专论与综述

地方环境管理信息系统的设计(续)

——模块和数据库设计

龙沛湘 程声通 司徒卫 章 欣 刘洪彬

(清华大学环境工程系)

摘要 模块化设计是 REMIS 的基本方法,数据库是 REMIS 的核心. 本文论述了模块化设计和数据库设计的基本方法和成果. 据此得到的模块化分解和数据库结构方案可以保证系统实施的稳定性和灵活性,同时使系统保持较高的运行效率.

关键词: REMIS 系统;模块分解;数据库设计.

模块和数据库设计是地方环境管理信息系统(REMIS)设计阶段的重要研究内容[1]. 模块分解和数据库设计对 REMIS 的运行效率有着最直接的影响,对系统的适应性(即可变更性)和可靠性起着决定性的作用.

在 REMIS 的设计中, 模块分解和数据库设计是两个相互关联、互为因果的部分. 通常是从模块分解着手,根据系统的输入、输出设计,进行数据库的结构设计,然后再反馈信息, 修改模块的分解. 经过多次的反复调整,使系统的结构趋于合理.

一、REMIS 的模块分解

(一) 模块分解的意义

模块是代表系统中某一功能的独立逻辑单元. 模块化设计是目前实现大系统设计的重要方法. 合理地划分模块, 对于实现系统的各项指标——系统的效率、服务质量、可靠性和可变更性等都具有极大的影响.

在上述各项指标中, 可变更性是最重要的. 对于一个实际系统,尽管事先精心设计,考虑完善,由于目标和外界条件的变化,在运行过程中不可避免地会发生系统的变化. 一般说来, 这种变化对单独的一项功能来说并不困难, 问题在于这种变化要通过它的输出信息或调用关系影响到其它部分, 即产生所谓的'波纹效应'. 如果这种波纹效应的范围太大,则会对系统的运行产生影响,甚至于会形成这样一种局面: 或者局部或全部废弃原有系统,以适应某项功能的变更;或者维持原系统不变,而放弃某项功能的改进. 显然,这两种情况都是人们不希望出现的.

提高系统可变更性的关键在于合理分解模块.

(二) 模块分解的原则

模块分解的方法很多,不管哪一种方法,其目的都是要形成最佳的软件结构, 都必须遵循共同的原则:

1. 按功能层次分解

首先将 REMIS 视作为一个总模块, 从上到下按功能逐层分解. 每一个层次包含几个功能, 每一个功能就是一个模块. 一个上层模块含有若干个下层模块, 实现若干个下层模块就可以实现一个上层模块.

2. 避免模块间的横向联系

在模块分解过程中, 要尽可能避免同一

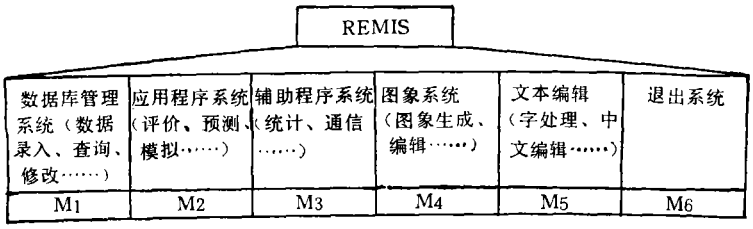

图 1　REMIS 的第一、二层模块结构

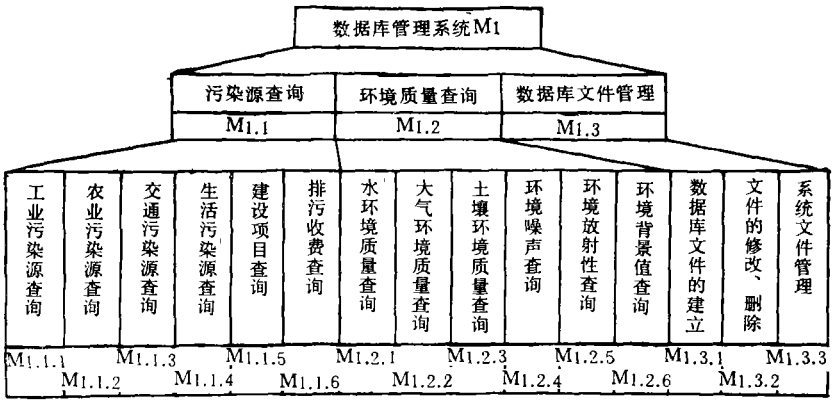

图 2　M1 的高层模块结构

层次或不同层次之间的横向信息交换，只保持上下层次之间的信息与数据的传递．一旦某一模块发生变化，这种变化的影响（波纹效应）将只局限在该模块所在的子系统内．这样，既可以保持整个系统的稳定性，又保证了可变更性．

