

浅谈水电工程信息模型技术标准体系建设

冯奕¹, 申满斌², 张志伟¹

(1. 中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司, 四川 成都 610072; 2. 雅砻江流域水电开发有限公司, 四川 成都 610051)

摘要:水电工程信息模型是水电工程信息化管理的数据基础, 而工程信息模型技术标准体系则是信息模型创建、应用的行为基础。通过对国内外工程信息模型标准体系的特点进行研究, 结合水电工程的需求, 提出了适用于现阶段水电行业的工程信息模型技术标准体系。该体系包含面向软件开发的基础标准和面向项目实施的应用标准, 可为水电工程信息模型的全生命周期管理提供行为参考和行为准则。

关键词:水电工程; 工程信息模型技术; 标准体系

中图分类号: TV22; TV222.5

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2017)02-0071-04

随着信息技术在工程建设领域的蓬勃发展, 承载海量水电工程建设信息的水电工程信息模型成为“互联网+”和大数据时代背景下水电行业提升和发展的关键。然而, 水电行业各参建方至今没有形成规范的信息模型数据交换准则、应用能力评估方案及相关项目实施流程规范, 无法有效的进行工程信息共享和应用, 从而制约了 BIM (Building Information Modeling) 技术在水电行业发挥其价值。因此, 制定统一、可行的水电行业信息模型技术标准体系迫在眉睫。

1 国内外工程信息模型技术标准体系

1.1 建筑信息模型国际 ISO 标准

全球 BIM 的基本技术标准体系是由 building SMART 组织主导建立的, 且均由 ISO 发布, 主要分为三个部分: 术语、数据、流程(图 1)。术语标准是 IFD(International Framework for Dictionaries, ISO 12006-3:2007); 数据标准是 IFC(Industry Foundation Classes, ISO 16739:2013), 目前已经更新至 IFC4; 流程标准是 IDM(Information Delivery Manual, ISO 29481-1:2010)。

IFC、IFD、IDM 三者的关系和作用体现在以下几方面: IFC 为软件与软件的信息互用指定了规范; IDM 建立了项目参与者之间的交流合作机制; IFD 是将用户层面的合作与机器层面的信息互用连接起来的桥梁。

1.2 国外工程信息模型技术标准体系

随着 BIM 技术的快速发展, 一些 BIM 技术应

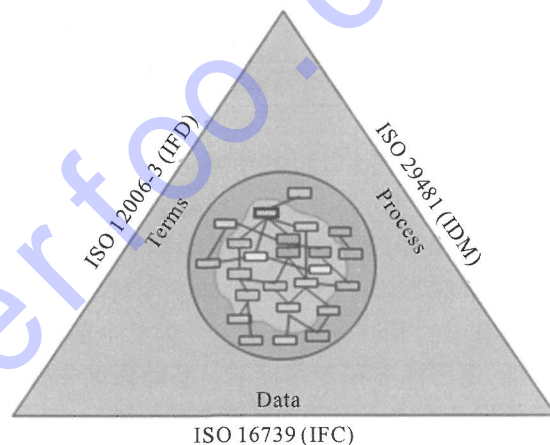


图 1 国际 ISO 标准构成示意图

用水水平较高的国家均在 ISO 标准基础上建立了适应该国国情的 BIM 技术标准体系。

在美国国家 BIM 标准第二版(NBIMS - US2)标准体系中, 数据模型标准涉及 IFC 以及定义 IFC 的基础语言标准 W3C XML(World Wide Web Consortium Extensible Markup Language); 字典标准以 OmniClass 为基础, 辅以 IFD 附加唯一标识以及其他补充; 数据交付标准囊括了以 IDM 和子模型视图(Model View Definition, MVD)为基础制定的 BIM 流程。英国于 2000 年发布了《建筑施工工业(英国)CAD 标准》, 用以改进设计信息交付、管理和交换过程。新加坡发布了《新加坡 BIM 指南》, 包含 BIM 说明书和 BIM 模型及协作流程。韩国于 2010 年 4 月发布了《设施管理 BIM 应用指南》和 BIM 应用路线图。

