

学校编码: 10384

分类号 _____ 密级 _____

学号: X2006224012

UDC _____

厦 门 大 学

工 程 硕 士 学 位 论 文

移动电话内置天线的设计

The design of the embedded antenna for mobile phone

欧阳海鹰

指导教师姓名: 游佰强 教授

周大林 教授

专 业 名 称: 电子与通信工程

论文提交日期: 2009 年 10 月

论文答辩日期: 2009 年 11 月

学位授予日期:

答辩委员会主席: _____

评阅人: _____

2009 年 11 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。
2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘 要

天线小型化和多、宽频化技术为移动通讯终端设备天线的广泛应用提供了强大的技术支持,短短几年时间移动电话天线已由单一的外置天线发展到FICA天线、IFA天线、monopole天线、PIFA天线、微带天线、陶瓷天线等多种内置天线。这些天线各有特点,在不同的应用条件下各有优劣。

本文所做的工作是:针对当前内置式移动电话天线常用的PIFA天线和monopole天线的演进过程、理论基础、基本测试原理等作了概述,并详细分析两种天线的主要形式,深入探讨了与天线设计相关的关键要素和小型化和多、宽频化等关键技术;最后以移动电话工程设计为目标,针对移动电话内置小型化天线设计,展开详尽的探讨,并结合实际的工程案例,进行实际分析、仿真、设计及相应的Passive、Active测试。在实际工作的基础上,提出了相应的移动电话内置天线设计规范及注意事项,为移动电话设计提供了相应的技术帮助,使天线设计风险降至最低,为移动电话设计者提供了详细的设计范例;尤其是针对天线若干影响因素展开了详尽的分析,并提出了相应的解决方案,并有最终的对比测试结果,验证了其方法的可行性。为当前及未来的无线通讯天线设计,提供了相应的设计理念及天线布局方式。同时针对多频带天线的设计进行了深入的探讨,并在相关实际案例中予以验证。

关键词: 移动通讯 移动电话内置天线 多频化 小型化

Abstract

Recently, the miniaturization, multiband and wideband technologies have provided a powerful technical support in the wide use of mobile communications terminal equipment. Just within a few years, mobile phone antennas has already developed from a simplex external antenna to various internal antennas, including FICA antenna, IFA antenna, monopole antenna, PIFA antenna, microstrip antenna, ceramic antenna and other embedded antennas, all of which enjoyed both advantages and disadvantages under different kinds of application conditions.

This thesis mainly focuses on the following issues: making summary on the evolution, theoretical foundation, the basic testing principles of PIFA antenna and monopole antenna which are often used currently in the embedded mobile phone antennas, Analyzing the main forms of these two kinds of antennas in details and discussing the key factors which is in relation with the design of antennas as well as the key techniques, such as miniaturization, multiband and broadband of the antenna; and finally, with an aim to design the mobile phone, Making a detailed study on the embedded antenna and carrying out analysis, simulation and relevant testing, such as Active and Passive testing in practice, based upon the practical engineering project. This thesis aims at setting up the design standard and precautions for the mobile phone antenna, providing the relevant technical guidance for the design of mobile phone, minimizing the risk of antenna design and set up exhaustive examples for the designer of mobile phone. Especially, this thesis makes a detailed analysis on various factors which can influence the antenna, offers a set of suitable solutions combined with the final comparison of testing results which can prove its feasibility, provides the correspondent design concept and layout for current and future design of antenna and simultaneously makes profound research on the design of multi-band antenna with being verified in practice.

