

# 电子病历中重叠时态数据的分析与消除

黄雄波<sup>1</sup>, 陈章<sup>2</sup>, 岳喜顺<sup>1</sup>

(1. 华南理工大学 自动化科学与工程学院, 广东 广州 510641;

2. 广东商学院 信息学院, 广东 广州 510320)

**摘要:**随着医疗数字化的发展,传统的纸张书写病历正逐渐向电子病历转变。在医院的现代化管理过程中,电子病历作为医疗活动信息的主要载体而成为了医院信息系统的核心,同时,它的设计也是医院信息系统中最为关键的技术。文中用 M. A. Roth 等学者提出的嵌套关系数据库模型在非时态 DBMS 上设计了电子病历的时态数据库,分析了该模型下产生重叠时态数据的原因,并在 Delphi 中详细讨论了重叠时态数据的消除原理及编程方法。

**关键词:**嵌套关系数据库模型;重叠时态数据;电子病历;Delphi

中图分类号:TP311.11

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2009)03-0235-04

## Analysis and Elimination of Overlapping Temporal Data in Electronic Medical Record

HUANG Xiong-bo<sup>1</sup>, CHEN Zhang<sup>2</sup>, YUE Xi-shun<sup>1</sup>

(1. School of Automation Sci. and Eng., South China Univ. of Tech., Guangzhou 510641, China;

2. School of Information, Guangdong Univ. of Business Studies, Guangzhou 510320, China)

**Abstract:** With the development in medical treatment digitization, paper medical record changes to electronic medical record (EMR). As the main carrier of the medical activity information, EMR is the core of the hospital information system in the process of modern management of the hospital, and the design of EMR is the key technique of HIS. Using nested relational DB model introduced by M. A. Roth, constructs a kind of temporal database of electronic medical record which is based on none-temporary DBMS. But since information in electronic medical record changes as time passes by, the problem of overlapping temporal data may easily turn up. Analyzes the reason of the problem, discusses the main principle to solve it, and introduces the programming method in Delphi.

**Key words:** nested relational DB model; overlapping temporal data; electronic medical record; Delphi

## 0 引言

电子病历(Electronic Medical Record, EMR)是指计算机化的病历,它建立在医院医疗活动全面信息化的基础上,能提供主动的、智能的服务。现实世界是一个带时间维的四维世界,表征事物特征的数据必然随时间的推移而有所改变<sup>[1]</sup>。例如,在电子病历中记录着患者的病情记录、会诊记录、用药记录以及各种检查表格等医疗情况,而这些情况都具有明显的时态性。当前,对电子病历的时态数据的处理需要越来越迫切,电子病历的时态数据处理已成为新一代医院管理系统

(Hospital Information System)的关键技术<sup>[2]</sup>。

由于时态信息具有海量的历史数据,相关的数据库时态操作也比传统的关系数据库要复杂得多,故至今尚未形成完整通用的 TDBMS(时态数据库管理系统)。目前,在实际应用中,一般是在现有的非时态 DBMS 基础上通过 SQL 扩展或中间件技术来实现数据的有限时态管理。针对医疗应用系统的时态数据具有缓慢变化的特点,在设计电子病历的时态数据库时,选用了 M. A. Roth 等人提出的嵌套关系数据库模型,并结合 Delphi 开发工具进行相关的程序编写,较好地非时态 DBMS(MS-SQL Server 2005)上实现了电子病历的时态信息处理。

## 1 电子病历的时态数据库设计

### 1.1 嵌套关系数据库模型简介

M. A. Roth 等学者于 1988 年提出的嵌套关系数

收稿日期:2008-06-06

基金项目:广东省自然科学基金资助项目(06023960)

作者简介:黄雄波(1975-),男,广东南海人,硕士研究生,讲师,研究方向为鲁棒控制与计算机软件工程;陈章,博士,教授,研究方向为构件技术与分布式计算;岳喜顺,博士,副教授,研究方向为动力系统的稳定性理论与系统工程。

数据库模型<sup>[3]</sup>,是一个形如  $R_j = (R_{j1}, R_{j2}, \dots, R_{jn})$  的规则集合,其中  $R_{jn} (1 \leq j \leq n)$  可以出现在其它规则的左边。也就是说,允许一个关系的属性是另一个关系,但不能出现递归定义。

如图 1 所示,  $R$  为嵌套关系模式,  $r$  为其实例。其中,  $R = ABG, B = CD, D = EF$ , 可简记为  $R = A(C(EF))'G$ , 这里,  $B$  为  $R$  的嵌套关系, 而  $D$  则为  $B$  的嵌套关系。

A	B			G
	C	D		
		E	F	
a <sub>1</sub>	c <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	f <sub>1</sub>	g <sub>1</sub>
		d <sub>1</sub>	f <sub>2</sub>	
	c <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	f <sub>2</sub>	g <sub>2</sub>
		d <sub>4</sub>	f <sub>2</sub>	
a <sub>2</sub>	c <sub>2</sub>	d <sub>1</sub>	f <sub>3</sub>	g <sub>1</sub>

图 1 嵌套关系  $R$  的一个实例  $r$

1.2 电子病历中时态数据库的实体-关系数据模型

从上述的嵌套关系数据库模型可知,为了在现有的非时态 DBMS 中实现时态数据的管理功能,采用“常量表+时变表”来处理时态关系,即把电子病历的常量属性与时变属性区分开来,将独立于时间的常量属性置于“自然信息”关系中,将时变属性置于“时变信息”关系中,而在“时变信息”关系中则用嵌套关系来表示随时间变化的各种信息。根据病历数据的组成和医疗实践,以门诊数据和住院数据两条主线来设计电子病历的数据表,数据表的设计基于非时态 DBMS MS-SQL Server 2005。图 2 是住院病历的时态数据库实体-关系数据模型(E-R),限于篇幅,这里的“时变属性”仅画出“诊断意见”。在图 2 中,“常量表”的主键为“病历号”,而“诊断意见”时态嵌套关系表则选取“病历号”、“疾病代码”及“录入时间”作为主键。

2 电子病历中重叠时态数据的产生

数据库的完整性是指数据的正确性和相容性<sup>[4]</sup>。例如患者的病历号必须是唯一的;性别只能是男或女;住院病人所在的病区必须是医院已开设的病区等等。数据库是否具备完整性关系到数据库系统能否真实地反映现实世界,因此维护数据库的完整性是非常重要的

的。为了保证数据库的完整性,DBMS 必须提供一种机制来检查数据库中的数据,看其是否满足语义规定的条件。但由于是在非时态 DBMS 上进行电子病历时态数据的处理,且非时态 DBMS 没有提供专门的时态数据的完整性检查机制,故这部分工作需通过软件编程的方法来完成<sup>[5,6]</sup>。

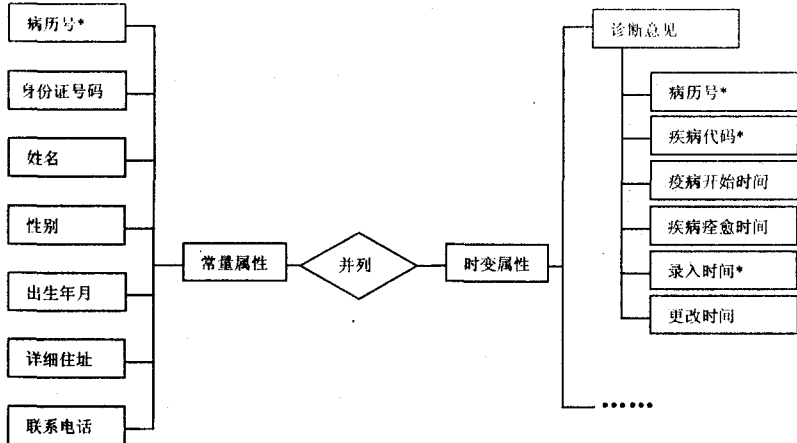


图 2 住院病历的时态数据库实体-关系数据模型

在电子病历的时态嵌套关系数据表中加入时态信息(有效时间和事务时间)后,其首要的工作就是确定数据库的时态主键,以防止各元组中出现重复的时态数据。这里,选取了“病历号”、“住院次数”和“录入时间”三个属性作为电子病历的时态嵌套关系数据表的主键,从而有效地防止了不同患者在每次住院期间的医疗时态信息出现重复。然而在时态嵌套关系数据表中,通过设置主键的方法还是不能完全有效地保证时态数据的完整性,最为常见的是出现“顺序重复”。所谓“顺序重复”指的就是两个元组的时态属性的值相同且有效时间有重叠,如表 1“诊断意见”时态嵌套数据表(表中 NULL 表示其时间值为空)中的第①、③条记录所示,“顺序重复”意味着在同一时间区间中,同一症状被记录了两次。不难发现,当两个时态区间的时态关系是包含的,就无法通过数据库主键设置的方法来消除“顺序重复”。

3 基于 Delphi 的重叠时态数据的消除原理与实现

3.1 重叠时态数据的消除原理

仍以“诊断意见”时态嵌套数据表为例,为了保证

表 1 电子病历中重叠时态数据的示例

病历号	住院次数	疾病代码	执行医生	疾病开始时间	疾病痊愈时间	录入时间	更改时间
①99040203101	1	002015	30002	2003/11/27 10:20	2004/01/18 09:50	2003/11/27 20:00	2004/01/18 20:00
②99040203101	1	018023	12588	2003/12/12 10:20	2003/12/28 14:50	2003/12/12 20:00	2004/12/28 20:00
③99040203101	1	002015	30002	2003/12/25 10:20	2004/01/10 14:50	2003/12/25 20:00	2004/01/10 20:00
④99040203101	2	104028	51093	2006/05/13 08:45	NULL	2006/05/13 20:45	NULL
...	...	...	...	...	...	...	...

时态数据的完整性,在软件设计过程中必须对用户输入的时态数据进行如下的检测<sup>[7]</sup>:

(1)每次症状的“疾病痊愈时间”必须晚于“疾病开始时间”,即“疾病痊愈时间”>“疾病开始时间”一定成立。

(2)在同一次住院期间中,输入的当前症状的[“疾病开始时间”,“疾病痊愈时间”]时态期间不能和现有相同症状的时态期间有重叠。

而判断两个时态期间  $t_1[t_{1s}, t_{1e}](t_{1s} < t_{1e})$  和  $t_2[t_{2s}, t_{2e}](t_{2s} < t_{2e})$  是否存在时间重叠方法为:若  $\forall (t_{2s} > t_{1e}) \vee (t_{1s} > t_{2e})$ , 则  $t_1$  与  $t_2$  不存在时间重叠。

综上所述,在保存时态信息之前,应检索出当前患者在同一次住院期间中相同症状的“疾病开始时间”和“疾病痊愈时间”,并与当前输入的时态数据进行遍历比较。若发现存在重叠时态数据,则停止遍历比较,并给出相关的错误提示信息提示和锁定当前记录,直至用户修改正确后为止,如用户直接退出系统,且当前的重叠时态数据将不会被保存。

### 3.2 Delphi 重叠时态数据的消除设计

考虑到电子病历数据具有批量性的特点,在 Delphi 中选用了界面整洁的 DBGrid 控件来设计时态数据编辑系统。为了方便医护人员对时态数据的时间进行编辑,在系统设计过程中,把 DateTimePicker 控件嵌入到 DBGrid 控件中,所以重叠时态数据的消除程序主要在 DateTimePicker 控件的 OnChange 事件中进行编写。

(1)在 DBGrid 控件中嵌入 DateTimePicker 控件。

医护人员在 DBGrid 控件中编辑时态数据时,其输入焦点需要在各列之间进行切换,这就导致了 DBGrid 单元格的重新绘制,同时也触发了 OnDrawColumnCell 事件<sup>[8]</sup>。在该事件中编写合适的处理程序便可为 DBGrid 单元格的数据提供定制的绘制,这里,在 OnDrawColumnCell 事件中通过调用 DateTimePicker 控件的 SetBounds 方法来改变其 Left、Top、Width 和 Height 属性,便可如图 3 所示在 DBGrid 某一列的单元格中嵌入 DateTimePicker 控件。主要的源代码如下:

```
procedure TForm1.DBGrid1DrawColumnCell(Sender: TObject; const Rect: TRect; DataCol: Integer; Column: TColumn; State: TGridDrawState);
```

```
begin
```

```
if not (gdFocused in state) then exit;
```

```
//单元格没有输入焦点便退出处理事件
```

```
if DBGrid1.SelectedIndex = 3 then
```

```
//DBGrid 当前选中的列是否为第四列(该列对应“疾病痊愈时间”)
```

```
begin
```

```
DateTimePicker.SetBounds(Rect.Left + DBGrid1.Left + 1, Rect.Top + DBGrid1.Top + 1, Rect.Right - Rect.Left, Rect.Bottom - Rect.Top);
```

```
//使用 SetBounds 方法把 DateTimePicker 控件嵌入 DBGrid 的单元格中
```

```
end;
```

```
end;
```

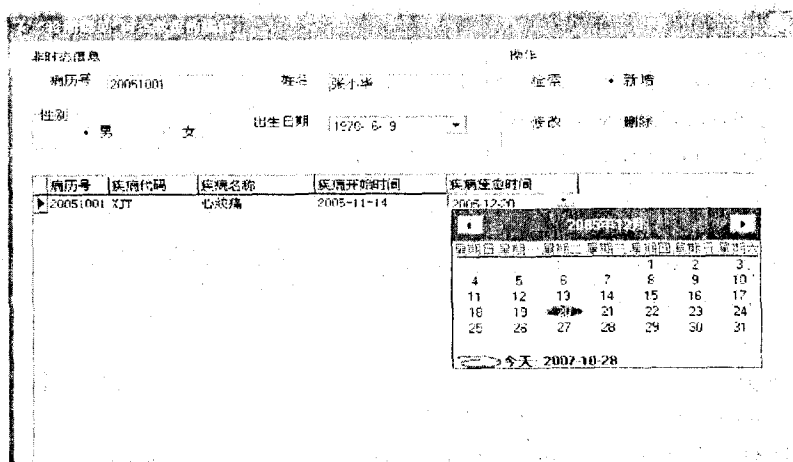


图 3 在 DBGrid 控件中嵌入 DateTimePicker 控件

(2)重叠时态数据的消除实现程序。

当医护人员利用 DateTimePicker 控件录入“疾病痊愈时间”后,便应该进行时态数据的完整性检测。主要的源代码如下:

```
//声明全局变量
```

```
OldRecNo: integer = 0; //时态数据的起始记录指针置 1
```

```
ErrorMark: Boolean = False; //重叠时态数据错误标识符
```

```
procedure TForm3.DateTimePicker1Change(Sender: TObject);
```

```
var //声明局部变量
```

```
CurrentNo: Integer; //时态数据的当前记录指针
```

```
RecSelectIndex: Integer; //DBGrid 控件的当前列数
```

```
begin
```

```
ErrorMark := False;
```

```
if (not(DBGrid1.Fields[2].IsNull)) and (not(DBGrid1.Fields[3].IsNull)) then
```

```
begin
```

```
if (DBGrid1.Fields[2].AsDateTime > DBGrid1.Fields[3].AsDateTime) then
```

```
begin
```

```
Application.MessageBox
```

```
('疾病开始时间晚于疾病痊愈时间!', '错误提示',
```

```
MB_OK + MB_ICONStop);
```

```
ErrorMark := True;
```

```
end;
```

```
end
```

```

else
begin
    CurrentNo := ADOQuery1.RecNo; //存储当前时态数据记录
    指针
    //由 ADOQuery2 组件检索当前患者在同一次住院期间的相
    同症状的时态记录
    ADOQuery2.Active := False;
    ADOQuery2.SQL.Clear;
    ADOQuery2.SQL.Add('select * from ZYBL_ Table where
    BLH=:var1 AND ZBDM=:var2');
    ADOQuery2.Parameters[0].Value := DBGrid1.Fields[0].As-
    String;
    ADOQuery2.Parameters[1].Value := DB-
    Grid1.Fields[1].AsString;
    //执行 SQL 参数化查询,指定病历号与疾病
    代码的 SQL 查询参数
    ADOQuery2.Active := True;
    While not ADOQuery2.Eof do//遍历比较,检
    测是否有重叠时态数据
    do
    begin
        if not ((DBGrid1.Fields[3].AsDateTime >
        ADOQuery2.Fields[3].AsDateTime) or (DB-
        Grid1.Fields[4].AsDateTime < ADOQuery2.
        Fields[2].AsDateTime)) then begin//出现重叠
        时态数据
            ErrorMark := True; //重叠时态数据错误
            标识符置真值
            Break; //提前结束循环
        end;
        ADOQuery1.Next
        end;
        if ErrorMark then Application.MessageBox
        ('当前输入的时态数据出现时态重叠!', '错误提示', MB_
        OK + MB_ICONStop);
        DBGrid1.SetFocus;
        DBGrid1.SelectedIndex := RecSelectIndex;
        PostMessage(DatePicker1.Handle, wm_keydown, vk_
        Return, 0);
        end;
    end;
end;

```

### (3) 重叠时态数据的锁定。

当产生重叠时态数据时(即 ErrorMark 为 True),编辑系统便锁定当前的行记录,直至错误消除为此。该功能在 DataSource 组件(“诊断意见”数据集 ADOQuery1 所连接的数据源组件)的 DataChange 事件中进行编写。当数据集中记录的数据内容发生改变时便触发 DataChange 事件,在当前记录已经被编辑并且应用程序移到另一个字段,或与数据集相关的当前记录变

化时,编写该事件处理程序可以执行特定的行为。主要的源代码如下:

```

procedure TForm3.DataSource1DataChange (Sender: TObject;
Field: TField);
begin
    if ErrorMark then
        ADOQuery1.RecNo := OldRecNo;
    //强迫数据表的记录指针等于出现重叠时态数据的记录指针,
    不允许其发生移动;
end;

```

实际运行效果如图 4 所示。

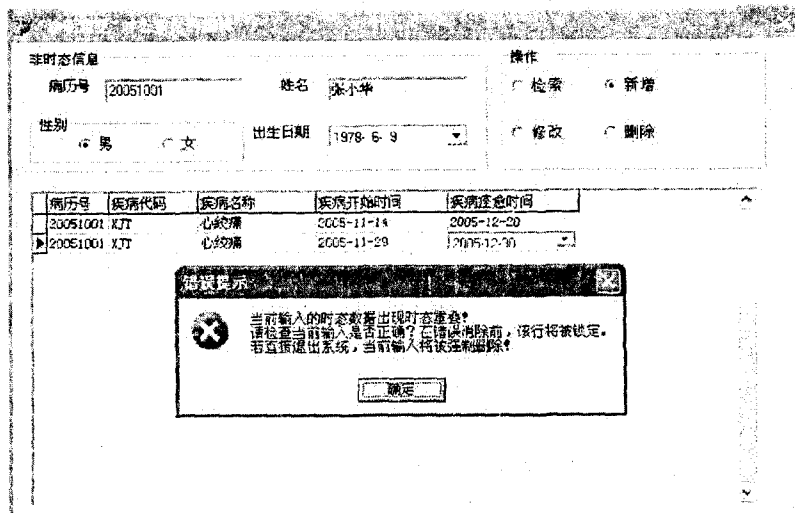


图 4 电子病历中重叠时态数据的检测示意图

## 4 结束语

目前时态数据库系统总体上还处于原型和试验的阶段,其实际应用远未展开。以医院信息管理系统(HIS)的电子病历为例,在非时态 DBMS 上对其时态数据进行了分析与设计,进一步在 Delphi 编程环境中详细讨论了重叠时态数据的消除原理及编程实现方法。

文中创新点:在 Delphi 编程环境中,深入研究了 DBGrid 控件的相关事件和方法,设计并实现了重叠时态数据的消除系统,从而有效地保证了电子病历中时态数据的完整性。

### 参考文献:

- [1] 何新贵. 特种数据库技术[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 1-36.
- [2] 汤庸. 时态数据库导论[M]. 北京: 北京大学出版社, 2004: 1-121.
- [3] 吴扬扬, 陈锻生. 嵌套关系 DB 实现时态 DB 系统的方法[J]. 华侨大学学报: 自然科学版, 1994, 15(4): 234-238.

(下转第 242 页)

SMS Server 采用同步消息,消息收发是串行的,为了提高消息的并发处理能力,有的短信系统在后台启动了  $n$  个消息发送线程。这样做的缺点是:同步消息会造成线程的阻塞,不适合于短信收发这样的异步通信系统,并且同步消息是用 socket 连接来标识一条消息的,这会严重影响消息的可靠传递;另外,采用同步通信机制的系统中的消息收发缓冲,实际上都没有真正起到缓冲的作用,这会严重影响消息通信的效率和可靠性,是消息通信系统的必须要解决的问题。改进的消息通信程序结构如图 4 所示。

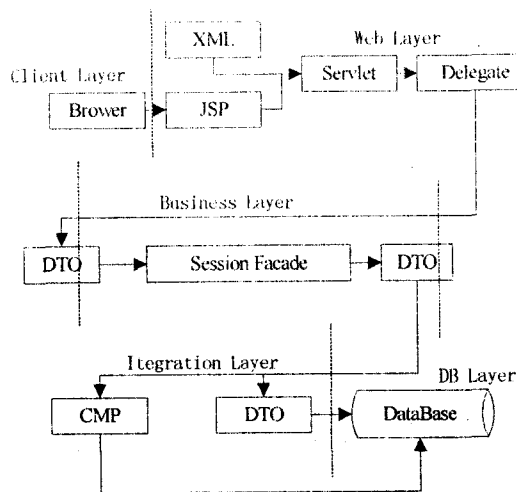


图 3 系统架构

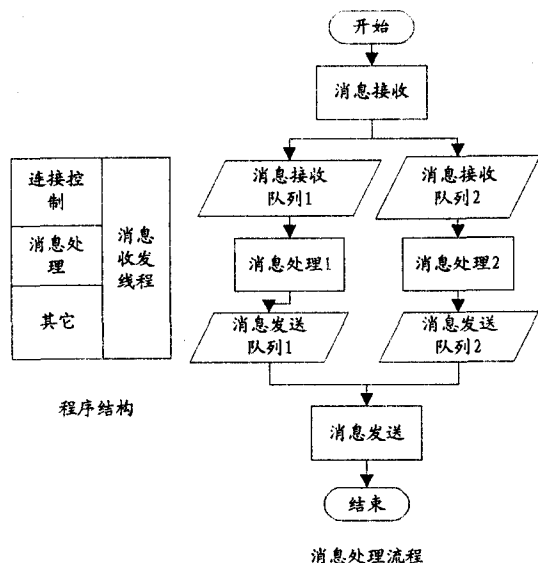


图 4 改进的消息通信程序结构

### 3 特点分析

本短信公用平台系统提供了强大的短信收发功能,满足对移动、联通、小灵通用户短信收发要求,提供了丰富的短信公共业务,如地址本管理、群发短信、失败短信重发、短信报表等,同时灵活地提供了个性化定制、系统管理、计费设定等功能,能满足不同企业和不同部门的需要。

本短信公用平台系统基于 J2EE 应用体系结构,客户层、业务层、集成层和数据库层的多层构架,实现了业务逻辑与表示逻辑分离,应用程序与 DBMS 分离,分布式的数据管理和事务处理等,保证了系统高效、安全、稳定的运行。系统具有开放性好、可拓展性强、应用移植好、软件可重用性程度高等优势。采用了 Business Delegate/DTO/Session Facade 等设计模式,减少了程序的耦合度,降低了网络开销,提高了系统运行的效率和性能。并且,多线程的异步消息通讯机制能够提高系统通信的效率和可靠性。

### 4 结束语

该短信平台系统从需求到设计都充分考虑了不同企业不同部门的需求,基于 J2EE、采用 Business Delegate/DTO/Session Facade/CMP/DAO 等设计模式,充分考虑了功能的个性化和定制,程序的移植性和拓展性,从需求和性能都能满足不同企业的需要,达到优化营销流程,提供方便快捷安全高效的企业短信服务平台的目的。该系统已在某大型企业应用实施,并取得了良好的效果。

### 参考文献:

- [1] 冯锡炜. 短消息应用系统的技术和实现[J]. 抚顺石油学院学报, 2003(4): 68-71.
- [2] Alur D. J2EE 核心模式(影印版)[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [3] Bambara J J. J2EE 技术内幕[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [4] 李迎春, 张佑生. GSM 短消息在无线数据采集与监控中的应用[J]. 计算机工程与应用, 2004, 40(3): 213-215.
- [5] 姚胜锋, 朱群雄. 短消息平台的排队机的设计[J]. 计算机工程与应用, 2003, 39(21): 183-185.

(上接第 238 页)

- [4] 萨师焯. 数据库系统概论[M]. 第 3 版. 北京: 高等教育出版社, 2000: 303-313.
- [5] 蔡启先. 数据的时态性及其在非时态 DBMS 上的处理[J]. 计算机应用, 2000, 20(12): 23-27.
- [6] 江 兰, 方思行. 电子病历管理系统中的时态数据处理

[J]. 微计算机信息, 2006, 22(3): 176-181.

- [7] 黄雄波. 电子病历中时态数据库的分析与设计[D]. 广州: 华南理工大学, 2007: 16-42.
- [8] 耿宏远, 陈战林. Delphi 6 组件大全[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002: 334-339.