

# 江苏南水北调工程调度运行管理基础数据库设计

周 洲<sup>1</sup>, 沈醉云<sup>2</sup>, 车田超<sup>3</sup>, 谭宇翔<sup>4</sup>

(1. 南水北调东线江苏水源有限责任公司, 江苏 南京 210029; 2. 江苏省鸿源招标代理股份有限公司, 江苏 南京 210000; 3. 江苏省防汛防旱抢险中心, 江苏 南京 210000; 4. 浩鲸云计算科技股份有限公司, 江苏 南京 210000)

**摘要:** 针对江苏南水北调工程调度运行管理对象持久化、数据结构复杂的特点, 采用面向对象的思想, 提出江苏南水北调工程调度运行管理基础空间数据库的总体设计、数据库组成及建设内容, 重点从江苏南水北调工程调度运行管理对象的分类、编码和空间关系梳理等方面阐述数据库设计的关键流程, 并采用 UML 建模语言进行数据库建模, 为江苏南水北调工程调度运行管理提供数据支撑, 为未来江苏南水北调工程调度运行管理业务应用的可扩展性提供基础。

**关键词:** 江苏南水北调; 数据库设计; 对象分类; 对象编码

中图分类号: TV68 文献标识码: B 文章编号: 1007-7839 (2018) 10-0010-07

## Design of basic database for dispatching operation and management of jiangsu south-to-north Water Diversion Project

ZHOU Zhou<sup>1</sup>, SHEN Zuiyun<sup>2</sup>, CHE Tianchao<sup>3</sup>, TAN Yuxiang<sup>4</sup>

( 1. *Jiangsu water source limited liability Company of South to North Water Transfer East line, Nanjing 210029, Jiangsu*; 2. *Jiangsu Hongyuan Bidding Acting Co., Ltd., Nanjing 210000, Jiangsu*; 3. *Jiangsu Flood Prevention and Drought Relief Rescue Center, Nanjing 210000, Jiangsu*; 4. *Ho Whale Cloud Computing Technologies Co., Ltd., Nanjing 210000, Jiangsu* )

**Abstract:** Aiming at the characteristics of persistence of operation and management objects and complicated data structure of Jiangsu South-to-North Water Diversion Project, the overall design, database composition and construction contents of the basic spatial database for the operation and management of Jiangsu South-to-North Water Diversion Project were put forward by adopting the object-oriented idea. The key process of database design was expounded from the classification, coding and spatial relation of the dispatching operation management objects, and the UML modeling language was used to model the database, which provided data support for the dispatching and operation management of Jiangsu South-to-North Water Diversion Project, and provided the basis for the scalability of the dispatching and operation management business application of Jiangsu South-to-North Water Diversion Project in the future.

**Key words:** Jiangsu South-to-North Water Diversion; database design; dynamic classification; object coding

收稿日期: 2018-09-06

作者简介: 周洲 (1983—), 男, 本科, 工程师, 主要从事水利工程、信息化系统建设与工程运行管理工作。

## 0 引言

江苏南水北调工程已于 2013 年底前实现全线试通水, 目前正在进行江苏南水北调工程调度运行管理系统建设, 计划于 2019 年前全面完成江苏南水北调工程调度运行管理系统建设任务。江苏南水北调工程通过京杭运河、金宝航道等串联洪泽湖、骆马湖、南四湖等调蓄湖泊, 涉及 9 个梯级 28 座输水泵站以及沿线若干分水口门, 江苏南水北调工程调度运行管理系统涵盖水量调度、工程维修养护、工程运行管理、工程观测、工程运维管理及工程应急管理等业务内容, 输水线路、工程设施、工程业务复杂性导致调度运行管理系统在信息处理数量和结构上都远超传统数据库, 需建立包含图纸、多媒体、三维模型、水情监测、水质监测等海量异构数据的面向对象数据模型的关系数据库。

面向对象数据模型以类为基本单元组成图结构形式, 具有丰富的语义, 能表达客观世界复杂的结构形式<sup>[1]</sup>, 更接近人的思维方式, 对客观世界更有效和灵活的表达<sup>[2-3]</sup>, 适合处理各种各样的数据类型、提高开发效率, 可维护性好, 正在被越来越多的使用。江苏南水北调工程管理对象具有业务多样、数据结构复杂的特点, 适合采用面向对象的数据库技术进行工程管理基础空间数据库建设, 从而将各业务单位所管理的工程对象进行空间化、可视化的管理, 全面掌握南水北调各种资源的现状及分布情况, 达到高效安全地管理工程建设数据的目的, 同时为江苏南水北调工程调度运行管理系统内各业务应用系统提供规范化数据库支撑。

## 1 设计思路

在系统开发过程中, 数据库设计的好坏将直接关系到信息系统的成功与否<sup>[4]</sup>。由于面向对象数据库实现了无缝连接, 能够支持非常复杂的数据模型, 从而特别适用于工程设计领域<sup>[3, 5]</sup>。江苏南水北调工程基础数据库从管理的需要出发, 解决工程管理各类业务共享基础数据的需求, 结合调度运行管理系统工程运行管理业务多样化的特点, 采用面向工程管理对象的思路进行数据库构建。所谓工程管理对象即为江苏南水北调工程所需管理的每一个对象<sup>[6-7]</sup>, 利用面向对象的思

路构建数据库主要是针对对象的属性、对象之间的关系, 形成对象个体的属性描述及对象间的关联关系的一种数据组织形式。

江苏南水北调工程管理对象属性通过空间和非空间属性进行描述<sup>[6]</sup>, 空间属性主要是描述工程管理对象的标识和位置信息, 非空间属性也即工程管理对象的基本属性(静态特征)及动态管理信息, 基本属性如泵站空间地理坐标、泵站简介、泵站类型、设计扬程、设计流量等描述信息, 动态管理信息主要描述工程或设施的多媒体信息或动态业务应用信息, 如泵站照片、图纸、安全监测信息、视频监控信息等。

## 2 总体设计

江苏南水北调工程调度运行管理基础数据库建设通过利用面向对象的数据库设计思路, 将数据与已有业务数据有机结合, 建设数据准确、结构合理的江苏南水北调工程调度运行管理基础数据库, 通过对外提供统一的、标准化的数据服务, 供业务应用系统调用。

按照面向对象的构建思路, 调度运行管理系统基础数据库由综合数据库和元数据库组成, 数据库组成如图 1 所示。综合数据库又可分为专业数据库和基础数据库两类。其中专业数据库具体包括水量调度数据库、工程监控数据库、工程安全数据库、工程维护数据库、工程防洪数据库、综合办公数据库、视频图像数据库、三维展示数据库、应急响应数据库、空间地理基础信息数据库、社会经济和生态数据库、公用基础信息数据库。

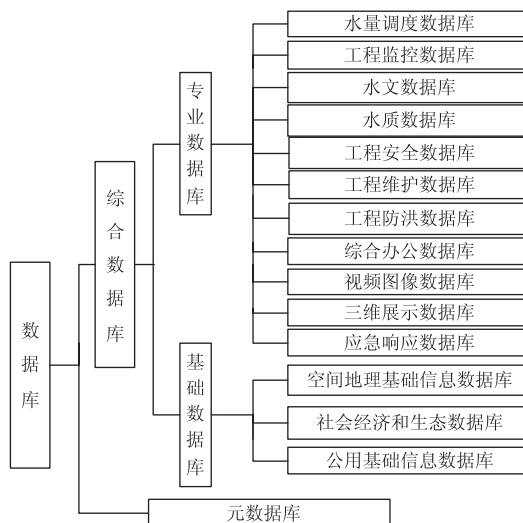


图 1 调度运行管理系统数据库组成

库则包括空间基础地理信息数据和公用基础信息数据库,用于存储调度运行管理系统的各类基础数据,主要包括的是南水北调东线江苏段沿线的相关建筑物信息、河道信息、管理机构信息、监测站点信息等。元数据库用于存储综合数据库中各类专业数据及基础数据的元数据信息。

(1) 专业数据库。主要存储调度运行管理对象的多媒体及与业务应用信息。多媒体信息包括调度运行管理对象的图纸、照片、影像、视频等信息,如泵站工程的工程设计图等,目前江苏南水北调调度运行已建有雨量和视频安保监测系统,通过相应的技术方案,可以实现工程管理对象与多媒体系统内数据的整合和对接,充实和完善工程基础数据库的多媒体信息;业务属性信息包括与调水运行、工程安全、工程运维等相关的业务信息和关系,如调蓄工程的工程级别、性质、设计调蓄水量等基本属性及调蓄工程所在管理单位等关联关系。

(2) 基础数据库。用来存储基础信息数据的一个数据库,包括江苏南水北调工程所有的业务应用系统涉及公用基础信息数据,数据范围主要为人员、组织机构、岗位、输水干线(河流)、分水闸、泵站、分退水口、交水断面、湖泊、水质监测站、水文监测站、工程安全监测站管理等信息。空间地理基础信息数据库储存经过规范化的数据采集和加工的工程基础数据提供底图数据(包括矢量和栅格数据)。

(3) 元数据库。元数据库的数据主要来源于业务元数据(工程管理数据库中的业务元数据部分、通用办公数据库、水质监测数据库、水量调度数据库、泵站实时监控数据库、视频监视数据库中的业务元数据信息)、技术元数据(系统接口规范、数据仓库结构描述、数据集市定义描述、分析数据处理过程描述)和管理元数据(管理流程、人员职责、工作内容分配描述)等。元数据库的数据范围主要管理实体信息、标识信息、数据质量信息、维护信息、参照系信息、内容信息、覆盖范围信息、分发信息、限制信息、数据分类信息等。

### 3 数据库建设

面向对象的江苏南水北调调度运行管理基础数据库建设工作包括数据梳理识别、建立对象的

分类体系,建立对象类关系数据库,抽取对象数据元数据,创建调度运行管理基础数据库。数据库建设的关键在于前期的数据分析及关系梳理,内容包括:调度运行管理对象分类、编码、各类业务管理对象的创建。

#### 3.1 管理对象分类

江苏南水北调工程基础数据的建设内容包括公用基础信息数据和空间地理基础信息数据。公用基础信息数据根据江苏南水北调工程特点和管理需求进行梳理和分类,共分 10 大类若干小类,见表 1。

表 1 公用基础信息数据分类	
大类	小类
工程属性信息	泵站基本信息
	闸站基本信息
	湖泊基本信息
	水库基本信息
	河道基本信息
政策法规信息	政策法规信息
电子政务信息	电子政务信息
社会经济信息	社会经济信息
实时水情信息	实时水情信息
水质信息	水质信息
工程运行信息	泵站运行信息
	水闸运行信息
视频监视信息	视频监视信息
调水信息	调度方案
	用水信息
	调水合同
	调水计划
	水价信息
应急预案	应急预案
	应急事件响应

空间地理基础信息数据根据国家和相关行业已公布的数据标准,并考虑调度运行管理系统地理信息的实际情况,对调度运行管理系统工程沿线范围内基础地理信息和业务专用地理信息数据

分别划分若干图层,在各比例尺(1:25 万、1:5 万、1:1 万等)基础地形数据基础上,根据江苏南水北调应用的需求和特点,选择应用所需的基础地理要素图层,形成面向空间信息服务平台使用的调度运行管理系统专题空间数据。专题空间数据根据应用性质可划分为建筑物、管理机构、信息采集点三类。建筑物包括闸站、泵站、交叉建筑物等空间数据、属性数据。管理机构包括总公司、分公司、管理站等空间数据、属性数据。信息采集点包括工程安全监测站、水质监测站、水位流量监测站等空间数据、属性数据。

3.2 管理对象编码

编码是给每 1 个管理对象分配 1 个唯一的标识符,遵循完整性和可扩充性原则,通过全局唯一的编号实现基础数据、属性数据的关联,实现工程信息标准化存储和信息资源共享。编码结构应留有适当的扩充余地,以便在必要时扩充新的类别代码且不影响已有的分类和代码<sup>[8]</sup>。

江苏南水北调工程基础信息编码方法参照水利工程代码编制规范,结合南水北调工程特点进行扩展,保持与水利工程的编码兼容。采用字母和数字的混合编码,编码方式统一采用组合码。组合码是由 2 个或 2 个以上完整的独立代码组成。按南水北调工程输水线路从南到北水流方向、先左后右、顺时针方向进行编码。对于新增的建筑物和监测站点等,按照分类编码规则在原编码基础上进行扩展编码。

用 11 位数字和字母的组合码唯一标识江苏南水北调工程的建筑物。代码格式: ABTFSSNNNY, 分别表示工程类别、输水线路、线路类别、工程一级单元分段、工程二级单元分段及建筑物序号、建筑物类型。用 6 位数字和字母的组合码唯一标识江苏南水北调工程的一个工程管理单位,代码格式: CDFSS, 分别表示一级管理单位、二级管理单位、三级管理单位。按照编码规则形成江苏南水北调河道编码规则,如表 2 所示。

3.3 管理对象创建

3.3.1 元数据创建

元数据库实体信息是水利信息核心元数据表抽象出来的概念模型,实体信息的属性主要包括元数据编号、语种、元数据名称等。标识信息模型实体主要包括标识信息表、观测数据描述表、调查数据描述表、试验数据描述表、专题数据描述

表、空间数据标识表、数据元表等。

表 2 河道编码

序号	河道编号	河道名称
1	AFAX0106	夹江
2	AFAX0206	芒稻河
3	AECX0106	高水河
4	AEA05003	里运河
5	AECX0406	淮安四站输水河道
6	AEA05103	京杭大运河
7	AEA02000	灌溉总渠
8	AFAX0306	泰州引江河
9	AEC18003	新通扬运河
10	AECX0206	三阳河
11	AECX0306	潼河
12	AEAX0106	金宝航道
13	AEA01006	三河
14	AEA04006	二河
15	AEB07203	骆马湖以南中运河
16	AEA40006	徐洪河
17	AEB55006	房亭河
18	AEB07103	骆马湖以北中运河
19	AEB53006	不牢河
20	AEBX0106	顺堤河
21	AEB17006	总六塘河
22	AEB02006	淮沭河
23	AEB67009	废黄河
24	AEB64000	盐河
25	AEB07003	中运河

数据质量信息模型实体主要包括一致性评价结果表、数据志表,实体的基本属性内容包括元数据编号、度量名称、度量标识、度量说明等。

维护信息是维护信息表抽象出来的概念模型,实体信息的属性主要包括元数据编号、维护与更新频率、用户要求的维护频率等。

3.3.2 空间拓扑的表示与划分方法

空间拓扑是空间数据的组织方式,基本类型



包括点、线、面（多边形）、网络格网、三角网等。地图数据的空间拓扑划分，应依据比例尺相应地理要素的表现粒度和应用的要求，确定空间拓扑划分方法。空间拓扑划分按相应比例尺的空间数据表现进行如下划分：

- (1) 具备点状定位特征和表现宏观特性的地理实体，采用点类型进行描述，例如基础控制点、闸等。
- (2) 具备线状特征或在该比例尺下抽象为线状特征的地理实体，采用线类型进行描述，例如管

- 道、公路。
- (3) 具备空间区域覆盖特征的地理实体，可以采用面类型进行描述，例如灌溉面积等。
- (4) 具备空间连续分布特征的地理要素，可以采用格网、三角网类型进行描述，例如 DEM。
- (5) 对于由一系列具有关联关系的节点和线路构建网络，在划分点、线空间拓扑特征的同时应建立其网络拓扑特征。
- 根据上述划分规则，形成表 3 所示的空间数据要素图层说明表。

表 3 空间数据要素图层说明

要素	空间类型	图层说明
闸站 _ 点	点	点状河道上的闸站要素
分（退）水口 _ 点	点	点状河道上的分退水口门要素
闸站 _ 线	线	线状河道上的闸站要素
分（退）水口 _ 线	线	线状河道上的分退水口门要素
交叉建筑物 _ 线	线	线状河道的河流等交叉建筑物要素
交叉建筑物 _ 面	面	线状河道的河流等交叉建筑物要素
里程桩 _ 点	点	点状河道上的桩号要素
土地利用 _ 点	点	点状河道沿线地区的土地利用要素
土地利用 _ 面	面	面状河道沿线地区的土地利用要素
灌溉面积 _ 点	点	点状河道每个分水口的灌溉面积要素
灌溉面积 _ 面	面	面状河道每个分水口的灌溉面积要素
村庄 _ 点	点	点状河道沿线村庄要素
村庄 _ 线	线	线状河道沿线村庄要素
村庄 _ 面	面	面状河道沿线村庄要素
泵站 _ 点	点	点状河道上泵站要素
泵站 _ 线	线	线状河道上泵站要素
工程安全监测断面 _ 线	线	线状河道沿线工程安全监测断面要素
水质监测断面 _ 线	线	线状河道沿线水质监测断面要素
河道水位流量监测点 _ 点	点	点状河道沿线水位监测点要素
水质监测点 _ 点	点	点状河道沿线水质监测断面要素
工程安全监测点 _ 点	点	河道沿线工程安全监测断面要素
管理单位 _ 点	点	河道的工程管理单位要素

3.3.3 专业数据库建设

根据数据分类,在逻辑上将专业数据库划分成实时水雨情数据库、水质数据库、工程运行数据库、视频监视数据库、水调数据库、应急预案数据库、工程属性数据库、电子政务数据库、政策法规库、社会经济数据库、空间地理信息库 11 个,各数据库包含若干数据对象表、关系表,例如:实时水雨情数据库包括降水量表,河道水情表等,见表 4,工程属性数据库包括测站基本属性,站号对照表等,如表 5 所示。

表 4 实时水雨情数据库

序号	表名称
1	降水量表
2	降雪表
3	冰雹表
4	日蒸发量表
5	河道水情表
6	水库水情表
7	堰闸水情表
8	闸门启闭情况表
9	泵站水情表
10	气温水温表
11	土壤墒情表
12	地下水情表
13	地下水开采量表
14	特殊水情表
15	暴雨加报表
16	堰闸（泵）站时段均值表
17	河道水情多日均值表
18	水库水情多日均值表
19	堰闸水情多日均值表
20	气温水温多日均值表
21	地下水情多日均值表
22	蒸发量统计表
23	降水量统计表
24	引排水量统计表
25	地下水开采量统计表
26	河道水情极值表
27	水库水情极值表
28	堰闸水情极值表
29	泵站水情极值表
30	气温水温极值表
31	地下水水情极值表

表 5 工程属性数据库

序号	表名称
1	测站基本属性表
2	站号对照表
3	库（湖）站关系表
4	堰闸站关系表
5	综合水位流量关系表
6	库（湖）容曲线表
7	多年平均蓄水、降水量信息表
8	库（湖）蓄水量多年同期均值表
9	旬月降水量多年平均值表
10	断面测验成果表
11	水文预报发布单位编码表

3.4 数据库管理建设

按照数据库管理的要求,数据库维护管理系统所需要的主要功能包括建库管理、数据维护管理、代码维护、数据库用户管理、数据安全管理等功能。

针对江苏南水北调工程的运行特点,建立统一数据资源管理平台,将数据资源集成在一起,实现数据资源统一的数据资源目录服务,数据库管理包括数据库状态监控管理、数据资源管理、数据维护管理。

数据库状态监控能够实时监控数据库进程,查看、清理进程,释放系统资源,监控和管理表空间的容量,调整容量大小,优化性能。检查数据存储空间、表空间增长状况和剩余空间,根据固定时间数据的增长量推算当前存储空间接近饱和的时间点,并根据实际情况及时添加存储空间,防止因磁盘空间枯竭导致服务终止。检查数据库数据文件、日志文件、控制文件状态进行,确认文件的数量、文件大小和最终更改的时间,避免因文件失败导致例程失败或数据丢失。压缩数据碎片数量,避免因数据反复存取和删除导致表空间浪费。检查日志文件的归档情况,确保日志文件正常归档,保证对数据库的完全恢复条件,避免数据丢失。

3.4.1 数据资源管理

