

基于 IFC 的绿色性能分析模型转换与共享

林佳瑞, 张建平

(清华大学 土木工程系, 北京 100084)

摘要: 针对目前建筑领域绿色性能分析数据交换与共享存在的问题, 提出一种基于建筑信息模型 (building information modeling, BIM) 数据标准工业基础类 (industry foundation classes, IFC) 的绿色性能分析模型转换与共享方法。首先, 通过分析 IFC 标准与常用绿色性能分析数据格式 gbXML 的结构及其对绿色性能信息的描述机制, 建立了二者主要信息元素之间的映射关系; 并提出了 IFC 向 gbXML 的自动转换方法, 实现了绿色性能分析模型的转换与共享。最后, 将上述方法在实际案例中进行了测试验证。结果表明, 该方法实现了 IFC 向 gbXML 的自动转换, 支持不同参与方与应用之间绿色性能分析数据的交换与共享, 有效降低了信息重复建模成本, 提高了效率。

关键词: 建筑信息模型 (BIM); 工业基础类 (IFC); 绿色性能分析; 数据交换

中图分类号: TU 201

Data conversion and sharing for building performance analysis based on IFC

Lin Jiarui, Zhang Jianping

(Department of Civil Engineering, Tsinghua University, Beijing, China 100084)

Abstract: To eliminate effort needed in data conversion and sharing for building performance analysis, an IFC-based data conversion algorithm to automatically convert BIM model to gbXML was proposed for building performance information sharing. First, by analysis the structure of IFC and gbXML, the mapping relationship between IFC and gbXML was established. Then, an automatic conversion algorithm was proposed based on the mapping relationships established before. Finally, the proposed algorithm was validated with different project data. Results illustrate that the proposed algorithm is effective and

feasible for building performance information sharing among different stakeholders, thus eliminating rework in data modeling and improving efficiency.

Key words: building information modeling (BIM); industry foundation classes (IFC); building performance analysis; information sharing

建筑业信息化水平低、存在“信息孤岛”等问题严重制约着不同专业、不同应用间的信息共享与协同工作^[1], 使得建筑绿色性能分析及评价工具的普及应用困难, 难以将绿色建筑理念落到实处, 无法应对建筑业日益资源、能源消耗的挑战。

建筑信息模型 (building information modeling, BIM) 技术^[2]的提出, 可有效解决建筑业面临的“信息孤岛”问题, 实现不同参与方、不同应用之间的信息共享。当前, 国际标准化组织发布的 BIM 数据标准工业基础类 (industry foundation classes, IFC) 已可较为完善地描述建筑工程各专业有关信息^[3], 成为国际建筑业数据交换的事实标准, 得到大量软件工具的支持^[4]。然而, 尽管 IFC 对建筑性能分析数据的支持已非常好, 但大多数性能分析软件在 IFC 数据导入及使用上仍存在问题^[5]。同时, 面向建筑性能分析软件格式多样、信息共享困难的问题,

收稿日期: 2016-05-16

基金项目: 国家“八六三”高技术项目(2013AA041307)

国家自然科学基金面上项目(51278274)

清华大学—广联达 BIM 中心(RCBIM)

作者简介: 林佳瑞 (1987—), 男, 博士研究生。

通信作者: 张建平, 教授, E-mail: zhangjp@tsinghua.edu.cn

美国制定的 gbXML (green building XML) 标准, 已成为建筑绿色性能分析领域公认的数据标准^[6], 较好地实现了建筑性能分析信息的交换与共享。

本文选取了 IES-VE、OpenStudio、Ecotect、eQUEST、EnergyPlus 等典型建筑性能分析软件, 分析了其对 IFC 及 gbXML 等数据格式的支持及不足, 结果如表 1 所示, 其中 eQUEST 及 EnergyPlus 可通过第三方软件间接导入 gbXML, EnergyPlus 还可通过 IFCtoIDF 等^[7-8]工具间接导入 IFC 模型数据。可以看出, 各软件均已支持 gbXML, 且支持程度较好, 但各软件对 IFC 的支持能力仍较差, 存在数据导入不稳定等问题。可见, 基于 IFC 实现建筑领域不同参与方之间的信息交换虽然最为可行, 但当前建筑性能分析数据的交换与共享仍然依赖 gbXML 等格式。

