

数字孪生城市建模与应用

职业技能等级标准

标准代码：510077

（2021年2.0版）

北京智能装配式建筑研究院制定

2021年12月发布

目次

前言.....	1
1 范围.....	2
2 规范性引用文件.....	2
3 术语和定义.....	2
4 适用院校专业.....	4
5 面向职业岗位（群）	8
6 职业技能要求.....	8
参考文献.....	17

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本标准起草单位（排名不分先后）：北京智能装配式建筑研究院有限公司、北京万华创力数码科技开发有限公司、欧特克软件（中国）有限公司、上海益埃毕建筑科技有限公司、清华大学、同济大学、北京建筑大学、浙江建设职业技术学院、四川建筑职业技术学院、江苏建筑职业技术学院、山西建筑职业技术学院、河南建筑职业技术学院、上海工艺美术职业学院、深圳职业技术学院、河北工业职业技术学院、威海职业学院、内蒙古建筑职业技术学院、上海城建职业学院、广州城建职业学院、绍兴市中等专业学校。

本标准主要起草人（排名不分先后）：管晗波、王东、李大伟、郭洪涛、闫晶、戴彤云、张永军、惠乐怡、李万军、肖春红、顾豪杰、富磊、罗海涛、吴新仪、宋嘉俊、任耀、肖尧、沈映、宋亦凡、詹炳宏、刘蔚婷、陈洁滋、叶雯、肖倩、温希东、汪可、鲁海涛、郑晟。

本标准审定人：姚兵、王海峰、武敬、谢功全、王芬旗、但韦霖、蔡伟庆、贾明涛、贺亮、甘惟。

声明：本标准的知识产权归属于北京智能装配式建筑研究院有限公司，未经北京智能装配式建筑研究院有限公司同意，不得印刷、销售。

1 范围

本标准规定了数字孪生城市建模与应用职业技能等级对应的工作领域、工作任务及职业技能要求。

本标准适用于数字孪生城市建模与应用职业技能培训、考核与评价，相关用人单位的人员聘用、培训与考核可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的使用是必不可少的，凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准；凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 51212 建筑信息模型应用统一标准

GB/T 51235 建筑工程施工信息模型应用标准

GB/T 5271.7-2008 信息技术 词汇 第7部分：计算机编程

GB/T 5271.15-2008 信息技术 词汇 第15部分：编程语言

CJJ/T 157-2010 城市三维建模技术规范

YD/T 3078-2016 移动增强现实业务能力总体技术要求

GB/T 36341.1-2018 信息技术 形状建模信息表示 第1部分：框架和基本组件

教育部《高等职业学校专业教学标准》，2017

教育部《中等职业学校专业教学标准》，2019

教育部关于印发《职业教育专业目录（2021年）》的通知 教职成〔2021〕2号

3 术语和定义

GB/T 51212、GB/T 51235、GB/T 5271、YD/T 3078、GB/T 36341界定的以及下列术语的定义适用于本标准。

3.1 数字孪生城市 Digital Twin City

数字孪生城市是以计算机技术、多媒体技术和大规模存储技术为基础，以宽带网络为纽带，运用遥感、全球定位系统、地理信息系统、遥测、仿真-虚拟等技术，对城市进行多分辨率、多尺度、多时空和多种类的三维描述，即利用信息技术手段把城市的过去、现状和未来的全部内容在网络上进行数字化虚拟实现，在建设物理城市的同时，通过万物互联感知，汇集多方数据搭建城市智能模型，形成与新区同生共长的虚拟城市模型的技术。

3.2城市信息模型 City Information Modeling

是以城市信息数据为基数，建立起三维城市空间模型和城市信息的有机综合体。通过GIS数据+CIM数据+物联网的有机结合。与传统基于GIS的数字城市相比，或CIM相比，CIM将数据颗粒度细化到城市单体建筑物内部的一个机电配件、一扇门，将传统静态的数字城市升级为可感知、动态在线、虚实交互的数字孪生城市，为城市敏捷管理和精细化治理提供了数据基础。[GB/T 51212]

