

# 基于 BIM 的模块化设计与建造技术在建设工程中的应用现状

李 蕾<sup>1</sup>, 王 昊<sup>2</sup>, 王 宁<sup>2</sup>

(1. 中色国际氧化铝开发有限公司, 北京 100029; 2. 东北大学设计研究院(有限公司), 辽宁 沈阳 110000)

**[摘 要]** 近年来, BIM 技术在建设工程中得到广泛应用, 模块化设计与建造技术基于 BIM 技术衍生出来的一种全新设计理念, 其优势明显、应用范围广泛, 尤其适用于海外工程项目。本文首先介绍了 BIM 的模块化设计与建造技术的概念, 并对其具备的优点进行了叙述, 同时阐述其在近年来在各类工程建设行业中的应用现状, 最后展望了该技术的应用前景及发展趋势。

**[关键词]** BIM; 模块化; 设计; 建造; 应用

**[中图分类号]** TU741

**[文献标志码]** B

**[文章编号]** 1003-8884(2023)04-0057-04

**DOI:** 10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2023.04.011

## 0 引言

随着当前的建设工程项目向着大型化、国际化的方向发展, 传统设计与建造理念逐渐不能满足工程实际发展的需要。模块化设计的理念起源于海洋石油平台建设工程, 该技术预制化程度高、应用条件广、可大量引入平行施工作业, 极大缩短建设周期。随着 BIM 技术的兴起, 一种基于 BIM 技术模块化设计与建造技术运用而生, 该技术极大提高了设计、管理与建造效率, 提升了设计质量, 广泛应用于冶金、矿山、化工、建筑等领域的工程项目。本文对该技术的优点、应用现状、应用前景进行了论述。

## 1 基于 BIM 的模块化设计与建造技术概述

BIM (Building Information Modeling) 是建立数字化信息模型的英文单词缩写, 它是一种新型数字化仿真技术, 具有可视化、协调性、模拟性、优化性、可出图性等优点。BIM 技术可实现工程建设行业从策

划、设计、施工、运营整个生命周期精细化管理, 对于设计而言, 各个专业可以在事先搭好的 BIM 平台进行三维协同设计, 其示意图如图 1 所示。三维协同设计进一步增加了各专业之间的协调与沟通, 可大大提升设计效率, 同时提高设计质量。近年来, 在工程建设行业, BIM 技术已经得到广泛应用。

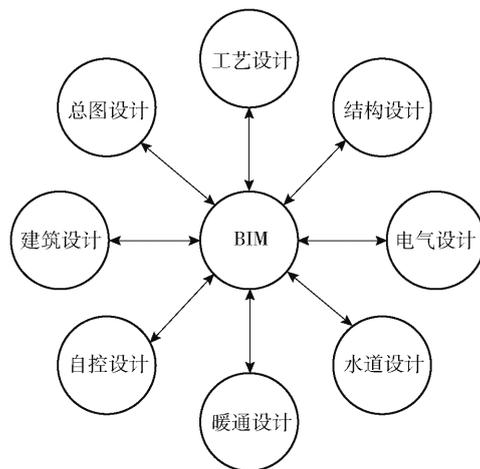


图 1 基于 BIM 技术的各专业同平台三维协同设计示意图

基于 BIM 技术的模块化设计与建造技术, 是指在兼顾工艺与系统功能分析的基础上, 利用 BIM 技术按设定的拆分规则先将整个建设工厂划分出多个系统功能的大型模块单元, 再将大型模块单元细划分为一系列独立的基础模块单元。其中, 基础的模块单元包含建筑、结构、管道、设备、电气、控制专业

**[收稿日期]** 2023-05-21

**[第一作者]** 李蕾 (1982—), 女, 河北秦皇岛人, 中级工程师, 硕士, 主要从事有色行业设备采购、工程开发与管理工作, 现任中国有色金属建设股份有限公司贸易中心主管。

**[引用格式]** 李蕾, 王昊, 王宁. 基于 BIM 的模块化设计与建造技术在建设工程中的应用现状[J]. 有色设备, 2023, 37(4): 57-60.

中的全部或部分內容。再將每個基礎模塊單元在異地工廠預制拼裝,運抵現場後按預設好的組裝方案對其進行安裝。概括來說,模塊化設計與建造技術可以用下面公式得以體現:模塊化工廠建設 = 模塊化設計 + 異地建造 + 模塊運輸 + 現場組裝。基於 BIM 技術的模塊化設計與建造技術流程如圖 2 所示。簡而言之,BIM 模塊化設計與建造是一種“搭積木”式工廠建造方式,該技術是一種全新的信息化管理技術與手段,具有一定的實際應用價值。

