第 27 卷 第 1 期
2005 年 1 月 (96～101)

地 震 学 报
ACTA SEISMOLOGICA SINICA

Vol. 27, No. 1
Jan., 2005

文章编号: 0253-3782(2005)01-0096-06

基于树形结构的地震数据库系统设计方法*

王喜珍[1)] 滕云田[1)] 高孟潭[1)] 陈步云[2)] 姜 慧[1)]

1) 中国北京 100081 中国地震局地球物理研究所
2) 中国武汉 430070 中国地震局地震研究所

摘要 地震观测数据的大量增长给数据管理提出了新的要求. 本文将树形结构引入到数据库设计中，提出了基于树形结构设计关系数据库的方法. 该方法简单、直观、易于数据的组织，可以简化数据库的设计过程. 在“长江三峡工程诱发地震监测系统地震监测总站数据库”设计中应用了该方法，并取得了良好的效果.

关键词 树形结构 关系数据库 转换
中图分类号: P315.63 **文献标识码:** A

引言

随着地震观测手段的增多，仪器精度的提高，观测台站的加密，大量地震观测台网的网络化、数字化改造，取得了大量的数据，给数据管理和分析带来了一定的困难，传统的文件管理系统已不能适应大量数据的管理要求. 在计算机技术飞速发展的推动下，数据库技术取得了迅速的发展，关系型数据库以其理论完整、结构简单、操作容易、存取有效等优点广泛应用于教育、金融、保险等行业(李昭原，罗晓沛. 1997). 过去几年中，我国地震科研人员紧密跟踪数据库的发展动向，结合地震学科的特点，开发了适合本系统应用的数据库. 张华等(1998)开发了分析预报信息网络数据库，张晓勇等(1998)开发了前兆信息数据库系统，张幼敏等(1998)开发了前兆台网数据库，李宣等(2000)开发了中国数字地震台网地震事件数据库系统，李闽锋和杨满栋① 开发了地震前兆数据库及处理系统集成平台(CAPOmen V 1.0). 由于传统的数据库设计方法组织数据不仅设计周期长，而且设计的数据库结构层次性较差，不利于数据的查询、分析和处理. 而且已有的一些数据库系统大都针对某一特定数据范围、特定区域设计的，适用范围有限. 近年来，随着数据库技术在地震领域的广泛应用，寻求有效和实用的关系数据库设计方法，越来越显示出其必要性. 基于树形结构(严蔚敏，陈文博，1990)的关系数据库设计可以满足地震系统的数据组织和管理要求.

本研究针对当前地震系统关系数据库设计的现状和实际需要，提出了基于树形结构的

* 中国地震局“九五”重点课题“长江三峡工程诱发地震监测系统”之子课题(951204)“地震监测总站”资助. 中国地震局地球物理研究所论著 04AC1012.

① 李闽峰，杨满栋. 1998. 地震前兆数据库及处理系统集成平台(CAPOmen V1.0).

2003-09-02 收到初稿，2004-02-28 收到修改稿，2004-04-12 决定采用.

http://www.dizhenxb.org.cn

关系数据库设计方法．文章第一部分简单介绍了树形结构的原理和一些基本概念；第二部分给出了基于树形结构的关系数据库设计中数据的组织方法；最后详细地介绍了由树形结构向关系数据库转换的过程．

1　树形结构原理

树形结构是一种重要的非线性数据结构，为计算机应用中出现的具有层次关系或分支关系的数据提供了一种自然的表示方法．由于树形结构表示简单、直观，得到了非常广泛的应用，如目录分类系统、菜单系统等等．树形结构主要由分支结点和叶子结点组成，任何没有下一级结点即子女结点的结点为叶子结点，任何没有上一级结点即父辈结点的结点为根结点，既不是根结点又不是叶子结点的结点为分支结点．一棵树只有一个根结点．分支结点可以有下一级分支结点，也称子女结点，一个结点的所有子树中的结点为该结点的子孙结点．树有度和深度两个基本属性．度是指树的宽度，表示树的横向延伸程度，以组成该树各结点中最大的度作为该树的度；树的深度表示树的纵向伸展程度，以组成该树各结点的最大层作为该树的深度．树形结构如图 1 所示．

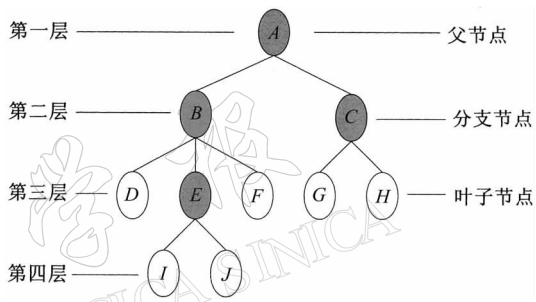

图 1　树形结构示意图

树的表示方法有许多，常用的方法是用括号：先将根结点放入一对圆括号中，然后把它的子树由左至右顺序放入括号中，而对子树也采用同样的方法处理；同层子树与它的根结点用圆括号括起来，同层子树之间用逗号隔开，最后用闭括号括起来．如图 1 可写成如下形式：$(A(B(D, E(I, J), F), C(G, H)))$

