

# 数字桥梁管理手册：桥梁资产管理引擎

## Bridge Management Manual: The Engine of Bridge Asset Management

李环寰<sup>1</sup> 张耀允<sup>2</sup>

Huanhuan Li<sup>1</sup> Yaoyun Zhang<sup>2</sup>

1. 四创电子股份有限公司 中国·安徽 合肥 230088

2. 安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司 中国·安徽 合肥 230088

1. Sichuang Electronic Co., Ltd., Hefei, Anhui, 230088, China

2. Anhui Transportation Planning and Design Research Institute, Hefei, Anhui, 230088, China

**摘要：**论文首先列举了当前桥梁养护信息化增加的需求，分析了传统桥梁养护手册只限于文本的局限性，针对信息化建设的要求，阐述了搭建数字桥梁管理手册的必要性，并对数字桥梁养护手册的定位做了表述；其次提出了一种包含三个层次的数字桥梁手册的建设架构并对各组成部分进行了说明，其中数字桥梁手册处于引擎地位；最后以实际长大桥梁项目为例，对提出的方案分别在三个层次进行了验证与探索，强调了数字桥梁手册作为一种工具对于桥梁资产管理重要性。

**Abstract:** Firstly, the paper enumerates the increasing demands of the current bridge maintenance informatization, analyzes the limitations of the traditional bridge maintenance manual which is limited to the text, expounds the necessity of building a digital bridge management manual for the requirements of information construction, and describes the positioning of the digital bridge maintenance manual; Secondly, a construction framework of digital bridge manual with three levels is proposed, and each component is described, in which the digital bridge manual is the engine; Finally, taking the actual long bridge project as an example, the proposed scheme is verified and explored at three levels, emphasizing the importance of digital bridge manual as a tool for bridge asset management.

**关键词：**数字化；桥梁资产管理；养护手册

**Keywords:** digitization; bridge asset management; maintenance manual

**DOI:** 10.12346/rb.v1i1.6908

## 1 引言

随着中国经济的持续发展，基础设施得到不断完善。在新建设规模逐渐放缓的同时，基础设施也集中进入了养护管理期。其中，桥梁设施的保有量越来越高，桥梁养护的需求量也迅速增加。在数字信息技术的支持下，桥梁设施、人员、设备、项目等环节的信息化水平得到了显著提升。

## 2 现状及问题

在养护或资产管理阶段，各养管单位建设了很多区域级、大桥级的管理系统，同时，各大型桥梁基本编制了桥梁养护手册。但是，在传统的桥梁养护管理手册编制中，普遍缺少

对信息化建设的标准、要求和规则，导致各类系统建设难以统一标准。主要问题如下：

①桥梁养护管理系统、检测系统等业务系统虽然提高了数据的规范化，但是大多数都是独立开发，数据不互通，而且相互之间的集成效果普遍不彰。

②不同的检测单位提供的桥梁分解结构不能保持一致，导致很多桥梁的历次检查数据结构差异较大。

③文本式的桥梁手册主要是为技术人员阅读，不方便链接相关资源，难以集成信息化成果。

因此，在数字化时代，桥梁养护手册不再仅仅是一本制度、流程和方法的文本<sup>[1]</sup>。针对现在及未来的需求，我们需

【作者简介】李环寰（1989-），男，中国安徽六安人，硕士，高级工程师，从事地理信息系统研究。

要对桥梁养护手册重新定义，进行相应的数字化升级。

### 3 数字桥梁管理手册的定位

将桥梁养护手册数字化或搭建数字桥梁养护手册，主要是适应为数字化的桥梁资产管理服务，而不再单单是一本为人类阅读的文档。在数字桥梁管理手册的定位方面，首先要厘清与已有技术的关系。

#### 3.1 与电子版桥梁手册的关系

电子版桥梁手册是传统桥梁手册的一种媒介形式，便于保存于传输，其手册内容是纸质手册一致的。电子版桥梁手册的更新模式是：统一文本更新，格式转换。

数字桥梁管理手册不仅仅是将文档型手册改编为电子版手册。数字桥梁养护手册重在表达计算机可以识别的规则和模型，提供系统可以调用的程序服务。这些内容可以输出为文档让人读懂，又能输出为程序服务让计算机读懂。数字桥梁管理手册的更新模式是：随时更改对应部分的代码、程序或文字，自动输出为文本。

#### 3.2 与业务管理系统的关系

常见的业务管理系统按照功能分类有养护管理、检测系统、人员管理、资料档案管理等。这些业务系统重在处理具体事务，一般由不同的开发商提供。而且，业务系统是随着业务的开展逐步建设的，并不会一蹴而就。这就需要持续、明确的规则或原则来支撑信息化建设的不断进步。

数字桥梁管理手册重在为这些业务系统提供规则和数据接口，所以数字桥梁养护手册是信息化建设的基础，也是后续业务系统建设、升级和改造必须遵守的原则<sup>[2]</sup>。从内容上看，数字桥梁管理手册除了关注养护的具体事务，还关注数据库、程序开发、系统安全、系统维护等方面的要求。