1.3 国内工程信息模型技术标准体系

收稿日期: 2016-08-08

清华大学在 2010 年提出了——CBIMS (China Building Information Modeling Standard)^[1]。该体系参照了 NBIMS,同时结合了现阶段我国建筑工程的实际情况与需求,主要分为三个方面: BIM 平台软件的开发、BIM 数字化资源的建立和 BIM 应用环境的改善(图 2)。

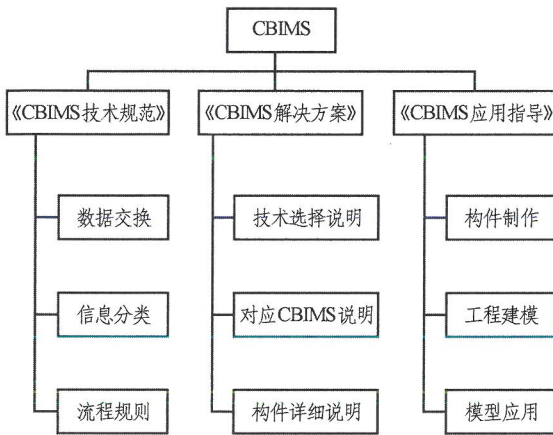


图 2 CBIMS 架构图

2013 年 1 月,在北京市发布的《北京市 BIM 设计(民用建筑)基础标准》中,包括了 BIM 的基本规定、资源要求、模型深度要求和交付要求。

上海市的 BIM 标准体系则分为三个部分:基础标准、通用标准和专用标准。基础标准主要规定了数据分类编码原则和存储交付标准。

2 国内已有标准规范体系的适用性分析

目前,国内在编或已发布的信息模型标准如表 1 所示。

表 1 国内在编及已发布的信息模型标准表

序号	标准名称	状态	功能
1	工业基础类平台规范	已颁布	引用 IFC 标准,为建筑行业数据描述提供准则
2	建筑工程设计信息模型分类和编码标准	制定中	参考国际 Omniclass 编码分类方法,提供对象、信息的编码分类原则
3	建筑工程设计信息模型统一应用标准	制定中	提供 BIM 项目实施指导和应用指导
4	建筑工程设计信息模型交付标准	制定中	根据 LOD 等级分类法及 IDM 原则,提供模型及信息交付的行为参考

除此之外,还有部分地区(如北京、上海等地)和行业(铁路等)已在制定自己的工程信息模型技术标准体系和相关标准。

水电工程信息模型技术是一种信息集成和传递的手段,不但要方便信息创建者方便、简单地存

储、保留工程信息,还要方便信息使用者快速、准确地解读这些工程信息。水电行业在全生命周期过程中,所产生的信息、行为具有自身的行业特点,与建筑工程行业信息具有较大的区别。

以水电工程中较为重要的地质信息为例。在水电工程建设、设计过程中,地下水、卸荷风化程度、断层等地质信息在设计过程中提供方案参考;在施工过程中提供决策支持;在运维过程中对重点地质灾害区域提供监测信息以保障工程运行的安全。由此可见,对地质信息共享运用的需求贯穿于整个工程的全生命周期。而仅参考建筑行业信息模型标准是无法解决水电工程地质信息的存储、编码分类以及交付应用等问题的。

3 水电工程信息模型技术标准体系

3.1 水电工程信息模型技术标准体系

若要全方位描述适用于全生命周期管理的水电工程信息模型,需要回答以下几个问题。

模型以什么格式存储? 相互的逻辑关系是什么? 是否可以被全行业广泛接受?

模型中的对象如何分类编码? 如何构成组织体系? 是否满足全生命周期各阶段的组织方式?

各阶段应该如何交付有效的信息? 交付信息的范围和精度的标准是什么?

如何保障模型创建过程和应用过程中的安全、有效、可共享性?

