

文章编号: 1672-3031 (2005) 02-0143-07

太子河流域水资源实时监控管理系统集成技术研究

张闻波¹, 朱星明², 范宏¹, 陈煜²

(1. 辽宁省水利信息中心, 辽宁 沈阳 110000; 2. 中国水利水电科学研究院 信息网络中心, 北京 100044)

摘要: 本文结合区域水资源实时监控管理系统的研发和建设实践, 介绍了大型水利信息化项目系统集成的一般方法及其关键技术。文章重点阐述了系统集成V字模型的原理及其在区域水资源实时监控管理系统建设中的应用方法, 并以太子河流域水资源实时监控管理系统为例, 介绍了运用V字模型实施系统集成的成功经验。

关键词: 区域水资源; 实时监控管理系统; 水资源管理; 系统集成; 应用集成; 集成模型

中图分类号: TV213

文献标识码: A

利用现代高新技术, 开发和建设基于水资源实时监控理论体系和现代信息技术的区域水资源实时监控管理系统, 充分挖掘现有水利工程的内部潜力, 有效提高水行政管理体系和机制的整体综合优势, 实现水资源的优化配置、合理调度和科学管理, 对于缓解日趋严峻的水资源问题, 促进水利信息化和现代水利事业的健康发展, 实现水资源的可持续利用, 确保社会经济的可持续发展, 具有重要意义。

区域水资源实时监控管理系统是一个超大规模的信息化应用工程, 既包含有软件成份又包含有硬件成份, 涉及信息采集、通信传输、计算机网络、远程遥控、软件工程等专业领域诸多产品和技术协调运用。为了确保如此庞大复杂的系统成果的先进性和实用性, 系统在设计和开发的过程中, 自始至终都需要进行大量的协调、沟通和互相配合, 系统各部分的研发成果最终必须能够集成在一起, 形成统一的大系统投入运行。因此, 系统集成质量及其技术运用水平, 将直接影响整个系统研发建设的成败。

1 太子河流域水资源实时监控管理系统概况

太子河流域位于辽宁中部地区, 该区域内分布有重要的钢铁基地、石化基地和粮食基地, 在振兴东北老工业基地的发展战略中, 起着举足轻重的作用。近年来, 随着该地区社会经济的快速发展, 水资源短缺、水污染和地下水超采等问题更加突出, 已经成为制约地区社会经济可持续发展的重要因素。目前, 该流域的水资源开发利用程度已很高(超过国际公认的合理极限值), 因此仅仅依靠工程措施进一步开发水资源的潜力已经不大, 迫切需要利用现代化的管理理念和先进的科学技术, 研究和开发建设水资源实时监控管理系统, 为实现水资源优化配置与科学管理提供一个可靠的工作平台和技术支撑体系, 依靠科学管理来提高水资源的利用效率, 从而辅助解决水资源短缺及其由此产生的一系列社会问题。

太子河流域水资源实时监控管理系统是以整个太子河流域的水资源状况为监控对象的区域水资源实时监控管理系统。该系统提出了水资源实时监控管理系统的总体框架体系, 初步创建了水资源实时监控管理理论技术方法, 解决了数据的有效性与实时性、模型的针对性与综合性、决策的科学性与可靠性、系统的拓展性和兼容性等一系列问题, 实现了对太子河全流域水量、水质、需水、用水等水资

收稿日期: 2004-12-17

作者简介: 张闻波(1965-), 男, 辽宁沈阳人, 高级工程师, 主要从事通讯、计算机应用、水利信息化等方面研究。

E-mail: zwb@9sys.com

源管理要素的实时监控。系统采用“五库四机”（FLFS: Five Libraries & Four Systems）体系结构（见图1）和“层叠双闭环”（CDL: Cascade Dual Loops）的运行模式，采用 C/S+ B/S 的分布式架构，基于 Web GIS 技术建立应用平台。应用软件部分基于 Web GIS 技术，采用 .NET、Java 和 XML 编程技术进行开发，成功开发了基于人工神经网络的地表水实时预报模型、基于数值模拟技术的地下水实时预报模型、面向生态环境和分质供水的地表水与地下水联合运用多目标实时管理模型、基于大系统分解-协调技术的水库群实时调度模型，形成了系统集成技术方案并实现了系统集成和示范应用。