#### 3.3 与资料数据库的关系

资料数据库是各种制度、标准、图纸、报告的存储库，

格式基本是 PDF、图片、Word 文档，这些数据大都是非结构化的文档资料数据。它可以是由专门的档案系统来执行查询、存储、更新与删除的数据管理工作。

数字桥梁管理手册中并不直接包含这些资料数据，而是对它们的引用、链接与索引。虽然桥梁管理手册中的一些内容为这些数据的存储、格式约定规则与要求，但是并不意味着他们直接是一体的。数字桥梁管理手册中的内容是结构化的，负责资料的标注化管理和有序调用，档案系统的建设中需要执行相关约定，调用相关服务，返回相关结果。

### 4 数字桥梁管理手册的结构

针对前文提到的现状和问题，论文提出一种数字桥梁管理手册的结构及其相关模块的关系。如图 1 所示，将数字化桥梁资产管理分为资源层、引擎层和应用层 3 个层次来建设，数字桥梁管理手册、资源数据和业务系统相互解耦，相互关联，力求改变当前信息系统阶段大量基础资源缺失和资源浪费现象。

#### 4.1 数字桥梁管理手册内容

数字桥梁管理手册的核心内容的本质可以理解为是一个规则、模型和索引的集合。这些规则、模型和索引可以以文档、空间或程序视图输出。

规则主要包含桥梁的实体结构分解（EBS）规则和结果、标准部件构件分类编码表、标准清单目录、技术状况评定权重分配表、风险辨识表、交换格式等。

模型主要包含技术状况评分算法程序接口、养护管理知识图谱、各类业务流程（检测、评定、施工、项目、人员等），以及未来基于人工智能的算法或程序。

索引包括图纸资料查询接口、标准规范索引、法律政策索引、规章制度索引、桥梁信息查询接口、关键参数查询接口、应急预案索引、人员信息索引等<sup>[3]</sup>。

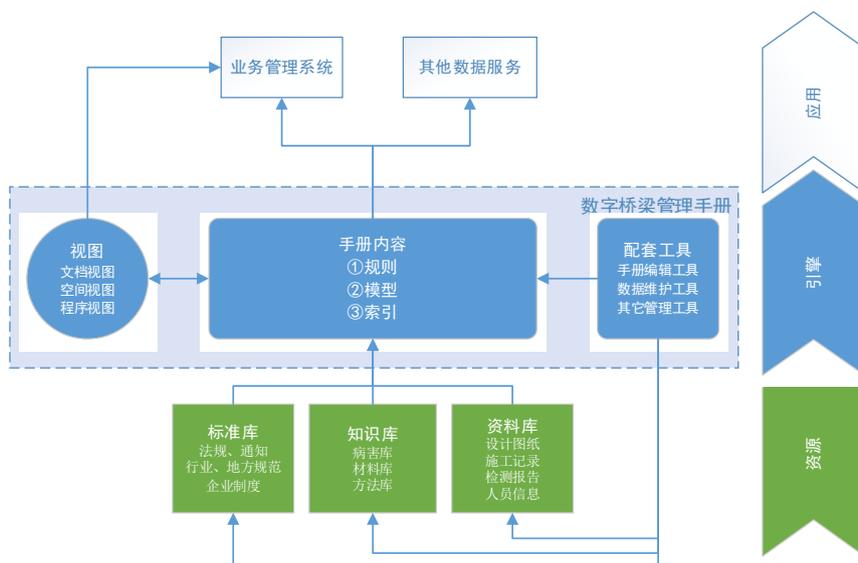


图 1 数字桥梁管理手册及数字化资产管理的架构

## 4.2 数字桥梁管理手册视图

视图是手册内容的输出和展现方式，它可以是供人阅读的图文并茂的文档视图；也可以输出为三维空间场景视图，实现各类信息的空间可视化浏览；还可以输出为程序视图，主要是一些数据或应用接口、应用程序或脚本。数字桥梁管理手册视图的输出需要一个软件程序呈现，这个程序可以单独建设，作为配套工具存在，也可以由某个业务系统承担，作为功能模块存在。

随着整个业务系统的完善与调整，视图的具体展现形式会适当变化，但是应当具备良好的扩展性和统一性。

## 4.3 数字桥梁管理配套工具

为了使数字桥梁养护手册长效运行，必须开发配套的工具。这些工具主要包括编辑、数据维护、程序服务发布与管理等。此外，这些工具还可以维护资源层的标准库、知识库和资料库数据。

## 4.4 相互关系

数字桥梁管理手册是桥梁数字化管理的关键，它可以调用资源层的标准库、知识库和资料库的数据并赋予其规则，然后供给应用层（各类信息系统和数据共享服务）使用。如果把桥梁数字化资产管理比作一台汽车的话，数字桥梁管理手册就是引擎，资源层的数据是燃料，应用层的业务系统是轮胎。