3. 模块分解要与功能树[2]相对应

模块分解要反映出模块的层次结构与系统功能树之间的映射关系，以便应用功能树分析的研究成果和系统功能的实现．

4. 模块分解要尽可能满足如下目标：模块的聚合度要高，模块间的关联度要低；上层模块的扇出要高，下层模块的扇入要高；同一层次上的模块的控制范围和影响面要大体相当和平衡．这些目标不是孤立的，在模块分解过程中要注意协调它们之间的关系．

（三）REMIS 的模块结构图

模块结构图是模块分解方案的表达形式．对若干种方案进行比较，就可以选出比较理想的模块分解方式．判断方案优劣的准则就是前述的模块分解应满足的目标．

图 1 是经过比较筛选出的模块结构图的第一和第二两层的模块．结构图的第一层是把整个 REMIS 视作为一个总模块，第二层包含六个子模块（M1～M6）．

第二层模块属于高层次模块，它的实现要依赖于下一个层次模块的实现．因此，每一个第二层次的模块都可以分解成若干个第三层次的模块，依此类推，一直分解到最低层次的模块．最低层次的模块代表可以独立完成的具体功能．上层模块可以调用和控制下层模块，而下层模块则向上层模块输送必要的信息和数据，以保证上层模块的实现．图 2 为模块 M1 的高层次结构图．

二、系统与模块的输入输出设计

系统的输出是系统功能的具体体现，系统的总输出就是各个层次上各个模块的输出的组合．

输入输出设计的内容主要包括四部分：

输出设计、输入设计、数据收集系统设计和模块的 HIPO 图(表)设计.

1. 输出设计

输出设计的主要问题是输出方式和输出格式. REMIS 的输出方式按三种要求设计:屏幕输出、打印机输出和绘图仪输出. 属于随机查询、不需长期保存或交换的信息只需由屏幕输出; 表格和图形则分别由打印机和绘图仪输出. 当然, 表格和图形也可以由屏幕输出.

输出格式通常是根据用户的要求设计的. 象国家统一的年度统计报表、国控断面和国控点的数据格式都要按国家的有关规定设计. 对于大多数的查询功能和应用模型功能,目前没有全国的统一规范,我们参考收集到的各地方的表格, 提出 REMIS 输出表共 254 张.

对于统计、预测、评价等功能, 还提供了相应的图形和图象输出. 可供选择的图形有折线图、柱状图、饼状图等; 图象部分则有位置图、等值线图、网格图等.

2. 输入设计

输入设计是指将现实数据转化为REMIS能够接受的形式的处理过程设计. 输入设计的任务是设计一系列的数据表格, 它们是现实数据的归纳和汇总,又是 REMIS 的基础. 所以, 输入表格是现实系统和 REMIS 的界面.

目前除环境统计基层表外, 尚没有统一的输入格式. 我们根据数据来源和数据库结构,设计了全套输入表格,期望在应用中不断完善,逐渐规范化.

3. 数据收集

REMIS 是一个十分复杂的系统,它的数据共有十一个基本来源, 分为内部数据源和外部数据源两大类. 所谓内部数据源是指在环保系统内部的源.

在输入表格的设计中要兼顾数据收集的方便和机器内部处理的简化.为了便于收集,数据的输入表应与数据源相对应, 即一张表中的数据全来自一个数据源;为了便于处理,数据输入表应尽量与数据库的格式对应, 而数据库的格式又与系统的输出有关.

对 REMIS 来说, 由数据收集、数据输入、数据库、系统输出这几个环节组成了数据流动系统. 数据流的合理组织对于改善系统的运行效率、提高可靠性具有重要意义. 目前从技术上主要还是靠经验判别和方案比较来选择. 当系统建成之后, 将接受全面的检验. 经过多方案的分析比较, 提出了用于 REMIS 的数据收集表格.

4. 模块的 HIPO 图(表)

在 REMIS 的系统分析和系统设计阶段, 主要工作是要实现系统的逻辑设计和由逻辑设计向物理设计的过渡. 这两个阶段的工作必须高度集中, 以保证建立起一个反映环境管理系统的 REMIS 的总体结构.

REMIS 含有数百个功能模块,这些模块之间存在着错综复杂的关系. 为了便于程序员在实施阶段编写每一个模块的程序, 还必须编制模块的 HIPO 图(表).