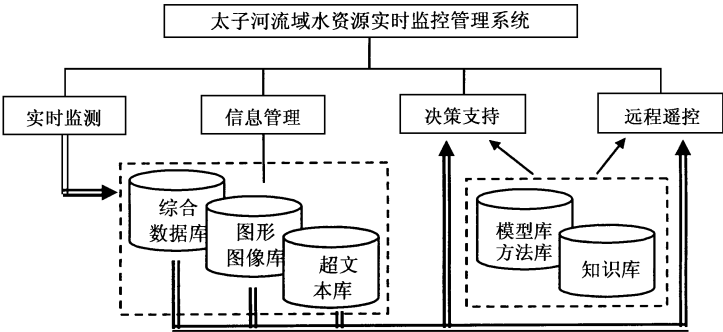


图1 太子河流域水资源实时监控管理系统功能结构

2 “V”字模型系统集成方法

系统是由具有相同目标的若干相互联系、相互影响的部分结合而成的有机整体，是具有高效率 and 特定功能的多元素结合体。系统可以分为两个以上的子系统，子系统实现某个方面的具体目标，具有一定的独立性。在同一个系统中，各子系统之间相互联系并相互影响。子系统又可以包含子子系统。对于复杂的大系统，可以先将系统分为若干分系统，再将分系统分为若干子系统，分系统是子系统的一种特殊存在形式。

系统集成（System Integration）是根据用户需求和现有标准，将各组成要素或子系统按照一定的规则组合成为一个有机整体，从而生成系统的全过程^[1]。系统集成的内容（过程）一般包括：根据用户需求约定，参照当前标准，优选各种技术和产品，将各个分离子系统及其基本要素连接组合成为一个完整、可靠、经济、有效的整体，并使之能够彼此协调地运行，发挥整体效益，实现整体优化，以追求达到整体性能最好、功能最强、成本最低的综合目标。

以计算机为基础的信息化应用系统的集成，一般包括硬件集成、软件集成、网络集成和平台集成等具体技术。硬件集成是指使用硬件设备或技术将各个子系统（或系统要素）连接起来，以达到或超过系统设计的性能技术指标的过程，包括方案设计、接口技术、布线技术、设备组装和测试技术等内容；软件集成是指为特定的应用环境构建工作平台的过程，其关键技术是针对特定应用需求，提供运行环境和软件接口，内容包括操作环境集成、数据信息集成和应用程序（子系统）集成等；网络集成包括局域网集成、广域网接入和网络管理等内容；平台集成包括硬件和软件两个方面的系统运行环境的构建，以确保系统能够安全、稳定、可靠的运行和实现各应用系统之间的连接。系统集成各项技术的运用，其目的都是设法将各子系统进行连接，实现信息流和控制流的互连互通，将分布在不同地理位置的子系统组合成为一个有机的统一体，追求系统整体的更低成本、更多功能和更高性能。

太子河流域水资源实时监控管理系统研发建设过程中，采用 V 字模型进行系统集成。该集成模型的核心是采用有计划分步实施的方法进行复杂大系统的分层集成，并将各层系统集成内容及集成目标与系统设计的各阶段约定目标相对应，其操作流程形如字母“V”的形状，故称其为 V 字模型（见图 2）。对于功能复杂的大型信息应用系统而言，一般可将其自上而下划分成为 5 个不同层次的实体（要素）：应用系统、分系统、子系统、模块、组件，每下一层实体都是组成其上一层功能的基本要素。系统设计过程沿“V”字左划自顶向下进行，经过需求分析、总体设计、概要设计、详细设计

等步骤逐步细化，最终达到直接指导程序编码（或设备制作）的程度；而系统集成过程则是沿“V”字的右划自底向上进行，先后经过组件集成、模块集成、功能集成、数据集成、应用集成等集成层次步骤，最终完成整个应用系统的集成。每一个层次系统集成的成果与相应阶段的系统设计目标相对应。

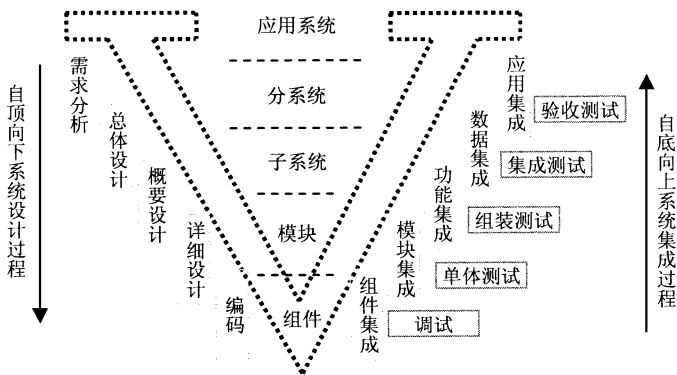


图2 V字模型系统集成示意

系统测试是确保系统集成质量的重要环节。在V字模型中，系统测试与系统集成同步，沿“V”字右划自底向上进行，经过程序调试、单体测试、组装测试、集成测试、验收测试等步骤而逐步完成。系统测试的每一个步骤都证实系统设计相应阶段目标的实现情况，从而确认系统集成相应层次步骤的完成质量。