目前国际国内各行业信息模型技术标准体系均分为两个层面:一是面向基础数据层的基础类标准;二是面向企业、项目的实施应用类标准规范。笔者认为:水电行业工程信息模型技术标准体系可以参考以上两个层面进行制定(图 3)。

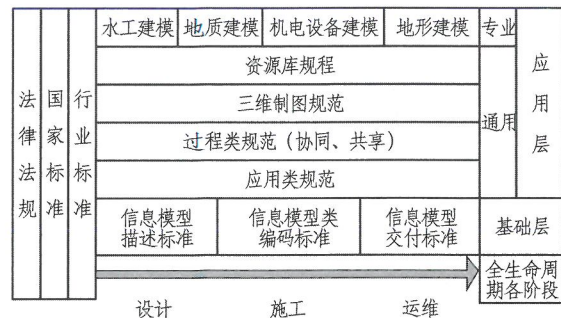


图 3 水电行业工程信息模型技术标准体系图

基础类标准的主要目标是实现建设项目全生命周期内不同参与方与异构信息系统间的互操作

性,主要用于指导和规范 BIM 的软件开发与系统架构。水电行业工程信息模型的基础类标准可以分为数据描述标准、分类编码标准、信息交付标准。数据描述标准提供信息构建架构;分类编码标准提供辨识依据;交付标准保障信息的准确及适用。基础类标准是针对水电行业全生命期的通用规范准则。

在通过底层规范确立信息模型的数据架构后,应用层级的标准规范指导其具体操作过程和实施过程。应用层级的标准规范既应根据各参与专业在各阶段的不同需求进行制定,同时还应兼顾行业通用,以保证对信息模型的统一管理,因此,在标准体系应用层级中,应包含通用原则以及针对不同专业设置的专业性、阶段性标准技术。

3.2 水电工程信息模型技术关键标准

笔者主要针对基础层中三大关键技术标准的内容进行阐述。

(1) 水电工程信息模型描述标准。

数据描述标准主要是规范 BIM 模型的数据存储格式、语义扩展方式、数据访问方式等内容。数据描述标准的建立方式有多种,其中一种可行

方案是扩展现有的 IFC (工业基础类) 标准。Lee^[2] 等针对路桥和隧道领域的模型信息与关联属性扩展了一套空间实体 (Spatial Element) 与物理实体 (Physical Element) 相区分、路桥隧无限层级划分的实体定义。Cho^[3] 等针对韩国道路工程排水系统的相关需求,扩展了相应实体和属性集。因此,水电行业可采用扩展实体和属性集的方式,基于 IFC 建立适合本行业的数据描述标准。

目前 IFC 标准的主要应用领域是建筑工程^[4],其 5 个核心层和 8 个领域层主要是针对建筑领域的专业划分来定义实体的属性及继承关系。因此,在水电工程领域应用 IFC 构建信息模型,必须针对水电行业的实际需求进行相应的扩展。笔者通过研究水电工程全生命期各阶段的专业任务和信需求,分析了相应的工作流和信息流,提出了基于 IFC 标准的水电工程信息模型扩展机制,并在 IFC 领域层和共享层中新增了水电工程领域相关的实体定义(图 4)。该方案的优点是继承了 IFC 标准的简洁、清晰、可拓展的语言框架,同时不用对 IFC 领域进行大量扩展,不会对现有 BIM 软件带来过多的兼容性问题。

