



《水运工程设计信息模型应用标准》 及其在船闸设计中的应用

文 曦

(中交第二航务工程勘察设计院有限公司, 湖北 武汉 430060)

摘要: 为提升船闸工程信息模型应用水平, 提高信息的利用效率和效益, 在《水运工程设计信息模型应用标准》基础上, 细化并编制了满足标准要求的船闸工程 BIM 设计细则, 根据应用实践建立了船闸工程 BIM 设计总体实施流程。以某船闸工程为例, 对信息模型的层级组织、模型内容、协同设计、分类编码、模型存储和成果交付等进行了实践, 验证了基于标准的实施工作流程的可行性和标准在船闸工程 BIM 设计的适用性。结果表明, 《水运工程设计信息模型应用标准》可以规范船闸工程 BIM 设计, 提升设计成果质量、实现数字化交付和应用, 也为船闸工程 BIM 技术实施和数字孪生建设提供了参考。

关键词: 水运工程设计信息模型; 船闸工程; 模型存储; 成果交付

中图分类号: U 641.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2022)07-0240-06

Standard for Application of Building Information Modeling in Port and Waterway Engineering Design and its application in ship lock design

WEN Xi

(CCCC Second Harbor Consultants Co., Ltd., Wuhan 430060, China)

Abstract: To raise the application level of building information modeling (BIM) in ship lock engineering and improve the efficiency and benefit of information utilization, this study clarifies the *Standard for Application of Building Information Modeling in Port and Waterway Engineering Design* and compiles BIM design rules for ship lock engineering that meet the requirements of the standard. It then establishes an overall implementation process for the BIM design of ship lock engineering according to application practice. Taking a certain ship lock engineering as an example, this study puts into practice the hierarchical organization, model content, collaborative design, classification and coding, model storage, and result delivery of BIM and verifies the feasibility of the standard-based implementation workflow and the applicability of the standard in the BIM design of ship lock engineering. The results show that the *Standard for Application of Building Information Modeling in Port and Waterway Engineering Design* can regulate the BIM design of ship lock engineering, improve the quality of design results, and achieve digital delivery and application. It also provides a reference for the implementation of the BIM technology in ship lock engineering and digital twin construction of ship lock engineering.

Keywords: BIM in port and waterway engineering design; ship lock engineering; model storage; result delivery

作为大型综合通航建筑物, 船闸结构形式复杂, 涉及的单体和专业多、信息量大, 推动船闸工程建设效率提升、节省建设期的成本和时间, 实现船闸工程建设的数字转型、智能升级, 是交通运输

行业“十四五”期间数字交通的重大战略, BIM 技术作为工程项目全生命期内物理、功能特性的数字化表达, 对船闸的设计、施工和运营维护阶段的各种决策提供信息支持, 为船闸工程全生命期技术、

收稿日期: 2021-12-12

作者简介: 文曦(1982—), 男, 高级工程师, 从事水运工程结构设计、信息模型标准编制及数字化技术应用和研发。

质量、效率等的提升提供了有效的数字化手段。

近年来，在船闸工程 BIM 技术应用方面已有不少案例。樊金甲等^[1]利用 BIM 技术开展了船闸工程设计图纸优化、工程量统计、工程计量支付、BIM-5D 辅助工程投资管理；颜红亮等^[2]融合 BIM 技术、参数化技术和数据库技术，实现了船闸工程金属结构模块化设计；张立明等^[3]利用 BIM 技术对船闸球角点弧型三角门的设计、施工、运行维护、成本控制、管理等进行了应用实践；李家华等^[4]开展了水运工程 BIM 模型编码体系研究，提出在软件中进行分类编码工具二次开发的方法，通过录入现行水运工程编码体系，实现构件属性与分类编码自动识别挂接，快速准确地进行 BIM 模型编码。然而基于标准的船闸工程 BIM 设计鲜有案例，如何实现船闸 BIM 设计的标准统一、内容完整全面、交付成果有效应用，避免“信息孤岛”是亟待解决的问题。