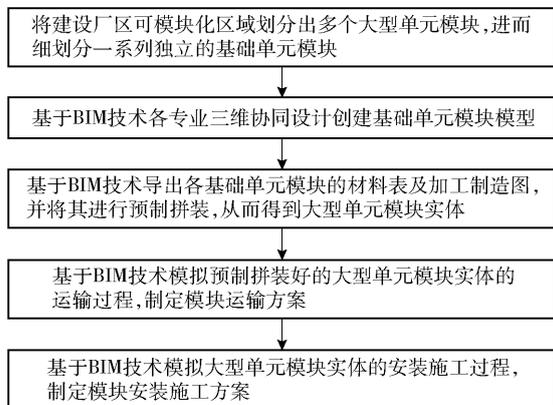


圖 2 基於 BIM 技術的模塊化設計與建造的技術流程

## 2 基於 BIM 的模塊化設計與建造技術的優點

與傳統設計建造方法相比,利用基於 BIM 技術的模塊化技術進行工程設計,其優點概括起來主要體現在以下幾個方面。

### 1) 提高設計效率

利用 BIM 技術進行模塊化設計,將工程項目劃分為多個獨立的模塊,各專業可同平台協同設計對模塊進行三維建模,利用 BIM 技術的可視化與協調性,更直觀地發現模塊模型中存在的碰撞問題,進而便於設計人員第一時間有效消除模塊模型中的沖突問題,提升設計效率,避免施工階段的圖紙返工,加快出圖的效率。

### 2) 提高設計質量,降低項目成本

利用 BIM 技術進行模塊化設計有效消除了模塊模型中的碰撞問題,大大提高了模型設計精度,減少了設計變更成本,同時也降低了模塊加工預制成本;同時在後續的模塊化建造施工過程中,可更好控制每個模塊單元的施工精度,有效減少施工誤差帶來成本損失,這一點尤其在海外工程項目中優勢更加明顯,由於海外發達國家勞動力資源緊缺,人工成本昂貴。

### 3) 提高管理效率,縮短建設周期

採用基於 BIM 技術模塊化設計,可利用 BIM 技術的模擬性模擬模塊的組裝過程、運輸過程、建造安裝過程等並進行技術交底,方便了項目管理人員對於施工過程的管理。同時模塊可在國內加工製造並預制拼裝,通過海運方式運送至海外工程建設現場。與此同時,模塊化施工降低了对吊裝設備要求、稱重作業及各類運輸的難度,顯著減少大型吊裝作業,提高了安全性。不同區域模塊可同時施工,快速完成模塊的建造調試,縮短建設工期。

### 4) 應用範圍廣

基於 BIM 技術的模塊化設計與建造技術應用廣泛,不僅可以應用於國內工程項目,還可以在海外項目得到大規模運用。對於海外工程項目,業主要求必須採用 BIM 技術,同時發達國家高額的人工成本使業主更加青睞於模塊化設計;在氣候、環境條件苛刻、政治不穩定國家及地區的海外工程項目,通常資源配套保障不及時、複雜地域的施工不便利性、現場施工的危險極大增加,採用模塊化設計可有效降低項目運行風險,規避制約因素,縮短項目工期,提高項目質量。對於工藝技術保密的項目,模塊化設計可保證工藝技術不外泄,極大地保護了知識產權。

## 3 基於 BIM 的模塊化設計與建造技術的工程應用現狀

目前,基於 BIM 的模塊化設計與建造技術在機電工程、冶金礦山工程、石油化工工程、建築工程、核電工程、水運工程等領域正在逐步嘗試推廣運用,並取得了良好的應用效果。

### 3.1 機電工程領域

目前,在各類機電工程領域中,基於 BIM 的模塊化設計與建造技術的理念受到了廣泛的認可,已有眾多關於該技術在機電工程中的應用的報道。嚴飛華<sup>[1]</sup>等介紹了基於 BIM 的模塊化設計與建造技術,在某商貿中心綜合服務大樓機電工程中的應用。首先分析了常規模塊化設計與建造方案的不足之處,其次對該項目中的機電工程的模塊化設計與建造流程進行了詳盡敘述。應用實踐證明,該模塊化設計與建造技術可節約人工與材料成本分別為 20% 和 10.3%,同時提升機電管線的施工質量、安全水平,並指出 BIM 技術模塊化建造技術,可實現機電工程的自動化生產、綠色建造。李娜<sup>[2]</sup>研究了

实际机电工程案例中 BIM 模块化施工技术,论述了从机电管线一体化模型设计、拆解、优化,到预制加工、现场组装等信息化施工过程,指出 BIM 模块化施工技术的运用展现出以下几点优势:对项目的应用技术增加了灵活性;可减少因管线冲突而导致的设计变更;提高了机电工程的施工效率,该技术在机电工程领域的有着不错的应用前景。宫治国<sup>[3]</sup>介绍了基于 BIM 装配式模块化施工技术在敦煌国会项目机电工程中的应用。基于该技术提出了敦煌国会项目机电工程施工实施流程、组织与技术管理措施,并对该工程中的 BIM 装配式模块化施工实施过程、注意事项进行了总结。指出 BIM 装配式模块化施工技术在项目质量、成本及工期管理取得了良好的应用效果。朱刚<sup>[4]</sup>等报道了 BIM 模块化设计在无锡地铁某站机电设备安装工程中的应用,运用 BIM 技术将环控机房划分 8 个模块,随后对这 8 个模块统一进行工厂化预制。并指出该技术的运用提高了从设计、预制、运输、安装的标准水平,有效缩短了工期,对于提高工程质量有着显著的作用。王君<sup>[5]</sup>等报道了基于 BIM 技术设备房的机电模块预制化在某铁路综合枢纽工程中的应用。基于 BIM 技术的机电模块预制化可将分散手工作业转化为机械化集中生产模式,有利于提高机电工程施工效率,并且利于品控管理,对提升工程质量有利;同时,可减少用工人数,降低了人工作业成本,提升了施工的安全性。张宁波<sup>[6]</sup>等探讨了基于 BIM 模块化设计的装配式技术在建筑机电工程中的应用,并对建筑机电工程中机电设备与管线的模块化设计、预制建造、运输、安装等流程及注意事项进行了详细的介绍。该技术的运用有助于提高机电工程的装配化程度,促进了建筑机电行业的技术发展,并对该技术在建筑机电工程中的应用前景保持积极乐观态度。

### 3.2 冶金、矿山工程领域

余玥霞<sup>[7]</sup>等报道了 KONIAMBO 镍矿项目冶炼装置采用模块化设计与建造技术的工程应用案例,并详细介绍了 15 个钢结构单元模块的建造、运输、组装等技术注意事项。模块化设计的运用可对模块进行批量化生产,降低了成本同时提高了模块建造质量。石永刚<sup>[8]</sup>介绍了将 BIM 模块化设计技术应用于澳大利亚某铁矿选矿项目中,指出 BIM 技术的运用,为模块化建造方案的制定提供了强有力的技术支持。王朝阳<sup>[9]</sup>报道了模块化设计在澳大利亚

某冶金项目中的应用,着重介绍了模块化分、模块拼装等环节,该项目模块化设计方案受到了业主的肯定。这对同类的大型冶金项目的模块化设计提供了思路,并积累了应用经验。

### 3.3 建筑工程领域

江旻华<sup>[10]</sup>报道了基于 BIM 的模块化设计方法在装配式建筑中的应用,探讨了户内、户外、标准层的模块化的应用。安家成<sup>[11]</sup>等阐述了基于 BIM 平台下,装配式建筑模块化设计方法、过程。并探究了在装配式建筑中,模块化设计在该领域的实际应用价值。指出在 BIM 技术背景下,模块化建筑将成为未来建筑领域一种重要形式。康思诚<sup>[12]</sup>首先探讨了 BIM 模块化技术的优势,并指出将其应用于建筑领域可整体提升设计效率,进而提升施工效率与质量,有效节约建筑成本的投入,有利于促进装配式建筑的发展。

### 3.4 石油、化工工程领域

沈志洵<sup>[13]</sup>对模块化设计在石化工程建设领域适用条件、设计要点等方面进行了介绍,模块的划分可以提高整体设计效率,缩短设计时间,该技术已在石油化工建设项目中得到广泛的推广。陆棋<sup>[14]</sup>介绍了将基于 BIM 的模块化设计与建造技术应用于农药制剂工厂的案例。在 BIM 模块化技术的运用下,农药制剂工厂被设计为多个模块,将其进行模块化建造。同时也对该技术在农药制剂行业的应用前景进行了展望,指出基于 BIM 平台的模块化设计与建造技术,将会促进农药制剂行业的快速发展。钟肖<sup>[15]</sup>系统介绍了在某 LNG 工厂中模块化设计方法,从模块化分区、模块化设计等方面进行了研究,为海洋平台的模块化设计、建造了提供借鉴经验。