Keywords: Mobile communication; mobile-phone embedded antenna; multi-band; miniaturization

目录

| | |
|------------------------------------|-----------|
| 摘 要..... | I |
| Abstract | II |
| 第一章 绪论 | 1 |
| 1.1 前言..... | 1 |
| 1.2 移动电话的通讯协议的演进..... | 1 |
| 1.2.1 第一代移动电话系统..... | 2 |
| 1.2.2 第二代移动电话系统..... | 3 |
| 1.2.3 第三代移动电话系统..... | 5 |
| 1.2.4 第四代移动电话系统..... | 7 |
| 1.3 移动电话外观的演进..... | 7 |
| 1.3.1 直板式移动电话..... | 8 |
| 1.3.2 翻盖式移动电话..... | 9 |
| 1.3.3 旋转式移动电话..... | 10 |
| 1.3.4 滑盖式移动电话..... | 10 |
| 1.4 天线面临的挑战..... | 11 |
| 1.4.1 日益增加的功能需求..... | 11 |
| 1.4.2 日益缩小的结构外形尺寸..... | 12 |
| 1.4.3 电磁波危害问题..... | 12 |
| 1.5 本篇论文研究的目的..... | 13 |
| 参考文献 | 14 |
| 第二章 移动电话天线原理、参数及测试方法介绍..... | 15 |
| 2.1 引言..... | 15 |
| 2.2.1 天线分析采用的坐标系..... | 15 |
| 2.2.2 远场天线点电源辐射的基本原理..... | 16 |
| 2.3 天线的参数指标..... | 18 |
| 2.4 天线的测试指标及测试系统..... | 22 |

| | |
|--|-----------|
| 2.4.1 TRP的测试 | 23 |
| 2.4.2 TIS的测试 | 24 |
| 2.4.3 OTA的测试系统和测试方法 | 26 |
| 2.4.4 SAR的计算及测试系统 | 29 |
| 2.5 移动电话的天线的演进、分类及理论分析..... | 31 |
| 2.5.1 外置天线 | 31 |
| 2.5.1.1 单极天线的基本原理 | 33 |
| 2.5.2 电小天线 | 34 |
| 2.5.2.1 电小天线的定义及电指标 | 34 |
| 2.5.2.2 电小天线Q值的理论极限 | 36 |
| 2.5.2.3 电小天线增益的理论极限 | 39 |
| 2.5.2.4 电小天线的固有缺陷及解决方法 | 39 |
| 2.5.3 倒L天线的辐射特性 | 41 |
| 2.5.4 平面倒F天线(PIFA)的理论分析 | 44 |
| 2.5.4.1 PIFA的演变过程 | 44 |
| 2.5.4.2 PIFA天线的的基本工作原理 | 45 |
| 2.5.4.3 PIFA天线的特性分析 | 46 |
| 2.6 小结 | 49 |
| 参考文献 | 50 |
| 第三章 移动电话天线的设计小型化、多频带和宽频带技术..... | 52 |
| 3.1 移动电话天线设计的小型化 | 52 |
| 3.2 移动电话的多、宽频带技术 | 57 |
| 3.3 小结 | 59 |
| 参考文献 | 60 |
| 第四章 移动电话内置天线的设计及其关键因素..... | 63 |
| 4.1 前言 | 63 |
| 4.2 FICA天线 | 63 |
| 4.3 PIFA移动电话天线 | 65 |
| 4.3.1 PIFA天线的雏形 | 65 |

| | |
|--|------------|
| 4.3.2 PIFA天线的基本形式 | 66 |
| 4.3.3 三频或多频PIFA天线形式 | 70 |
| 4.4 MONOPOLE 移动电话天线常用形式 | 70 |
| 4.5 移动电话天线设计需考虑的几个影响因素 | 72 |
| 4.5.1 移动电话天线的空间要求 | 72 |
| 4.5.2 短路片和基地片之间的位置对天线性能的影响 | 72 |
| 4.5.3 移动电话主板参考地对天线的影响 | 74 |
| 4.5.4 天线周围电磁环境影响因素 | 76 |
| 4.5.4.1 Speaker、Receiver 、camera、LCD的影响原因及天线避让 | 76 |
| 4.5.4.2 机壳电镀装饰件、金属喷涂影响 | 77 |
| 4.5.4.3 移动电话外壳和支架 | 77 |
| 4.6 总结 | 78 |
| 参考文献 | 79 |
| 第五章 移动电话PIFA天线工程设计实例 | 82 |
| 5.1 概述 | 82 |
| 5.2 项目天线的评估 | 82 |
| 5.3 三频PIFA天线的设计 | 84 |
| 5.4 三频PIFA天线的测试结果分析 | 85 |
| 5.6 三频PIFA天线的参数分析 | 94 |
| 5.7 总结 | 95 |
| 第六章 移动电话monopole天线工程设计实例 | 97 |
| 6.1 前言 | 97 |
| 6.2 三频monopole单极天线的设计 | 98 |
| 6.3 三频monopole单极天线测试与仿真结果 | 100 |
| 6.4 总结 | 105 |
| 第七章 总结和展望 | 107 |
| 7.1 总结 | 107 |
| 7.2 展望 | 107 |
| 附录 | 111 |