表 1 绿色性能分析软件对比分析

软件名称	支持的格式	存在的问题
IES-VE	IFC、gbXML	IFC 不稳定, gbXML 较好
OpenStudio ^[9]	gbXML、IFC	gbXML 较好, IFC 不稳定
Ecotect	IFC、gbXML	IFC、gbXML 不稳定
eQUEST ^[10]	gbXML	不直接支持 gbXML, 不支持 IFC 导入
EnergyPlus	gbXML、IFC	不直接支持 gbXML 或 IFC

鉴于 gbXML 的提出较晚, 当前支持 gbXML 数据导出的建筑设计与建模软件还较少。据 IFC 标准及 gbXML 标准编制组织官方统计资料, 当前支持 IFC 数据导出的设计与建模软件已有 45 种之多, 而支持 gbXML 数据导出的仅有 15 种。因此, 基于 IFC 标准可实现绝大多数软件之间建筑性能分析信息的转换与共享, 有效减少数据重复建模成本, 提高效率。

因此, 针对建筑性能分析难以充分利用设计 BIM 模型的问题, 本文通过分析 IFC 与 gbXML 的模型结构及其对绿色性能信息的描述机制, 建立了二者主要信息元素的映射关系, 提出了 IFC 模型向 gbXML 模型的转换方法, 实现了基于 IFC 的绿色性能分析数据转换与共享。最后, 通过实际案例测试与分析, 对提出的有关方法进行了验证。

1 IFC 模型与 gbXML 模型的映射关系

1.1 基于 IFC 的绿色性能分析模型结构

以 IFC 标准最新版本 IFC4^[11]为基础, 本文梳理出基于 IFC 的绿色性能分析模型结构, 如图 1 所示。

模型的空间分解结构以场地实体 IfcSite 为根节点, 并通过 IfcRelAggregates 建立与建筑实体 IfcBuilding、楼层实体 IfcBuildingStorey 及空间或房间实体 IfcSpace 的逐层包含关系。因 IFC 模型采用 IfcSpace 统一表达房间及空间划分, 因此场地、建筑、楼层等实体的分解中均可包含 IfcSpace (见图 1 左侧部分)。IfcRelContainedInSpatialStructure 用于表达各空间分解层级与各构件实体的包含关系, 如场地实体与其中的树木、植被、水体、道路等实体 (统一由 IfcGeographicElement 表达) 的关系以及建筑、楼层、空间等与其中的建筑构件、机电设备等实体 (由 IfcElement 及其子类表达) 的包含关系。

IFC 模型通过 IfcRelSpaceBoundary 实体表达空间及构成其边界的建筑构件 IfcElement 的关联关系, 并通过该实体引用的 IfcConnectionGeometry 实体表达空间及其边界构件的连接面。

IfcMaterialDefinition 及其子类型则用于表达构件、设备等实体的材料信息, 并通过实体 IfcRelAssociatesMaterial 关联到构件实体 IfcElement。

此外, IfcTimeSeriesSchedule 用于描述空间划分实体的使用计划, 并由 IfcRelAssignsToControl 建立二者的关联关系。建筑的不同子系统的划分则一般基于 IfcSystem 及其子类实现, 具体到给排水、供暖通风、强弱电系统等则采用 IfcDistributionSystem 进行表达。各系统与构件、设备的管理关系则通过 IfcRelAssignsToGroup 描述。