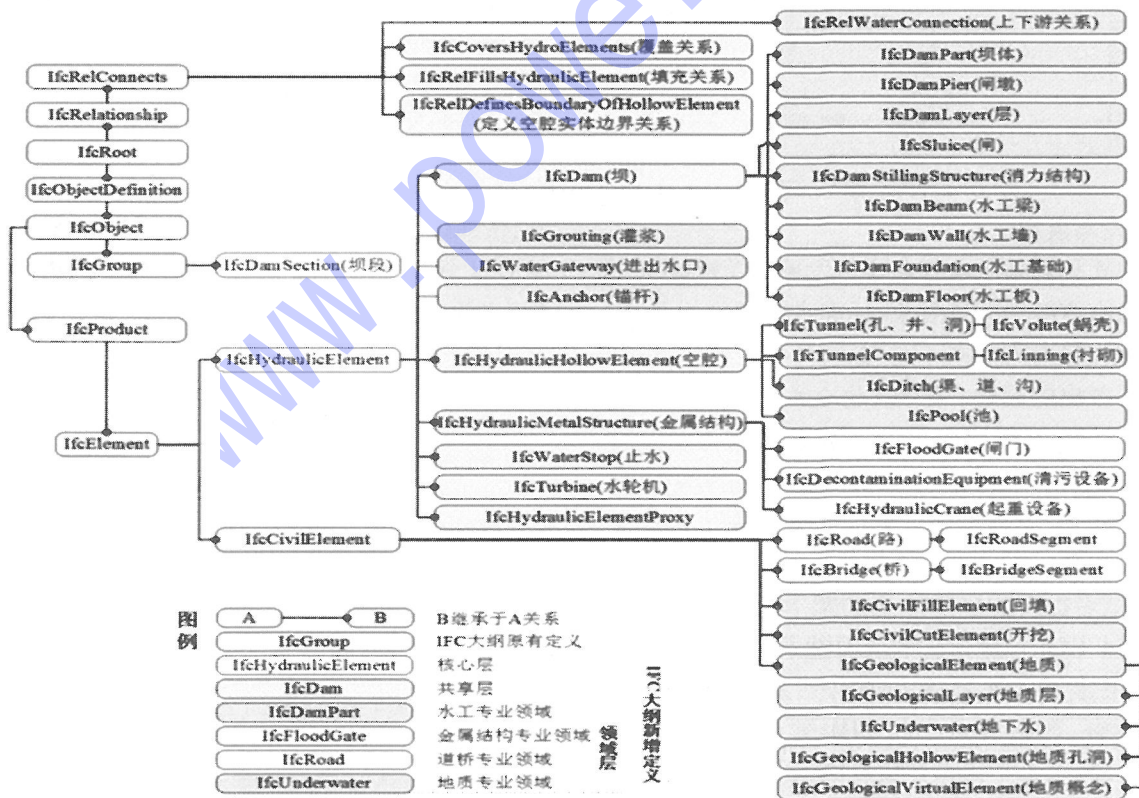


图 4 基于 IFC 大纲扩展的水电行业信息模型描述规范框架图

(2) 水电工程信息模型分类编码规范。

目前水电行业没有统一的分类编码方式,而是由各项目参与方、各专业根据业务需求定制各自的线分法分类编码体系。然而,试图利用一套确定的线分法对水电行业的过程、信息及对象进行分类是不可行的。在国际上,多采用面分法对工程中同一对象进行不同维度的描述。水电行业的信息模型分类编码体系可以参照 ISO12006-2-2001, Building construction - Organization of information about construction works - Part2: Framework for classification of information《施工工程信息的组织第2部分:信息分类框架》^[5],结合我国水电行业的需求建立。

(3) 水电工程信息模型交付规范。

水电工程信息模型交付规范应当包含两方面

内容:各阶段各专业信息交付的内容以及信息交付的流程。水电工程信息模型交付规范在一般标准结构的基础上,应主要以水电工程全生命期中各项工作的分解结构为基础,对交付流程和交付内容进行标准化。

模型交付内容可参考多细节层次法(LOD技术)进行细度刻画。根据不同阶段、不同任务需求,对模型信息的丰富程度进行规定,以保障信息在相应阶段足够满足需求即可,防止信息冗余或不足。

模型交付流程可参考 IDM^[6]进行流程定义和管理,但应与水电行业的具体流程相适应,其交换需求应有明确的实施借鉴价值,明确其内容、交换的起点与终点、精细度,建立如图5所示的交付业务流程。