致谢.....112

厦门大学博硕士论文摘要库

Table of Contents

Abstract In Chinese I

Abstract In English II

Chapter1 General Description..... 1

1.1 Foreword 1

1.2 The Development Of Mobile Communication Protocol 1

 1.2.1 1st Generation Mobile System..... 2

 1.2.2 2nd Generation Mobile System..... 3

 1.2.3 3rd 2nd Generation Mobile System 5

 1.2.4 4th 2nd Generation Mobile System 7

1.3 The Development Of Mobile Phone Form 7

 1.3.1 Candbar Mobile Phone 8

 1.3.2 Clamshell Mobile Phone..... 9

 1.3.3 Rotation Mobil Phone..... 10

 1.3.4 Slide Mobile Phone..... 10

1.4 The Facing Challenges Of The Antennas11

 1.4.1 Increasing Functional Requirements..... 11

 1.4.2 Ruducing In Sizes 12

 1.4.3 The Hurt Of The Electromagnetic Wave..... 12

1.5 The Motive Of The Thesis..... 13

Reference..... 14

Chapter2 The Introduction Of The Mobile’s Theory ,Parameters And Test Methods..... 15

2.1 Introduction..... 15

2.2 Antenna’s Fundamental Principles..... 15

 2.2.1 Coordinate System For Antenna Analysis 15

 2.2.2 The Theory Of Point Antenna Raidation In Far Field 16

2.3 Antenna’s Parameters 18

2.4 The Test Parameters And Test System Of Antenna 22

| | |
|---|-----------|
| 2.4.1 TRP Test..... | 23 |
| 2.4.2 TIS Test..... | 24 |
| 2.4.3 OTA’S Test System And Measurement Methods..... | 26 |
| 2.4.4 SAR’S Calculation And Test System..... | 29 |
| 2.5 The Development And Sort Of Mobile Phone Antenna..... | 31 |
| 2.5.1 Mobile External Antennas..... | 31 |
| 2.5.1.1 The basic fundamentals of monopole antenna..... | 33 |
| 2.5.2 Electronically Small Antenna..... | 34 |
| 2.5.2.1 The definition and electronic parameters of the electronically small antenna..... | 34 |
| 2.5.2.2 The theoretical boundary of the antenna’s Q vaule..... | 36 |
| 2.5.2.3 The theoretical boundary of the antenna’s gain..... | 39 |
| 2.5.2.4 The shortcomings inherent and the solutions of the electronically antenna..... | 39 |
| 2.5.3 Radiant Characteristic Of The IFA Antenna..... | 41 |
| 2.5.4 The Theoretical Analysis Of The PIFA Antenna..... | 44 |
| 2.5.4.1 The Development And Evolution Of PIFA Antenna..... | 44 |
| 2.5.4.2 The Basic Fundamentals Of PIFA Antenna..... | 45 |
| 2.5.4.3 The Characteristic Analyse of PIFA Antenna..... | 46 |
| 2.6 Summary..... | 49 |
| Reference..... | 50 |
| Chapter3 Small, Multiband And Wideband Antenna Design For Mobile Phone..... | 52 |
| 3.1 Small Antenna Design..... | 52 |
| 3.2 The Multi-Band And Broadband Technology Of Mobile..... | 57 |
| 3.3 Summary..... | 59 |
| Reference..... | 60 |
| Chapter4 The Designs And The Critical Factors Of The Embedde Antennas In Mobile..... | 63 |
| 4.1 Forward..... | 63 |
| 4.2 FICA Antenna..... | 63 |
| 4.3 PIFA Antenna In Mobile..... | 65 |
| 4.3.1 The Rudiment Of The PIFA Antenna..... | 65 |
| 4.3.2 The Basic Forms Of The PIFA Antenna..... | 66 |

