而交互速率大幅提高。为了达到这个目的，需要现在服务器端建立一个数据库用于把相应的信息添加进去，在用户端发出请求之后在从数据库中把相应数据提取出来，生成动态 Web 页面。而数据提取这一步

骤则可以通过 ASP 内置的 ADO 组件轻松的完成数据提取的操作。

5.2.2 ASP 访问数据库技术

通过 ASP 框架访问 DATABASE 的一般分为以下几步：首先在网站服务器建立一个用于存储用户请求数据的数据库，针对一般的政府网站或企业网站最常用的数据库的 SQL 和 Access 数据库，而对于大型企业数据库则通常需要 Oracle 数据库。

另外，ASP 框架之所以能够为管理 Web 数据库提供强大的支持是由于 ASP 与 ADO 组件的交互作用。ADO (Active Data Object) 是 ASP 框架内的一个组件，数据库拥有着可以通过在 Web 服务器上设置 OLE DB 和 ODBC 是 ADO 能够访问多种数据库，这就是目前微软所支持的对数据库访问的最广泛的方法。ADO 组件提供了一组优化的访问数据库专用对象和集合，可为 ASP 提供完整的站点数据库访问方案，具体对象和集合如下表：

表 5-2 ASP 组件中的常用对象和集合

ASP 组件对象	对象说明
Connection	建立与后台数据库的连接
Command	执行 SQL 指令，访问数据库
Parameters 和 Parameters 集合	为 Command 对象提供数据和参数
RecordSet	存放访问数据库后的数据信息，是最经常使用的对象
Field 对象和 Field 集合	提对 RecordSet 中当前记录的各个字段进行访问的功能
Property 对象和 Properties 集合	提供有关信息，供 Connection、Command、RecordSet、Field 对象使用
Error 对象和 Errors 集合	提供访问数据库时的错误信息

如上所述，利用 ADO 对象可以实现与数据库的连接并对数据执行各种操作，ADO 对象模型可用图 5-5 表示：

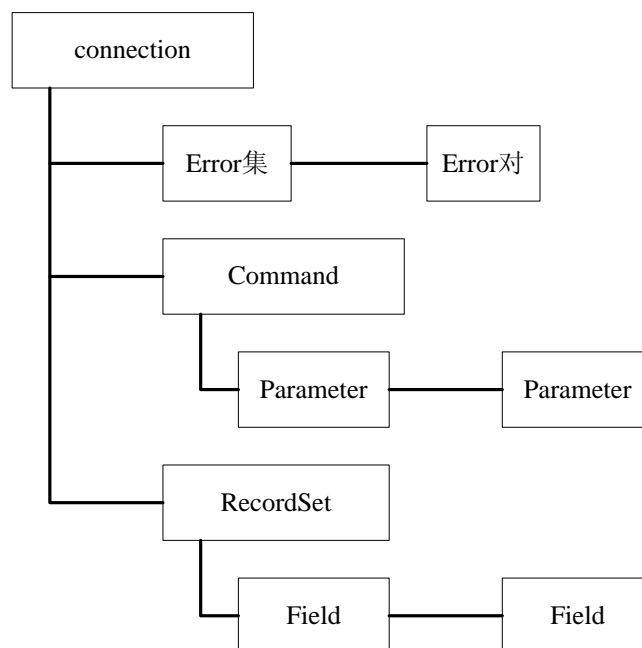


图 5-4 ADO 对象模型

最后，本论文将介绍 ASP 访问数据库的基本步骤：

(1) 用 ADO 组件打开数据库

利用 ADO 组件打开数据库，一般需要用到下面语句：

```
Set Conn=Server.CreateObject("ADODB.Connection")
```

```
Dbpath=server.mappath("E:\dianti.mdb")
```

```
Conn.Open "Driver={Microsoft access driver(*.mdb)};dbq=&dbpath&"
```