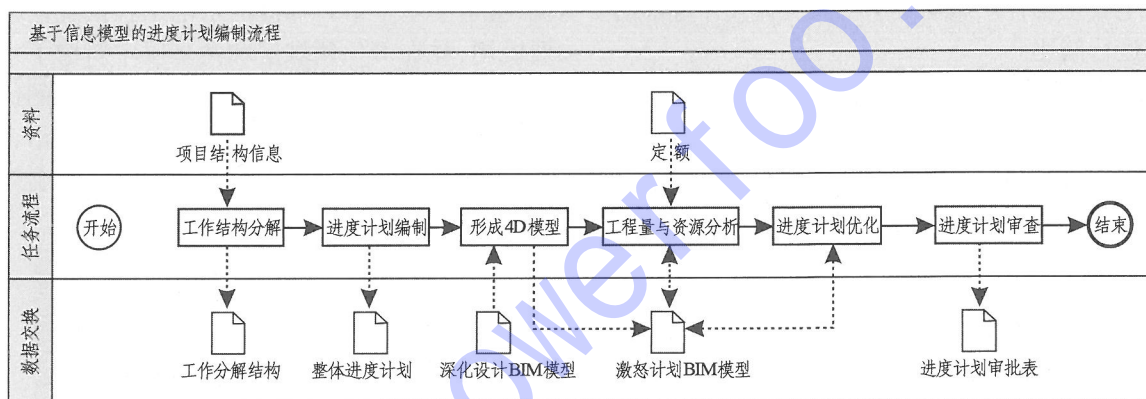


图5 基于水电工程全信息模型的进度计划编制流程图

4 结论与展望

BIM技术是水电行业今后发展的关键技术之一。只有有效的利用规范、标准进行正确的引导,才能解决目前行业内BIM技术水平良莠不齐、投入大于产出的现状。因此,建立水电行业的BIM标准体系是迫切和必需的。水电行业各单位对BIM的认知水平、软件平台有所不同,业务需求也不尽相同,若想利用某一个标准规范整个行业的BIM技术是不现实的,因此,可以根据行业的需求,在笔者提出的标准体系框架下制定相应的标准规范。BIM包含信息的全面性及应用方式的广泛性,决定了BIM技术必须由一系列功能成熟、业务清晰、数据可共享的BIM软件协同配合实现。目前,水电工程设计信息模型数据描述规程、模型分类编码规程以及模型交付规程等行业基础标准已在国家能源局的主持下开始起草编制。因

此,依托以上基础标准开发、改造适用于水电行业的BIM软件平台已成为今后工作的重点。

参考文献:

- [1] 清华大学 BIM 课题组, 中国建筑信息模型标准框架研究[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.
- [2] Lee S. H., Kim B. G. IFC extension for road structures and digital modeling[J]. Procedia Engineering. Journal of Information Technology in Civil Engineering and Architecture, 2011, 14:1037 - 1042.
- [3] Cho Geun - Ha, Won Ji - Sun, Kim Jin - Uk. The Extension of IFC Model Schema for Geometry Part of Road Drainage Facility[J]. Journal of the Korea Academia - Industrial cooperation Society, 2013, 14(11):5987 - 5992.
- [4] 工业基础类平台规范, GB/T 25507-2010[S].
- [5] Building construction - Organization of information about construction works - Part2: Framework for classification of information, ISO 12006-2-2001[S].

(下转第85页)

石骨料品质也达到了规范要求;施工过程中混凝土取样试验合格。因此,亦排除了因混凝土强度不足引起裂缝超标的可能性。

隧洞衬砌段两侧和下半部的多数裂缝有溶蚀(白、黄)浆液析出,而洞顶却少有,这很有可能是由于回填或固结灌浆未做好、衬砌与围岩间有

空隙、围岩的单位弹抗系数达不到设计值、不能产生有效的岩石抗力而被拉裂形成裂缝。衬砌开裂后,内水压力水流向衬砌外的空隙挤压裂缝,使裂缝宽度加大,从而导致出现局部裂缝超过标准值的情况。