3.3沉浸式虚拟现实 Immersive Virtual Reality

沉浸式虚拟现实是一种提供参与者完全沉浸的体验，使用户有一种置身于虚拟世界之中的感觉。其特点是利用头盔显示器把用户的视觉、听觉封闭起来，产生虚拟视觉，同时，它利用数据手套把用户的手感通道封闭起来，产生虚拟触动感。系统采用语音识别器让参与者对系统主机下达操作命令，与此同时，头、手、眼均有相应的头部跟踪器、手部跟踪器、眼睛视向跟踪器的追踪，使系统达到尽可能的实时性。[GB/T 5271.7]

3.4 城市信息模型（CIM）软件 CIM software

对城市信息模型进行创建、使用、管理的软件，简称CIM软件。

3.5城市信息模型（CIM）职业技能 CIM Vocational Skills

通过使用各类城市信息模型（CIM）软件，创建、应用与管理适用于建设工程及设施规划、设计、施工及运维所需的三维数字模型的技术能力的统称。（以下简称“CIM职业技能”）

3.6地理信息系统（GIS） Geographic Information System

地理信息系统（GIS）有时又称为“地学信息系统”。它是一种特定的十分重要的空间信息系统。它是在计算机硬、软件系统支持下，对整个或部分地球表层（包括大气层）空间中的有关地理分布数据进行采集、储存、管理、运算、分析、显示和描述的技术系统。

3.7物联网（IOT） The Internet of Things

物联网是指通过各种信息传感器、射频识别技术、全球定位系统、红外感应器、激光扫描器等各种装置与技术，实时采集任何需要监控、连接、互动的物体或过程，采集其声、光、热、电、力学、化学、生物、位置等各种需要的信息，通过各类可能的网络接入，实现物与物、物与人的泛在连接，实现对物品和过程的智能化感知、识别和管理。物联网是一个基于互联网、传统电信网等的信息承载体，它让所有能够被独立寻址的普通物理对象形成互联互通的网络。

4 适用院校专业

4.1 参照原版专业目录：

中等职业学校：水文地质与工程地质勘察、工程测量、地图制图与地理信息系统、地质与测量、航空摄影测量、建筑与工程材料、建筑表现、建筑装饰、古建筑修缮与仿建、城镇建设、建筑工程施工、土建工程检测、楼宇智能化设备安装与运行、建筑设备安装、供热通风与空调施工运行、工程造价、市政工程施工、给排水工程施工与运行、城市燃气输配与应用、道路与桥梁工程施工、数字媒体技术应用、计算机平面

设计、美术设计与制作、网页美术设计、数字影像技术、影像与影视技术、计算机动漫与游戏制作、动漫游戏等相关或相近专业。

高等职业学校：工程地质勘查、水文与工程地质、环境地质工程、工程测量技术、测绘工程技术、测绘与地质工程技术、测绘地理信息技术、摄影测量与遥感技术、地籍测绘与土地管理、国土测绘与规划、地图制图与数字传播技术、建筑设计、建筑装饰工程技术、古建筑工程技术、园林工程技术、风景园林设计、建筑室内设计、建筑动画与模型制作、城乡规划、城市信息化管理、村镇建设与管理、建筑工程技术、建筑钢结构工程技术、地下与隧道工程技术、土木工程检测技术、建筑设备工程技术、建筑电气工程技术、供热通风与空调工程技术、建筑智能化工程技术、工程造价、建设工程管理、建设项目信息化管理、建筑经济管理、建设工程监理、市政工程技术、给排水工程技术、城市燃气工程技术、道路桥梁工程技术、数字展示技术、数字媒体应用技术、虚拟现实应用技术、动漫制作技术、艺术设计、视觉传播设计与制作、数字媒体艺术设计、产品艺术设计、环境艺术设计、公共艺术设计、游戏设计、展示艺术设计、广告设计与制作、室内艺术设计、动漫设计、摄影与摄像艺术、图文信息处理、影视动画、影视多媒体技术、摄影摄像技术等相关或相近专业。

应用型本科学校：自然地理与资源环境、人文地理与城乡规划、地理信息科学、空间科学与技术、地球信息科学与技术、数字媒体技术、新媒体技术、虚拟现实技术、土木工程、建筑环境与能源应用工程、给排水科学与工程、建筑电气与智能化、城市地下空间工程、道路桥梁与渡河工程、铁道工程、智能建造、土木水利与海洋工程、土木水利与交通工程、测绘工程、地理空间信息工程、勘查技术与工程、建筑学、城乡规划、风景园林、历史建筑保护工程、人居环境科学与技术、城市设计、智慧建筑与建造、工程管理、工程造价、动画、影视摄影与制作、影视技术、跨媒体艺术、艺