本文在《水运工程设计信息模型应用标准》(以下简称“标准”)基础上，提出并编制了符合标准要求的船闸工程 BIM 设计细则，定义了基于标准的船闸 BIM 设计工作流程，开展信息模型层级组织、设计协同、编码、数据存储和成果交付等应用实践，为标准在船闸 BIM 设计的应用落地提供参考。

1 水运工程设计信息模型应用标准

1.1 标准框架

从适用范围看，标准涵盖了港口工程、航道工程、通航建筑物工程、修造船厂水工工程 4 个领域，从内容组织来看，标准由 8 章和 5 个附录组成，其中船闸工程 BIM 设计需要依据并执行的重点章节为设计阶段信息模型、协同设计、分类与编码、存储和交付等，章节间的逻辑关系见表 1。在项目 BIM 技术实施前，需要细化标准形成可执行的细则，用以指导实施。

表 1 标准应用框架

章节名称	内容要求	作用
4 设计阶段信息模型	规定设计阶段信息模型层级表达;船闸工程各专业的模型内容	信息模型组织逻辑统一
5 协同设计	设计阶段信息模型的协同方式;协同设计工作的内容及要求	设计协同的有效实施
6 分类与编码	设计阶段编码的应用原则;编码应用方法	工程对象语义描述一致
7 存储	信息模型数据的存储组织;存储格式及内容	工作成果的存储和交换
8 交付	规定交付成果的深度等级;规定交付物内容	成果交付统一

1.2 设计阶段信息模型

由于设计人员对 BIM 模型的组织更多依靠个人对项目的理解和经验，船闸工程 BIM 模型组织模式往往不统一，针对该问题，细则在模型层级组织和模型内容 2 个方面进行细化规定。

1.2.1 模型层级组织

水运工程 BIM 模型由项目级、单体级、专业级、构件与设备级和钢筋与零件级信息模型 5 个层级组成，按照项目的不同阶段，设计人员需要选择与其匹配的模型组织层级，对应关系见表 2。

表 2 船闸工程 BIM 模型层级组织

阶段	模型层级
可行性研究	配套专业室内部分达到专业级;其他专业达到构件与设备级
初步设计	各专业统一达到构件与设备级
施工图设计	各专业统一达到钢筋与零件级

1.2.2 模型内容

基于项目合同中工程内容的要求，结合项目实施过程中设计人员以专业为主线开展 BIM 设计的特征，船闸 BIM 模型内容确定遵循的一般原则为：1)以项目单体和专业为单位，依据合同确定各专业的 BIM 模型内容，定义模型命名规则等；2)模型内容与阶段、模型深度等级挂钩，模型在创建过程中遵循适度的原则，在满足标准的基础上尽量简化；3)未作规定的模型内容根据需要添加，同时在分类编码表中增加相应的分类对象并编码。

1.3 协同设计

1.3.1 协同工作方式

船闸工程根据所使用的 BIM 软件和协同工作环境，可采用模型协同、数据协同和文件协同3 种方式，协同工作方式应用建议见表 3。

表 3 协同工作方式应用建议

协同工作方式	应用建议	典型情况
模型协同	船闸设计过程中基于同一 BIM 软件;不同软件支持同样的数据格式	船闸结构设计中,水工结构专业与给排水、电气等专业的协同
数据协同	模型数据可按需导出,为其他软件所使用	岩土勘察专业与水工结构专业协同
文件协同	以上两种方式都不支持的情况	BIM 模型与部分有限元软件之间协同

1.3.2 协同工作流程和协同工作内容

协同工作流程与协同工作内容是相互关联的,协同工作流程有项目中单体间协同、单体中专业内协同和专业间协同 3 种,协同工作流程及其内容在实施中的细化见表 4。

表 4 协同工作流程及内容

协同工作流程	协同工作内容
单体间协同	平面位置、坐标和高程、单位系统、单体控制尺寸、空间占用
单体中专业内协同	协同专业内设计意图表达的准确性、构件与设备的空间使用需求
单体中专业间协同	协同专业间设施性空间占用需求

表 5 编码与模型层级关系

信息模型层级	编码
项目级	仅需要在船闸项目中心文件中编码一次;可以在项目协同管理软件中定义,用于项目管理
单体级、专业级、构件与设备级、钢筋与零件级	仅需对模型内容编码;模型内容编码一般依附于模型中的构件与设备、钢筋与零件

1.5 存储

存储包括存储的数据格式及命名规则、存储内容 2 个方面。

1.5.1 数据格式及命名规则

项目组内协同时,可以采用 BIM 软件自身的数据格式进行存储;需要与不同软件进行数据交换时,则应考虑采用 IFC 等开放型数据格式。存储时还应对各类数据定义 1 套同时满足计算机可读和用户可读 2 种需求的命名规则,设计人员在

1.4 分类与编码

编码包括细化编码与模型层级之间的关系和编码内容 2 个方面。模型编码分为项目级编码和模型内容编码 2 种,对船闸 BIM 模型编码时,编码与模型层级之间的对应关系见表 5。

编码内容要求与项目阶段对应,设计人员要根据项目阶段确定并选择编码,一般执行标准中“设计阶段信息模型各阶段编码应用要求表”^[5]规定。

应用模型时可以快速定位和应用成果,而计算机也可以快速识别并进行处理,用于后续 BIM 应用工作。

1.5.2 存储内容

项目成果不仅有 BIM 模型,还有由 BIM 模型生成的数据、文档,与 BIM 模型关联的外部数据、不同模型层级之间的逻辑关系作为后续应用的基础也需要进行存储,船闸工程中不同模型层级的存储内容见表 6。

表 6 各层级的模型存储内容

信息模型层级	存储内容
项目级	相关单体级信息模型的关联信息、质量管理信息以及相关数据和文档
单体级	单体本身的信息模型、数据和文档,以及与其他层级信息模型的关联关系
专业级	专业本身的信息模型、数据和文档,以及与其他层级信息模型的关联关系
构件与设备级	构件与设备本身的信息模型、数据和文档,以及与其他层级信息模型的关联关系
钢筋与零件级	构件配筋和设备零件加工等设计信息,以及与其他层级信息模型的关联关系

1.6 交付

信息模型数字化交付包含了交付成果的层级

组织、交付内容和交付数据格式 3 个方面。按照标准,采用与项目阶段对应的模型层级对交付成

果进行组织；交付内容应在设计成果的基础上，将交付所必要的内容进行提取、清理后交付，对设计的过程文件等非必需数据则无需交付，各层级的交付内容一般包含信息模型及其属性数据、信息模型说明、交付成果清单等；为便于交付成果能被后续阶段或任务使用，一般建议采用各相关方约定的同一或兼容数据格式。

2 工程应用

某新建复线船闸及其配套工程包括船闸主体

（闸首、闸室）、上下游引航道、下游航道护岸、船闸管理区、跨闸交通桥及连接道路等，船闸为Ⅱ级船闸，闸室有效尺度为 240.0 m×23.0 m×5.2 m（有效长度×有效宽度×槛上水深）。

2.1 项目实施流程

基于标准要求，在项目实施前对项目内容进行策划，包含制定项目的 BIM 执行计划、在标准基础上编制项目的统一规则，按照标准中重点章节的要求，开展 BIM 协同设计、模型编码、存储 BIM 应用和成果交付，本项目的 BIM 技术实施路线见图 1。

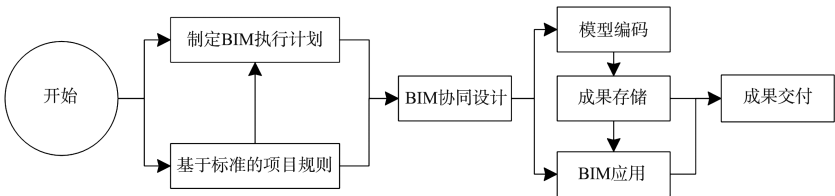


图 1 某船闸工程 BIM 设计技术路线

2.2 BIM 执行计划

BIM 执行计划是项目实施的依据和基础，由项目信息、BIM 目标、项目成员及角色、BIM 协同流程、BIM 数据要求、存储、项目交付等 10 个部分组成。其中 BIM 协同流程通过流程图方式规定了项目级、单体级信息模型设计流程，单体流程按水域、陆域、船闸、跨线桥等独立绘制；项目按照 LOD 300 等级建模，模型粒度和信息细度符合标准中 LOD 300 的要求，项目编码定义于项目参数中，模型内容编码定义在构件上；BIM 数据存储按照 5 级层级存储，内容符合表 6 的要求，