HIPO (Hierarchical Input-Process-Output) 是表达模块的系统输入-处理-输出过程的术语. 系统的 HIPO 图(表)表明了每一个模块的输入、处理过程和输出之间的明确关系. 对于一个程序员来说, 可以不必完全了解全系统的结构, 只需凭借 HIPO 图(表)即可工作. 作为一个庞大复杂的系统, 编制 HIPO 图(表),以便众多的程序员来实施一个系统,其重要性是不言而喻的.

模块的 HIPO 图(表)包括模块编码、模块名称、模块功能、输入数据、调用文件、处理过程、输出格式(表格、图形等)和输出文件等八项内容.

模块的 HIPO 图(表)中的一部分内容要在数据库的结构确定之后才能填写.

三、REMIS 的数据库结构设计

(一) 数据库设计的内容

REMIS 数据库设计的主要任务是要提供一个逻辑设计，以确定最优的数据模型和处理模式;还要提供一个物理设计,以确定数据库的存贮结构和存取方法.

数据库是 REMIS 的核心,用户要求它既能反映环境管理中的信息和信息之间的联系,又能满足用户对数据和数据处理的要求.此外，数据库的设计又是以某一个数据库管理系统(DBMS) 和系统的运行环境 (硬件和软件)为基础的. 这些在文献[3]中已经作过讨论,不再赘述.

(二) REMIS 数据库的设计方法

目前应用较多的数据库设计方法有: New Orleans DBD 框架法、基于 3NF 的数据库设计方法、析取法、 E-R 方法和多级设计法(DBD/MLM)等[4]. 这些都是比较理想的设计方法. 由于 REMIS 系统的庞大，又必须在微机上实现，具有一定的难度. 我们将整个设计分为三个阶段:

1. 数据输入表格设计

数据输入表格反映了机器外的数据逻辑结构，是一套关系数据模型. 数据输入表是数据库设计的基础和依据之一. 输入表格的设计问题已在前面讨论.

2. 数据库结构设计

数据库的结构设计分为逻辑设计和物理设计两步.

逻辑设计的任务是将系统输入表格加以改进和优化，然后转换成 dBASE-III 能够接受的关系数据模型. 物理设计的任务是要决定数据的存贮结构、存取路径等问题,力求既节省存贮空间,又提高存取速度.

由于目前广泛应用的 dBASE-III 使用方便,它能够根据逻辑设计的结果,自动处理物理设计中的各个问题. 因此,对 REMIS 数据库,只需作出逻辑设计.

3. 数据库的实现

将数据库逻辑设计的结果，即关系数据模型,用数据库管理系统 dBASE-III 的数据描述语言表达出来，就可以建立起数据库的结构框架. 将数据按照结构框架的规定录入,就实现了 REMIS 的数据库.

(三) REMIS 的数据库逻辑设计

1. 逻辑设计的原则

REMIS 的数据库设计,和系统的模块分解一样不是唯一的，存在着优化解. 为了达到或接近优化解，在逻辑设计过程中必须遵循如下原则:

(1) 面向全局，合理安排 REMIS 的数据库是一个多库系统，每一个库都可能不只面向一个模块，所以要综合考虑全体模块对数据库的存取需求，合理安排库的数量和结构,以便保证系统运行的总体效率.

(2) 有序结合,减少冗余　一般说来,一个比较复杂的数据库,存在冗余是不可免的.有时,适当的冗余可以避免更大的冗余,或者提高数据的存取速度,这样的冗余应予保留.对于不必要的冗余应该尽量减少. 系统分析阶段的数据结构分析的优劣对此影响很大.

(3) 以实现查询和统计功能为主，兼顾其它　在 REMIS 的所有功能中,查询和统计是基本的、必须实现的功能,也是对数据库的利用率最高的功能. 因此，数据库的结构设计要以这两个基本功能为主要服务对象，实现数据调用方便,存取路径最短,效率最高.系统的其它功能可以作为数据库结构设计完成以后的扩展. 当然，数据库的最终结构还要接受其它模块的检验，也可以根据反馈信息进行修正.

2. 逻辑设计的成果

从数据输入表(即初始关系数据模型)出发,综合考虑系统的输出(主要是查询和统计功能),共建立 14 个数据库,包括 108 个关系数据模型. 它们的集合就是 REMIS 的数据库.