术设计学、视觉传达设计、环境设计、公共艺术、数字媒体艺术、艺术与科技、新媒体艺术等相关或相近专业。

高等职业教育本科学校：建筑设计、风景园林、土木工程、工程造价、工程管理、道路桥梁工程、数字媒体技术、虚拟现实技术与应用、视觉传达设计、数字媒体艺术、环境艺术设计、公共艺术设计。

4.2 参照新版职业教育专业目录：

中等职业学校：水文地质与工程地质勘查、工程测量技术、地图绘制与地理信息系统、地质与测量、航空摄影测量、装配式建筑构件制作技术、建筑表现、建筑装饰技术、古建筑修缮、园林景观施工与维护、城镇建设、建筑工程施工、装配式建筑施工、建筑工程检测、建筑智能化设备安装与运维、建筑水电设备安装与运维、供热通风与空调施工运行、建筑工程造价、市政工程施工、给排水工程施工与运行、城市燃气智能输配与应用、道路与桥梁工程施工、数字媒体技术应用、计算机平面设计、艺术设计与制作、界面设计与制作、数字影像技术、动漫与游戏设计、影像与影视技术、动漫与游戏制作等相关或相近专业。

高等职业学校：工程地质勘查、环境地质工程、城市地质勘查、工程测量技术、测绘工程技术、测绘地理信息技术、摄影测量与遥感技术、地籍测绘与土地管理、国土空间规划与测绘、无人机测绘技术、空间数字建模与应用技术、装配式建筑构件智能制造技术、建筑设计、建筑装饰工程技术、古建筑工程技术、园林工程技术、风景园林设计、建筑室内设计、建筑动画技术、城乡规划、智慧城市管理技术、村镇建设与管理、建筑工程技术、装配式建筑工程技术、建筑钢结构工程技术、智能建造技术、地下与隧道工程技术、土木工程检测技术、建筑设备工程技术、建筑电气工程技术、供热通风与空调工程技术、建筑智能化工程技术、工业设备安装工程技术、建筑消防

技术、工程造价、建设工程管理、建筑经济信息化管理、建设工程监理、市政工程技术、给排水工程技术、城市燃气工程技术、市政管网智能检测与维护、城市环境工程技术、道路与桥梁工程技术、数字媒体技术、虚拟现实技术应用、动漫制作技术、艺术设计、视觉传达设计、数字媒体艺术设计、环境艺术设计、公共艺术设计、游戏艺术设计、展示艺术设计、广告艺术设计、室内艺术设计、动漫设计、摄影与摄像艺术、数字图文信息处理技术、影视动画、影视多媒体技术等相关或相近专业。

应用型本科学校：自然地理与资源环境、人文地理与城乡规划、地理信息科学、空间科学与技术、地球信息科学与技术、数字媒体技术、新媒体技术、虚拟现实技术、土木工程、建筑环境与能源应用工程、给排水科学与工程、建筑电气与智能化、城市地下空间工程、道路桥梁与渡河工程、铁道工程、智能建造、土木水利与海洋工程、土木水利与交通工程、测绘工程、地理空间信息工程、勘查技术与工程、建筑学、城乡规划、风景园林、历史建筑保护工程、人居环境科学与技术、城市设计、智慧建筑与建造、工程管理、工程造价、动画、影视摄影与制作、影视技术、跨媒体艺术、艺术设计学、视觉传达设计、环境设计、公共艺术、数字媒体艺术、艺术与科技、新媒体艺术等相关或相近专业。

高等职业教育本科学校：环境地质工程、测绘工程技术、地理信息技术、建筑材料智能制造、建筑设计、建筑装饰工程、古建筑工程、园林景观工程、城市设计数字技术、城乡规划、建筑工程、智能建造工程、城市地下工程、建筑智能检测与修复、建筑环境与能源工程、建筑电气与智能化工程、工程造价、建设工程管理、市政工程、城市设施智慧管理、道路与桥梁工程、数字媒体技术、虚拟现实技术、视觉传达设计、数字媒体艺术、环境艺术设计、公共艺术设计、游戏创意设计、展示艺术设计、数字影像设计、数字动画等相关或相近专业。