3 太子河流域水资源实时监控管理系统集成实践

太子河流域水资源实时监控管理系统采用V字模型进行系统集成（见图3）。该系统的应用功能横向划分为4个组成部分：实时监测、信息管理、决策支持、远程遥控，形成了4个分系统；每个分系统又划分为若干个子系统。系统结构纵向划分为4个层次的平台：实时监测平台（信息采集平台）、通信传输平台、计算机网络平台和中心运行平台。系统的中心运行平台既包括以计算机设备为主的硬件平台，也包括由操作系统（OS）、网络管理系统（NMS）、数据库管理系统（DBMS）、地理信息系统（GIS）等系统软件为主的软件支撑平台，还包括太子河流域水资源实时监控管理系统的各种应用软件。

系统设计的过程是一个自顶向下开展的逐步细化的过程（“V”字的左划），而系统研发建设和系统集成过程则是相反方向自底向上逐渐累积完成的过程（“V”字的右划）。参照太子河流域水资源实时监控管理系统的体系结构，针对监控设施、通信网络、运行平台、应用系统等结构层次，依次进行硬件集成、网络集成、平台集成和软件集成。而软件集成本身又是一个复杂的分层集成的过程。

硬件集成采用的主要技术有接口技术、测站集成技术、通信组网技术和中心集成技术等。本系统采用自底向上的模式（沿“V”字右划），从布设在各监测站点的监测仪器至测站、至分中心、再至中心，逐级运用硬件连接与集成技术实施系统硬件体系的集成。本阶段系统集成的成果，主要与太子河流域的实时监测系统相对应。该系统可以在流域内布设的各个水资源监测仪器至中心网络平台之间，建立实时采集与传输信息的通路。传输的信息既包括从监测仪器经测站、中继站、分中心到中心的数据（数值、文本、图像、语音、视频等形式），也包括反向传输的远程遥控指令等控制信息，以及遥控结果的反馈信息。故对通信传输网络系统，要求具有足够的带宽和双向高速传输的能力。平台集成是指包括硬件和软件两个方面系统运行环境的构建。软件集成是指为特定的应用环境构建工作平台，其关键技术是针对特定应用需求，提供统一的中间件技术和软件接口。本系统的软件集成包括操作环境集成、数据集成和应用集成。

太子河流域水资源实时监控管理系统集成技术中，平台集成和软件集成中的应用集成部分的技术

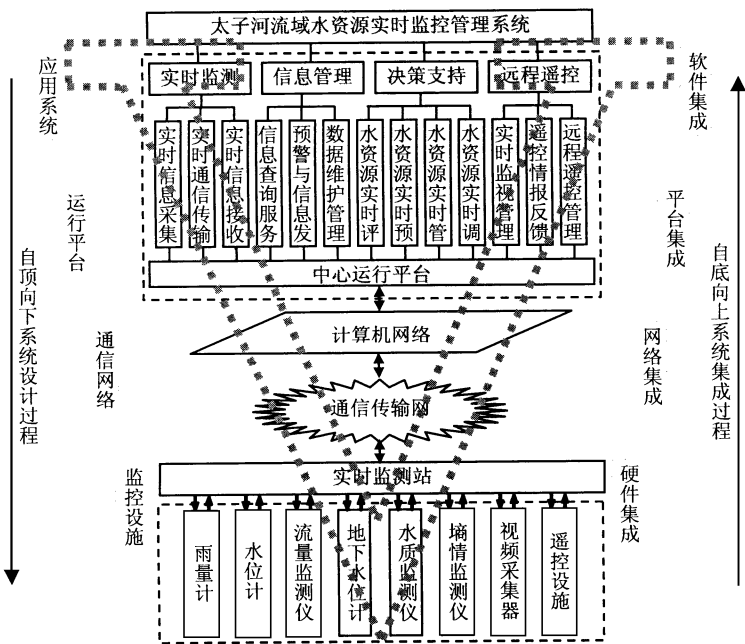


图3 太子河流域水资源实时监控管理系统集成技术结构

含量最高，也是本系统的两个最为关键的集成步骤。

4 关键技术

4.1 平台集成 信息系统的平台集成一般包括系统硬件平台、软件平台、网络平台的设计构建和开发工具的选择等内容，其主要目的是建立支持应用系统运行的平台环境。运行平台集成最重要的内容就是系统体系结构的确定，并由此而确定系统的具体构建模式、组成结构、运行环境和开发方案。这是使集成之后的系统成果最终能够得以正常运行的基础。