采用软件原生和开放型 IFC 两种数据格式；按照 5 级层级交付，除交付存储要求的内容外，还交付工程图纸、工程量统计表、应用分析报告等。

2.3 项目规则

2.3.1 模型层级

项目处于施工图设计阶段，因此模型层级按 5 个层级进行组织，其中项目级包含了项目中的各个单体，单体模型中包含了参与单体创建的多个协同专业，专业级、构件与设备级、钢筋与零件级模型则是构成单体的组成单元，各层级的模型内容见图 2。

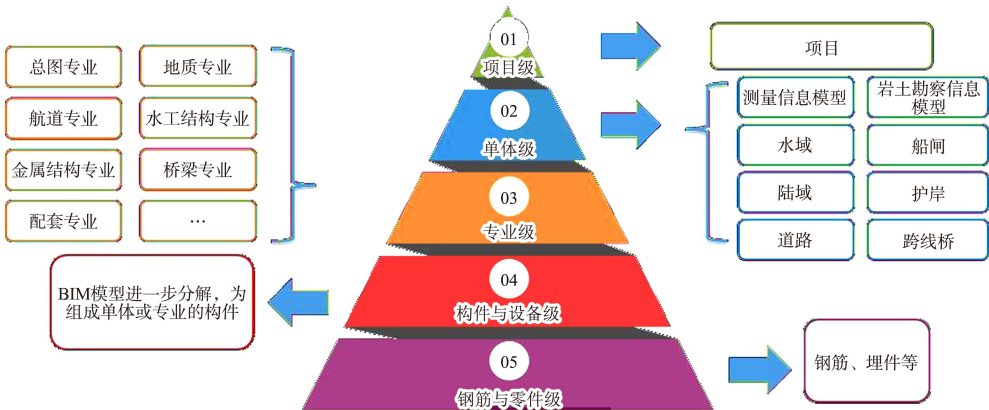


图 2 模型层级及内容

2.3.2 文件夹及文件命名规则

为满足不同层级文件夹和文件命名，以项目级和单体级文件夹为例，命名规则见表 7。

为满足计算机可读和人可读 2 种应用需求，项目采用“编码+中文命名”相结合的方式对不同

表 7 文件夹和文件命名规则

文件夹类型	包含文件类型	命名规则
项目级交付成果文件夹	-	项目代码+水运工程子领域编码+水运工程项目阶段编码+项目名
-	项目级信息模型	项目代码+水运工程子领域编码+水运工程项目阶段编码+83-01.00.00.00+交付文件名
-	项目属性数据	项目代码+水运工程子领域编码+水运工程项目阶段编码+83-02.00.00.00+交付文件名
-	信息模型说明	项目代码+水运工程子领域编码+水运工程项目阶段编码+83-03.00.00.00+交付文件名
-	交付成果清单	项目代码+水运工程子领域编码+水运工程项目阶段编码+83-04.00.00.00+交付文件名
单体级交付成果文件夹	-	水运工程单体编码+单体名称+顺序码+交付文件名
-	单体级信息模型	水运工程单体编码+83-01.00.00.00+交付文件名
-	单体属性数据	水运工程单体编码+83-02.00.00.00+交付文件名
-	信息模型说明	水运工程单体编码+83-03.00.00.00+交付文件名
-	交付成果清单	水运工程单体编码+83-04.00.00.00+交付文件名