其中第一句表示建立一个数据库连接对象；第二句表示数据库的路径；第三句表示通过 Open 方法打开链接的数据库。

(2) 对数据库执行 SQL 命令

在数据库被连接后，用户可以通过常用的 SQL 指令来对数据库执行查询、删除、更新以及修改等功能。

(3) 用 RecordSet 属性和方法显示结果

对数据库执行完 SQL 操作之后，结果会放到 RecordSet 对象中去，可以用 RecordSet 组件创建包含数据的游标，游标就是存储在内存中的数据。

(4) 关闭数据库

可以通过 Close 关闭指令来断开与数据库的链接以及关闭先前的对象变量。

5.2.3 电梯远程位置服务系统的开发

为了体现物联网电梯的功能特点，使用 ASP.NET 编写了“电梯远程智能诊断与智能维护”网站，网站包含上述软件的基本功能。不同的是，互联网用户在网通过 WEB Service 服务调用上述功能，并浏览电梯的相关安全信息。



图 5-5 基于 ASP.NET 的智能维护网站

点击“智能维护”模块，可以在页面中浏览软件监控的所有电梯的相对位置以及正在现场的维修人员的位置，通过 Googlemap 自带的 API 可以实现在电子地图上计算维修人员与某个电梯现场的距离，并选择最短距离的维修人员。

边栏存储了软件监控的所有电梯，当选择其中一个位置时，自动转换为相应的地图坐标并传送给 Googlemap API。

边栏选择地区，自动转换为坐标

嵌入式googlemap

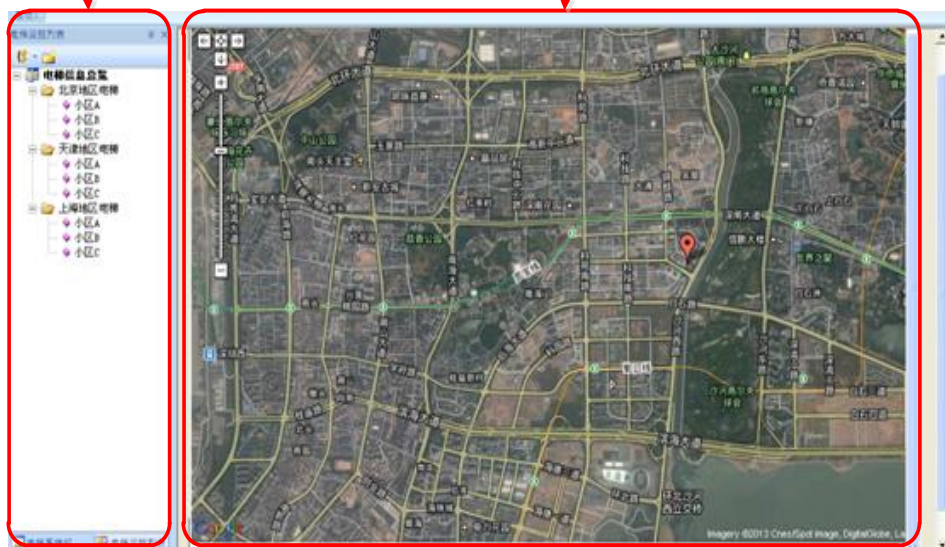


图 5-6 基于 Google Map 的电子地图

5.3 物联网视频监控组件的设计与开发

本课题的视频监控的 COM 组件开发是基于实验室已有趋势公司网络摄像头的二次开发。趋势公司的网络摄像机配备有软件开发包，其中包括一个 ActiveX 控件。论文利用对此控件的二次开发设计实现了电梯视频监控软件。

实验室已有的趋势公司的网络摄像头，自带了一个 ActiveX 控件: xplug.ocx，通过这个控件便于用户自行迅速开发应用软件。

但是 ActiveX 控件对于最终用户并不能直接使用，因为 ActiveX 控件必须先在 Windows 的注册表中注册。Regsvr32.exe 位于 Windows 目录的 system 32 子目录下。利用 regsvr32 命令可以完成组件的注册；利用 regsvr32 /u xplug.ocx 命令解除组件的注册。

当用户注册了 xplug.ocx 控件后,就可以在 Visual Basic, Visual C++, Delphi, C++ Builder 等应用程序以及各种浏览器上使用。下面针对 Visual Basic 中的使用情况进行介绍。

