

**T/CECS** XXX- 202X

**中国工程建设标准化协会标准**

高污染工业建筑环境评价标准

**Assessment standard for high-pollution industrial building environment**

**（征求意见稿）**

20××-××-××发布 20××-××-××实施

中国工程建设标准化协会 发 布

前 言

根据中国工程建设标准化协会关于印发《2019年第二批协会标准制订、修订计划》的通知（建标协字[2019]22号）的要求，标准编制组经广泛调研，认真总结经验，参考国内外相关标准，并在广泛征求意见的基础上，编制本标准。

本标准共分6章，主要技术内容包括：总则、术语、基本规定、评价指标、实测评价、模拟评价。

请注意本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国工程建设标准化协会建筑环境与节能专业委员会归口管理，由中国建筑科学研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送解释单位（地址：北京市北三环东路30号，邮政编码：100013）。

主编单位：中国建筑科学研究院有限公司

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

目 次

[1 总则 1](#_Toc74137238)

[2 术语 3](#_Toc74137239)

[3 基本规定 4](#_Toc74137240)

[4 评价指标 5](#_Toc74137241)

[4.1 共性指标 5](#_Toc74137242)

[4.2 特性指标 7](#_Toc74137243)

[5 实测评价 14](#_Toc74137244)

[5.1 一般规定 14](#_Toc74137245)

[5.2 测点布置 14](#_Toc74137246)

[5.3 测试条件及要求 15](#_Toc74137247)

[5.4 温湿度和空气流速检测 16](#_Toc74137248)

[5.5 PM2.5、PM10和总悬浮颗粒物浓度检测 17](#_Toc74137249)

[5.6 总尘浓度检测 19](#_Toc74137250)

[5.7 二氧化硫浓度检测 20](#_Toc74137251)

[5.8 硫酸雾浓度检测 20](#_Toc74137252)

[5.9 铅及其化合物浓度检测 21](#_Toc74137253)

[5.10 汞及其化合物浓度检测 21](#_Toc74137254)

[5.11 氯化氢浓度检测 21](#_Toc74137255)

[5.12 苯、甲苯、二甲苯浓度检测 22](#_Toc74137256)

[5.13 非甲烷总烃（TVOC）浓度检测 22](#_Toc74137257)

[6 模拟评价 23](#_Toc74137258)

[6.1一般规定 23](#_Toc74137259)

[6.2 类比法 23](#_Toc74137260)

[6.3 模型试验 24](#_Toc74137261)

[6.4 数值模拟 25](#_Toc74137262)

[本标准用词说明 30](#_Toc74137263)

[引用标准名录 31](#_Toc74137264)

Contents

[1 General Provisions 1](#_Toc74137289)

[2 Terms 3](#_Toc74137290)

[3 Basic Requirements 4](#_Toc74137291)

[4 Accessment Indicators 5](#_Toc74137292)

[4.1 General Indicators 5](#_Toc74137293)

[4.2 Specific Indicators 7](#_Toc74137294)

[5 On-site Testing Accessment 14](#_Toc74137295)

[5.1 General Requirements 14](#_Toc74137296)

[5.2 Testing Point Arrangement 14](#_Toc74137297)

[5.3 Testing Conditions and Requirements 15](#_Toc74137298)

[5.4 Air Temperature, Humidity and Wind Speed 16](#_Toc74137299)

[5.5 Concentrations of PM2.5, PM10 and Total Suspended Particulates(TSP) 17](#_Toc74137300)

[5.6 Concentration of Total Dust 19](#_Toc74137301)

[5.7 Concentration of Sulfur Dioxide 20](#_Toc74137302)

[5.8 Concentration of Sulfuric Acid Mist 20](#_Toc74137303)

[5.9 Concentrations of Lead and Its Compounds 21](#_Toc74137304)

[5.10 Concentrations of Mercury and Its Compounds 21](#_Toc74137305)

[5.11 Concentration of Hydrogen Chloride 21](#_Toc74137306)

[5.12 Concentrations of Benzene, Toluene and Xylene 22](#_Toc74137307)

[5.13 Concentration of Total Volatile Organic Compounds(TVOC) 22](#_Toc74137308)

[6 Simulation Accessment 23](#_Toc74137309)

[6.1 General Requirements 23](#_Toc74137310)

[6.2 Analogy Method 23](#_Toc74137311)

[6.3 Modeling Experiment 24](#_Toc74137312)

[6.4 CFD Simulation 25](#_Toc74137313)

[Explanation of wording in this standard 30](#_Toc74137314)

List of quoted standards [31](#_Toc74137315)

1 总则

**1.0.1** 为贯彻国家工业建筑环境保护和绿色发展政策，改善和提高高污染工业建筑室内环境水平，保证工作人员的身体健康和工艺生产质量，制定本标准。

【条文说明】

我国产业结构完整、行业种类繁多，每年排放的污染物数量巨大。高污染散发类工业建筑量大面广，建筑内部生产作业散发的颗粒物、有害气体、高温余热等污染物，造成对建筑室内外环境的污染，不但危害劳动者健康，还造成大气环境的严重污染。

目前我国的工业企业卫生标准GBZ 1《工业企业设计卫生标准》、GBZ 2.1《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分 化学有害因素》、GBZ 2.2《工作场所有害因素职业接触限值 第2部分：物理因素》等，对工作场所的温度、湿度、风速、粉尘浓度、各类化学污染物、噪声等的要求和限值进行了规定。卫生标准规定的职业接触限值是指劳动者在职业活动过程中长期反复接触，对绝大多数接触者的健康不引起有害作用，是容许接触水平，是职业性有害因素的接触限制量值。而我国民用建筑的室内空气环境标准，如GB/T 18883《室内空气质量标准》、GB 50325《民用建筑工程室内环境污染控制标准》等，主要从人体健康考虑，规定的污染物浓度指标限值与职业卫生标准相比，更加严格。随着空气净化技术的发展、人们对健康重视程度的提高及净化除尘技术在工业建筑领域的应用，现有的工业企业卫生标准不能完全满足人的健康需求。

在大气环境保护方面，2016年1月1日正式开始实施的GB 3095-2012《环境空气质量标准》中增加了环境中颗粒物PM2.5的浓度限值要求，环境空气质量标准要求提高。近年来，为切实加强大气污染防治工作，国家和地方出台了钢铁等行业的超低排放政策，污染物大气排放标准提高。因此，有必要根据相关标准的变化，针对高污染类工业建筑的特点，制订高污染散发类工业建筑环境评价标准，以改善和提高高污染工业建筑的室内环境质量，保证工作人员的身体健康和工艺生产质量。

**1.0.2** 本标准适用于有色金属、黑色金属、橡胶制品、金属和非金属矿物制品高污染工业建筑室内环境的评价。

【条文说明】

本条规定了本标准的适用范围。高污染工业涉及很多行业，标准不可能满足所有工业行业的需求。本标准选择高污染工业中有代表性的、量大面广的行业，以有色金属、黑色金属、橡胶制品、金属和非金属矿物制品这五个代表性行业，进行高污染工业建筑室内环境的评价。