2.3.3 交付物格式

为满足数字化交付要求，本项目制定了不同交付物所采用的交付文件格式，在此仅列出主要的交付物格式，见表 8。

表 8 交付物格式

交付物	格式要求
信息模型	源格式 .p3d \. rvt \. dgn \. egr \. pln \. stp
	交换格式 . xdb \. ifc
信息模型说明	. doc \. dox \. xls \. xlm \. pdf
交付物清单	. doc \. dox \. xls \. xlm \. pdf
属性数据表	. xls \. xlm \. csv \. txt

2.4 BIM 协同设计

项目设计过程制定了项目协同、单体协同和

单体集成 3 个主要流程。项目协同流程为：创建项目中心文件→单体工作集设置→确定单体轮廓及定位；单体协同流程为：创建单体中心文件→专业工作集设置→单体内专业协同；单体集成流程为：单体文件链接回项目→位置协同。其中单体中心文件的创建采用模型协同方式，项目中心文件则采用数据协同方式由单体模型集成。陆域与水域场地模型使用共享坐标方式达到坐标统一，其他单体采用共享坐标和高程对齐的方式链接到项目文件达到坐标统一，创建的项目级、单体级和专业级信息模型见图 3。

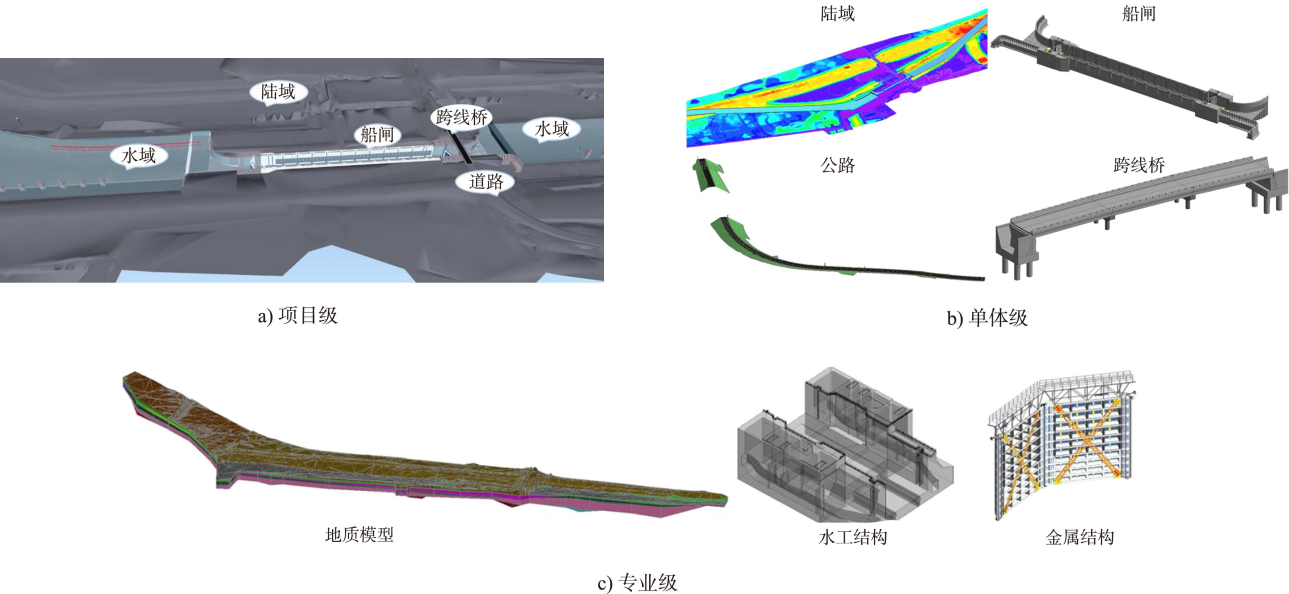


图 3 不同层级信息模型

2.5 模型编码

项目级编码采用在项目中心文件中建立“项目编码”参数，并按规则赋值；模型内容编码则

对每一个构件模型，在其非几何属性的“编码”参数中，采用编码软件或手工填入编码值，构件编码见图 4。

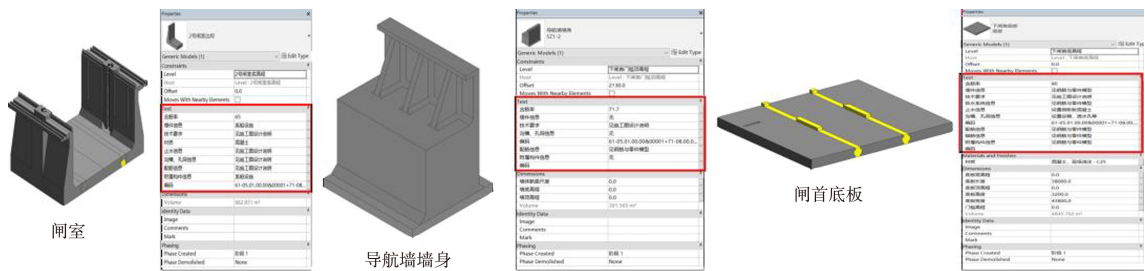


图 4 构件编码

2.6 模型存储及成果交付

在项目实施中，将创建的模型及相关成果文档保存至对应的模型层级文件夹即可；在成果交付时，项目级、单体级模型文件直接从项目过程文件中提取，而对于专业级、构件与设备级和钢筋与零件级信息模型则依据编码，采用模型提取软件，将成果从单体文件中抽取存入相应的层级文件夹。

和交付成果不一致、不协调等问题，为规范船闸工程 BIM 设计成果内容，提高设计成果质量、实现数字化交付和应用提供了参考。

3 结论

- 1)通过本项目研究，进一步明确并细化符合标准的船闸工程 BIM 设计内容及要求。