（四）数据库的实现

在 dBASE-III 中，关系数据模型是通过表格文件存贮的，因此，上述 108 个关系数据模型被编制成 108 个数据表格，将这 108 个数据表格按一定的次序存入机器，就实现了数据库的结构设计。

在建立表格文件时应包括如下内容：文件编号和文件名；字段描述（字段名、类型、长度、小数位长度等）和字段名的意义。

在研究 REMIS 的模块分解和数据库结构过程中，应密切结合地方环境管理部门的职能体系。为了便于地方环保局下属的各个职能部门能够使用 REMIS 的各个子系统，REMIS 的模块化程度很高。既可以将整个系统安装在一台计算机上，以获得完全的服务；也可以将 REMIS 的一部分安装在一台机器上，实现系统部分功能。

与系统模块化设计相适应，数据库设计的模块化程度也很高。为了实现系统的部分功能，只需装入有关的数据库文件。

四、结 论

1. 模块化设计是实现 REMIS 设计目标的有效方法，本研究设计的 REMIS 系统的模块化结构保证了系统的稳定性和灵活性，是系统实施的基础和依据。

2. 数据库是 REMIS 的核心，数据库的设计既要考虑系统的全体功能模块，又应以查询和统计功能为主要服务对象，以便使系统的总体效率最高。

参 考 文 献

[1] 程声通等，环境科学，10(2)，57(1989).
[2] 程声通等，环境科学，10(4)，52(1989).
[3] 司徒卫等，环境科学，11(1)，70(1990).
[4] 冯玉才，数据库系统基础，第 243—288 页，华中工学院出版社，1984 年.

（收稿日期：1990年 2 月 5 日）

（上接第80页）

范围内依靠科学的规划、合理的布局、适宜的产业结构、有效的管理实现该区域内资源的充分利用而无废料废弃，则是完全可能的。自然界生态系统的功能原则为我们树立了榜样。为此，围绕当地的优势资源，将各个专业化生产有机地联合成一综合生产体系，组织物料的纵向和横向联系，形成生产链和生产网络，保证原料的综合利用并消化各种废料和废品，在总体上实现物料的再循环，推进该区域生态、生产和生活的最优化。

综上所述，无废工艺学正在成为一门独立的学科，它以生态学和工业生态学为理论基础，以在工业生产中组织再循环为目标，研究无废生产的组织原则、实施途径、评价方法等问题，同时涉及心理、社会、政治、国际合作等多个领域。它的基本思想符合我国国情，对于解决我国面临的资源紧张而又浪费严重、工业污染加剧、环保投资效益不佳等迫切问题，将发挥有益的作用。

致谢 本文承井文涌教授审阅并提出宝贵意见，特此感谢。

（收稿日期：1989年 9 月25日）

matic compounds in the ambient air has been developed. This device is composed of GC-FID, a six-way valve and a vacuum pump, which is controlled by a microprocessor in GC. Air samples were analyzed qualitatively and quantitatively by the device for three weeks, and 16 kinds of aromatic compounds such as benzene, methylbenzene etc and the changing trends of their concentrations were observed in Huhehot.

Key Words: automatic and continuous determination, aromatic compounds, ambient air.

Determination of Methyl Nitrite and Methyl Nitrate in Exhaust Gas from the Engine Fuelled with Methanol. Zhao Ruilan (Research Center for Eco-Environmental Sciences, Academia Sinica, Beijing): *Chin. J. Environ. Sci.*, **11**(4), 1990, pp.53—57

A GC analytical method for determination of methyl nitrite and methyl nitrate concentrations in exhauset gas from the engine fuelled with methanol has been established. The minimal concentrations of MeONO and $MeONO_2$ determined by this method are 20ppb and 50ppb respectively. The prepared MeONO and $MeONO_2$ were identified with mass-spectrometry and stability of the samples of these substances were observed with gas chromatography. The concentrations of the pollutants exhausted from Santana *M100* engine were determined in 5—250 ppm for MeONO and less than 50ppb for $MeONO_2$.

Key Words: determination, methyl nitrite, methyl nitrate, exhaust gas, methanol.

Study on Determination of Nitrochlorobenzenes in Water by Headspace-GC. Han Changmian (Hubei Environmental Monitoring Station, Wuhan): *Chin. J. Environ. Sci.*, **11**(4), 1990, pp. 58—61

This paper first reports the development of Head-GC method in determination of nitrochlorabenzenes, the boiling points of which range between 235°C and 245°C. The method is simple and quick in operation, and also can totally avoid the interference of high-boiling-point compounds such as BHC, DDT and troubles of emulsification of extractive involved in extraction procedure. It has less harm and risk to human body and the environment. Wide Linear range (from 1 μg/L to 14 mg/L) can be easily obtained just by varying the headspace sampling volume (from 5 μL to 1 mL). The minimum detection limits for (o-, m- & p-) nitrochlorobenzenes could attain below 0.1 μg/L. The relative standard deviation is less than 5.6 percent.

Key Words: nitrochlorobenzene, headspace-GC.