**1.0.3**高污染工业建筑环境评价除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

【条文说明】

本标准为专业性的技术标准。本条文的目的是强调在执行本标准的同时，还应注意贯彻国家、行业、地方和团体相关标准、规范等的有关规定。

2 术语

**2.0.1 高污染工业建筑 high-pollution industrial building**

 指工艺生产过程中有强污染源或强热源的工业建筑，如金属冶炼和压延加工业、化学原料和化学制品制造业、机械制造业等。

【条文说明】

根据国家标准GB 51245-2017《工业建筑节能设计统一标准》第3.1.1条规定，工业建筑节能设计分为一类工业建筑和二类工业建筑。一类工业建筑，冬季以供暖能耗为主，夏季以空调能耗为主，通常无强污染源及强热源。代表性行业有计算机、通信和其他电子设备制造业，食品制造业，烟草制品业，仪器仪表制造业，医药制造业，纺织业等。凡是有供暖空调系统能耗的工业建筑，均执行一类工业建筑相关要求。对于二类工业建筑，以通风能耗为主，通常有强污染源或强热源。代表性行业有金属冶炼和压延加工业，石油加工、炼焦和核燃料加工业，化学原料和化学制品制造业，机械制造等。强污染源是指生产过程中散发较多的有害气体、固体或液体颗粒物的源项，要采用专门的通风系统对其进行捕集或稀释控制才能达到环境卫生的要求。强热源是指在工业加工过程中，具有生产工艺散发的个体散热源，一般生产工艺散发的余热强度在20W/m3～50W/m3，如热轧厂房。此外，在烧结、锻铸、熔炼等热加工车间，往往有固定的炉窑、冷却体等高温散热体，从而形成高余热散发，此时热强度可超过50W/m3。

本标准中的高污染工业建筑是指国家标准GB 51245-2017 《工业建筑节能设计统一标准》中规定的二类工业建筑。

**2.0.2 作业区 working area**

指高污染工业建筑内工作人员为观察和管理生产过程而经常或定量停留的区域，包括人员直接操作区域以及管理、控制或调度的区域。

**2.0.3 清洁区 clean area**

指高污染工业建筑内辅助的办公、休息等非生产作业区域。

**2.0.4 排放区 contaminated area**

指高污染工业建筑内除作业区、清洁区以外的无组织排放区域。

3 基本规定

**3.0.1** 高污染工业建筑环境的评价应以单体工业建筑的室内环境为评价对象。

【条文说明】

本条文规定了高污染工业建筑环境评价的对象。

**3.0.2** 高污染工业建筑环境的评价指标体系包括共性指标和特性指标两类，评价时应在共性指标满足要求的基础上进行特性指标的评价。

【条文说明】

本条文规定了高污染建筑环境的评价指标。共性指标是指所有行业工业建筑室内环境都应该达到要求的指标，如温度、湿度、颗粒物浓度等。特性评价指标是针对工业建筑所属工业的行业特点和工艺生产情况规定的行业特性指标，比如橡胶工业建筑中的甲苯、二甲苯和TVOC。

**3.0.3** 高污染工业建筑可分为作业区、清洁区和排放区三个区域进行环境的评价。

【条文说明】

高污染工业建筑一般是集生产和员工休息为一体，包括工艺生产区域，办公、休息区域，以及其他区域，每类区域的环境条件不同，人员所停留的时间不同，人员对环境的健康需求不同。此外为了实现对环境的精准控制和实现工业建筑 节能，需要针对不同的环境需求设计合理的净化除尘系统。因此，本标准将高污染工业建筑区域划分为作业区、清洁区和排放区三个区域，分区进行环境评价，能够更合理地评价高污染工业建筑的环境水平。

**3.0.4** 已建成使用的高污染工业建筑可采用实测方法进行环境评价，设计阶段的高污染工业建筑可采用类比法、数值模拟或模型实验方法进行环境评价。

【条文说明】

本条文规定了高污染工业建筑的环境评价方法。对于已建成使用的高污染工业建筑，采用实测方法能够真实反映室内的环境状况。而在设计阶段只能对工业建筑环境进行预评价，预评价的方法有类比法、数值模拟或模型实验。类比法为借鉴职业病危害预评价中的常用方法，是通过对与待评价工业建筑相同或相似工程（项目）的生产过程和室内环境的现场调查、室内环境指标测试，预测待评工业建筑的实际环境状况。

4 评价指标

4.1 共性指标

**4.1.1** 高污染工业建筑室内作业区的共性指标包括温度、相对湿度、风速和总尘浓度。温度、相对湿度和风速应符合现行国家卫生标准GBZ 1《工业企业设计卫生标准》的规定，总尘浓度不应高于8mg/m3。

【条文说明】

我国现行国家标准GBZ 1-2010《工业企业设计卫生标准》中的6.2.1.10～6.2.1.15、6.2.2.1～6.2.2.6规定了工业建筑工作地点的温度、湿度、风速要求，本标准按照执行。

关于总尘浓度，GBZ 2.1-2019《工作场所有害因素职业接触限值 第2部分 化学有害因素》中对49种粉尘的总尘和呼尘浓度限值进行了规定，本标准按照GBZ 2.1-2019中规定的总尘浓度，同时根据钢铁和有色金属行业工业建筑室内不同工艺岗位环境的总悬浮颗粒物浓度测试数据，确定作业区的总尘浓度不应高于8mg/m3。

**4.1.2** 高污染工业建筑室内清洁区的共性指标包括温度、湿度、风速和颗粒物浓度，各评价指标应满足表4.1.2的规定。

**表4.1.2 室内清洁区共性指标**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **参数** | **单位** | **标准值** | **备注** |
| 1 | 温度 | ℃ | 18～24 | 冬季供暖 |
| 25～28 | 夏季空调 |
| 2 | 相对湿度 | % | / | 冬季供暖 |
| 40～70 | 夏季空调 |
| 3 | 风速 | m/s | 0.2 | 冬季供暖 |
| 0.3 | 夏季空调 |
| 4 | PM2.5 | mg/m3 | 0.075 | 日平均值 |
| 5 | PM10 | mg/m3 | 0.15 | 日平均值 |
| 6 | 总悬浮颗粒物 | mg/m3 | 0.30 | 日平均值 |

**【条文说明】**

本条规定的温度、湿度和风速要求参照国家标准GB 50019-2015《工业建筑供暖通风与空调调节设计规范》第4.3.1条规定的舒适性空气调节室内设计参数。PM2.5、PM10浓度要求参照国家标准GB/T 18883《室内空气质量标准》的规定。总悬浮颗粒物要求参考国家标准GB 3095-2012《环境空气质量标准》中二类区域的24h平均值规定。