2　数据组织

地震数据可用树形结构来组织，主要基于以下方面的原因：首先，地震观测包括流动观测和固定观测，固定观测的台站信息是不变的．台站有多种仪器，而每一种仪器可能会有不同的频率进行观测．流动观测可以认为是虚拟的台站，这就形成了台站→仪器→观测数据的层次关系；其次，地震数据的分析和处理是以台站和观测仪器为基础的，也就是说所分析的数据可以根据台站和仪器来区分．对于采用多种频率进行观测的物理量，再加入频率作为主要特征，这就为数据库建表的主键来源提供了依据；第三，地震数据分析和处理一般是与观测物理量对应的，每种物理量对分析而言是独立的，观测物理量为数据库表结构提供了属性．

地震观测按学科可分为测震、磁电、地壳形变和地下流体四大类．每类包括多种观测手段．因此我们将地震观测系统作为第一层，是树形结构的根结点；各学科作为第二层，是分支结点，这样根结点就有 4 个分支结点；台站为第三层，台站可以是固定台站，也可以是流动台站(虚拟台站)；观测仪器为第四层，对多采样率的仪器，可以将采样率作为单独的一层，这样便于树形结构向数据库表结构的转换．对于单采样率的仪器，可以将采样率作为单独的一层，在作转换时不予考虑，也可以直接忽略该层．这样就形成了树形结构

ACTA SEISMOLOGICA SINICA

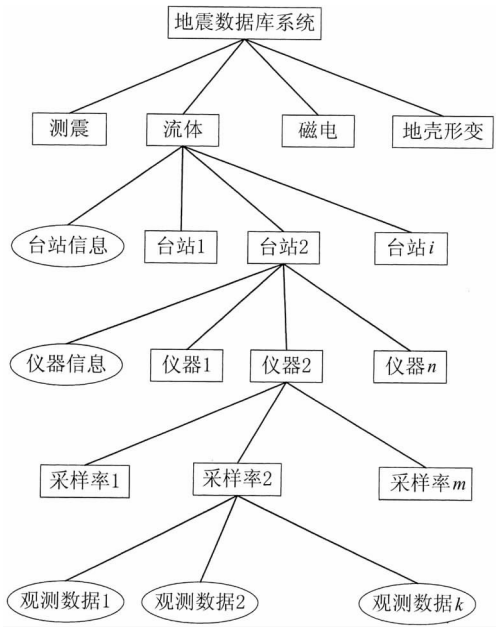

图 2 地震关系数据库树形结构简图
方框表示根结点和分支结点，
椭圆表示叶子结点

的主干部分．叶子结点的确定是至关重要的，它关系到数据库存储的内容．叶子结点要在数据库需求分析的基础上形成，根据系统的设计目的来确定．地震数据库主要存储各观测台网的台站信息、仪器信息、原始观测数据、中间结果、最后结果以及各种相关报告．每种数据对应于不同的分支结点，分布在不同的层上．当设计数据库时，根据每层特征，确定各叶子结点，最后就形成了一颗有枝有叶的典型的树形结构(图 2)．一般而言，根节点对应整个系统，包括的叶子节点应是系统的相关信息，如系统的组成、功能等．第二层节点应是每个学科的相关信息，主要应包括各学科的台站信息，还可以有各学科本身的监测方法、手段以及目的等信息．台站所在的层应包括仪器的信息，如仪器型号、采样率、仪器特性等内容．仪器所在的层包括的是原始观测数据，也可以是中间结果．对多采样率系统可以将这些信息放到采样率对应的层．对分析结果、各种报告以及需要的信息资料放在学科层，这样便于信息的反馈和分析．

3 转换

地震观测数据具有比较明显的特征：其一，数据的重复性比较强，同一事件或同一物理量在同一时间有多台仪器进行观测；其二，各观测物理量之间关联性较差，各学科间观测数据是相对独立的，即使同一学科不同观测物理量之间也是相对独立的；其三，观测数据是时序的，而且是连续的．基于这些特征，下面我们给出用树形结构构造数据库系统结构的详细方法．

表是最重要的关系数据库对象，关系数据库设计的主要工作就是设计表结构，表结构包括表的名称、数据项名称(列名)、数据类型、数据长度、完整性约束条件等．除表之外，索引、存储过程、试图、触发器和游标也是数据库的重要对象．合理地规划这些对象，对提高数据库的性能非常重要．树形结构是数据库系统整体的规划，由树形结构向数据库表的转换要遵循以下原则：

1）任何叶子结点都对应于一张表．

2）任何分支结点包括根结点都不作为数据库的表．

3）具有同一父结点的叶子结点之间关联性较强．

4）叶子结点间相隔层数越大，宽度越宽，由叶子结点所转换来的表间关联性越差．

作转换时首先从根结点开始，自上而下，逐层处理，直到深度最大层所有叶子结点都被处理过为止．每一层数据库存储的内容基本包括该层的背景信息、观测结果信息、中间

http://www.dizhenxb.org.cn

结果以及各类报告等信息．表的关键字可以这样确定：台站信息用台站编号作主键，分析报告和结果报告用时间和报告类别作主键，对连续观测数据一般以时间作主键．当采样率大于 1 时，如果用 SQL SERVER 构建数据库时，可能还得用另外的关键字来唯一标识该数据，一般可以取数据编号作另一主键．表间关联的确定也是数据库设计的主要内容．根据转换原则，当关联性弱时，转换时可以不予考虑；当关联性强时可以将类别作为关联属性，如台站信息表可以用台站所属类别测震、流体、地壳形变、磁电来关联．观测报告或结果报告也可以作类似处理．

在数据库表结构的转换过程中需要考虑以下问题：一是测震原始数据记录．测震原始数据记录是由多通道、高采样率仪器得到的，其数据量很大．如果将原始数据直接存入数据库中会占用很大的空间，也不利于数据的分析处理．因此，国内外一些测震数据管理系统中，大多采用文件管理系统方式对原始观测数据进行管理，关系数据库只负责存储台站信息、定位信息以及经过处理的有关地震事件的各种精确定位信息；二是与系统和监测目的有关的存档信息，如台站地质构造、分析报告等．由于这部分信息一般是图文混编的文档资料，它们不适合存入关系数据库中，因此，通常用文件数据库的形式来管理．在作转换时，要作特殊处理．处理方法为在这些信息所在的叶子结点转换为相应的表时，不把数据本身作为存储对象，而是存储与这些数据相关的文件信息．在数据库查询操作时，可以借助相关的用户程序，把文件信息转换为相关的数据信息．

4　系统功能

应用程序开发是数据库系统开发的重要组成部分，任何对数据库系统的操作都是通过应用程序实现的．应用程序是用户与数据库系统交互的窗口，应用程序的功能结构是否合理、操作是否简单，直接影响数据库系统的性能．图 3 给出了应用程序的数据流图．

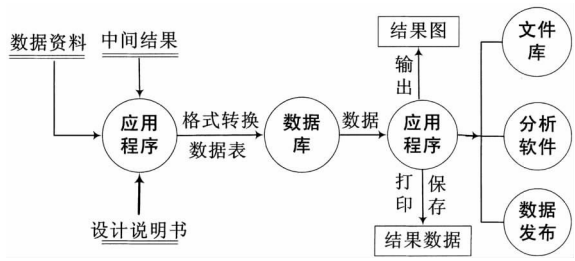

图 3　应用程序数据流图

应用程序的功能设计要最大可能地满足用户的需求．但在设计过程中应尽可能避免提供对数据库管理系统的操作动能．这是为了保证一般用户的操作不会影响数据库，避免因用户的错误操作导致数据库系统崩溃．应用程序在功能的设置上较多的考虑了数据导入和数据导出功能，尽可能地方便用户对数据添加和查询要求，减少用户的工作量．地震系统的数据格式多种多样，而数据格式转换也是要考虑的重要方面．此外，网络功能、绘图功能、打印、结果存储等通用功能也是必不可少的．

“长江三峡工程诱发地震监测系统监测总站关系数据库系统”是为监测三峡库区可能发生水库诱发地震而建立的，负责存储监测系统内数字遥测地震台网、地壳形变监测网和地下水动态观测井网的数据，并供总站分析人员进行常规处理．由“监测总站”定期提出 3 类台网的观测报告，并对观测结果作进一步的分析，掌握地震与地壳形变的动向，对水库诱发地震作出趋势分析和预测判断，向中国地震局和长江三峡生态与环境监测中心提交监测报告，并通过专用的地震信息反馈系统向三峡公司反馈上述有关的信息．根据数据库系统

的应用需求，系统功能设置如图 4 所示.

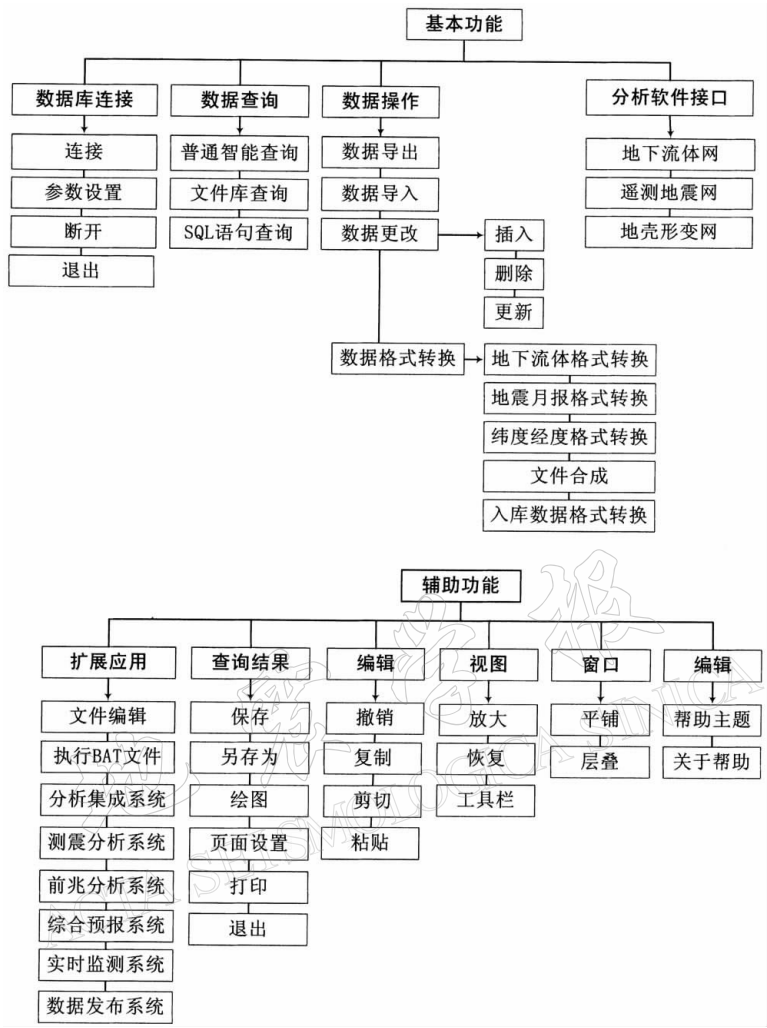

图 4 “长江三峡工程诱发地震监测系统监测总站关系数据库系统”应用程序的功能结构框图

在设计“长江三峡工程诱发地震监测系统监测总站关系数据库系统”中应用了上述方法(王喜珍，2001). 在一年多的试运行、考核运行和两年多来的运行过程中，该系统运行稳定，满足了用户的需求，取得了良好的效果. 基于树形结构设计关系数据库的方法对设计地震相关的关系数据库具有一定参考价值，无论从理论上还是实用性上，都是值得在实践中借鉴的.

参 考 文 献

李昭原，罗晓沛. 1997. 数据库技术新进展[M]. 北京：清华大学出版社，1～5

李宣，周公威，郭燕平，等. 2000. 中国数字地震台网地震事件数据库系统[J]. 地震地磁观测与研究，**21**(5)：52～56

王喜珍. 2001. 长江三峡工程诱发地震监测系统地震监测总站数据库系统设计与优化[D]：[学位论文]. 中国地震局地震研究所，1～70

http://www.dizhenxb.org.cn

严蔚敏，陈文博. 1990. 数据结构[M]. 北京：机械工业出版社，248～275
张华，李自红，马着晖，等. 1998. 山西地震分析预报信息网络数据库系统及程序开发[J]. 山西地震，**1**(9)：29～44
张晓勇，梅卫萍，姜慧兰. 1998. 江苏省地震前兆信息数据库系统(JSEPIDS)简介[J]. 地震学刊，(2)：48～51
张幼敏，赵淑梅. 1998. 建立地震前兆台网数据库的方法[J]. 高原地震，**11**(1)：67～71

THE METHOD OF DESIGN FOR SEISMIC DATA DATABASE SYSTEM BASED ON TREE STRUCTURE

Wang Xizhen[1)]　Teng Yuntian[1)]　Gao Mengtan[1)]　Chen Buyun[2)]　Jiang Hui[1)]

1) *Institute of Geophysics*, *China Earthquake Administration*, *Beijing* 100081, *China*

2) *Institute of Seismology*, *China Earthquake Administration*, *Wuhan* 430070, *China*

Abstract: With the massive growth of the seismic data, it is required a new method to manage them. In this paper, the design method will be reported about relational database based on the tree structure. Comparing with the other designs, it is not only simpler and easier to organize data, but also can simplify the design process of the database. This method has been used to design for database of the earthquake monitor center station of the earthquake moniforing system for the Yangtze River Three Gorges Project and has shown good results.

Key words: tree structure; relational database; conversion

地震学报 ACTA SEISMOLOGICA SINICA