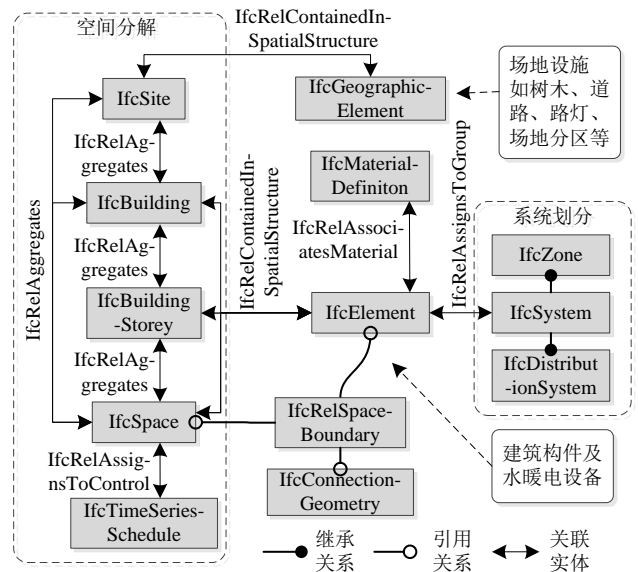
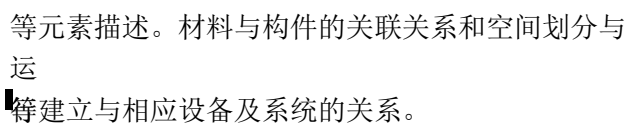


图 1 基于 IFC 的绿色性能分析模型结构

模型主要用于建筑能耗、光照、通风等性能分析。元素为根节点,对空间分解、水暖电系统、场地设施及运行计划、材料信息、气候等元素进行组织。的关联关系。



由上述 IFC 及 gbXML 对绿色性能信息的描述机制可知: 1) 在数据关联关系表达上, IFC 模型均采用关系实体进行描述, 而 gbXML 则通过属性或关联对象 Id 来描述; 2) 模型空间分解上, 二者基本一致, 都是按照场地、建筑、楼层、空间的层顺序进行划分; 3) 水电系统信息描述上, IFC 模型将其统一视为 IfcDistributionSystem, 有关设施设备则统一处理为 IfcDistributionElement 及其子类, 而 gbXML 则明确分为暖通、水、照明 3 个系统。

描述 综上所述可知,两种模型表达的信息基本一致,但在数据组织结构上具有一定的差异,信息实体或属性之间并不存在完全的一一对应关系。例如,绿化和道路信息在 IFC 模型中均通过 IfcGeographicElement 表达,而在 gbXML 中分别采用 Vegetation 和 Transportation 进行表达。为实现二者的数据转换,研究通过分析梳理二者的信息描述标准,建立了 IFC 模型与 gbXML 模型实体映射关系,如表 2 所示。表 2 中,“.”符号之前为实体或元素类型名称,之后为属性名称。

表 2 IFC 模型信息与 gbXML 模型信息的映射关系

3

绿化及道路	IfcGeographicElement	Vegetation, Transportation
材料 信息	IfcMaterialDefinition, IfcMaterial, IfcMaterialLayer, IfcMaterialLayerSet	Material, Layer, Construction
其他 信息	计划 IfcTimeSeriesSchedule	Schedule, YearSchedule, WeekSchedule, DaySchedule
	成本 IfcCostItem, IfcCostValue	Cost

2 绿色性能分析模型转换方法

综合考虑上述 IFC 模型与 gbXML 模型不同实体或属性映射关系的差异以及不同信息描述方式的差异, 本文采用基于规则的方法实现 IFC 模型向 gbXML 模型的信息转换。首先, 研究根据 IFC 实体类型建立了基本规则, 将 IFC 模型信息按照实体类型进行分类, 并进行分别处理, 其中 IFC 实体与 gbXML 元素具有一一对应关系的可直接转换; 其次, 对 IFC 模型中的关系实体, 需根据其关联的实体类

型, 转换为 gbXML 模型对应元素的属性; 再次, 针对一种 IFC 实体对应多种 gbXML 实体的情况, 研究进一步根据 IFC 实体属性建立转换规则, 实现模型转换; 最后, 针对多种 IFC 实体对应一种 gbXML 元素的情况, 则根据对应 gbXML 元素属性信息的特点, 综合考虑 IFC 实体的类型和属性信息建立相应的转换规则。此外, 以上未包括的其他情况则需进行单独处理。有关规则描述及其示例如表 3 所示。

表 3 IFC 模型向 gbXML 的转换规则分类及示例

序号	类别	规则说明	示例
1	一一 对应	IFC 模型的实体类型与 gbXML 元素类型具有意义对应关系, 可直接进行转换。	IFC 模型中的文档历史 IfcOwnerHistory 可直接转换为 gbXML 模型中的 DocumentHistory。
2	关系实 体转换	IFC 模型中的描述不同实体关联关系的实体(关系实体), 需根据关系实体关联的 IFC 实体类型转换为对应 gbXML 元素的属性。	对于 IFC 模型中的 IfcRelAggregates 关系实体, 当其 RelatingObject 属性的类型是 IfcSite 且 RelatedObjects 属性的类型是 IfcBuilding 时, 应相应更新 IfcSite 实体对应的 Campus 元素的 Building 属性。
3	一对多 转换	IFC 模型中一种实体需对应转换为 gbXML 模型中的多种元素, 此时需考虑 IFC 实体的属性值将其转为不同的 gbXML 元素。	IfcGeographicElement 可转换为 Vegetation 或 Transportation, 需根据 IfcGeographicElement.ObjectType 判定。例如, 当其 ObjectType 为“Road”时, 就将其转换为 Transportation。
4	多对一 转换	IFC 模型中的多种实体对应转换为 gbXML 模型中的一种元素, 此时需根据 gbXML 元素及其属性信息特点, 在转换时将 IFC 实体的类型和属性信息转换为对应 gbXML 实体的属性。	IFC 模型中, 墙 IfcWall、板 IfcSlab 等都应转换为 gbXML 中的 Surface, 并设置 Surface 的 surfaceType 属性。考虑到 gbXML 将板又分为 UndergroundSlab、SlabOnGrade 等多种类型, 转换时需根据板的标高将 surfaceType 设为不同的值。
5	其他	以上未包含的其他情形。	后续材料信息转换的情况。

根据上述对上述转换规则的适应程度, 本文将基于 IFC 的绿色性能信息分为几何信息及非几何信息两类。前者包括空间组织、空间划分、构件等信息, 后者则包括材料、运行计划、计量单位等信息。

2.1 几何信息转换

基于 IFC 的绿色性能分析模型的几何信息主要包括建筑空间分解层级信息、空间划分信息、构件信息等, IFC 模型与 gbXML 模型对该部分信息的描述相似度较高, 可直接按照表 3 第 1—4 规则进行转换, 接下来分别介绍空间分解层级、空间划分、构件各部分的转换方法。

1) 空间分解层级信息转换。

IFC 模型和 gbXML 模型采用了相同的空间层级分解方法,因此其有关信息的转换过程较为简单,可从 IFC 模型依次提取场地、建筑、楼层等实体,按照表 3 第 1 类规则直接转换为 gbXML 模型的对应元素。同时,参照表 3 第 2 类规则更新 gbxml 模型元素属性,以构建 gbXML 模型不同层级的包含关系。

2) 空间划分及建筑构件信息转换。

基于图 1 的 IFC 模型结构,可以从中提取出各空间实体的边界、不同空间实体的邻接关系等,从而实现空间划分信息的转换,并辅助进行建筑构件的转换。以上述 IFC 模型结构为基础,可建立图 3 的建筑空间划分信息转换流程。

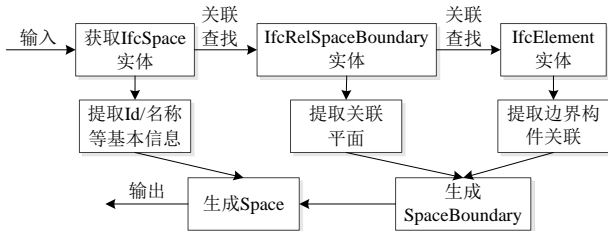


图 3 空间划分信息转换流程

建筑性能分析过程涉及的复杂异形构件或异形空间划分边界很少,且 gbXML 仅对四边形支持能力较好^[5],已满足性能分析对几何信息的描述要求^[12]。因此,本文在上述转换过程中仅对形状规则的墙、梁、板、柱、门、窗等构件及空间边界进行处理,且直接采用 IfcConnectionGeometry 对应的几何关联平面生成 gbXML 中构件 Surface 的信息,转换过程如图 4 所示。

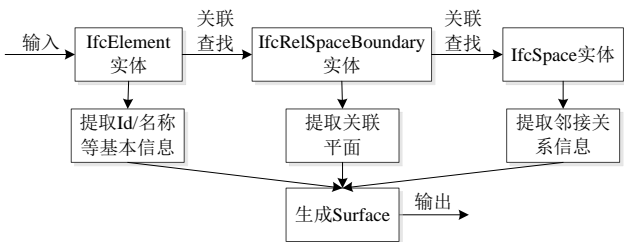


图 4 建筑构件信息转换流程

2.2 非几何信息的转换

基于 IFC 的非几何信息主要包括材料信息、运行计划信息、计量单位等信息,IFC 模型中该部分主要信息的组织结构与 gbXML 模型差异较大,需单独进行处理,接下来以材料信息为例介绍相应转换方法。

IFC 模型中所有材料信息有关实体均继承于

IfcMaterialDefinition, 包括 IfcMaterialLayerSet、IfcMaterialLayer、IfcMaterial 等,可分别表达多层材料

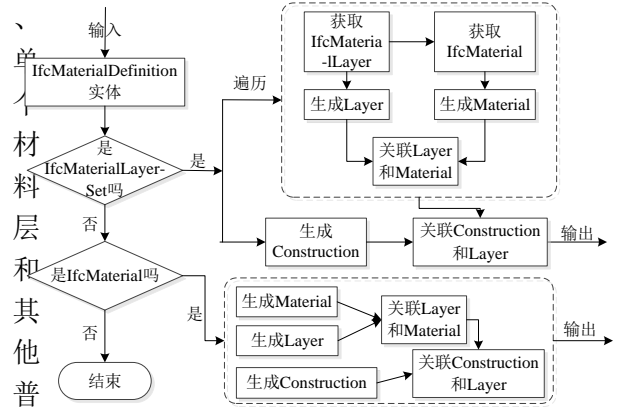


图 5 材料信息转换流程

3 案例分析验证

为验证以上 IFC 模型向 gbXML 模型的转换方法,本文选择了常用 BIM 软件 Revit 2015 版内置的示例项目 rac_advanced_sample_project,并利用 Revit 将数据导出为 gbXML 和 IFC 模型,用于上述转换方法的验证。该示例项目具有 BIM 模型建模规范、数据完善等特点,且 Revit 软件历经多个版本迭代,其 IFC 模型格式数据的质量和兼容性较好,为方法验证提供了有力条件。

本文转换方法验证结果见图 6,图 6a 和 6b 分别为 Revit 直接导出的 gbXML 模型和本文基于 Revit 导出的 IFC 转换生成的 gbXML 模型在 FZK Viewer 中的显示效果。可以看出,显示效果基本一致,转换效果良好。此外,图 6c 和 6d 则分别是 IES-VE 软件导入 IFC 模型和本文基于 IFC 生成的 gbXML 模型的效果,前者具有空间不封闭等明显错误,而后者则不存在此类问题。同时,本文基于 IFC 转换生成的 gbXML 模型导入 IES-VE 后可直接进行能耗分析,结果如图 7 所示。