| | |
|--|------------|
| 4.3.3 Triple-Band And Multi-Band PIFA Antennas Feature..... | 70 |
| 4.4 MONOPOLE Antenna Design Feature Of Mobile Phone..... | 70 |
| 4.5 Some Keys Of Mobile Phone Antenna Design | 72 |
| 4.5.1 The Space For Mobile Antenna | 72 |
| 4.5.2 The Impact On The Distance Between Short Pin And Ground Pin..... | 72 |
| 4.5.3 The Impact On The Main Ground Of Mobile Phone..... | 74 |
| 4.5.4 The EMC Enviroment Around Antenna | 76 |
| 4.5.4.1 The Influences of Speaker、Receiver 、Camera、Lcd And The Avoiding To Antenna | 76 |
| 4.5.4.2 The Effects Of The Decorative Parts Electroplating And The Metal Spraying On The Case..... | 77 |
| 4.5.4.3 The Case And Support Of Mobile Phone..... | 77 |
| 4.6 Summary | 78 |
| Reference..... | 79 |
| Chapter5 PIFA Antenna Engineering Design Example For Mobile Phone | 82 |
| 5.1 Introduction..... | 82 |
| 5.2 Estimation About Project Antenna..... | 82 |
| 5.3 Triple-Band PIFA Antenna Design..... | 84 |
| 5.4 Triple-Band PIFA Antenna Test Result Analysis | 85 |
| 5.6 Triple-Band PIFA Antenna Parameters Analysis | 94 |
| 5.7 Summary..... | 95 |
| Chapter6 Monopole Antenna Engineering Design Example For Mobile Phone..... | 97 |
| 6.1 Forword | 97 |
| 6.2 Triple-Band MONOPOLE Antenna Design | 98 |
| 6.3 Triple-Band MONOPOLE Antenna Test And Simulation Result..... | 100 |
| 6.4 Summary..... | 105 |
| Chapter7 Summary And Outlook..... | 107 |
| 7.1 Summary..... | 107 |
| 7.2 Outlook..... | 107 |
| Appendices..... | 111 |

第一章 绪论

1.1 前言

移动电话的发展历史：自从电话发明之后，这一通信工具使人类充分享受到了现代信息社会的方便，但这仅仅是一个开始，而且普及范围也并不广，随着无线电报和无线广播的发明，人们更希望能有一种能够随身携带，不用电话线路的电话。肩负着人类的希望，通信领域的科学家进行了不懈的努力，由于两次大战的需要，早期的移动通信的雏形已开发了出来，如步话机、对讲机等等；1978年贝尔实验室的科学家们在芝加哥试验成功了世界上第一个蜂窝移动通信系统，并于1983年正式投入商用。这是移动通信发展史上的重大发明。1978年在美国芝加哥开通了第一个移动电话通信系统。1979年日本开放了世界上第一个蜂窝移动电话网。1973年，摩托罗拉（Motorola）第一个向公众展示了可行的便携式电话原形。第一个研制成功并提供--微处理器为核心的移动电话，为未来的蜂窝电话树立了标准。世界上第一个实用移动电话诞生于1973年美国纽约。当时它引起世界轰动，因为它实现了人类进行无线通讯的梦想。它的体积大，重1.9公斤，是名副其实的“大哥大”。不过在当时，它是一种身份的象征。1981年，第一个提供摩托罗拉的专利产品--车用免提电话。1984年，第一个出售手持式蜂窝折叠式电话。1989年，摩托罗拉第一个出售商业性GSM数字便携式电话。