### 3.5 其他工程领域

鲁勤武<sup>[16]</sup>等介绍了 CPR1000 型核电工程模块化设计过程中,各阶段主要设计内容及要点,研究总结了一套较完整的、指导模块化设计的模块设计流程,为核电工程模块化技术研发工作提供了借鉴方案。王素敏<sup>[17]</sup>等将模块化设计引入水泥厂电改袋工程的技术升级工程中,该技术的运用简化了收尘设备的设计流程,提高了制造、安装的精度,解决了复杂状况对工期、安装质量影响的难题。颜红亮<sup>[18]</sup>报道了基于 BIM 技术模块化设计在船闸工程金属结构研发设计中的应用。通过 BIM 技术可实现船闸工程金属结构模块设计技术的革新与完善技术体

系,该技术可贯穿船闸工程金属结构的全生命周期,提高了设计质量,提升了工作效率与管理水平。

## 4 结语

综上所述,基于 BIM 的模块化设计与建造技术打破了传统的设计建造理念,该技术可在人工成本相对较低的国家完成模块制造并完成预组装,运抵施工现场只需拼装完成相应拼装工作,是未来工程建设的趋势所在。BIM 技术的模块化设计与建造技术有着应用广泛、节省投资、提高设计效率与质量、缩短建设周期和现场安装施工简便等特点,该技术特别是在未来的海外工程中国外业主和工程公司的必然选择与发展趋势,该技术的应用可能成为常态。目前,基于 BIM 的模块化设计与建造技术在冶金矿山、化工行业中有着广泛的应用,但将其应用于氧化铝行业中相关的应用报道较少,还处于摸索阶段。

### [参考文献]

- [1] 严飞华,赵力行,虞莉丽,等. 基于 BIM 技术的机电工程模块化建造应用[J]. 城市住宅,2020,27(6):191-192.
- [2] 李娜. 基于 BIM 技术的机电管线工程模块化施工方法研究[D]. 广州:广东工业大学,2021.
- [3] 宫治国. 敦煌国会项目机电安装 BIM + 装配式的模块化施工方法研究[D]. 西安:西安建筑科技大学,2018.
- [4] 朱刚,刘旭东. 装配式模块化技术在地铁机电设备安装工程中的应用[J]. 安装,2021(12):57-59.
- [5] 王君,葛强. “BIM+”机电预制化技术在铁路综合枢纽工程中的应用[J]. 铁道建筑技术,2018(8):28-31 +

84.

- [6] 张宁波,张勤. 建筑机电工程模块化预制装配施工技术的研究[J]. 绿色建筑,2022,14(3):142-146.
- [7] 余玥霞,李明,梁艳霞,等. 模块化建造技术[J]. 钢结构,2012,27(S1):315-319.
- [8] 石永刚. 冶金矿山模块化建造 BIM 探索应用[J]. 矿业工程,2020,18(4):58-61.
- [9] 王朝阳. 模块化设计在工程项目中的应用[J]. 有色设备,2020,34(4):1-7.
- [10] 江旻华. 基于 BIM 的模块化设计方法在装配式建筑中的应用探究[J]. 建材与装饰,2018(39):112-113.
- [11] 安家成,刘学贤. 浅析 BIM 背景下装配式建筑的模块化设计应用[J]. 建筑与文化,2020(10):77-79.
- [12] 康思诚. 探讨基于 BIM 模块化设计方法在装配式建筑中的应用[J]. 建材与装饰,2018(48):99-100.
- [13] 沈志洵. 模块化建造在石化工程建设领域的应用[J]. 化学工程与装备,2020(8):160-162.
- [14] 陆棋,徐向晖,方永,等. 基于 BIM 平台的农药制剂模块化化工厂设计与建造技术研究[J]. 世界农药,2020,42(7):23-25+40.
- [15] 钟肖. 模块化设计在 LNG 工厂的应用研究[J]. 石油和化工设备,2021,24(1):48-50+53.
- [16] 鲁勤武,柴伟东,韩小萍,等. 核电工程模块化设计技术研究[J]. 核科学与工程,2013,33(3):254-259.
- [17] 王素敏,葛会强. 水泥厂电改袋工程模块化设计和施工[J]. 新世纪水泥导报,2019,25(6):67-70.
- [18] 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.

## Application Status of Modular Design and Construction Technology Based on BIM in Construction Engineering

LI Lei, WANG Hao, WANG Ning

**Abstract:** In recent years, BIM technology has been widely used in construction projects, modular design and construction technology is based on a new design concept derived from BIM technology, its advantages are obvious, the application range is wide, especially suitable for overseas engineering projects. This paper first introduces the concept of modular design and construction technology of BIM, describes its advantages, explains its application status in various engineering and construction industries in recent years, and finally looks forward to the application prospects and development trends of this technology.

**Key words:** BIM; modularization; devise; build; apply