利用 Visual Basic 建立一个基于 ActiveX Control 的工程，选择 Project->Componet and Control...弹出对话框，在 List 框的 Control 属性页中找到 Gif89 1.0，划上勾，点击确定。这样我们就可以在左边的 Control 栏看到视频组件 Gif89 了，把视频组件拖到界面上的合适位置，并取名为 xplug，以后通过该对象就可以操作网络摄像头了。

xplug.ocx 组件提供了很多接口函数，用来对摄像头进行操作，组件常用接口函数如下：



图 5-6 xplug.ocx 组件常用接口函数

视频回放功能，采用 Visual Basic 制作的播放器来实现，Visual Basic 中 Windows Media Player 控件为用户自己开发播放器提供了方便，用户只需要自己设计播放列表、文件查找、停止播放等功能即可。

视频监控组件和一般的 ASP 控件一样，可以通过 ASP 进行调用，在任何时间任何地点对现场设备进行实时视频监控。具体视频监控画面如图 5-7 所示：

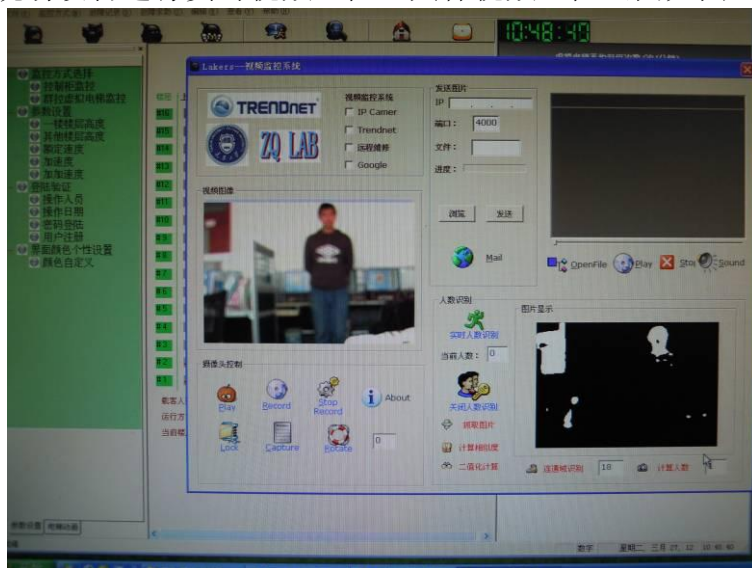


图 5-7 视频监控画面

选择 File->Make asp.ocx 生成 asp.ocx 视频组件，利用 regsvr32 命令可以完成组件的注册，然后在 ASP 中调用，在网页中实现视频监控功能。

5.4 小结

本章研究了基于 ASP 框架开发的电梯位置服务系统系统软件以及物联网视频技术在智能维护平台上的应用。重点研究了网络编程体系和 ASP 编程技术，在此基础上实现了基于 B/S 构架的电梯位置服务网站。该网站具有用户管理、电梯位置查询、视频监控、在线专家 bbs、用户论坛、留言簿等功能。研究了 ASP 调用 COM 组件，访问数据库等技术在网站中的应用。最后介绍了视频监控技术的应用和 COM 组件的实现。

第六章 总结与展望

信息化时代中,存在与人类周围的数以亿计的数据采集设备以及传输装置加上大规模的网络互连,已经使得数据不论从易用性还是内在价值都得到了大幅的提升。然而与此相悖的一个问题是:虽然我们能够提取和存储如此大量的数据,对于数据的分析和挖掘我们仍然了解较少,作为通向未来数据金矿的最后一环相比其他环节而言存在更多的困难和问题。这也促使了近些年物联网、云计算、大数据等新技术、新概念的诞生。在电梯安全领域,随着电梯数量的大规模增长,虽然每台数据需要分析的数据并不大,但作为某一地区的总体监控系统则要承担大规模的数据量,在大规模的数据量的基础上还要进行各种智能分析、数据挖掘,更加需要新的云计算或并行计算的处理平台以及更加高效的数据分析方法。分布式的局域网诊断或小规模电梯的分块监控早已不符合时代的要求,无论在成本上还是技术上。

论文在分析物联网电梯智能维护系统的基础上,把物联网电梯智能维护系统分割成电梯智能维护平台、基于案例系统的故障预警功能以及电梯位置服务系统三个部分来完成,其中每个部分又由各自的模块设计完成。

但是由于作者水平有限,时间紧张,系统在以下几个方面仍需要进一步的改进和完善:

- 1.现有的智能维护平台只能监控实验室 4 台虚拟电梯的运行状态,采集到的数据非常有限,并不符合真实情况中的数据量和数据速度。若想处理大规模的海量数据,最好的办法是在实验室中创造云计算的最小系统用于实验,在处理现实问题时直接将云计算系统扩展以满足不同数据量的要求。

- 2.当海量数据的采集和存储都不是主要问题时,需要考虑的则是海量数据的处理和分析。在从本地系统采集到的海量数据中包含着大量未经发现又只能通过大规模分析才能得出的结论。这部分结论需要通过先进的数据分析技术如机器学习、统计建模等方式才能得出。

- 3.目前的系统缺乏与维修人员随身携带设备的通信基础,为了实现更好的维修效果,建议开发基于手机与远程中心软件相结合的维修调度系统。

- 4.建议将电梯安全信息和电梯节能信息集成到一个远程中心统一进行处理。这样对楼宇智能化的分析决策有更大的支持,可以使决策更加多样化和具有全面性。

参考文献

- [1] 王晓燕, 中国电梯行业发展趋势, 法制日报政府法制, <http://epaper.legaldaily.com.cn/fzrb/content/20130910/Article106004GN.htm>
- [2] 宇博智业, 2009-2012 年中国电梯行业调研及战略咨询报告, 中国报告, 2013, 4(2): 1~4
- [3] 吴功宜, 吴英, 物联网技术与应用[M], 北京: 机械工业出版社, 2013
- [4] 周洪波, 物联网技术、应用、标准和商业模式[M], 北京: 电子工业出版社, 2011
- [5] David S. Linthicum, Enterprise Application Integration[M], Addison-Wesley Pub Co, November 12, 1999
- [6] 史慧, 王伟, 高戈, 智能故障诊断专家系统开发平台[J]. 计算机测量与控制, 2005, 13 (11) : 1167-1169.
- [7] 汪诚, 李应红, 张恒喜, 案例推理 技术在故障诊断中的改进[J]. 计算机工程应用, 2003, 15, 44-46
- [8] George F. Luger 著, 史忠植等译. 人工智能-复杂问题求解的结构和策略[M]. 机械工业出版社, 2004
- [9] Kolodner J.L. An introduction to case based reasoning [J]. Artificial Intelligence Review, 1992, 6 (1) : 3-34.
- [10] 郑汉垚, 张庞. 基于案例推理系统的研究探讨[J]. 龙岩学院学报, 2005, 12, 27-29
- [11] 房文娟, 李绍稳, 袁媛, 汪伟伟. 基于案例推理技术的研究与应用[J]. 农业网络信息研究。
- [12] 王雪瑞, 刘文煌. 知识管理系统中的 案例推理 技术研究[J]. 计算机工程与应用. 2002, 2, 181-183
- [13] 李小全 刘安心 程懿. 基于案例推理的工程机械故障诊断智能化研究[J]. 电力技术与自动化, 2006, 35 (1) : 115-118, 122
- [14] 张光前, 邓贵仕, 李朝辉. 基于案例的推理技术及其应用前景[J]. 计算机工程应用, 2002, 20, 52-55
- [15] 裴斐, 华刚, 基于 DCOM 的分布式数据通信系统的研究, 工矿自动化, 2008, (3): 193~196
- [16] 徐东升, 夏清国, 袁飞云. 基于事例推理的质量故障处理系统的研究[J]. 科学技