- 2)研究并提出了船闸工程 BIM 设计的总体实施路径、流程和关键内容，为标准在项目中的落地提供了总体指导框架。
- 3)通过项目实践，实现基于标准的船闸工程 BIM 设计，解决现有项目中模型编码、模型存储

参考文献：

[1] 樊金甲, 孟成成, 潘国华, 等. BIM 技术在船闸工程投资管理中的应用[J]. 水运工程, 2021(3): 168-173.

[2] 颜红亮, 周坤, 李鸿忠. 船闸工程金属结构模块设计 BIM 技术应用[J]. 水运工程, 2021(8): 163-168.

[3] 张立明, 凌建. BIM 技术在船闸项目中的运用[J]. 江苏水利, 2019(12): 36-39.

[4] 李家华, 张宏铨, 万浩然, 等. 水运工程中 BIM 模型编码技术研究及应用[J]. 中国港湾建设. 2021, 41(10): 38-43.

[5] 中交第二航务工程勘察设计院有限公司. 水运工程设计信息模型应用标准: JTS/T 198-2—2019[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2019.

(本文编辑 王传瑜)

(上接第 210 页)

[16] 姚仕明, 岳红艳. 长江中下游生态护岸工程发展趋势浅析[J]. 中国水利, 2012(6): 18-21.

[17] 何广水, 姚仕明. 宽缝加筋生态混凝土河岸护坡技术开发应用[C]//黄河水利委员会. 第四届全国河道治理与生态修复技术交流研讨会论文集, 郑州: 黄河水利委员会, 2012.

[18] 李威亚, 徐鑫, 姚磊钧. 生态袋植草护坡技术在城市河道治理中的应用[J]. 四川水利, 2021(S2): 45-46, 55.

[19] 董文凯. 生态袋在上海市河道护岸中的应用分析[J].

城市道桥与防洪, 2021(1): 134-136, 15-16.

[20] 李凌云, 黎礼刚, 王家生. 古夫河兴山县城段生境修复研究[C]//中国水利学会. 中国水利学会 2014 学术年会, 北京: 中国水利学会 2014.

[21] 张亮. 生态型人工鱼巢段在长江下游航道整治工程中的应用[J]. 中国水运(下半月), 2017, 17(11): 149-150.

[22] 王兴勇, 郭军, 刘树坤, 等. 生态型鱼巢砖水力特性研究[J]. 水利学报, 2007(11): 1290-1295.

(本文编辑 郭雪珍)