太子河流域水资源实时监控管理系统的运行平台，是辽宁省水利信息中心的应用平台之一（水资源实时监控应用分中心）。硬件平台的建设，根据信息中心现有硬件设施情况和平台建设基础增置必要设备，进行局部升级来实现。集成过程中重点解决系统结构和应用平台技术方案等问题，特别强调要充分考虑现有基础设施配置情况和注重以往投资的可持续利用。由于系统的应用成果信息需要通过辽宁省水利信息网向外界发布，故在分中心的规划和设计过程中特别注重与上层网站的物理连接性能和与本系统基于 Web GIS 技术运行的特殊需求，以实现网络体系的互联互通、应用体系的平滑衔接、使用操作的方便快捷和信息交互的安全可靠。系统运行平台的体系结构如图 4 所示，由 B/S+ C/S 架构的硬件平台、软件平台、网络平台等组成^[2]。

本系统硬件平台的核心设施主要由三类服务器组成：Web 服务器、数据库服务器、GIS 服务器。服务器的选型通常需要考虑可管理性、可用性、可扩展性、安全性（可靠性）、高性能性、模块化程度等 6 个方面的性能指标。

软件平台的配置是为了更好的管理和支持硬件平台的运行，发挥其功能作用，为应用需求服务，其配置内容包括操作系统、数据库管理系统、GIS 平台和开发环境等。本系统的操作系统选用 Sun Solaris + MS Windows 2000 方案，Web 服务器选用 Microsoft IIS（Internet Information Server）产品，数据库管理系统（DBMS）选用 Oracle 9i+ SQL Server 2000+ Access 的组合方案，地理信息系统选用美国 ESRI Arc GIS/ Arc IMS 产品。

4.2 应用集成模型的选择 信息系统的集成（AI）是指根据用户需求，利用软件集成技术将各种应用软件（包括新开发的应用子系统、原有的应用软件和商业封装式的应用软件等）进行组合，生

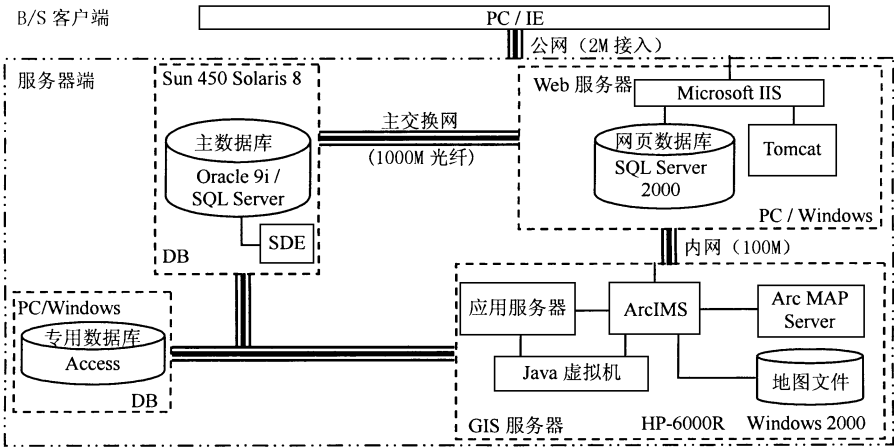


图 4 系统运行平台集成示意

成完整的应用系统，并使之达到或超过系统功能及性能设计目标的过程^[3]。应用集成可以在表示层、数据层、功能层这三个软件层面上具体进行，相应的集成模型分别是：（1）表示集成模型；（2）数据集成模型；（3）功能集成模型。