- 术与工程,2007,18(7),4755-4757
- [17]唐俊华. 基于范例推理技术的饱和汽轮机组故障诊断专家系统[D]. 哈尔滨工程大学,2000,25
- [18]江勤 葛燕 李登道. 基于 案例推理 专家系统案例知识的检索、匹配及其扩展[J]. Vol.21,No2, 2002,6:36-38
- [19]王永成 王刚 杨力平. 案例检索的若干问题[J]. 情报学报,2000,19(6)
- [20]魏元凤 骆洪青 辛崇波 夏祖勋. 属性相似案例的检索模型比较研究[J]. 华东船舶工业学院学报,1999,13(4)
- [21]许志端 杨兰容等. 基于事例推理系统中事例相似度评估方法若干问题的探讨[J]. 厦门大学学报, 2000, 1.39, No.4:441 - 445
- [22]李锋 周凯波 冯珊. 基于统计特征的属性相似度计算模型[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), Vol.33, No.6, 2005, 6:80-82
- [23]张本生,于永利.案例推理 系统案例搜索中的混合相似性度量方法[J].系统工程理论与实践.2002,3,131-136
- [24]Su Y, Zhao H, Su W J. Fuzzy reasoning based fault diagnosis expert system networking,sensing and control [A]. 2004 IEEE International Conference[C], 2004:613-617
- [25]Ian Watson. Applying Case-based Reasoning: Techniques for Enterprise Systems[M].San Francisco, California: Morgan Kaufmann, 1997
- [26]Ramon lopezde Mantaras. case-based reasoning[J]. Computer Science. 2001:127-145
- [27]杨洋 赵国军 刘峥. 专家系统在电梯控制柜故障诊断中的应用[J]. 自动化技术及应用, 2002, 21(5): 40—42.
- [28]戎璐, 张维竟, 工程系统模糊故障诊断现状, 机电设备, 1999, (2): 31~33
- [29]路莹, 马立权, 人工神经网络与模糊算法相结合的自动设备故障诊断系统, 大连轻工业学院学报, 2005, 24(3): 218~220
- [30]田秀娟, 利用 ASP 技术实现对 WEB 数据库的访问, 中国科技信息, 2009, (6): 123~125
- [31]许新华, ASP 动态网页设计应用案例教程, 北京: 中国水利水电出版社, 2007
- [32]袁启昌, ASP 动态网页设计教程, 北京: 北京希望电子出版社, 2004
- [33]吴宇舟, 张继敏, WEB 网页的动态交互发布技术-ASP 解决方案, 陕西科技大学学报, 2009, (1): 150~154
- [34]杨皓, ASP 步步高, 北京: 机械工业出版社, 2000, 212~217
- [35]赵永彬, 基于 WEB 的 ASP 访问数据库的方法, 电脑知识与技术, 2007, (22):

16~18

- [36]陈雪梅, 基于 ADO 技术实现多种数据源 SQL 查询功能, 计算机技术与发展, 2007, (10): 7
- [37]石志国, 崔林, ASP 动态网站编程, 北京: 清华大学出版社, 2006, 119~149
- [38]高怡新, ASP 网络应用程序设计, 北京: 人民邮电出版社, 2005, 1~20
- [39]陈少平, 视频图像在 Internet 上传输技术的开发及应用, 应用科技, 2003, (8): 42~44
- [40]李虹辉, 网络视频监控系统概述, 安防科技, 2003, (60): 37~38
- [41]詹青龙, 网络视频技术及应用, 西安: 西安电子科技大学出版社, 2004, 110~112
- [42]耿艳明, 王宏远, 一种基于 IP 的视频监控系统设计, 视频技术应用于工程, 2004, (3): 75~79

发表论文和科研情况说明

发表的论文：

《基于故障树专家系统的电梯故障诊断系统设计》
第二期 作者：宗群，李光宇，郭萌 控制工程 2013 年

申请专利：

一种基于数据驱动的电梯故障诊断与预警系统 #201210176351.9
一种基于物联网的电梯健康管理及智能维护系统 #201210234167.5

致 谢

本论文的工作是在我的导师宗群教授的悉心指导下完成的，宗群教授严谨的治学态度和科学的工作方法给了我极大的帮助和影响。在此衷心感谢两年半来宗群老师对我的关心和指导。

宗群教授悉心指导我们完成了实验室的科研工作，在学习上和生活上都给予了我很大的关心和帮助，在此向宗群老师表示衷心的感谢。

宗群教授对于我的科研工作和论文都提出了许多的宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

在两年半的学习生活中，实验室的张景龙、黄福山、廖海林、侯志宁、吕力、吴宏硕、李庆新、郭萌、郝秀、程燕胜等同学给予了我各方面很大的帮助，在此向他们表达我的感激之情。

另外也感谢我的父母，是他们二十多年来一直默默的支持着我走到今天，没有他们的心血就没有儿子今天的成绩，在以后的日子里我将用自己的努力好好回报他们，祝他们幸福安康。

最后感谢所有在人生路上帮助过我的认识的和不认识的人们，愿好人一生平安。