Chemiluminescence Determination of Ammoniacal Nitrogen Using Flow Injection Analysis. Liu Daojie, Liu Renmin (Dept. of Chemistry, Liaocheng Teachers College, Shandong): *Chin. J. Environ. Sci.*, **11**(4), 1990, pp.62—64

A flow injection system for determination of ammonia based on the chemiluminescence reaction between hypochlorite and luminol has been developed. Ammonia reacts with hypochlorite to form monochloramine in basic solution which decreases the observed chemiluminescence intensity. The method has the advantages of high sensitivity, high speed and automation. The linear range of determination is 0.02—0.5 mg/L, the variation coefficient is within 5.2% and the relative error less than ±8%. The method has been applied to determination of ammoniacal nitrogen in natural water with the recovery of 86—95%.

Key Words: chemiluminescence determination ammoniacal nitrogen, flow injection.

Measurement of Air Exchanging Rate in Rooms Using Diluted Tracer Gas. Wang Jingshu, Yu Xiufen, Shi Aiwei (China Institute for Radiation Protection, Taiyuan): *Chin. J. Environ. Sci.*, **11**(4), 1990, pp.65—69

In this paper, an attempt has been made in measuring air exchanging rates in the rooms of some different buildings near Dayawan Nuclear Power Station in October of 1988. The diluted tracer gas (SF_6) technique was used. SF_6 concentration $C(t)$ at time t in the measured building is described as

$$C(t) = C_0 e^{-\lambda t} \text{ or } \ln C(t) = \ln C - \lambda t$$

The exchanging rate Q is equal to $v \cdot \lambda$ in which v is the volume of room or building and λ is air exchanging frequency per hour. In the measurement, SF_6 concentrations were analyzed by using a portable gas chromatagraph. The λ values were taken from $0.6h^{-1}$ to $2.8h^{-1}$ in accordance with different types of rooms.

Key Words: measurement, air exchanging rate, room.

Design of the Modules and the Data Base in A Regional Environmental Information System (REMIS). Long Peixiang et al. (Department of Environmental Engineering, Tsinghua Univers-

ity, Beijing): *Chin. J. Environ. Sci.*, **11**(4), 1990, pp.70—74

Module design is a basic method for REMIS designing, and data base is the core of the REMIS. This article presents the method and results of the module and the data base design. The scheme of the module analysis and the data base construction would guarantee the stability, the adaptability and better operational efficiency for the REMIS.

Key Words: design, module, data base, environmental management, information system.

Non-Waste Technology——A New Pattern of Industry Development. Xi Deli (Department of Environmental Engineering, Tsinghua University, Beijing): *Chin. J. Environ. Sci.*, **11**(4), 1990, pp. 75-80

The environmental problems mankind faces today is coming from the shock of industrial production. For the purpose of exploring the interaction between industrial production and the environment, three patterns of industrial development after the Industrial Revolution has been discussed in this paper on the basis of the functuon of industry itself. It has been pointed out that the non-waste technology is the newest pattern which could be considered as the basic approach to rationally utilize natural resources and to protect the environment. The formation of the concept "non-waste technology" and its development are introduced and some examples presented here illustrate its main realizable ways.

Key Words: non-waste technology, industrial development.

Distribution of Uranium Contents in Tap Water and Natural Water in Shanghai. Wu Jinhai, Li Jinquan, Wang Li (Shanghai Municipal Institute of Radiative Medicine): *Chin. J. Environ Sci.*, **11**(4), 1990, pp.84—86

Introduced in this paper is the distribution of uranium contents in drinking water of Shanghai residents and in natural water sampled from the Yangtze River, the Huangpujiang River, rain and snow. The authors have engaged in monitoring continually for three years, and compared uranium contents from different sources and with those of other provinces and cities. The results show that uranium contents in Shanghai drinking water are lower in the natural water. They are all at background level.

Key Words: distribution, uranium content. tap water, Shanghai.

Determination of Nitrate and Nitrite in Water by Reversed Phase High Performance Liquid Chromatography. Wang Yuwen, Sun Yuhua (Institute of Geography, Hebei Academy of Sciences, Shijiazhuang): *Chin. J. Environ. Sci.*, **11**(4), 1990, pp.87—88

A new and rapid method is described for the determination of NO_3^- and NO_2^- in water by RPHPLC in this paper. With the detection in UV 210nm and phosphate acid as the eluant, the minimum detection limit ($S/N=2$) is 0.08ng for NO_3^- and 0.6ng for NO_2^-. How to optimize pH and concentration of the eluant on separation has been discussed as well. Moreover, samples of tap water and wastewater in a city were determined within 3 min for each by using RPHPLC.

Key Words: determination, nitrate, nitrite, water RPHPLC.