表示集成模型通过被集成软件体的现有表示来集成新的软件（即使用软件用户界面来实现对多种软件的集成），通常用来创建一个新的用户界面，也能用来与其他软件进行集成。集成的典型结果是形成一个新的、统一的显示界面，它表面上是单一的应用程序，但实际上却是调用了若干已有的应用软件或是新开发的子系统。集成逻辑将现有的显示界面作为集成点来指导用户进行互动操作，并在用户操作与应用软件之间进行通信，然后再把不同的软件部件产生的结果综合起来，实现集成化的整体功能。数据集成模型通过直接访问软件所创建、维护并存储的相应信息来实现软件集成，即通过对各种软件组件的数据存取进行集成，其目的通常是为了在应用软件之间实现数据的重用和同步。用户在通过集成产品存取数据时，就可以绕过相应的应用软件，而直接获取该软件所创建并存储的信息。功能集成模型是在代码级上实现软件集成，其目的在于从其他新的或现有的软件中调用存在的功能。

在上述三种应用集成模型中，表示集成是最容易实现的，但其运用却有较大的局限性；数据集成比表示集成提供了更加广泛的解决方案，但可能需要重写软件代码才能够正确地处理各种数据；功能集成是最重要的模型，但同时也是最复杂的软件集成方法。

太子河流域水资源实时监控管理系统是一个大型复杂应用软件系统，在软件设计和开发过程中，涉及到多种新技术的综合运用，并且考虑到时间、经费和使用习惯等因素，在系统建设过程中继续延用了较多原有的模型和应用程序，同时也部分采用了目前流行的商业封装式的应用程序。因此，应用集成的处理过程十分复杂，故同时采用了表示集成、数据集成和功能集成等多种应用集成模型和相应的软件集成技术。对于新开发的软件，在功能集成过程中除了注重系统体系结构的统一设计和软件工程规划的运用以外，还采用了中间件技术、XML 技术、白盒集成与黑盒集成方法等多项应用集成的新技术、新方法，取得了进行大型复杂软件系统应用集成的成功经验^[4]。

4.3 表示集成 表示集成模型使用软件用户界面来实现对多个软件体的合并和组装，其具体的集成方法是：（1）选择集成点；（2）插入集成件；（3）整编处理成果。表示集成模型在具体运用过程中，经常需要创建一些新的用户界面，并使用它们来与其他已有的软件进行集成。其集成逻辑是在集成点位置将现有的显示界面与新设计的显示界面进行组合，以新的界面来指导用户的交互操作，并实现用户操作与应用软件之间的通信，从而将相应的操作意图（指令）传递到不同的软件部件中去具体执行。

表示集成的最大好处就是实现容易，因而其集成成本较低。不必改变原有应用部件的内部结构和处理逻辑，甚至不用改变原有的应用表示界面，而只是在其上层（即应用部件与使用者的操作之间）插入一个新的、统一的综合表示界面即可。本系统中汛期水资源实时监控应用功能与原有水文系统中

实时水情监视应用系统,在水资源实时监控管理系统总控框架下的集成,就是运用表示集成的典型实例。另外,在信息管理与数据维护、分布式信息查询、实时水雨情与实时工情信息查询、以及应用分系统一级的集成等方面,也广泛运用了表示集成技术,取得了低成本、高效率进行应用集成的成果。

4.4 数据集成 数据集成模型跳过显示界面与业务逻辑模块,直接进入应用软件结构或数据库来创建新的处理逻辑,在应用软件之间实现数据的重用和同步,通过直接访问软件所创建、维护并存储的相应信息来实现软件集成。经过数据集成,上层程序或交互界面在通过集成产品存取数据时,实际上已经绕过了相应的应用软件,而直接取得了该软件运行的结果。

在太子河流域水资源实时监控管理系统中,许多复杂模型分析、计算处理等应用逻辑均在后台(服务器)运行,并将其结果存入成果数据库中;而运行于前台(客户机/浏览器端)的表示层程序直接从成果数据库中读取信息,并将其进行技术整编组合后,展现给交互式操作的用户。从而,以典型的数据集成方式实现系统的应用集成。

本系统中的信息管理部分基于 B/S 体系结构采用 Web 技术编程实现,追求瘦客户端的运行模式,以最大限度降低客户端的维护工作量,从而大大提高了系统的适用性和易用性;而决策支持部分则是基于 C/S 体系结构的分布式计算技术进行设计开发,其中大部分模型分析和专业计算功能部件均在本地运行,通过远程数据库访问技术读取数据并将计算结果存入综合数据库,从而避免频繁网络操作对计算分析效率的影响,确保系统整体具备稳定、高效、可靠的计算分析处理能力,以分布式计算技术来实现整个系统的负载平衡。信息管理与决策支持两部分之间的信息交换则通过基于综合数据库的数据集成来实现。

