

建筑 3D 打印装备技术要求

Technical requirements for 3D Concrete Printing Equipment

编制说明

(征求意见稿)

标准编制组

2024 年 4 月

一、工作简况

（一）任务来源

根据中国建筑材料联合会《关于下达 2022 年第七批协会标准制定计划的通知》（中建材联标发〔2022〕45 号）和中国混凝土与水泥制品协会《关于下达 2022 年中国混凝土与水泥制品协会标准制修订计划（第三批）的通知》（中制协字[2022]25 号）的要求，《建筑 3D 打印装备技术要求》为协会标准制定项目（计划号 2022-63-xbjh）。

本标准由中国建筑材料联合会和中国混凝土与水泥制品协会共同归口管理，由中国矿业大学（北京）、北京空间智筑技术有限公司等单位负责起草并牵头组织相关单位共同完成。

（二）编制目的

建筑 3D 打印技术是一种通过将数字建筑模型转化为轮廓路径代码，控制建筑 3D 打印装备将建筑材料挤出为对应的轮廓，逐层地堆积形成建筑实体的新型建造技术。与传统建筑技术相比，建筑 3D 打印技术可采用工业化的生产方式，减少了劳动力的投入，提高了效率，缩短了生产建设周期，同时在建造过程减少了材料的浪费，被认为是未来建筑行业的发展方向之一。

目前，住建部发布《2016~2020 年建筑业信息化发展纲要》规定“积极开展建筑业 3D 打印设备及材料的研究、探索 3D 打印技术运用于建筑物品、构件生产，开展示范应用。”《“十四五”住房和城乡建设科技发展规划》明确提到建筑机器人和 3D 打印技术，研发性能可靠、成本可控的建筑用 3D 打印材料与应用技术。

建筑 3D 打印技术涉及装备及材料两个方面，目前国内已经通过和正在制定的涉及建筑 3D 打印材料方面的标准包括《水泥基材料 3D 打印术语与定义》《3D 打印水泥基材料制品收缩性能试验方法》《3D 打印水泥基材料界面结合强度试验方法》《混凝土 3D 打印技术规程》《3D 打印混凝土拌合物性能试验方法》《3D 打印混凝土基本力学性能实验方法》《3D 打印混凝土预制构件质量验收标准》等，但是涉及装备类的标准还处于空白阶段。作为建筑 3D 打印技术的一大重要部分，制定和完善装备相关标准，对于技术的发展是至关重要

的。

（三）主要工作过程、主要参加单位和工作组成员及其所做的工作

2022年6月20日，中国建筑材料联合会发布《关于下达2022年第七批协会标准制定计划的通知》（中建材联标发〔2022〕45号），以及中国混凝土与水泥制品协会发布《关于下达2022年中国混凝土与水泥制品协会标准修制定计划（第三批）的通知》两通知，本标准立项。

为顺利开展标准编制工作，2022年7月15日通过线上会议召开编制组成立暨第一次工作会议。

编制组由33家单位构成，其中包括22所高校、1家科研院、7个装备生产企业、2个建筑施工企业、2个建筑设计企业和1个主管协会。涵盖了国内主要的建筑3D打印技术科研单位，建筑3D打印设计、生产和施工单位，具有代表性。

由中国矿业大学（北京）、北京空间智筑技术有限公司和中国混凝土与水泥制品协会担任主编单位，其余单位为参编单位。

由中国矿业大学（北京）教授王栋民和北京空间智筑技术有限公司总经理张永虹担任主编工作。

编制组成员单位和标准编制工作分工见表1。

表1 编制组成员单位及分工

单位名称	分工
中国混凝土与水泥制品协会	负责组织全面工作
中国矿业大学（北京）	标准编制工作总体协调、参编单位管理、联系及标准编制工作
北京空间智筑技术有限公司	标准编制工作总体协调 主要内容撰写、意见收集汇总
东南大学、南京理工大学、浙江大学、北方工业大学、北京工业大学、天津大学、同济大学、中国建筑材料科学研究总院、西安建筑科技大学、中国地质大学（武汉）、深圳大学、北京服装学院、山东科技大学、	技术调研和内容论证、 编制范围、规范性引用文件、术语和定义、分类和基本参数、技术要求、试验方法内容
杭州冠力智能科技有限公司、北京耐尔得智能科技有限公司、清华大学、中建二局洛阳机械有限公司、皇家墨尔本理工大学、西悉尼大学	技术调研，提供技术参数参考， 编制基本参数、技术要求、试验方法、检验规则、
中建海龙科技有限公司、北京市建筑设计研究院有限公司、金风科技股份有限公司、北京文和人	编制分类、试验方法、检验规则、 标志、包装、运输和贮存内容

居建设科技有限公司	
大连学庆铭锋数控技术有限公司、内蒙古众合增材制造科技有限公司、司普禄软件科技（昆山）有限公司、兰州理工大学、青岛理工大学、西京学院	编制切片软件、控制系统技术要求和试验方法、电气安全内容

表 2 列出了本标准编制过程中的一些主要事件。本标准的制订历时近两年，经历了筹备启动、初稿意见征询与参编单位征集、广泛征求意见、专家预审等多个环节。所有参编单位都付出了巨大心血和努力。与此同时，还得到业内诸多专家、领导的热心支持和无私帮助。没有大家的共同努力，本标准不可能顺利完成。在此一并致谢。

表 2 标准制订大事记

日期	地点	参与单位	事件	结果
2022. 7. 15	北京线上会议	主参编单位代表	编制组成立暨第一次工作会议	介绍了《建筑 3D 打印装备技术要求》的编制背景、意义、编制说明，并对标准编制的整体进度计划进行了安排；介绍了主编单位前期完成的专家稿；确定了标准的大纲规划、数据调研、文本格式；确定了以建筑 3D 打印装备的术语和定义、分类和基本参数、技术要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输和贮存作为标准的主要内容；确定了本标准按照 GB/T 1. 1—2020 规定进行起草；对目前国内外建筑 3D 打印技术发展情况和应用案例进行研究，对国内主流的 3D 打印材料类型、装备类型、工艺参数进行了分类归纳；从施工单位和使用者的角度对建筑 3D 打印头装备的操作方式和管理模式进行了分析讨论；就未来特殊应用场景对建筑 3D 打印装备的性能要求进行分析讨论。
2022. 7~ 2023. 6	北京	主编单位	调研、征询意见及标准初稿编制	标准初稿第三稿
2023. 7. 20	北京线上会议	编制组成员	标准第二次会议	确定了建筑 3D 打印机、打印头、喷嘴、打印速率、挤出速率等术语的定义和中英文对照；建议按照使用环境、设备结构、坐标系、是否可移动等不同方面对建筑 3D 打印设备进行分类；确定了建筑 3D 打印设备基本参数应包括的内容和参数所用单位；确定了建筑 3D 打印设备产品标记的内容和含义；讨论了建筑 3D 打印装备技术要求和试验方法，对外观结构、电气安全、机械安全、运行性能等方面做出了参数限定并制定了试验方法；初步确定了建筑 3D 打印装备的检验规则和标志、包装、运输和贮存。

2023. 7. 20 ~ 2024. 3. 10	北京	主编	征求意见	意见收集
2024. 3. 10 ~2024. 5	北京	主编	意见汇总分 析	详见《协会标准征求意见汇总处理表》，并形成送 审稿

二、 标准编制原则和主要内容

（一）标准编制原则

1. 本标准的编制原则为：简洁实用、保持国际先进与开放性。

标准适用范围定位于建筑 3D 打印装备，技术要求、试验方法和检验规则用于设备设计和生产阶段的质量控制、采购和使用单位验收阶段的参考依据、适用对象为建筑 3D 打印装备的设计制造单位、采购和使用单位、相关质量管理单位等。

2. 对建筑 3D 打印装备进行分类，考虑多种分类依据，便于对设备的基本类型、机械结构、应用场景和软件控制进行准确描述。

3. 参照 GB/T 5226.1、GB/T 28780、GB 4943.1 对装备的电气安全性进行规定，参照 GB/T 18831 对装备的机械安全性进行规定，参照 GB/T 37415-2019、GB/Z 19397-2003 对装备的电磁兼容性进行规定，参照 GB/T 6882 对装备运行噪声进行规定，保证使用过程中设备的安全稳定和操作人员的健康安全。

4. 参照 GB/T 5398-2016、GB/T 191 对装备的运输过程和包装件跌落适应性进行规定，保证装备运输过程的安全。

5. 基于建筑 3D 打印装备的使用情况、性能需求和行业主流技术水平，提出了最大成型尺寸、喷嘴直径、定位精度、重复定位精度、建造速率、桁架变形精度、切片软件水平、控制系统水平、异常工作能力、环境适应能力等运行性能的定义和要求，根据设备实际使用过程中的操作经验、验收惯例、结合 GB/T 37415-2019 等标准，制定了相关运行性能的试验方法和检验规则。

（二）标准的主要内容

本标准共分 8 部分：1 范围；2 规范性引用文件；3 术语和定义；4 分类和基本参数；5 技术要求；6 试验方法；7 检验规则；8 标志、包装、运输和贮存。

1. 范围

本标准规定了建筑 3D 打印装备的术语和定义、分类和基本参数、技术要求、

试验方法、检验规则及标志、包装、运输和贮存。

2. 规范性引用文件

本标准在制定过程中主要引用和参考了以下标准：

- 1) 动力配电、电气控制、照明等电气设备、电气控制箱内各元器件排列、连接、走线、绝缘、装备的接地电阻等引用 GB/T5226.1 相关要求。
- 2) 外壳、元器件和零部件材料的防火性能等引用 GB 4943.1 相关要求。
- 3) 建筑 3D 打印装备的运行和维护区域照明情况引用 GB/T 28780 相关要求
- 4) 装备成型区域应设有联锁防护装置的设计和选择原则参照 GB/T 18831 的规定进行确定。
- 5) 装备的电磁兼容性应符合 GB/T 37415-2019 中的规定。
- 6) 装备电气安全的试验方法参照 GB 5226.1 中的相关规定进行。
- 7) 装备定位精度和重复定位精度的试验方法参照 GB/T 37415-2019 中的相关规定进行。
- 8) 装备运行噪声的试验方法按照 GB/T 6882 规定的方法进行。
- 9) 装备的运输包装件跌落适应性按照 GB/T 5398-2016 的规定进行面跌落试验、棱跌落试验、角跌落试验、倾斜试验和起吊试验。
- 10) 装备电磁兼容性的试验方法按 GB/Z 19397-2003 中的规定进行。
- 11) 装备的运输按照 GB/T 191 的相关要求进行。
- 12) 其他标准

GB/T 35351 增材制造术语

GB/T 39328 增材制造塑料材料挤出成型工艺规范

GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第 1 部分：试验方法试验 A：低温

GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法试验 B：高温

GB/T 19660 工业自动化系统与集成机床数值控制坐标系和运动命名

3. 术语和定义

本文件中，按照从技术和应用角度出发，定义了建筑 3D 打印机为“应用于建筑领域的增材制造设备。一种利用 3D 打印技术，按照预先设计的三维模型数据，将特殊的建筑材料逐层堆积，从而构建出实体建筑结构的自动化制造设备”。

根据行业习惯定义了建筑 3D 打印装备的主要部件和配套概念，包括 3D 打

印控制系统、切片软件、打印头、喷嘴，定义具有通用性。

根据行业内的技术特性并参照 GB/T 35351《增材制造术语》、GB/T 39328《增材制造塑料材料挤出成型工艺规范》定义了建筑 3D 打印装备的相关工艺参数，定义具有通用性和科学性。

4. 分类和基本参数

按照使用环境和规模、结构形式、坐标形式和是否可以移动这四个方面，将建筑 3D 打印装备分为不同类型，充分考虑了建筑 3D 打印装备的不同的分类依据和差异性，便于准确对设备的概念、结构、技术原理进行描述和分类。

根据建筑 3D 打印装备的基本物理属性、电气属性、功能特性，定义了基本参数范围。

产品标记由企业名称代码、产品名称代号、主参数代号、产品序号、自定义代号组成。

5. 技术要求

本部分规定了建筑 3D 打印装备的技术要求，包括外观与结构、电气安全、机械安全、运行性能、环境适应能力、运行稳定性和电磁兼容性。

其中，外观与结构、电气安全、机械安全、电磁兼容性参照 GB/T 5226.1、GB/T 4943.1.1、GB/T 28780、GB/T 18831、GB/T 37415-2019 等工业设备的相关标准，规定建筑 3D 打印装备应具有基本的安全性能。

运行性能参照建筑 3D 打印行业习惯和普遍技术水平，规定了最大成型尺寸、喷嘴直径、定位精度、重复定位精度、建造速率、打印速率、挤出速率、桁架梁变形精度等功能参数的允许偏差值，还对切片软件、控制系统、异常工作能力的主要功能进行了规定。

6 试验方法

本部分规定了上一节技术要求的试验方法，包括外观与结构、电气安全、机械安全、运行性能、环境适应能力、运行稳定性和电磁兼容性。

其中，外观与结构、电气安全、机械安全、电磁兼容性参照 GB/T 5226.1、GB/T 4943.1.1、GB/T 28780、GB/T 18831、GB/T 37415-2019 等工业设备的相关标准或操作习惯进行试验。

运行性能参照建筑 3D 打印行业习惯和技术原理进行检验，其中最大成型尺

寸、喷嘴直径、定位精度、重复定位精度、桁架梁变形精度通过量具测量或参照 GB/T 37415-2019 进行试验；规定了建造速率、打印速率、挤出速率通过材料打印和挤出的方式进行试验；规定了切片软件、控制系统、异常工作能力、运行稳定性通过直接操作设备的方式进行试验；运行噪声、环境试验能力、运输包装件跌落适应性、电磁兼容性参考相关测试方法进行试验。

以上试验方法具有良好的可操作性和通用性，可指导生产厂家和使用用户对建筑 3D 打印装备的技术要求进行试验。

7 检验规则

规定了建筑 3D 打印装备的检验包括出厂检验和型式检验，规定了出厂检验和型式检验包括的内容和适应的场合。

8 标志、包装、运输和贮存

规定了建筑 3D 打印装备的标志、包装、运输和贮存要求和方法。

三、 主要试验（或验证）情况分析

选取 14 款建筑 3D 打印设备（包括 11 款国外厂家和 3 款国内厂家生产的建筑 3D 打印设备），选取的构件涵盖了大部分建筑 3D 打印装备分类，按照标准内容进行检验，评价结果见表 1。

试验项目		试验设备数	符合标准设备数	符合标准设备比例
外观和结构		6	6	100%
电气安全		6	6	100%
机械安全	连锁防护装置	14	13	92.8%
	电机自锁和 Z 轴防坠	9	8	88.9%
	其他机械安全	12	12	100%
运行性能	定位精度	14	12	85.7%
	桁架变形精度	7	7	100%
	切片软件功能	14	13	92.8%
	控制系统功能	14	12	85.7%
	运行噪声	14	14	100%

	异常工作能力	14	12	85.7%
	环境适应能力	5	5	100%
	运输包装件跌落适应性	5	5	100%
	运行稳定性	11	11	100%
	电磁兼容性	5	5	100%
平均符合率				94.4%

在编制本标准的过程中，我们调研了大量的国内外建筑 3D 打印装备的参数，并对这些数据进行了深入地分析和处理。其中数据来源于国内外主流建筑 3D 打印装备的参数数据，包括制造商提供的技术规格、公开的研究报告、专业期刊和网站等。数据涵盖了外观及结构、电气安全、机械安全、运行性能、环境适应能力等多个关键性能指标，各试验样品符合本标准的平均比例为 94.4%。

本标准在制定过程中，严格遵循了现行的相关法律、法规、规章及相关标准的要求。为了确保标准内容的合法性和合规性，我们进行了广泛的调研，并多方面征求了专家和相关利益方的意见。经过仔细比对和深入分析，确认本标准与现行的法律体系和相关标准体系保持了一致性，没有冲突或矛盾之处。验证结果分析：通过对多款不同类型的建筑 3D 打印装备进行检验，设备技术要求均符合本标准规定范围，说明标准的评价方法具有比较好的可操作性，标准确定的评价指标是合理和适宜的。

四、 标准中所涉及的专利

本标准未涉及专利与相关的知识产权。

五、 产业化、推广应用论证和预期达到的经济效果等情况

（一）经济效益、社会效益、产业规模、技术发展等；

建筑 3D 打印技术被认为是未来建筑行业的发展方向之一，有助于解决未来建筑行业劳动力短缺，降低建造过程碳排放，实现多种复杂场景和建筑结构的定制化建造，未来十年复合增长率预计达到 87%。

建筑 3D 打印装备标准制定的经济效益主要体现在节约成本、提高效率、降低资源消耗等方面。通过制定标准，可以规范市场秩序，避免低质量、不符

合要求的 3D 打印装备进入市场，从而提高整个行业的竞争力和盈利能力。同时，标准的制定也有助于推动上下游产业链的发展，扩大市场需求，为相关企业提供更多商业机会。随着建筑 3D 打印技术的推广和应用，整个产业链的规模将会不断扩大。标准制定可以推动建筑 3D 打印技术在建筑设计、材料研发、生产制造、施工运维等环节的深度融合，形成完整的产业体系，为经济增长注入新动力。

社会效益方面，建筑 3D 打印装备标准制定有助于提高建筑质量，确保操作人员的健康安全。标准的制定可以规范生产过程，保证产品质量和性能，使得建筑 3D 打印技术得到更广泛地应用。此外，建筑 3D 打印技术可以提高建筑效率，缩短施工周期，降低建筑对环境的影响，有助于实现绿色建筑和可持续发展目标。

在技术发展方面，标准的制定将有助于建筑 3D 打印技术在更广泛的领域得到应用。目前，建筑 3D 打印技术已经在住宅、商业建筑、基础设施等领域取得了一定的应用成果，未来随着标准的制定和实施，建筑 3D 打印技术将进一步拓展应用领域，为城市建设提供更多创新方案。

工程应用情况方面，建筑 3D 打印技术已经在国内外多个工程项目中得到了应用。例如，我国已经成功实施了一批建筑 3D 打印项目，包括住宅、公共建筑等。这些项目的成功实施为建筑 3D 打印技术的推广和应用积累了宝贵的经验。

（二）本标准指标的技术先进性以及本标准的发布对行业及社会发展的促进作用

本标准的制定不但弥补了国内建筑 3D 打印装备领域标准的空白，与目前材料领域相关标准形成了良好的补充，同时在国际上也具有首创性，的制定确实弥补了我国在建筑 3D 打印装备类标准上的空白。这对于推动我国建筑 3D 打印技术的发展，提高我国在国际建筑行业的影响力具有重要意义。

在本标准的制定过程中，广泛收集并消化吸收了国内外 3D 打印装备制造和使用方面的最新研究成果，除了进行常规的符合性评价外，增加了实体评价内容，旨在对 3D 打印装备的性能做出更直接、更有针对性的评价，进而保证装备的整体性能。

本标准的制定，可以规范和指导建筑 3D 打印装备的研发、生产和应用，促进建筑行业的转型升级和绿色高质量发展。同时，这也有助于我国建筑 3D 打印技术在全球范围内保持技术领先地位，提升我国建筑行业的整体竞争力。

六、 采用国际标准和国外先进标准情况

国际上目前没有与本标准相对应的国际标准或国外先进标准。

七、 本标准与现行的相关法律、法规、规章及相关标准（包括强制性标准）是否具有一致性

经广泛调研和多方面征求意见，本标准符合现行的相关法律、法规、规章及相关标准的要求。经过全面的调研和分析，发现目前在建筑 3D 打印领域尚未有相应的国家标准、行业标准或国际标准。因此，本标准的制定将在以下几个方面起到填补空白的作用：

1. 为建筑 3D 打印领域装备的设计、生产、检测等提供了统一的技术规范和要求。
2. 解决了该领域长期缺乏统一标准的问题，有助于提升行业的整体水平和竞争力。
3. 为相关利益方，如制造商、检测机构、用户等提供了明确的技术指导和操作依据。

八、 重大分歧意见的处理经过和依据

无。

九、 标准性质的建议说明

建议本标准作为推荐性中国建筑材料协会标准发布并实施。

十、 贯彻标准的要求和措施建议

尽快做好标准发布实施工作，标准颁布实施后，相关部门应做好标准宣贯培训、制定相应的实施方法，使本标准得以认真执行，在企业生产和质量控制

中真正起到指导生产、保证质量、促进工艺技术水平提高的作用。

十一、 废止现行相关标准的建议

无。

十二、 其他予以说明的事项

无。