## 5 数字桥梁管理手册建设的关键点

①大多数资产管理或养护管理系统中，包含有标准、资料等各类资源层数据。这些数据的稳定性较高，调用场景较多，如果不及时解耦出来或不及时建立合理的数据共享机制，未来的各个系统之间、各个单位之间的数据共享成本必定会越来越高。因此，资源层数据的迭代建设是当前各个桥梁面对的首要问题。

②在养护管理系统、健康监测系统、三维可视化系统、

项目管理系统、桥梁检查外业 APP 等业务系统的建设之前，需要做总体规划，避免各自为营、功能冲突的局面<sup>[4]</sup>。

③可持续的建设是数字化长效运行的基础条件。更多地关注底层数据、底层逻辑和基本流程，才能开展有序的系统升级迭代。数字桥梁管理手册正是在资源与应用之间搭建关联关系，通过资源的有序存储和调用，驱动应用的稳定运行和有序管理。

## 6 项目实践

在国家高速 G3 京台高速太平湖大桥和皖高速 S07 徐明高速的怀洪新河特大桥的桥梁养护管理手册的升级编制中，结合已有的信息化建设成果、原有桥梁养护管理手册和标准规范，对数字桥梁管理手册进行了探索研究和案例制作。

### 6.1 资源层的建设

将规范、法规和资产管理单位制度等资料进行汇总整理，初步形成了文档集合式的标准库。

根据手册中的桥梁实体分解规则和构件分类编码，建立了桥梁的标准构件库。根据病害和材料的分类编码规则，建立了标准病害模板库和养护材料库，对病害分类、病害属性、材料分类、编号、属性进行了约定。

在资料方面，对周边地理环境进行倾斜摄影测量数据采集及三维实景建模，形成真实的数字地表资料；对桥梁进行三维建模，录入其属性信息，完成桥梁 BIM 建设（图 2）；重新整理桥梁的电子版设计图纸、检测报告等资料，对其进行分页处理和统一格式以提高显示效率，然后载入到新目录中。

### 6.2 数字手册的编制

根据制定的桥梁实体结构分解及编号规则，将桥梁所有“部位—部件—构件”列出，并建立层级关系，挂接分类编码，然后存入资源层的构件库中。根据重新设定的技术状况评定的权重，按照 2011 版技术状况评定标准，设定相关评定参数（评定标度—分数关系、T 值参数）。



图 2 桥梁空间数据

在程序方面,主要是编写了养护相关的数据接口。桥梁技术状况评分 web 服务接口程序,传入相关参数可返回分数值;文档资料数据接口,可获取到指定的图纸、检测报告或其他资料;桥梁分解结构数据接口,可获取到对应桥梁的部位—部件—构件的 JSON 格式的树结构;病害查询数据接口规范,可从构件角度、任务角度和时间角度,获取对应的桥梁病害列表及其详细信息。

空间视图是通过将资源层数据结合手册内容,输出为三维地理信息场景。可实现桥梁实体结构分解的空间查询、构件信息查询和相关图纸资料的索引查询。在空间视图中,还可以加载其他相关的空间数据,如行政区划、在线地图、遥感影像等。

在文档视图建设中,采用 web 框架搭建了在线文档,该文档添加了对应标准、制度和法规的链接,集成了相关资料的索引。在线文档是以 Markdown 标记语言分块分节编写,便于维护与更新。支持精确和模糊索引,查找相关内容。借助 web 技术,对图片、电子文档、网站和 web 服务等资源的调用更加方便与直观,具有良好的各终端通用性。

此外,在线文档视图中可以嵌入空间三维场景 web 程序,实现空间视图的集成,方便技术人员阅读与空间查询。

### 6.3 配套工具

在本次项目的实践中,文档编辑工具使用了 VS Code 的 markdown 插件,资源层的管理工具主要是可视化数据库管

理软件 Robo 3T。整个数字桥梁管理手册采用 B/S 架构搭建,使用 Nginx 作为应用服务器。

配套工具是数字桥梁管理手册的维护工具,需要不断开发、集成,从而形成可靠的工具集合。本文案例的工具建设需要继续定制开发,逐步形成完善的配套工具体系。

## 7 总结

巴克敏斯特·富勒认为,工具是至关重要的,如果想让世界变得更好,最有效的办法是给予人们工具。桥梁养护手册的数字化升级就是将单薄的管理条文转变为可被使用的工具,从而使得桥梁的资产管理更加便捷与规范。数字桥梁管理手册将传统桥梁手册的角色进行了提升,不再仅仅是规则的描述,还包含规则的运行和维护,从而指导和启动数字化资产管理。

## 参考文献

- [1] 王刚,杨巍,卢士军,等.基于BIM技术的新型电子化桥梁养护手册技术研究[J].交通世界,2021(10):2.
- [2] 张耀允,戴玮,陶鹏.利用WebGL技术将公路工程数字化设计交付可视化研究[J].北方交通,2018(11):3.
- [3] 马新颖.桥梁技术状况评定方法、退化模型及巡检养护管理系统的集成与开发[D].西安:长安大学,2016.
- [4] 张耀允,戴玮,郑岗.公路桥梁三维信息数据库的设计与实现[J].北方交通,2015(1):118-121+124.