4.5 功能集成 功能集成是最重要、同时也是最复杂的应用集成模型,它以调用其他软件部件中的现有功能为目的,在代码级上通过软件接口来实现应用软件功能的集成,是相关业务处理逻辑的真正在对象或过程级别上实现的纯软件概念的应用集成。

功能集成比表示集成和数据集成更加灵活,其操作对象是业务逻辑,具体表现为业务逻辑模块的集成。业务逻辑是为了实现软件所需要的应用功能而编写的程序代码,其中不仅包括数据操作与解释规则,也包括控制流程和工作流。功能集成模型不像表示集成和数据集成那样,在软件的显示界面或数据层面上进行操作,而是在业务逻辑层上进行的深层集成,其集成点存在于应用程序代码之中。

在所有的集成模型中,功能集成模型提供了最强的集成能力,解决问题的方法也最灵活;它也可以用来解决表示集成或数据集成的问题;更重要的是,这种方法创建的组件比另外两种方法具有更高的可重用性。但因其需要在业务逻辑层进行集成,这就增加了实施集成的复杂程度,掌握实现功能集成工具的难度也就要高于其它两种集成模型。

本系统的信息管理部分应用软件,基于 B/S 体系结构和跨平台的 Java 编程技术进行开发和集成,其下层软件部件较多采用数据一致性集成和多步处理集成的方法实现功能集成;决策支持部分的应用软件基于 C/S 体系结构和 .NET 编程技术进行开发和集成,其下层软件部件较多采用即插即用组件的集成方法实现功能集成。从系统总控开始自顶向下各层交互界面中的功能集成,亦多采用即插即用组件式集成方法。

5 结束语

太子河流域水资源实时监控管理系统运用层叠式双闭环工作原理,采用实时监测、信息管理、决策支持、远程遥控功能和数据库、模型库、方法库、知识库、文本库组成的“五库四机”体系结构,基于水文水资源科学研究成果,结合现代 IT 技术、测量技术、通信技术、网络技术和软件工程技术,实现了区域水资源信息的实时采集、实时传输、实时监视和实时处理,并基于专业模型的运用,提供了区域水资源实时评价、实时预报、实时管理和实时调度的手段,为区域水资源现代化管理提供了强有力的技术支持。

由于该系统庞大而复杂,涉及硬件、软件、网络 and 智能中心等多方面的深层技术,其系统集成成本

身也是一个十分复杂的系统工程。在该系统集成实施过程中, 采用了目前国内外一系列先进的集成模型和方法, 提出并实践了 V 字模型和自底向上系统集成理念, 并在实施系统集成的过程中, 广泛采用了诸如接口设计、虚网划分、表示集成、数据集成、功能集成、平台集成, 以及中间件、XML、NET、JWSDP 等先进技术。在同类系统研发项目以及大型水利信息化系统建设项目中, 具有较大参考和推广应用价值。

参 考 文 献:

- [1] Fred A Cummins. Enterprise Integration: An Architecture for Enterprise Application and System Integration [M]. by John Wiley & Sons, Inc, 2002.
- [2] 朱星明, 闫继军, 等. 水利信息化建设中的专业支撑软件研发进展 [J]. 水利规划与设计, 2004, (1): 44- 49.
- [3] William A, Rub Francis X, Maginnis Wiliam J, Brown. Enterprise Application Integration [M]. by John Wiley & Sons, Inc, 2001.
- [4] 闫继军, 谢新民, 范宏, 等. 太子河流域水资源实时监控系统平台建设 [A]. 第六届 ArcGIS 暨 ERDAS 中国用户大会论文集 [C]. 2004. 314- 319.

Research on system integration of water resources real time monitoring and control system for the Taizihe River Basin

ZHANG Wen-bo¹, ZHU Xing-ming², FAN Hong¹, CHEN Yu²

(1. Water Resources Information Center of Liaoning province, Shenyang 110000, China;

2. Information Network Center, IWHR, Beijing 100044, China)

Abstract: With the rapid development in both scale and complexity of computer application system, the system integration technology becomes more and more important, which turns to be a determinant technology for a successful system development. Based on the research work and practices of a regional water resources real time monitoring and control system, the authors present a general approach and key techniques of the system integration of large scale IT system development for water resources applications. The principal of the V model and its application method in the development of a real time regional water resources monitoring and control system are emphasized. The successful experiences of system integration via using V model is introduced by taking an example of the development of the system for the Taizihe River Basin in Liaoning Province.

Key words: regional water resources; real time monitoring and control system; water resources management; system integration; application integration; integration model

(责任编辑: 王成丽)