5 面向职业岗位（群）

【数字孪生城市建模与应用】（初级）：主要面向建筑行业、新一代信息技术和数字创意领域基于建筑工程设计、城市规划、数字工程管理与咨询、数字设计、虚拟现实的技术企业、事业单位和政府部门的信息化资源制作与管理、工程设计、信息化建模等相关职业岗位，主要完成数字图像和模型数据的整理等工作，从事信息员、绘图员、美工、工程技术助理等工作。

【数字孪生城市建模与应用】（中级）：主要面向建筑与工程企业、数字创意与设计企业、虚拟现实技术开发与应用企业、向数字孪生城市新一代信息技术转型的企事业单位以及政府部门等的数字艺术设计、动画制作、模型制作、建筑信息建模、城市信息建模、建筑工程信息处理、三维模型信息优化等相关职业岗位，主要完成建筑信息建模、城市信息建模、三维场景建模、三维角色建模、三维动画制作以及维护和优化数字孪生城市模型数据等工作，从事三维建模师、三维动画师、角色和场景设计师、BIM 建模员和技术员等工作。

【数字孪生城市建模与应用】（高级）：主要面向建筑与工程企业、数字创意与设计企业、虚拟现实技术开发与应用企业、向数字孪生城市新一代信息技术转型的企事业单位以及政府部门等的信息数字设计、模型制作、系统研发与测试、数字信息系统运维等相关职业岗位，完成对城市与建筑信息模型的三维渲染、与 GIS 系统和物联系统进行链接与调试、对接城市智能系统完成数字孪生环境搭建、应用设计、程序开发、性能优化与测试等工作，从事三维视觉特效师、虚拟现实开发工程师、技术美术师、建筑与城市信息模型设计师和技术工程师等工作。

6 职业技能要求

6.1 职业技能等级划分

数字孪生城市建模与应用职业技能等级分为三个等级：初级，中级，高级，三个级别依次递进，高级别涵盖低级别职业技能要求。

【数字孪生城市建模与应用】（初级）：主要面向各企事业单位、政府部门等的信息化数字化部门，从事数字图像和模型数据的整理、模型文档的编辑和保存以及图形图像的信息处理，完成数字图像的合成与处理、数字模型制作与编辑、城市信息化建模与制图、工程文件的输出和工作协同。

【数字孪生城市建模与应用】（中级）：主要面向建筑与工程企业、数字创意与设计企业、虚拟现实技术开发与应用企业和向数字孪生城市新一代信息技术转型的企事业单位、政府部门等的数字艺术设计、动画制作、模型制作、建筑信息建模、城市信息建模、建筑工程信息处理、三维模型信息优化部门，根据数字孪生城市建模与应用在数字创意、城市信息模型和城市设备等具体行业领域的业务需求，从事三维建模软件创建建筑信息模型、城市信息模型、场景模型、角色模型、三维动画等资源，能基于数字孪生城市建立的模型完成基本维护，完成三维模型制作与艺术渲染、三维动画制作、数字孪生城市建筑信息模型制作、城市建筑结构模型制作。

【数字孪生城市建模与应用】（高级）：主要面向建筑与工程企业、数字创意与设计企业、虚拟现实技术开发与应用企业和向数字孪生城市新一代信息技术转型的企事业单位、政府部门等的信息数字设计、模型制作、系统研发与测试、数字信息系统运维部门，根据数字孪生城市建立的模型在数字创意、城市信息模型和城市设备等具体行业领域的业务需求，从事城市与建筑信息模型三维渲染、GIS系统和物联系统链接与调试、城市智能系统的数字孪生环境搭建、应用设计、程序开发、性能优化与测试，完成数字孪生城市虚拟现实技术开发、数字孪生城市虚拟现实技术美术、数字城市地理信息模型制作、数字城市交通道路与管网信息模型制作、城市建筑信息建模与模拟

分析。

6.2 职业技能等级要求描述

表 1 数字孪生城市建模与应用职业技能等级要求（初级）

工作领域	工作任务	职业技能要求
1. 数字图像的合成与处理	1.1 数字图像的编辑与加工处理	1.1.1 能准确识别数字孪生城市数字信息图像的基本特性、文件属性； 1.1.2 能完成数字图像的裁切和尺寸调整； 1.1.3 能完成数字图像的色彩校正； 1.1.4 能完成数字图像的抠图处理； 1.1.5 能通过数字图像处理软件对图像做基本修复和修改。
	1.2 数字图像后期合成与特效加工	1.2.1 能对数字图像完成蒙版与通道的创建与编辑； 1.2.2 能在数字图像中创建和编辑矢量图形； 1.2.3 能完成数字图像的基本艺术效果； 1.2.4 能使用数字图像处理软件中的画笔工具完成绘图。
	1.3 数字图像文本添加和排版	1.3.1 能完成文本的添加，输入与编辑横排文本、直排文本、点文本与段落文本的方法； 1.3.2 能通过“字符”与“段落”面板中的主要参数设置完成字符的编辑、定义和段落样式的设定； 1.3.3 能完成路径绕排文字的创建与编辑； 1.3.4 能完成区域文字的创建与编辑。
2. 数字模型制作与编辑	2.1 三维模型文件的编辑与保存	2.1.1 能通过三维建模工具软件打开、关闭、保存三维模型文件； 2.1.2 能完成三维模型文件的导入和导出； 2.1.3 能通过三维建模工具软件完成文件的合并和替换； 2.1.4 能对已有的模型文件完成文件格式转换。
	2.2 三维模型的基础制作	2.2.1 能完成标准几何体的创建和编辑； 2.2.2 能完成样条线、扩展样条线和复合图形的创建和编辑； 2.2.3 能通过修改器的挤出、倒角、车削、对称等功能完成三维模型的修改和调整； 2.2.4 能通过修改器的噪波、法线、切片、挤压等功能完成三维模型的修改和调整。
	2.3 三维模型复合对象的制作	2.3.1 能通过三维建模工具的布尔运算完成三维建模； 2.3.2 能通过三维建模工具的放样等功能完成三维建模； 2.3.3 能通过多边形建模方式完成三维建模； 2.3.4 能通过面片建模方式完成三维建模。

3. 城市信息化建模与制图	3.1 基本绘图与编辑	3.1.1 能准确识读建筑施工图、结构施工图； 3.1.2 能完成工程图的打开、浏览、标注和文件格式转换； 3.1.3 能完成工程图的绘制和修改； 3.1.4 能完成工程图中的动态参数管理。
	3.2 城市信息模型创建编辑	3.2.1 能通过曲面建模、网络建模、实体建模、三维实体建模完成三维模型创建； 3.2.2 能使用拉伸、放样、扫掠等方式完成模型的创建与编辑； 3.2.3 能为实体完成倒角和圆角等编辑和修改； 3.2.4 能完成三维网络的优化，完成材质的改进和增强（编辑材质、浏览材质改进、预览真实材质、调整程序贴图）。
	3.3 城市信息模型创建编辑	3.3.1 能完成概念体量模型创建与调整； 3.3.2 能将概念体量转换为建筑构件； 3.3.3 能完成概念体量的数据统计； 3.3.4 能完成建筑模型本地渲染和云渲染的操作。
4. 工程文件的输出和工作协同	4.1 工程数据的注释和修改	4.1.1 能使用相对的和绝对的极轴追踪来完成对象的生成和修改； 4.1.2 能完成对图形的对象的偏移、修剪、延伸、定数等分、定距等分、结合、复制、镜像等修改与编辑； 4.1.3 能通过文字样式、表格样式、尺寸标注样式的设定创建文档注释； 4.1.4 能完成表格数据的链接和实时表格。
	4.2 图形输出	4.2.1 能完成添加和配置输出设备及输出图形； 4.2.2 能完成布局创建、页面设置与打印； 4.2.3 能设置模型空间和布局输出样式； 4.2.4 能生成、查看和修改图纸集与标记集； 4.2.5 能完成附着参考底图打印及批处理打印。
	4.3 设计共享与协同	4.3.1 能完成建筑信息数据的外部参照与操作； 4.3.2 能完成设计中心和工具选项板的工具操作使用； 4.3.3 能完成设计数据的提取、存储和共享链接； 4.3.4 能准确识别点云附着和地理位置完成对象链接与超链接以及电子传递的应用。

表 2 数字孪生城市建模与应用职业技能等级要求（中级）

工作领域	工作任务	职业技能要求
1. 三维模型制作与艺术渲染	1.1 三维模型的创建与编辑	1.1.1 能完成几何模型标准基本体的创建和参数设置； 1.1.2 能通过样条线建模技术和复合建模技术完成三维模型的创建； 1.1.3 能通过超级布尔、图形布尔的运算完成三维模型编辑与计算； 1.1.4 能完成通过模型的放样、倒角剖面等完成三维模型的特定修改； 1.1.5 能完成模型的色彩调节。
	1.2 三维模型材质和贴图效果的制作	1.2.1 能通过明暗器和材质基本参数（环境光、漫反射、不透明度、自发光）完成模型材质的基本效果制作； 1.2.2 能通过混合材质、多维/子对象材质、壳材质、物理材质、PBR 材质（金属/粗糙）、PBR 材质（高光反射/光泽）等完成模型材质的复杂效果制作； 1.2.3 能完成位图、向量贴图、高级木材的材质贴图； 1.2.4 能通过 UVW 贴图修改器和编辑器的功能完成贴图、对齐和效果设定。
	1.3 三维模型灯光和环境效果的渲染与制作	1.3.1 能通过三维建模工具的颜色、倍增、近距离衰减/远距离衰减等标准灯光的设置完成灯光效果制作； 1.3.2 能通过三维建模工具的光学灯光和 Arnold 灯光的不同参数设置完成灯管渲染； 1.3.3 能通过三维建模工具的光跟踪器、光传递、曝光控制等功能完成高级照明效果的制作； 1.3.4 能通过三维建模工具的环境面板基本参数、大气效果、亮度对比度效果、胶片颗粒效果、景深效果、运动模糊效果等功能完成模型环境效果的制作。
2. 三维动画制作	2.1 三维动画的制作	2.1.1 针对三维模型对象能完成骨骼的创建和调整； 2.1.2 针对三维模型对象能完成蒙皮制作和修改； 2.1.3 针对三维模型对象能完成交互式 IK（逆向运动学）和应用式 IK 的设定； 2.1.4 能通过三维建模软件中的变形器修改器等完成动画特定效果和参数的设置。
	2.2 角色动画的制作	2.2.1 能通过三维建模软件的 Character Studio（角色动画系统）完成模型对象形体模式（姿势、态势、轨迹）等动作要素的创建和编辑； 2.2.2 能通过三维建模软件的 Character Studio（角色动画系统）完成模型对象步迹模式（行、跑、跳）等动作要素的创建和编辑；

		<p>2.2.3 能通过三维建模软件的 Character Studio（角色动画系统）中运动混合器、Physique 基本参数等完成复杂动画的创建和编辑；</p> <p>2.2.4 能通过三维建模软件的 Character Studio（角色动画系统）完成群集动画（散布、群集行为、优先级）的创建和编辑。</p>
	2.3 三维动画特殊效果的制作	<p>2.3.1 能通过三维建模软件的 Character Animation Toolkit（角色动画工具包）完成角色装备、非线性动画、动画分层、运动捕捉导入和肌肉模拟等创建与编辑；</p> <p>2.3.2 能通过能通过三维建模软件 Particle Flow（粒子流系统）完成粒子流效果的模拟和制作；</p> <p>2.3.3 能通过能通过三维建模软件 Hair and Fur（毛发制作系统）完成毛发的模拟和制作；</p> <p>2.3.4 能通过能通过三维建模软件 Cloth（布料系统）完成布料的模拟和制作。</p>
3.数字孪生城市建筑信息模型制作	3.1 数字孪生城市建筑概念模型制作	<p>3.1.1 能完成概念模型的创建与调整；</p> <p>3.1.2 能完成概念模型与建筑构件的转化；</p> <p>3.1.3 能完成概念模型与工程数据的统计；</p> <p>3.1.4 能完成标准结构构件的创建。</p>
	3.2 建筑模型户型和标准层模型制作模型制作	<p>3.2.1 能完成户型模型组的制作；</p> <p>3.2.2 能完成幕墙的参数设置和添加；</p> <p>3.2.3 能完成门、窗等参数设置和添加；</p> <p>3.2.4 能完成家具布置。</p>
	3.3 建筑模型主体模型制作	<p>3.3.1 能完成建筑主体的制作；</p> <p>3.3.2 能完成建筑阳台、屋顶、入口的制作；</p> <p>3.3.3 能完成楼板和交通核的模型制作；</p> <p>3.3.4 能完成立面、剖面绘制并成果输出。</p>
4.城市建筑结构模型制作	4.1 建筑结构模型制作	<p>4.1.1 能完成结构柱、梁、梁系统及结构支撑的自定义及模型创建；</p> <p>4.1.2 能完成结构板、结构墙体、结构楼梯、结构屋顶的模型创建；</p> <p>4.1.3 能完成结构桁架的模型创建；</p> <p>4.1.4 能完成钢筋保护层、常规钢筋、区域钢筋、路径钢筋、钢筋区域网、复杂钢筋的模型制作。</p>
	4.2 预制钢结构模型的制作	<p>4.2.1 能使用建筑信息建模工具完成预制钢图元的连接操作；</p> <p>4.2.2 能使用建筑信息建模工具完成预制钢图元板、螺栓、焊缝的设置和模型创建；</p> <p>4.2.3 能使用建筑信息建模工具的预制钢图元修改器完成参数编辑和修改；</p> <p>4.2.4 能使用建筑信息建模工具的预制钢参数化切割工具</p>

		的完成参数设置和编辑。
	4.3 深化设计与施工图输出	4.3.1 能完成工程量及材质的统计； 4.3.2 能完成建筑结构平面、立面、剖面图的绘制和标注； 4.3.3 能完成施工图大样与详图制作及出图； 4.3.4 基于数字孪生城市模型能完成设计施工与施工模型全部数据的编辑、保存和调取。

表 3 数字孪生城市建模与应用职业技能等级要求（高级）

工作领域	工作任务	职业技能要求
1. 数字孪生城市虚拟现实技术开发	1.1 三维实时渲染引擎资产制作	1.1.1 能完成三维实时渲染的基础场景制作； 1.1.2 能完成虚拟现实引擎美术资源和关联音视频资源的导入与应用； 1.1.3 能完成虚拟现实引擎，引擎预制体制作； 1.1.4 能完成虚拟现实实时渲染文件的命名的存档。
	1.2 三维实时渲染引擎基础渲染和光影效果制作和表现	1.2.1 能使用引擎灯光系统完成灯光阴影投射与静态光烘焙； 1.2.2 能完成动态物体投射阴影制作； 1.2.3 能完成 HDR 表现方法设定； 1.2.4 能完成三维模型的雾化表现手法； 1.2.5 能完成三维模型的标准材质和物理性材质表现。
	1.3 虚拟现实引擎 3D 数学和物理动作效果制作和表现	1.3.1 能完成三维坐标系方位变化和物体旋转； 1.3.2 能通过虚拟现实引擎碰撞器与刚体结合完成物理运用表现； 1.3.3 能通过关节组件、角色控制器组件完成运动表现； 1.3.4 能通过引擎触发器组件的使用完成物理运动表现。
2. 数字孪生城市虚拟现实技术美术	2.1 三维实时渲染特殊效果制作	2.1.1 能通过三维实时渲染引擎粒子系统完成粒子动画效果制作； 2.1.2 能通过渲染着色器完成着色效果制作； 2.1.3 能完成屏幕空间反射、景深、运动模糊效果制作； 2.1.4 能完成人眼调节、泛光、颜色分级、用户调色预设与色差调节； 2.1.5 能完成颗粒与渐晕效果制作。
	2.2 虚拟现	2.2.1 能完成引擎 Sprint 2D 对象的控制；

	实引擎的2D应用和资源优化与测试	2.2.2 能完成UGUI高级控件与界面的布局; 2.2.3 能完成贴图质量与模型面数的控制和场景资源数量的控制和优化; 2.2.4 能完成数字孪生城市模型及其应用环境的检测与调试。
3.数字城市地理信息模型制作	3.1 从点数据创建三维地理模型	3.1.1 能采集dwg图形中的点并创建点数据; 3.1.2 能对点数据进行编组; 3.1.3 能对大型点集进行采样; 3.1.4 能引用点文件创建地理曲面和三维地理信息模型。
	3.2 从现有等高线图形创建三维地理模型	3.2.1 能完成简化等高线和为等高线赋值; 3.2.2 能使用二维等高线完成三维地理信息模型的创建; 3.2.3 能使用三维等高线完成三维地理信息模型的创建; 3.2.4 基于数字孪生城市模型能完成三维地理信息的编辑、保存和调用。
	3.3 三维地理模型的基本编辑与修改	3.3.1 能完成等高线的批量处理; 3.3.2 能完成三维特征线、曲面边界和遮罩的添加,完成曲面的编辑和修正; 3.3.3 能完成曲面高程标注、等高线标注等相关标注; 3.3.4 能完成曲面高程分析、坡度分析、汇水流域分析,完成曲面分析图例的创建。
4.数字城市交通道路与管网信息模型制作	4.1 城市道路信息模型制作	4.1.1 能利用导线法、线元法创建平面路线; 4.1.2 能完成原始地型纵断面的创建; 4.1.3 能完成城市道路三维信息模型的制作; 4.1.4 能完成道路平、纵、断面设计优化; 4.1.5 基于数字孪生城市模型能完成城市道路信息模型数据的编辑、保存和调用。
	4.2 数字城市交通与道路分析	4.2.1 能完成交通模拟分析; 4.2.2 能完成交通道路的结构分析; 4.2.3 能完成交通道路的排水分析; 4.2.4 基于数字孪生城市模型能完成数字交通与道路模型数据的编辑、保存和调用。
	4.3 城市管网信息模型制作	4.3.1 能通过管网布局工具创建管网; 4.3.2 能完成对象创建管网模型; 4.3.3 能完成压力管网模型的制作和编辑; 4.3.4 能通过行业模型完成压力管网创建; 4.3.5 基于数字孪生城市模型能完成城市管网信息模型数据的编辑、保存和调用。
5.城市建筑信息建模与模拟分析	5.1 建筑信息模型制作	5.1.1 能完成建筑模型的创建; 5.1.2 能完成建筑结构模型的创建; 5.1.3 能完成给排水模型的创建; 5.1.4 能完成建筑暖通模型的创建。

	5.2 建筑信息模型量算与模拟分析	5.2.1 能完成建筑的材料量算； 5.2.2 能完成模型冲突检测，查找构件间冲突； 5.2.3 能完成静态日照和动态日照分析； 5.2.4 能完成结构模型分析。
	5.3 信息模型文件输出、分享与工作协同	5.3.1 能完成模型不同文件格式的转换； 5.3.2 能完成模型文件的获取和发布； 5.3.3 能完成模型文件的查看、报告共享坐标； 5.3.4 能完成链接模型的可见性控制和管理链接。

参考文献

- [1] 国函〔2018〕159号国务院关于河北雄安新区总体规划（2018—2035年）的批复
- [2] 河北雄安新区规划纲要河北省人民政府 2018年4月
- [3] 智慧城市数字孪生系统安全机制中国雄安集团数字城市科技有限公司 2020年3月
- [4] GB/T 34680.4-2018 智慧城市评价模型及基础评价指标体系第4部分：建设管理
- [5] GB/T 36333-2018 智慧城市顶层设计指南
- [6] GB/T 51212-2016 建筑信息模型应用统一标准
- [7] GB/T 51269-2017 建筑信息模型分类和编码标准
- [8] CJJ/T 157-2010 城市三维建模技术规范
- [9] GB/T 51235 建筑工程施工信息模型应用标准
- [10] YD/T 3078-2016 移动增强现实业务能力总体技术要求
- [11] 教育部关于印发《职业教育专业目录（2021年）》的通知（教职成〔2021〕2号）
- [12] 《教育部关于公布2019年度普通高等学校本科专业备案和审批结果的通知》（教高函〔2020〕2号）
- [13] 《教育部关于公布2020年度普通高等学校本科专业备案和审批结果的通知》（教高函〔2021〕1号）
- [14] 教育部《高等职业学校专业教学标准》，2017

[15] 教育部《中等职业学校专业教学标准》，2019

[16] 教育部关于印发《职业教育专业目录（2021年）》的通知 教职成〔2021〕

2号