的关联关系表达,因此模型中

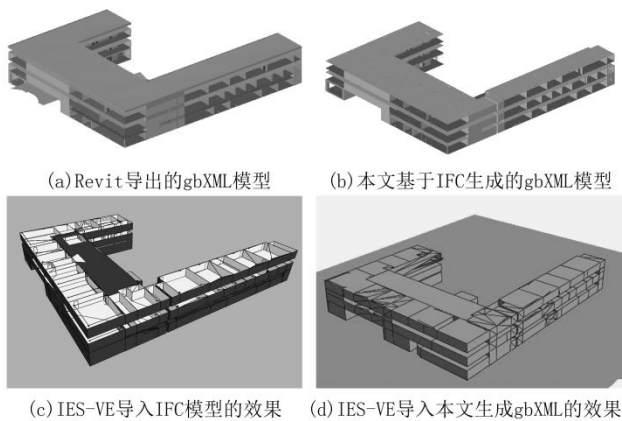


图 6 模型数据转换验证

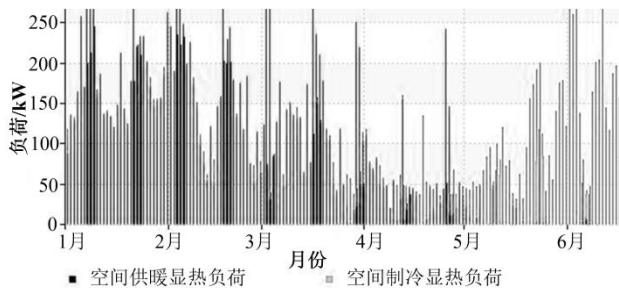


图 7 IES-VE 能耗分析结果

由以上应用验证可知,通过本文方法生成的 gbXML 文件可直接导入 IES-VE 等绿色性能分析软件进行绿色性能分析,可有效避免此类软件对 IFC 数据支持能力较差的问题,减少数据重复建模工作,提高工作效率,可降低有关绿色分析软件的应用难度。

4 结论

针对当前建筑绿色性能分析过程中数据交换与共享困难的问题,本文通过分析基于 IFC 和 gbXML 的绿色性能分析模型结构,梳理二者对绿色性能分析信息的描述方式,建立了二者相关实体与属性的映射关系。提出了 IFC 模型向 gbXML 模型的自动转换方法,并重点分析了空间组织结构信息及材料信息的转换方法。最后,研究利用有关数据对提出的转换方法进行了应用验证。结果表明,本文提出的方法可实现 IFC 向 gbXML 的自动转换,支持不同参与方与应用之间绿色性能分析数据的交换与共享,有效降低信息重复建模成本,提高工作效率,推动建筑绿色性能分析的普及应用。

参考文献 (References)

[1] Azhar S. Building information modeling (BIM): trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry[J].

Leadership and Management in Engineering, 2011, **11**(3):241-252.

- [2] Lee Y S. Using building information modeling for green interior simulations and analyses[J]. *Journal of Interior Design*, 2012, **37**(1):35-50.
- [3] Laakso M, Kiviniemi A. The IFC standard-a review of history, development, and standardization[J]. *Journal of Information Technology in Construction*, 2012, **17**(9), 134-161.
- [4] BuildingSMART. Currently certified software products[Z/OL]. [2016.2.27]. <http://www.buildingsmart.org/certification/currently-certified-software-products>.
- [5] Bahar Y N, Pere C, Landrieu J E R E, et al. A thermal simulation tool for building and its interoperability through the building information modeling (BIM) platform[J]. *Buildings*, 2013, **3**(2):380-398.
- [6] Dong B, Lam K, Huang Y C, et al. A comparative study of the IFC and gbXML informational infrastructures for data exchange in computational design support environments[C]// Proc building simulation 2007. Beijing, China: international building performance simulation association, 2007: 1530-1537.
- [7] Kim I, Kim J, Choi J. Development of the IFC based IDF converter for energy performance assessment in the early design phase[J]. *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, 2011, **16**(2):146-155.
- [8] 马智亮, 曾统华, 魏振华, 等. 从节能设计 IFC 数据生成 IDF 数据的机制及关键算法[J]. 土木建筑工程信息技术, 2012, **4**(1): 1-5.
- MA Zhiliang, ZENG Tonghua, WEI Zhenhua, et al. Mechanism and key algorithms of transformation from IFC data of design result to IDF data for analysis of building's energy consumption [J]. *Journal of Information Technology in Civil Engineering and Architecture*, 2012, **4**(1): 1-5. (in Chinese)
- [9] Guglielmetti R, Macumber D, Long N. OpenStudio: an open source integrated analysis platform[C]// Proc building simulation 2011. Sydney, Australia: international building performance simulation association, 2011: 442-449.
- [10] Rallapalli H S. A comparison of EnergyPlus and eQUEST whole building energy simulation results for a medium

sized office building[D]. Phoenix, Arizona, USA: Arizona State University, 2010.

- [11] Liebich T. Unveiling IFC2x4-the next generation of openBIM[C]// Proc the 27th International Conference - Applications of IT in the AEC Industry & Accelerating BIM Research Workshop. Cairo, Egypt: University of Ljubljana, 2010.
- [12] Díaz-Vilariño L, Lagüela S, Armesto J, et al. Semantic as-built 3D models including shades for the evaluation of solar influence on buildings[J]. *Solar Energy*, 2013, **92**: 269-279.