3.2 所采取的处理措施

表3 不同混凝土强度等级取值分析成果表

混凝土强度	计算工况	内/外水头/m	垂直山岩压力系数	侧向山岩压力系数	计算配筋/ $\text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$		实配钢筋/ $\text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$		裂缝宽度/mm
					内层	外层	内层	外层	
C25	正常运行	95.2(内)	0.3	0.1	2 736	1 792	3 079	3 079	0.25
	检修	95.2(外)			1 272	1 272	(5 ϕ 28)	(5 ϕ 28)	0
C20	正常运行	95.2(内)	0.3	0.1	4 826	4 826	3 079	3 079	0.33
	检修	95.2(外)			1 272	1 272	(5 ϕ 28)	(5 ϕ 28)	0
C15	正常运行	95.2(内)	0.3	0.1	5 630	5 630	3 079	3 079	0.41
	检修	95.2(外)			1 272	1 272	(5 ϕ 28)	(5 ϕ 28)	0

注:表中围岩单位弹抗系数和山岩压力系数取值同表1。

据裂缝成因分析并经参建各方会议讨论后,设计单位提出了处理方案:(1)裂缝处理:对于缝隙 $<0.1 \text{ mm}$ 的裂缝,进行表面封闭处理,缝面采用水泥基渗透结晶材料防渗涂刷;对于缝隙 $\geq 0.1 \text{ mm}$ 的裂缝,采取化学灌浆处理,化学灌浆材料采用LPL高渗透改性环氧浆材。(2)灌浆处理:对混凝土衬砌顶拱 120° 范围内重新扫孔,进行回填补灌。对桩号Y4+800~Y6+900衬砌段全部采用固结灌浆处理,固结灌浆孔孔深5 m,灌浆压力为0.5 MPa,对隧洞桩号Y6+200~Y6+340以及桩号Y6+500~Y6+630段实施加强灌浆,固结灌浆孔孔深10 m,分三段按压力0.5 MPa、0.8 MPa、1.5 MPa灌注。灌浆效果采用压水实验单点法检查,对检查不合格的裂缝进行补灌,直到其满足要求后方可封孔。

4 结 语

(1)水电工程引水隧洞衬砌段按限裂设计。由于灌浆未做好、衬砌与围岩间有空隙或空洞,从而使衬砌与围岩没有形成整体,不能产生有效的岩石抗力,改变了设计衬砌受力条件、不能限制裂缝的发展而导致裂缝宽度超规范标准值。

(2)影响引水隧洞衬砌结构安全的主要因素有混凝土强度等级、围岩完整性以及围岩与混凝土

土是否紧密结合、混凝土强度等级或围岩单位弹抗系数达不到设计值均容易造成裂缝宽度超过规范要求。灌浆施工质量的优劣,直接影响到隧洞的安全运行。

(3)工程实施时,采用以灌浆为主,裂缝处理为辅的处理方式,加固了围岩,使衬砌与围岩形成整体,产生了有效的岩石抗力,有利于衬砌结构受力。处理完后的隧洞充水运行至今已达4年多,无异常,表明裂缝成因分析合理、裂缝处理方式可行。

参考文献:

- [1] SL279—2016,水工隧洞设计规范[S].
- [2] 祝远波,冯振西.和平水电站引水隧洞衬砌裂缝原因分析及修复设计[J].广东水利电力职业技术学院学报,2003,1(4):52-54.
- [3] 胡忠瑞.隧道衬砌裂缝成因分析及处理措施[J].建筑技术与设计,2014,2(10):230-230.

作者简介:

游志纯(1978-),女,江西南城人,高级工程师,工程硕士,从事水工结构设计工作;

刘 婷(1968-),女,湖南攸县人,教授级高级工程师,学士,从事水工结构设计工作;

翟晓斌(1980-),男,河南巩义人,高级工程师,学士,从事水工结构设计工作。

(责任编辑:李燕辉)

冯 奕(1988-),男,四川越西人,工程师,硕士,从事水电工程全生命周期管理技术研究工作;

申满斌(1978-),男,四川南充人,教授级高级工程师,博士,从事流域水电开发数字化管理技术研究;

张志伟(1981-),男,内蒙古赤峰人,高级工程师,硕士,从事水电工程信息化及全生命周期管理技术研究工作。

(责任编辑:李燕辉)

(上接第74页)

- [6] Building information modelling - Information delivery manual - Part 1: Methodology and format, ISO 29481-1-2010[S].

作者简介: