

团体标准

T/COSHA XXXX—2023

金属增材制造安全规程

Safety regulations for metal powder of additive manufacturing

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国职业安全健康协会 发布

中国

中国职业安全健康协会团体标准
(征求意见稿)

中国职业安全健康协会团体标准
(征求意见稿)

团体标准

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	2
5 增材制造场地建筑结构及布局要求	2
5.1 场地建筑结构要求	2
5.2 场地建筑的防火等级	3
5.3 场地地面的设计要求	3
5.4 场地通风要求	3
5.5 场地温湿度要求	3
5.6 场地及其他温湿度要求	3
6 增材制造材料要求	3
6.1 原材料储存	3
6.2 废料处理	3
7 增材制造设备设施要求	4
7.1 增材制造设备要求	4
7.2 增材制造场地设施要求	5
8 个体防护要求	6
8.1 防护用品储存要求	6
8.2 面部防护要求	6
8.3 身体防护要求	6
8.4 佩戴个人剂量计要求	6

前 言

本文件按照 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。

本文件由中国职业安全健康协会提出。

本文件由中国职业安全健康协会归口。

本文件由中国职业安全健康协会组织实施。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

金属增材制造安全规程

1 范围

本文件规定了金属材料增材制造安全的总则、增材制造场地建筑结构及布局要求、增材制造材料要求、增材制造设备设施要求、个体防护要求。

本文件适用于金属材料增材制造工艺设计、运行和管理。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 2626 呼吸防护用品自吸过滤式防颗粒物呼吸器
- GB 2894 安全标志及其使用导则
- GB 4351.1 手提式灭火器 第1部分 性能和结构要求
- GB 4706.193 家用和类似用途电器的安全 工业和商业用湿式和干式真空吸尘器的特殊要求
- GB/T 5150 铝镁合金粉
- GB 8958 缺氧危险作业安全规程
- GB 8965.1 防护服装阻燃防护 第1部分：阻燃服
- GB 12476.1 可燃性粉尘环境用电气设备 第1部分：通用要求
- GB 14866 个人用眼护具技术要求
- GB 15577 粉尘防爆安全规程
- GB 15603 常用化学危险品贮存通则
- GB 21146 个体防护装备 职业鞋
- GB 24541 手部防护 机械危害防护手套
- GB/T 25915.7 洁净室及相关受控环境 第7部分：隔离装置（洁净风罩、手套箱、隔离器、微环境）
- GB/T 34525 气瓶搬运、装卸、储存和使用安全规定
- GB 50016 建筑设计防火规范
- GB 50019 工业建筑供暖通风与空气调节设计规范
- GB 50058 爆炸危险环境电力装置设计规范
- GB 50140 中国建筑灭火器配置设计规范
- GB 50493 可燃有毒气体报警规范
- GB 50974 消防给水及消火栓系统标准
- FZ/T 73040 高温高热作业防护手套
- HG/T 2584 橡胶工业手套标准
- JGJ 91 科学实验建筑设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

增材制造 additive manufacturing; AM

以三维模型数据为基础,通过材料堆积的方式制造零件或实物的工艺。

3.2

增材制造设备 additive manufacturing machine; additive manufacturing apparatus

增材制造系统中用以完成零件或实物生产过程中一个成形周期的必要组成部分,包括硬件、设备控制软件和设置软件。

3.3

主要增材制造设备 primary additive manufacturing machine

涵盖了所有通过机械或者电子方式连接在主要增材制造打印机上的设备。

3.4

辅助增材制造设备 ancillary additive manufacturing machine

所有独立于主体机器且能提供辅助功能的设备。

3.5

粉末床熔融工艺 powder bed fusion

通过热能选择性地熔化/烧结粉末床区域的增材制造工艺。

注:典型的粉末床熔融工艺包括选区激光烧结(selective laser sintering, SLS)、选区激光熔融(selective laser melting, SLM)以及电子束熔化(electron beam melting, EBM)等。

4 总则

4.1 增材制造设施区域的划分,主要应包括工作区与非工作区,工作区至少应包括增材制造设备区、粉末储存区、废料处理区等区域,提供对应区域负责人的联系方式,应标明紧急情况下安全逃生通道的路线和安全出口的准确位置。

4.2 增材制造场地应在危险有害因素辨识的基础上,编制岗位安全操作规程和相关安全管理制度,明确安全管理人员职责,安全操作规程应包括防范风险发生的安全作业和应急处置措施等内容。

4.3 增材制造场地应结合增材制造工艺特性和相关安全管理制度制定安全检查表,并定期开展安全检查,每季度至少检查一次。

4.4 增材制造场地应对主要负责人、安全管理人员和重点岗位员工定期开展安全教育和培训,普及增材制造相关安全知识和有关法规、标准,并经考试合格,方准上岗。

4.5 增材制造场地应编制增材制造安全事故应急预案,并定期开展应急演练。

4.6 增材制造场地的出入口、工作区域及重点危险设备设施等部位,应设置显著的安全警示标识。

5 场地建筑结构及布局

5.1 场地建筑结构

5.1.1 场地吊顶及地板装修后的高度应不低于 2.03 m。需设吊顶且无严格密封要求的空间宜采用活动板块式吊顶。

5.1.2 场地建筑物结构和布置应符合 JGJ 91 的要求。

5.1.3 场地宜集中靠建筑物外墙布置,安全出口不宜少于两个,门应向疏散方向开启。

5.1.4 增材制造场地涉及铝粉、钛粉或其他合金粉的金属制品抛光场所,应符合 GB 50016 的要求。

5.2 场地建筑的防火等级

增材制造场地建筑的防火等级应符合GB 50016的要求。

5.3 场地地面的设计要求

场地设施的地板应符合JGJ 91的要求，应为防静电地面并且应保持增材制造设施的主要区域（包括增材制造设备区域、粉末储存、处理区域）地面干净。

5.4 场地通风要求

场地应具有独立通风系统。通风要求应符合GB 50019的要求。含有燃烧和爆炸危险粉尘的空气，在进入排风机前宜采用不产生火花的除尘器进行处理，其送、排风系统宜采用防爆型的通风设备。

5.5 场地温湿度要求

有铝合金、钛合金粉末的粉末储存区，环境温度应控制在 $+5^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ 之间；无铝合金、钛合金粉末储存的粉末储存区，环境温度应控制在 $+5^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$ 之间。粉末储存区环境的相对湿度应控制在75%以下，无凝露。粉末储存区应在阴凉、通风处，并应远离火种和热源。有特殊要求时，应按照粉末厂家要求执行。

5.6 场地其他要求

开关、灯具等用电设施应符合GB 12476.1和GB 50058的要求。

6 增材制造材料要求

6.1 原材料储存

6.1.1 粉末储存区入口周围应有非专业工作人员误入的警示牌，警示牌应牢固不易掉落，文字标识应易于识别。

6.1.2 原材料储存应与不相容的化学品或者易燃材料分开储存。钛合金粉、铝合金粉等应真空包装或充入惰性气体排空气后压缩储存在密闭容器中；镍基高温合金粉、不锈钢粉等应储存在封闭的密闭容器中；铝镁合金粉储存应符合GB/T 5150的要求，宜储存在防爆容器中。

6.1.3 实验室内危险化学品存放限量要求如下：

a) 每间实验室内存放的除压缩气体和液化气体外的危险化学品总量不应超过100L(kg)，其中易燃易爆性化学品的存放总量不应超过50L(kg)且单一包装容器不应大于25L(kg)；

b) 每间实验室内存放的氧气和可燃气体各不宜超过一瓶或两天的用量；

c) 实验室内与仪器设备配套使用的气体钢瓶，应控制在最小需求量；备用气瓶、空瓶不应存放在实验室内。

6.1.4 为保证在原材料筛分、烘干过程中尽量不引入杂质及其他不确定性因素，所有操作过程中粉末不宜暴露在空气中进行处理，应在惰性气体保护中进行。

6.2 废料处理

6.2.1 场地设施应配有专门的筛分后废料处理区域。废料处理区入口处应有非专业工作人员误入的警示牌，警示牌应牢固且不易掉落，文字标识应易于识别。

6.2.2 废料储存应符合GB 15603的要求，所用的容器应贴上应急材料危险识别的标志，放置指定位置，应由具有相应资质的供应商或者危险废料收集处理企业进行收集处理。遇湿自燃的金属粉尘的废料处理

应符合 GB 15577 的要求，其收集、堆放与贮存时应采取防水防潮措施。

6.2.3 废料处理应由通过培训的专业技术人员进行操作，应做无害化处理。

6.3 烟尘处理

6.3.1 原材料打印过程中产生的烟尘应选用袋式外滤除尘工艺，并在收粉过程中添加惰性粉体以防止粉尘爆炸。

6.3.2 经除尘系统收集的烟尘不与筛分后废料混合储存，遇湿自燃的烟尘处理应符合 GB 15577 的要求，其收集、堆放与贮存时应采取防水防潮措施。

7 设备设施要求

7.1 增材制造设备要求

7.1.1 主要增材制造设备要求

7.1.1.1 每台增材制造设备均应贴有明显警示标志，以提醒非专业技术人员禁止触碰设备。每一个独立部分应配有单独的插头与总断电器相连。

7.1.1.2 主要增材制造设备周围应选用黄色或黄色/黑色设定一个安全工作区域，应配有相应的标准操作安全手册以及增材制造设备数据单。

7.1.2 辅助增材制造设备要求

a) 防静电工作台

每台增材制造设备应配备工作台，用于放置装填粉末、回收粉末、拆装基板等使用的相关工具。工作台上应有防静电垫，防静电垫应保持干净整洁。

b) 喷砂机

增材制造场地一般配有至少一台喷砂机，用于除去增材制造产品表面毛刺，提高表面粗糙度。喷砂机应有接地线，以防止静电产生。

c) 防静电手推车

场地应配备防静电手推车，便于更换和转移粉末储存容器、筛粉装粉，以及用于运输基板。

d) 吸尘器

增材制造场地应配备防爆吸尘器，清理成形后产品表面的残留粉末、掉落在地面的废弃粉末等。防爆吸尘器应为真空防爆吸尘器和湿式防爆吸尘器两种，湿式防爆吸尘器应添加防爆液和止泡剂。真空防爆吸尘器仅可清理镍基高温合金、不锈钢、模具钢等金属粉末，湿式防爆吸尘器仅可清理钛合金、铝合金等金属粉末。防爆吸尘器应符合 GB 4706.93 的要求，应有防爆认证标志。粉末清洁方式应符合 GB 15577 的要求，应根据粉尘特性采用不产生扬尘的清扫方法，不应使用压缩空气进行吹扫，宜采用负压吸尘方式清洁。

e) 筛粉机

增材制造场地应配备筛粉机，宜采用防爆筛粉机，对金属粉末进行筛分处理。筛粉全过程不宜暴露在空气中。

f) 手套箱系统

增材制造场地应有手套箱系统。手套箱系统依附于增材制造/喷砂机等设备或者单独存在的手套箱模块，在密闭空间内对增材制造产品或带基板产品进行用手操作处理，并对人体起到保护作用。手套箱的安装、检测等要求应符合 GB/T 25915.7 的要求。

g) 压缩空气装置

增材制造场地应配备压缩空气装置。

h) 惰性气体（氩气、氦气或氮气）储存装置

增材制造场地应根据设备需求配备惰性气体（氩气、氦气或氮气）储存装置。

i) 气瓶装置

场地内与仪器设备配套使用的气体钢瓶，应控制在最小需求量；备用气瓶、空瓶不应存放在场地内。气瓶应分类分区存放，对可燃性、氧化性的气体应分室存放。储气罐的搬运、储存和使用应符合 GB/T 34525 的要求。入库的空瓶、实瓶和不合格瓶应分别存放，并有明显区域和标志。气瓶使用时，应立放，并应有防止倾倒的措施。

7.2 增材制造场地设施要求

7.2.1 场地常见安全设施要求

7.2.1.1 消防器材

7.2.1.1.1 场地应符合 GB 50140 的要求，在位置明显、便于取用的地点配备与场地内易燃易爆物质、腐蚀性物质和毒害性物质等相适应的以下消防器材：a) 灭火器；b) 灭火毯；c) 消防砂；d) 其他必要消防器材。

7.2.1.1.2 根据 GB 4351.1 的要求，在增材制造设备区域、粉末储存区域以及废料处理区域应放置一定数量的灭火器，并且均应为正常工作的状态。灭火器的现场管理、检查和维修应符合 GB 50140 的要求。

7.2.1.1.3 除正常配置的灭火器之外，应在进行容易发生粉尘爆燃的操作区域或操作区域的周围（例如：金属粉末储存、废料处理区）特别配置 D 型灭火器。

7.2.1.2 消防与火警系统

增材制造场地所在建筑层应配备消防给水系统和火灾自动报警系统，并应有定期检查维护记录表。消防给水系统应符合 GB 50974 的要求，火灾自动报警系统的设置应符合 GB 50016 的要求。

7.2.1.3 应急清洗设施

增材制造场地应配备应急清洗设施。应急清洗设施应设置在距离危险源（例如增材制造设备区、粉末储存区以及废料处理区等）16.8m 以内的位置（走路 10 秒钟之内可达）。应急清洗设施应保证足够的清水存量，在使用前经过过滤且实时更新。

7.2.1.4 氧气传感器

增材制造场地宜配置氧气传感器装置，设置的氧气浓度报警仪宜与风机连锁。氧气传感器应安装在贴近有潜在惰性气体泄漏的位置，例如阀门以及管道连接处。按照 GB 50493 的要求，氧气传感器的安装高度应在 30cm~60cm 之间。按照 GB 8958 的要求，在氧气含量低于 19.5% 时传感器应发出警报，报警应以声音形式（例如蜂鸣声或者警报声）或者视觉形式（闪动的灯光）或者两者都采用的形式。氧气传感器应定期进行校准或替换，并有校准或替换记录。

7.2.1.5 温度计、湿度计

增材制造场地粉末储存区应放置温度计及湿度计，宜至少一年校准一次。

7.2.1.6 静电消除器

增材制造场地应配置静电消除器。

7.2.1.7 场地控制访问设施要求

增材制造场地应配备控制访问系统。建立增材制造场地管理制度，对进出场地的人员进行登记，并做好记录文件。

7.2.1.8 场地安全标志设施要求

根据GB 2894并结合增材制造场地的实际情况选择相应的禁止、警告、指令和提示安全标志。

8 个体防护要求

8.1 防护用品储存要求

增材制造场地应配置储物柜，个人防护设备应放置于储物柜中，储物柜应干净整洁。

8.2 面部防护要求

进入场地人员应佩戴防护口罩。当处理或接触粉末的情况下，作业人员处理镍基高温合金、不锈钢、模具钢等金属粉末时应佩戴KN95口罩，处理钛合金、铝合金等金属粉末时应佩戴KP100等级的全面罩式呼吸器。口罩应符合GB 2626的要求。处理粉末时应佩戴具有侧面保护的安全防护眼镜，安全防护眼镜应符合GB 14866的要求。

8.3 身体防护要求

在进行设备操作时作业人员应穿戴规定的防护面罩和防护服，并应穿戴防静电安全鞋。

作业人员的防护服宜选择符合GB 8965.1要求的封闭防火阻燃服。作业人员接触粉末时应佩戴塑胶手套；接触高温物品时应佩戴耐热防护手套；接触易对手部产生划伤的物品时应佩戴不起毛的抗撕裂与刺穿的手套。

防静电安全鞋应该符合GB 21146对于保护性鞋子的特殊性能要求的规定；塑胶手套应符合HG/T 2584的要求；耐热防护手套应该符合FZ/T 73040的要求；不起毛的抗撕裂与刺穿的手套应该符合GB 24541的要求。

8.4 佩戴个人剂量计要求

在增材制造场地电离辐射区域，应佩戴相应的个人剂量计，监测周期为至少3个月一次。在事故或应急情况下，根据情况应对有关人员进行个人检测。