移动电话是一项伟大的发明，它让人与人之间的联系更加紧密。而且自移动电话发明以来，它每年的市场规模都有大幅度的成长，如今人们的日常生活越来越离不开它了。

1.2 移动电话的通讯协议的演进

移动电话发展到现在，目前在我国投入到市场运营的已经是第三代移动电话系统。尤其继2008年最后一天，国务院在常务会议上同意工信部启动3G牌照发放工作后，2009年1月7日，工信部正式宣布，向中国移动、中国联通、中国电信三大运营商同时发放3G牌照。目前国内主推的移动电话通信协议主要有四种：分别是

GSM (Global System for Mobile communications) 系统、PHS (Personal Handy-phone System) 系统、UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) 系统、CDMA2000 (Code Division Multiple Access 2000) 系统。其中GSM系统和PHS系统属于第二代移动电话系统，UMTS系统和CDMA2000系统以及国内提出的TD-SCDMA系统属于第三代移动电话系统。下面将简单说明每一代的移动电话系统的特点。

1.2.1 第一代移动电话系统

第一代移动电话 (1G), 也就是在20世纪八九十年代人们俗称的大哥大。由于当时的电池容量和调制技术受硕大的天线和大面积的集成电路板的制约, 这种移动电话外形笨重, 方方正正, 虽可移动但还是不便于携带。所以很多人称之为“砖头”。这种移动电话有多种无线通信标准, 如NMT (Nordic Mobile Telephone), AMPS (Advanced Mobile Phone System), TACS (Total Access Communication System), 但是基本上是使用分频多工的调制方式, 而且只能进行语音通话, 且接收信号的效果不稳定, 且保密性不强, 无线频宽利用不充分。这种移动电话类似于简单的无线双工电台, 通话是锁定在一定的频率, 所以使用可调电台就可以窃听通话。

这个时代的天线常采用的是外置的拉杆式四分之一波长鞭状天线 (MONOPOLE天线), 这种天线属于外置的单极振子天线, 顾名思义它的尺寸为谐振频率的四分之一波长 ($\lambda/4$), 它与性能优越的半波振子天线相比: 方向性函数和方向图相同 (上半空间), 主瓣宽度、极化特性、频率特性等参数均相同, 然而单极天线的输入阻抗是双极振子天线的一半 (只有 36Ω), 而方向性比半波振子天线大3dB (理论值, 考虑实际的损耗实际的方向性并没有这么好)。

外置的MONOPOLE天线的效率高、增益大, 方向性好, 所以天线的设计并不困难, 但是它的缺点是: SAR指标高, 只不过当时的人们对电磁信号的危害的了解有限、重视度不高; 尺寸较大、不够美观、千篇一律。后来出现了外置法向模螺旋天线, 它是外置MONOPOLE天线的改进, 性能类似直线型的外置MONOPOLE天线, 方向性较圆, 有比较好的全向性。但是由于电磁波沿螺旋轴线传播的相速比鞭天线慢, 故用螺旋天线, 谐振长度可以缩短^[1], 所以天线尺寸有所缩减。但它的频带较窄、效率较低; 合理的选择参数, 可使法向模螺旋天线成为一种有较高效率的辐射

机构，其方向图和增益类似于半波振子。但螺旋天线的带宽比半波振子的带宽窄，这是由于它的高Q因子造成的，Q因子由天线线圈的匝数和直径决定。

谐振的四分之一波长的螺旋天线在便携无线电设备外壳上能激励起很强的射频电流，设备外壳成为辐射系统的组成部分，使用者手部认为是围绕无线电设备外壳的有耗介质材料。因而在设计移动电话天线时应充分考虑系统和人为因素的影响。

1.2.2 第二代移动电话系统

第二代移动电话（2G）也是现今最常见的移动电话系统。通常这些移动电话使用PHS、GSM或CDMA这些十分成熟的标准，具有稳定的通话质量和合适的待机时间。在第二代移动电话中为了适应数据通讯的需求，一些着重于传输数据的中间标准也在移动电话上得到支持，例如2.5G的GPRS(General Packet Radio Service)服务和2.75G的EDGE(Enhanced Data Rates for GSM Evolution)服务。2G移动电话的频谱分配见表1.1^[2]，国内主要应用的是：EGSM、DCS、PCS三个频段。

表 1.1: 2G 移动电话的频谱分配

| 工作频段 | 上行频率（发射） 移动台发射，基站接收 | 下行频率（接收） 移动台接收，基站发射 |
|---------|------------------------|------------------------|
| GSM850 | 824~849MHz | 869~894MHz |
| PGSM900 | 890~915MHz | 935~960MHz |
| EGSM900 | 880~915MHz | 925~960MHz |
| DCS | 1710~1785MHz | 1805~1880MHz |
| PCS | 1850~1910MHz | 1930~1990MHz |

这时的移动电话天线的初期用的还是法向模螺旋天线，由于在早期，只要求单频或双频，频带要求不是很宽，螺旋天线能达到要求。但随着移动电话面临出口，还有3G的要求，频带要求越来越宽，并且效率又要能够保证，这时螺旋天线显得捉襟见肘，力不从心。但通过加载可以加宽带宽，有的天线厂家开始重新研究螺旋天线，由于它的辐射电阻大，如果带宽加宽了，还是可以大有用途的。

后来逐渐过度到内置天线，而且内置天线的名称种类也比较多：

1) 内置式单极天线：内置的MONOPOLE天线体积稍小，性能较外置天线差；但相对其它内置天线来说，它的频带较宽可以多达四、五个频段；必须悬空，平面结构下不能有PCB的地，所以SAR一般比PIFA天线大，实际应用中受到限制且这是测试的难点，但是效率一般比PIFA高。Monopole天线的SAR比较大，为了避免对人体的影响，一般建议若采用这种形式的天线最好位置在移动电话主板的下方。

2) PIFA天线：天线体积所占用的空间比单极天线大，性能当然也不及外置天线，频段数和带宽不如内置单极天线，效率也比单极天线低；但它要求下方有地，因此SAR的指标好，性能稳定。是二代系统的主要天线形式。

3) FICA天线 (folded inverted conformal antenna) --折叠倒放式共形天线：它是Motorola公司研发的专利天线，本质上它是半波折合振子天线，本天线的特点是：与其它电小天线比较，它的辐射电阻较大（约 300Ω ），高频带宽比较大，是初期做三频、四频等内置天线的首选；体积小：该天线占的面积理论上是PIFA天线的一半左右，可以避开大的金属元器件。该天线物理结构特点是曲折的长微带线或金属条双条并行，保持两条微带之间的距离会对天线的参数有影响。要求天线所占平面的下方要铺满地铜箔，天线的馈电点比较有特点，两个馈电点可以较远。安排馈电点的原则是在PCB的顶端或边缘，两个馈电点到天线弹片的尾端长度一般要对称相等。缺点是：天线的形状为对称结构，对移动电话ID、布局及天线的的环境要求较高，参数调整过程较为繁琐；Motorola公司在北美地区销售的移动电话产品常用到该天线形式。

4) PCB板天线--其原理是 $1/4$ 波长偶极子天线。把本来是细长线形的天线，通过弯折，布在了PCB板上。这种天线技术不算很新，但可以把天线做成很扁，再在外面加壳，比螺旋天线的样式多，在韩国的一些移动电话上用得比较多。但这种天线的频带不宽，而且天线在结构的强度测试时，不容易过关。因为PCB板天线对于周围的空间要求较高，天线外壳只能稍稍离PCB天线远一点，但同时又要保证天线不要太大，这能把外壳做得比较薄，这样外壳就比较脆弱。PCB板天线通过改变电抗加载可以进一步加宽带宽。它其实也是一种内置的单极天线。

5) 其它天线：FMA天线--其理论类似于PIFA天线。这种天线其原理也是 $1/4$ 波

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库