**4.1.3** 高污染工业建筑室内排放区的共性指标为总悬浮颗粒物浓度，不应高于5 mg/m3。

**【条文说明】**

高污染工业建筑室内排放区属于非人员活动区域，不需要考虑人的环境需求。排放区内的温度、相对湿度和风速应满足生产工艺的要求。室内的污染物会通过排放区经生产厂房的门窗、屋顶天窗等排放口排至室外，为了控制排放区污染物对大气环境的影响，本标准参考目前各类工业大气排放标准中对无组织排放和企业边界的颗粒物浓度要求。所规定的排放区颗粒物浓度是指生产厂房的门窗、屋顶和气楼等排放口处的颗粒物浓度，所规定的颗粒物浓度限值5 mg/m3为参考GB 28664-2012《炼钢工业大气污染物排放标准》和GB 28663-2012《炼铁工业大气污染物排放标准》中规定的颗粒物无组织排放浓度限值，并结合对高污染工业建筑室内环境的测试数据，综合确定。目前国内各类工业大气排放标准中规定的无组织排放和企业边界颗粒物浓度限值及监测地点如表1所示。

表1 我国各类工业大气排放标准中的颗粒物无组织排放规定

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准名称 | 颗粒物浓度（mg/m3） | 监测点 |
| 1 | GB 28664-2012《炼钢工业大气污染物排放标准》 | 8（有厂房生产车间）；5（无厂房生产车间） | 生产厂房门窗、屋顶、气楼等排放口处 |
| 2 | GB 28663-2012《炼铁工业大气污染物排放标准》 | 8（有厂房生产车间）；5（无厂房生产车间） | 生产厂房门窗、屋顶、气楼等排放口处 |
| 3 | GB 28665-2012《轧钢工业大气污染物排放标准》 | 5（板坯加热、磨辊作业、钢卷精整、酸再生下料） | 生产厂房门窗、屋顶、气楼等排放口 |
| 4 | GB 25466-2010《铅、锌工业污染物排放标准》 | 1.0 | 企业边界 |
| 5 | GB 25465-2010《铝工业污染物排放标准》 | 1.0 | 企业边界 |
| 6 | GB 25467-2010《铜、镍、钴工业污染物排放标准》 | 1.0 | 企业边界 |
| 7 | GB 25468-2010《镁、钛工业污染物排放标准》 | 1.0 | 企业边界 |
| 8 | GB 27632-2011橡胶制品工业污染物排放标准 | 1.0 | 厂界 |
| 10 | GB 25464-2010陶瓷工业污染物排放标准 | 1.0 | 企业边界 |
| 11 | GB 25463-2011平板玻璃工业大气污染物排放标准 | 1.0 | 执行HJ/T55 的规定，上风向设参照点，下风向高监测点 |

4.2 特性指标

**4.2.1** 有色金属（铅锌）工业建筑的室内特性指标包括二氧化硫、三氧化硫（硫酸雾）、铅及其化合物、汞及其化合物，各指标限值应符合表4.2.1的规定。

表4.2.1-1 有色金属工业建筑室内作业区特性指标

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **参数** | **单位** | **标准值** |
| 1 | 二氧化硫 | mg/m3 | 5.0 |
| 2 | 三氧化硫 | mg/m3 | 1.0 |
| 3 | 铅及其化合物 | mg/m3 | 0.03 |
| 4 | 汞及其化合物 | mg/m3 | 0.01 |

表4.2.1-2 有色金属工业建筑室内清洁区特性指标

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **参数** | **单位** | **标准值** |
| 1 | 二氧化硫 | mg/m3 | 0.5 |

表4.2.1-3 有色金属工业建筑室内排放区特性指标

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **参数** | **单位** | **标准值** |
| 1 | 二氧化硫 | mg/m3 | 0.5 |
| 2 | 硫酸雾 | mg/m3 | 0.3 |
| 3 | 铅及其化合物 | mg/m3 | 0.006 |
| 4 | 汞及其化合物 | mg/m3 | 0.0012 |

【条文说明】

本条文有色金属工业主要是指铅锌工业，铅锌工业生产中铅尘主要是铅及其化合物，汞-有机汞化合物（按Hg计）主要是汞及其化合物，制酸过程中产生三氧化硫。作业区污染物特性指标依据国家标准GBZ 2.1-2019《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分 化学有害因素》。GBZ 2.1-2019中规定了工作场所空气中化学有害因素职业接触限值的PC-TWA值，二氧化硫、硫酸及三氧化硫、铅尘、汞-有机汞化合物（按Hg计）的PC-TWA值如表2所示。

表2 GBZ2.1-2019中规定的污染物浓度限值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 污染物名称 | PC-TWA(mg/m3) |
| 1 | 二氧化硫 | 5 |
| 2 | 硫酸及三氧化硫 | 1 |
| 3 | 铅尘 | 0.03 |
| 4 | 汞-有机汞化合物（按Hg 计） | 0.01 |

清洁区污染物特性指标依据国家标准GB/T 18883《室内空气质量标准》中的规定。在作业区的参数指标中，只有二氧化硫浓度在GB/T 18883中有规定，因此，在清洁区中只规定了二氧化硫浓度限值。

排放区污染物特性指标依据国家标准GB 25446-2010《铅、锌工业污染物排放标准》中规定的企业边界大气污染物浓度限值。GB 25446-2010第4.2.4条规定企业边界大气污染物任何1h平均浓度执行表3要求。

表3 铅、锌工业企业边界大气污染物浓度限值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 污染物项目 | 最高浓度限值（mg/m3） |
| 1 | 二氧化硫 | 0.5 |
| 2 | 颗粒物 | 1.0 |
| 3 | 硫酸雾 | 0.3 |
| 4 | 铅及其化合物 | 0.006 |
| 5 | 汞及其化合物 | 0.0003 |

**4.2.2** 黑色金属（轧钢）工业建筑的室内特性指标包括：硫酸雾、氯化氢、苯、甲苯、二甲苯、非甲烷总烃（或TVOC），各指标限值应符合表4.2.2 的规定。

表4.2.2-1黑色金属冶炼业工业建筑室内作业区特性指标

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **参数** | **单位** | **标准值** |
| 1 | 三氧化硫 | mg/m3 | 1.0 |
| 2 | 氯化氢 | mg/m3 | 7.5 |
| 3 | 苯 | mg/m3 | 6.0 |
| 4 | 甲苯 | mg/m3 | 50 |
| 5 | 二甲苯 | mg/m3 | 50 |

表4.2.2-2黑色金属冶炼业工业建筑室内清洁区特性指标

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **参数** | **单位** | **标准值** |
| 1 | 苯 | mg/m3 | 0.03 |
| 2 | 甲苯 | mg/m3 | 0.20 |
| 3 | 二甲苯 | mg/m3 | 0.20 |
| 4 | TVOC | mg/m3 | 0.60 |

表4.2.2-3黑色金属冶炼业工业建筑室内排放区特性指标

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **参数** | **单位** | **标准值** | **备注** |
| 1 | 硫酸雾 | mg/m3 | 1.2 | 酸洗机组及废酸再生 |
| 2 | 氯化氢 | mg/m3 | 0.2 |
| 3 | 苯 | mg/m3 | 0.4 | 涂层机组 |
| 4 | 甲苯 | mg/m3 | 2.4 |
| 5 | 二甲苯 | mg/m3 | 1.2 |
| 6 | 非甲烷总烃 | mg/m3 | 4.0  |

【条文说明】

本条文黑色金属工业主要是指炼钢、炼铁、轧钢等，所选择的特性排放指标参数依据GB28664-2012《炼钢工业大气污染物排放标准》、GB 28663-2012 《炼铁工业大气污染物排放标准》、GB 28665-2012《轧钢工业污染物排放标准》中规定的无组织排放大气污染物浓度限值规定的污染物种类。因炼钢和炼铁工业的无组织排放只规定了颗粒物排放限值，颗粒物指标属于共性指标。因此本条规定的黑色金属工业特性指标主要是指轧钢工业的特性指标。考虑到GBZ2.1-2019《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分 化学有害因素》中没有对工作场所中的硝酸做规定，因此，黑色金属工业特性指标包括了三氧化硫（硫酸雾）、氯化氢、苯、甲苯、二甲苯和非甲烷总烃。

作业区的污染物浓度限值依据GBZ2.1-2019《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分 化学有害因素》中规定的工作场所空气中化学有害因素职业接触限值的PC-TWA值或MAC值。GBZ 2.1-2019中规定的硫酸及三氧化硫、氯化氢、苯、甲苯、二甲苯的PC-TWA值或MAC值如表4所示。

表4 GBZ2.1-2019中规定的污染物浓度限值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 污染物名称 | MAC(mg/m3) | PC-TWA(mg/m3) |
| 1 | 硫酸及三氧化硫 | - | 1.0 |
| 2 | 氯化氢及盐酸 | 7.5 | - |
| 3 | 苯 | - | 6.0 |
| 4 | 甲苯 | - | 50 |
| 5 | 二甲苯 | - | 50 |

清洁区的污染物参数及指标依据GB/T 18883《室内空气质量标准》中的规定，在作业区和排放区的指标中，只有苯、甲苯、二甲苯和TVOC 4个指标在GB/T 18883中有规定，因此，在清洁区中只规定了苯、甲苯、二甲苯和TVOC 4个指标。

排放区的污染物浓度限值依据GB 28665-2012《轧钢工业污染物排放标准》中第4.5条规定的无组织排放污染物浓度限值，如表5所示。

表5 轧钢工业企业边界大气污染物浓度限值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 污染物项目 | 生产工艺或设施 | 限值(mg/m3) |
| 1 | 颗粒物 | 板坯加热、磨辊作业、钢卷精整、酸再生下料 | 5.0 |
| 2 | 硫酸雾 | 酸洗机组及废酸再生 | 1.2 |
| 3 | 氯化氢 | 0.2 |
| 4 | 硝酸雾 | 0.12 |
| 5 | 苯 | 涂层机组 | 0.4 |
| 6 | 甲苯 | 2.4 |
| 7 | 二甲苯 | 1.2 |
| 8 | 非甲烷总烃 | 4.0 |

**4.2.3** 橡胶制品工业建筑的室内特性指标包括甲苯、二甲苯和非甲烷总烃（或TVOC），各指标限值应符合表4.2.3的规定。

表4.2.3-1 橡胶制品工业建筑室内作业区特性指标

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **参数** | **单位** | **标准值** |
| 1 | 甲苯 | mg/m3 | 50 |
| 2 | 二甲苯 | mg/m3 | 50 |

表4.2.3-2 橡胶制品工业建筑室内清洁区特性指标

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **参数** | **单位** | **标准值** |
| 1 | 甲苯 | mg/m3 | 0.2 |
| 2 | 二甲苯 | mg/m3 | 0.2 |
| 3 | TVOC | mg/m3 | 0.6 |

表4.2.3-3 橡胶制品工业建筑室内排放区特性指标

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **参数** | **单位** | **标准值** |
| 1 | 甲苯 | mg/m3 | 2.4 |
| 2 | 二甲苯 | mg/m3 | 1.2 |
| 3 | 非甲烷总烃 | mg/m3 | 4.0 |

【条文说明】

本条文橡胶制品工业所选择的特性排放指标参数依据GB 27632-2011《橡胶制品工业污染物排放标准》中规定的企业边界大气污染物浓度限值，如表6所示。

表6 橡胶工业企业边界大气污染物浓度限值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 污染物项目 | 最高浓度限值（mg/m3） |
| 1 | 颗粒物 | 1.0 |
| 2 | 甲苯 | 2.4 |
| 3 | 二甲苯 | 1.2 |
| 4 | 非甲烷总烃 | 4.0 |

作业区污染物的浓度限值依据GBZ 2.1-2019《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分 化学有害因素》中规定的工作场所空气中化学有害因素职业接触限值的PC-TWA值。GBZ 2.1-2019标准中没有非甲烷总烃的浓度限值，规定的甲苯、二甲苯的PC-TWA值如表7所示。

表7 GBZ 2.1-2019中规定的甲苯和二甲苯污染物浓度限值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 污染物名称 | PC-TWA(mg/m3) |
| 1 | 甲苯 | 50 |
| 2 | 二甲苯 | 50 |

清洁区的污染物参数及指标依据GB/T 18883《室内空气质量标准》的规定。GB/T 18883标准中没有非甲烷总烃的浓度限值，但有TVOC的浓度限值，因此清洁区的特性指标为甲苯、二甲苯和TVOC。

排放区的污染物浓度限值依据GB 27632-2011《橡胶制品工业污染物排放标准》中第4.2.4条规定的企业边界大气污染物浓度限值，如表6所示。

**4.2.4** 金属制品业（铸造）工业建筑的室内特性指标包括非甲烷总烃（或TVOC）和铅及其化合物，各指标限值应符合表4.2.4的规定。

表4.2.4-1 金属制品工业建筑室内作业区特性指标

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **参数** | **单位** | **标准值** | **备注** |
| 1 | 铅及其化合物 | mg/m3 | 0.05 | 适用于铅基及铅青铜合金铸造企业 |

表4.2.4-1 金属制品工业建筑室内清洁区特性指标

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **参数** | **单位** | **标准值** | **备注** |
| 1 | TVOC | mg/m3 | 0.60 | 适用于表面涂装生产过程 |

表4.2.4-1 金属制品工业建筑室内排放区特性指标

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **参数** | **单位** | **标准值** | **备注** |
| 1 | 非甲烷总烃 | mg/m3 | 10 | 适用于表面涂装生产过程 |
| 2 | 铅及其化合物 | mg/m3 | 0.006 | 适用于铅基及铅青铜合金铸造企业 |

【条文说明】

本条文铸造工业所选择的特性排放指标参数依据GB 39726-2020《铸造工业大气污染物排放标准》中规定的无组织排放和企业边界规定的污染物种类。

作业区的污染物浓度限值依据GBZ 2.1-2019《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分 化学有害因素》中规定的工作场所空气中化学有害因素职业接触限值的PC-TWA值，该标准中并未规定非甲烷总烃或TVOC浓度限值。GBZ 2.1-2019中规定的污染物浓度限值如表2所示。

清洁区的污染物参数及指标根据GB/T 18883《室内空气质量标准》中的规定。

关于排放区的污染物浓度限值依据GB 39726-2020《铸造工业大气污染物排放标准》，该标准附录A规定厂区内VOCs无组织排放限值为监控点内1h平均浓度为10mg/m3；标准规定企业边界污染物监控铅及其化合物（适用于铅基及铅青铜合金铸造企业）的浓度限值为0.006mg/m3。

5 实测评价

5.1 一般规定

**5.1.1** 实测评价应根据高污染工业建筑室内环境分区进行评价，可以对作业区、清洁区和排放区三个区域全部进行评价，也可以对其中的一个区域或两个区域进行评价。

【条文说明】

 虽然高污染工业建筑环境的评价分了作业区、清洁区和排放区三个区域进行评价，但实际工业建筑不一定都包含这三个区域，或者并非关注所有的三个区域。因此，实际评价时，可以选择对作业区、清洁区和排放区三个区域全部进行评价，也可选择其中的一个或两个区域进行评价。

**5.1.2** 实测评价的内容应包括室内温度、湿度、空气流速、PM2.5浓度、PM10浓度、总悬浮颗粒物浓度或粉尘浓度，以及所属工业类别的特性指标。

【条文说明】

 本条根据第四章规定的共性评价指标和特性评价指标，规定了实测评价的内容。

**5.1.3** 当所有指标均满足本标准4.1和4.2节的规定值时，判定该工业建筑环境满足要求。

5.2 测点布置

**5.2.1** 作业区的采样点布置应符合下列规定：

1作业区按产品的生产工艺流程，凡逸散或存在有害物质的工作地点，至少应设置 1 个采样点，采样点的位置距离污染源至少1m以上的距离。

2 一个有代表性的作业区内有多台同类生产设备时，1～3台设置1个采样点；4～10台设置2个采样点；10台以上，至少设置3个采样点。采样点距离污染源至少1m以上的距离。

3 一个有代表性的作业区内，有2台以上不同类型的生产设备逸散同一种有害物质时，采样点应设置在逸散有害物质浓度大的设备附近的工作地点；逸散不同种有害物质时，应将采样点设置在逸散待测有害物质设备的工作地点。采样点距离污染源至少1m以上的距离。

4 管理、控制或调度的区域至少设置1个采样点。

5 采样点距离地面高度（1～1.5）m，应避开通风口、通风道等。

【条文说明】

 作业区的采样点布置参照GBZ 159-2004《工作场所中有害物质监测的采样规范》中第7.2.1～7.2.6 条的规定，并规定了采样点距离污染源的位置和采样点高度，实际测试时更易操作。

**5.2.2** 清洁区的采样点布置应符合下列规定：

 1 室内面积不足50m2的设置1个测点，（50～200）m2的设置2个测点，200m2以上的设置3～5个测点。

 2 室内1个测点的设置在中央，2个采样点的设置在室内对称点上，3个测点的设置在室内对角线四等分的3个等分点上，5个测点的按梅花布点，其他的按均匀布点原则布置。

 3 测点距离地面高度（1～1.5）m，距离墙壁不小于0.5m。

 4 测点应避开通风口、通风道等。

【条文说明】

清洁区的采样点布置依据国家标准GB/T 18204.2-2014《公共场所卫生检验方法 第2部分：化学污染物》附录A 现场采样检测布点要求。

**5.2.3** 排放区的采样点应设置在生产厂房门窗、屋顶、气楼等排放口处。

【条文说明】

 本条文依据GB 28663-2012《炼铁工业大气污染物排放标准》、GB 28664-2012《炼钢工业大气污染物排放标准》和GB 28665-2012《轧钢工业大气污染物排放标准》中的规定，大气污染物无组织排放的采样点设在生产厂房门窗、屋顶、气楼等排放口处，并选浓度最大值。

5.3 测试条件及要求

**5.3.1** 测试应在正常生产状态和室外环境下进行，避免人为因素的影响。

【条文说明】

本条规定是为了客观真实地反映工业建筑室内环境状况，测试应选择在生产工艺在正常运行状态且室外环境正常的条件下进行，不应选择在大风、雨雪等特殊天气时进行测试，不应选择在工艺停产状态或生产工艺散发污染物量最小的状态下进行测试。此外，测试时应排除人的活动等对测试结果的影响。

**5.3.2** 室内有害物质浓度随季节发生变化的工业建筑，应将室内有害物质浓度最高的季节选择为实测季节。

**5.3.3** 在工作周内，实测应选择室内有害物质浓度最高的工作日。

**5.3.4** 在工作日内，实测应选择室内有害物质浓度最高的时段。

【条文说明】

条文5.3.2～5.3.4，对于高污染工业企业，工艺生产并不一定连续，且污染物也不一定是持续恒定地散发。选择空气中有害物质浓度最高的季节、最高的工作和最高的时间进行测试，能够正确客观地评价高污染工业建筑的室内环境状况，评估采用净化除尘系统的效果。

5.4 温湿度和空气流速检测

**5.4.1** 室内温湿度和空气流速的检测宜采用具有自动采集和数据存储功能的检测仪器，检测仪器的性能应符合表5.4.1的规定。

表5.4.1 温湿度检测仪器性能要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 仪器名称 | 量程 | 精度 |
| 温湿度检测仪器 | 温度：-10℃～50℃ | 温度：±0.5℃ |
| 相对湿度：10.0%～100.0% | 相对湿度：±5.0% |
| 空气流速检测仪器 | 0.05m/s～5m/s | ±（0.05+5%读数）m/s |

【条文说明】

室内温湿度和空气流速自动检测仪器，目前技术已很成熟，采用自动采集和数据存储功能的检测仪器，能够获得连续的检测数据，查看温湿度和空气流速的变化，而且测试时可以避免人员对测试的影响。

**5.4.2** 采用具有自动采集和数据存储功能的检测仪器时，温湿度和空气流速的测试时间应不少于6h，测试时间间隔最长不得超过30min。

【条文说明】

 温湿度和空气流速的测试时间依据JG/T 177-2009《公共建筑节能检测标准》第4.0.2条第3款的规定。

**5.4.3** 各测点的温湿度和空气流速测试结果为测试时间段时逐时值的平均值，室内温湿度和空气流速的测试结果应为测试阶段内所测区域内各测点温湿度和空气流速的平均值。

5.5 PM2.5、PM10和总悬浮颗粒物浓度检测

**5.5.1** PM2.5、PM10浓度和总悬浮颗粒物宜优先采用光散式粉尘仪检测，也可采用其他测量原理的粉尘仪或采用采样称重法检测。

【条文说明】

光散式粉尘仪是广泛应用于颗粒物浓度检测的仪器，具有便携、连续测试、直接读数等优点，技术成熟，因此宜优先采用光散式粉尘仪。此外还有压电天平法、β射线法、静电感应法等便携式粉尘仪或在线监测仪器，也可以采用。称重法是粉尘测试的基本方法，也可采用。

**5.5.2** 采用光散射式粉尘仪检测时，应符合下列规定：

1粉尘仪的测量范围：（0.01～100）mg/m3，检测灵敏度：0.01mg/m3，测量精度：±10%，且应经过标定。

2检测时应先根据工业环境中颗粒物的性能确定质量浓度转换系数，粉尘仪质量浓度转换系数的确定应按下列步骤进行：

1）开启粉尘仪，等仪器稳定后，开始采样。

2）将粉尘仪和滤纸（膜）颗粒物采样器置于现场同一测点和同一高度，平行采样，采样时间不低于30min。两仪器的吸气口中心距应在10cm之内。

3）质量浓度转换系数应按下式进行计算：

K=C/R （5.5.2）

式中：K——质量浓度转换系数；

 C——滤纸（膜）采样称重法测得的质量浓度值，mg/m3；

 R——粉尘仪的测量值，mg/m3。

3确定粉尘仪质量浓度转换系数后即可采用粉尘仪进行所测区域内各测点的PM2.5、PM10或总悬浮颗粒物浓度的检测。测试时间应不少于45min，采样时间间隔不应大于1min。

4 各测点PM2.5、PM10或总悬浮颗粒物浓度测试结果为测试时间段内各时间间隔点的平均值。

【条文说明】

本条对粉尘仪的性能进行了规定，测量范围、精度应能够满足目前高污染工业建筑环境的需求。

由于光散射式粉尘仪是基于颗粒物对光的散射强度来实现对粉尘浓度进行间接测量的，不能对颗粒物的密度等信息进行识别。所以要得到粉尘质量浓度，需要确定被检测物质信息( 材质、密度等) ，设置质量浓度转换系数 K值。高污染工业建筑内由于生产工艺的不同，使得不同类型工业建筑或不同区域的颗粒物成分差别很大。在实际应用中，应根据不同测量场合、季节等，调整仪器的质量浓度转换系数K值。

**5.5.3** PM2.5和PM10采用采样称重法检测时，应符合下列规定：

1称重法采用的切割器、采样流量计、滤膜、分析天平、恒温恒湿箱等仪器性能应符合国家标准HJ 618-2011《环境空气PM10和PM2.5的测定 重量法》第5章的规定。

2累计采样时间不应少于18h。

3采样时，将已称重的滤膜用镊子放放洁净采样夹内的滤网上，滤膜毛面应朝进气方向，将滤膜牢固压紧至不漏气。采样结束后，用镊子取出。将有尘面两次对折，放入样品盒或纸袋，并做好采样记录。滤膜采集后，如不能立即称重，应在4规定的条件下冷藏保存。

4将滤膜放在恒温恒湿箱中平衡24h，平衡条件为：温度取（15～30）℃中的任何一点，相对湿度控制在（45～55）%范围内，记录平衡温度与湿度。在上述平衡条件下，用感量为0.1mg或0.01mg的分析天平称量滤膜，记录滤膜重量。同一滤膜在恒温恒湿箱中相同条件下再平衡1h后称重。对于PM10和PM2.5颗粒物样品滤膜，两次重量之差分别小于0.4mg或0.04mg为满足恒重要求。

5 PM2.5、PM10浓度按下式计算：

$c=\frac{w\_{2}-w\_{1}}{V}$ （5.5.3）

式中：

$c$——PM2.5、PM10或总悬浮颗粒物浓度，mg/m3；

$w\_{2}$——采样后滤膜的重量，g；

$w\_{1}$——空白滤膜的重量，g；

$V$——已换算成标准状态（101.325kPa，273K）下的采样体积，m3。

**5.5.4** 总悬浮颗粒物浓度采用称重法检测时，应按照现行国家标准GB/T 14253《环境空气 总悬浮颗粒物的测定 重量法》进行测试。测试时的累计采样时间不应少于18h。

**5.5.5** PM2.5、PM10或总悬浮颗粒物浓度值应按下式进行计算：

$c=\frac{1}{n}\sum\_{i=1}^{n}c\_{i}$ （5.5.5）

式中：$c$——环境区域内PM2.5、PM10或总悬浮颗粒物浓度（mg/m3）；

$n$——测量点数；

$c\_{i}$——i测点的PM2.5、PM10或总悬浮颗粒物浓度（mg/m3）。

5.6 总尘浓度检测

**5.6.1** 总尘浓度的检测应采用滤膜称重法，滤膜、粉尘采样器、分析天平的仪器性能，应符合现行国家卫生标准GBZ/T 192.1《工作场所中粉尘测定 第1部分：总粉尘浓度》的相关规定。

**5.6.2** 当工业建筑室内粉尘浓度比较稳定时，可采用短时间采样方法。采样时间应为15min，采样流量应为15L/min～40L/min。

**5.6.3** 当工业建筑室内粉尘浓度变化较大时， 应采用长时间采样方法。根据采样现场的粉尘浓度和采样器的性能等，以1L/min～5L/min流量采集1~8h空气样品。

**5.6.4** 作业区内设置多个测点时，应同时进行多个测点采样。

**5.6.5** 作业区内总尘浓度应按下式进行计算：

$c=\frac{1}{n}\sum\_{i=1}^{n}c\_{i}$ （5.6.4）

式中：$c$——作业区内总尘浓度（mg/m3）；

$n$——测量点数；

$c\_{i}$——i测点的总尘浓度（mg/m3）

5.7 二氧化硫浓度检测

**5.7.1** 作业区二氧化硫浓度的检测应采用甲醛缓冲液-副玫瑰苯胺分光光度法,s应符合下列规定：

1 采样采用装有10.0mL 甲醛缓冲液的多孔玻板吸收管，采样流量应为0.5L/min,采样时间应至少15min。

2 检测采用的仪器、试剂、分析步骤和浓度的计算应按照GBZ/T 160.33-2004《工作场所空气有毒物质测定 硫化物》第3.1、3.2、3.3、3.4和3.6条的规定。

**5.7.2** 清洁区二氧化硫浓度的检测应符合下列规定：

1 采样时间至少45min；

2 检测方法采用甲醛溶液吸收法——盐酸副玫瑰苯胺分光光度法，依据现行国家标准GB/T 16128和GB/T 15262进行检测。

**5.7.3** 排放区二氧化硫浓度的检测应符合下列规定：

 1采用内装10ml吸收液的多孔玻板吸收管，以0.5L/min的流量采气 45min～60min。

2检测应依据现行国家环境标准[HJ 482-2009《环境空气 二氧化硫的测定 甲醛吸收-副玫瑰苯胺分光光度法](http://www.wdfxw.net/goDownFiles.aspx?key=97112419" \t "_blank)》进行。

5.8 硫酸雾浓度检测

**5.8.1** 作业区三氧化硫浓度的检测应按照职业卫生标准GBZ/T 160.33《工作场所空气有毒物质测定 硫化物》中规定的方法进行。

**5.8.2** 排放区硫酸雾的采样应符合下列规定：

1用配有石英纤维滤膜的中流量颗粒物采样器以100L/min的采样流量，连续采样1h,或在1h内以等时间间隔采集3～4个样品计平均值，如果浓度偏低可适当延长采样时间。

2检测时的试剂和材料、仪器和设备、样品及样品采集方法、样品运输和保存、试样的制备和分析等应符合现行国家标准HJ 544《固定污染源废气 硫酸雾的测定 离子色谱法（暂行）》的规定。

5.9 铅及其化合物浓度检测

**5.9.1** 作业区铅及其化合物浓度的检测应按照职业卫生标准GBZ/T 300.15《工作场所空气有毒物质测定 第15部分：铅及其化合物》中规定的方法进行。

**5.9.2** 排放区铅及其化合物浓度的检测应符合下列规定：

1 用配有石英纤维滤膜的中流量颗粒物采样器以100L/min的采样流量，连续采样1h,或在1h内以等时间间隔采集3～4个样品计平均值，如果浓度偏低可适当延长采样时间。

2 检测时的试剂和材料、仪器和设备、样品及样品采集方法、样品运输和保存、试样的制备和分析等应符合现行国家标准HJ 539《环境空气 铅的测定 石墨炉原子吸收分光光度法（暂行）》。

5.10 汞及其化合物浓度检测

**5.10.1** 作业区汞及其化合物浓度的检测应按照职业卫生标准GBZ/T 300.18《工作场所空气有毒物质测定 第18部分：汞及其化合物》中规定的方法进行。

**5.10.2** 排放区汞及其化合物浓度的检测应符合下列规定：

 1 以 0.3L/min～0.5 L/min 流量，采样 30min～60 min；

 2 检测时的试剂和材料、仪器和设备、样品及样品采集方法、样品运输和保存、试样的制备和分析等应符合现行国家标准HJ 542《环境空气 汞的测定巯基棉富集-冷原子荧光分光光度法（暂行）》的规定。

5.11 氯化氢浓度检测

**5.11.1** 作业区氯化氢浓度的检测应按照职业卫生标准GBZ/T 160.37-2004《工作场所空气有毒物质测定 氯化物》中规定的方法进行。

**5.11.2** 排放区氯化氢的采样应符合下列规定：

1 以0.5L/min～1.0L/min的采样流量，连续采样1h,或在1h内以等时间间隔采集3-4个样品计平均值，如果浓度偏低可适当延长采样时间，采样前后流量偏差应≤5%。

2排放区氯化氢浓度检测时的试剂和材料、仪器和设备、样品及样品采集方法、样品运输和保存、试样的制备和分析等应符合现行国家标准HJ 549《环境空气和废气 氯化氢的测定 离子色谱法》。

5.12 苯、甲苯、二甲苯浓度检测

**5.12.1** 作业区苯、甲苯和二甲苯浓度的检测应按照现行国家职业卫生标准GBZ/T 300.66《工作场所中空气中有毒物质测定 第66部分：苯、甲苯、二甲苯和乙苯》中规定的方法进行。

**5.12.2** 清洁区苯、甲苯和二甲苯浓度的检测应按照国家标准GB/T 18883-2002《室内空气质量标准》附录C的方法进行。

**5.12.3** 排放区苯、甲苯和二甲苯浓度的检测应按照现行国家环境保护标准HJ 583《环境空气 苯系物的测定 固体吸附/热脱附-气相色谱法》或HJ 584《环境空气 苯系物的测定 活性炭吸附/二硫化碳解吸-气相色谱法》中规定的方法进行。

5.13 非甲烷总烃（TVOC）浓度检测

**5.13.1** 清洁区TVOC的检测应按照国家标准GB/T 18883-2002《室内空气质量标准》附录C的方法进行。

**5.13.2** 排放区非甲烷总烃浓度的检测应符合下列规定：

1采用任何连续1h的采样计平均值，或在任何1h内，以等时间间隔采集 4 个样品计平均值。

2非甲烷总烃浓度检测时的试剂和材料、样品分析和结果计算应按照现行国家标准HJ 38《固定污染源废气总烃、甲烷和非甲烷总烃的测定 气相色谱法》进行。

6 模拟评价

6.1 一般规定

**6.1.1** 模拟评价可采用类比法、数值模拟和模型实验三种方法，宜优先选用类比法。

**6.1.2** 数值模拟和模型实验边界条件宜在环境风洞或大气边界层风洞实验室中获取。

**6.1.3** 模拟评价应按照以下原则进行：

1 将类比法结果、模型试验或数值模拟得出的结果与本标准第4.2节中的要求进行比较，当所有项都满足时，判定高污染工业建筑环境满足要求。

2 新建建筑当有不满足项时，应进行设计调整，调整后重新进行模拟评价。

6.2 类比法

**6.2.1** 采用类比法时应选择恰当的类比项目和数据，应对两个项目的类比可行性进行分析。

【条文说明】

类比法是通过对待评价工业建筑相同或相似工程（项目）的生产过程和室内环境的现场调查、室内环境指标测试，预测待评工业建筑的实际环境状况。

**6.2.2** 待评工业建筑为扩建项目时，可选择原工业建筑项目作为类比项目。

【条文说明】

如果待评工业建筑为原工业建筑的的扩建项目，待评价工业建筑与原工业建筑的设计规模、生产工艺、生产设备、原辅料、防护设施以及职业卫生管理等方面完全相同或基本相同，此时类比项目具有较强的可比性，比较适用于类比法。

**6.2.3** 待评工业建筑为新建项目时，可选择同行业中同类企业，且工艺过程相似的工业建筑项目。

【条文说明】

若类比项目与待评项目在同一省市，且类比项目的评价也是由同一家机构完成，则可以通过查阅既往的工业建筑环境评价资料来获取。若类比项目在外省市或国外，但与建设项目为同一业主，则可以通过业主提供评价所需的资料；若类比项目在外省市或国外，且与建设项目分属不同的业主，需要通过集团公司、行业协会或其他评价机构等途径获取类比信息。

**6.2.4** 待评工业项目由于采用新工艺无法找到合适类比项目时，可将待评工业建筑进行分解，分别对各评价单元进行类比分析。

【条文说明】

评价单元类比资料可以通过对本单位既往评价资料的分析获得。

**6.2.5** 选择类比项目的检测数据应是第三方检测机构提供。

【条文说明】

采用类比法时，类比项目检测数据的可靠性是非常重要的。比如企业内部的日常监测数据，可能数据来源往往不是第三方检测机构，或检测点的设备和检测方法不规范，导致检测结果不能满足评价的需要。

6.3 模型试验

**6.3.1** 模型试验应根据工业建筑的工艺和环境状况确定合适的相似准则数，按照几何相似进行模型设计，结合待评价工业建筑的范围、试验场地、仪器设备等条件确定适宜的几何比例尺。

【条文说明】

进行模型实验时，应保证几何相似、运动相似、动力相似、初始条件和边界条件相似。动力相似应根据工业建筑环境的流动场、温度场和污染物浓度场特点选择合适的相似准则。在确定好采用的相似准则后，根据几何相似建立模型。

关于相似准则数，在实际中，达到所有准则数相似是比较困难的。因此在模型试验中可以忽略某些参数而仅保证最重要的参数，从而形成一种近似的相似。各类适宜的准则数的选取推荐如下：

普朗特数Pr主要用于不同介质流动的相似运动。雷诺数Re常用于气流的湍流流动相似。阿基米德数Ar常用于高温受迫气流流动的相似。格拉晓夫数Gr用于高温自然对流的气流流动相似。弗劳德数Fr常用于火灾模型烟气流动或具有自由液面的液体流动的相似。施密特数Sc常用于介质扩散的相似。斯特劳哈尔数St常用于非稳态的运动相似。韦伯数We用于分析不同的流体之间交界面的相似运动，尤其在多相流中交界面的曲率较大时选用。

**6.3.2** 模型试验的边界条件应按风洞试验或设计参数根据相似性原理换算结果进行设置。

【条文说明】

 模型试验时的边界条件设置正确与否关系到模型试验结果是否能正确反映实际工业建筑的环境状况，需要根据实际工业建筑的污染物散发情况、通风状况等设置合理的边界条件。如工业建筑采用自然通风时，可以通过风洞试验获取自然通风口（如窗户等）的压力或风速。如工业建筑采用机械通风时，可以通过设计的通风系统参数，根据相似性原理换算至模型，进行边界条件设置。

**6.3.3** 模型试验时，如涉及不同大小的速度和温差，选择无量纲准则数中二者变化较大的值。

**6.3.4**当模型中气流初始温度较高时，可在保证准则数相等的条件下调整初始速度的值，以减小气流初始温度。为了避免较大的测量误差，调整后的初始速度值必须显著大于环境气流流速。

**6.3.5** 模型试验时的测点布置应按照本标准5.2节的规定按模型比例尺确定。

【条文说明】

模型试验是根据相似原理进行的试验，应根据实际工业建筑环境测试时的测点布置要求，按照几何相似确定模型试验的测点布置。

**6.3.6** 模型试验时采用的仪器设备应符合本标准第5章的相关规定。

**6.3.7** 应依据相似性原理，将模型试验的结果换算到实际值，根据第4章的评价指标进行工业建筑环境的评价。

【条文说明】

模型试验的目的是对实际的工业建筑环境进行评价，因此，需要将模型试验测得的各参数值，根据采用的相似准则数和几何比例尺，换算为实际工业建筑环境的指标参数，并根据第4章规定的评价指标进行评价。

6.4 数值模拟

**6.4.1** 数值模拟采用的软件应为经有关部门评定认可的软件。

【条文说明】

数值模拟是一种很好的预测室内的温度、湿度、空气流速及污染物浓度分布的方法。数值模拟目前有较多的通用CFD软件（如Fluent、AIRPAK、CFX等）。各通用软件的数学模型都是以纳维-斯托克斯方程组与各种湍流模型为主体，再补充一些附加源项、附加输运方程与关系式。不排除有关项目采用专门开发的专用CFD软件。为保证数值模拟结果的正确性和可靠性，用于数值模拟的软件应为经有关部评定认可的软件。

**6.4.2** 数值模拟宜按照“实际工业建筑环境分析-提炼物理问题-选择数学模型描述”的基本思路进行。

**6.4.3** 几何建模应根据工程实际确定计算区域的形状，大小及空间的相对位置以及空间内各组件的相对位置建立模型。建立的模型可以根据工业建筑的实际情况进行简化并应给出简化依据。

【条文说明】

本条文给出了数值模拟建立几何模型的基本原则。实际上工业建筑的形状、室内各组件的形状和位置可能较为复杂，而且复杂的几何模型可能会导致数值模拟计算时间较长等，在进行数值模拟的几何模型建立时，可以做适当的简化，但为了保证简化后的模型不影响数值模拟结果，应给出简化的依据。

**6.4.4** 网格划分应符合下列规定：

1网格类型宜根据模型的复杂程度和实际的流动状况选择。

2网格间距应根据计算对象的模型尺寸大小选取，网格间隔宜小于模型尺寸的1/10。

3在温度、速度和浓度等梯度大的地方，应加大网格数，在梯度小的地方，可采用较少的网格数。

4 模拟前应进行网格质量的判定，由一个网格单元到另一个网格单元的尺寸扩大比应在1～2之间。

5 模拟时应进行网格无关性验证。

【条文说明】

网格是数值模拟模型的几何表达形式，也是模拟和分析的载体。网格划分的质量关系到模拟计算的精度和效率。数值模拟的网格有结构化网格和非结构化网格，在进行数值模拟时网格类型的选择应该主要考虑模型复杂程度和实际流动状况，并考虑计算机的运算能力。网格划分太疏，计算结果的精度达不到要求，网格划分太细会导致计算时间增长。因此，本条规定了网格尺寸大小、加密和网格质量判断和网格无关性验证的规定。

**6.4.5** 初始条件和边界条件的设置应符合下列规定：

1 各边界条件参数宜通过测试获得，如通风口的风速、风压，室内污染源污染物浓度等。

2 对于固定壁面，应根据实际情况定义温度、热流或对流换热系数。是否考虑辐射作用应根据研究目标和辐射作用强弱进行评估后确定。

3 通风进风口宜给出速度、温度、湍流强度等参数，出流边界条件宜给出出口断面平均流速或回风口阻力系数等。窗户作为送排风口时宜用压力边界给出。

4 近壁区宜采用壁面函数法进行处理。

5 若采用对称面简化计算区域，应保证物理和几何条件对称。

【条文说明】

固定壁面主要是室内的墙壁、天花板、地板等，其边界条件一般有如下几类：

1 给出变量*φ* 的值：如给定壁面的温度，非滑动壁面的速度分量为零等；

2 给出*φ* 沿某方向的导数值；如已知壁面的热流量，对绝热壁面则＝0，对给定壁面热流或绝热壁面采用此种处理方法；

3 给出和*φ* 的关系式，如通过对流换热系数以及周围流体温度而限定壁面的换热量等，对给定壁面温度和对流换热系数的换热边界条件采用这种处理方法。

实验研究表明，近壁区可以分为三层，最近壁面的地方被称为粘性底层，流动为层流状态，分子粘性对于动量、热量和质量输运起到决定作用。外区域为完全湍流层，湍流起决定作用，在完全湍流和层流底层之间的区域为混合区域，在该区域内分子粘性与湍流都起着相当的作用。对近壁的处理对数值模拟的结果有很重要的影响。

近壁处理方法通常有两类：第一类是不求解层流底层和混合区，采用半经验公式（壁面函数）来求解层流底层与完全湍流之间的区域。第二类是改进湍流模型（如低雷诺数的k-ε模型），求解粘性影响的近壁区域，包括层流底层。

采用改进模型对近壁区求解的方法计算量大。而壁面函数利用实验结果，通过一定的理论分析，得出近壁区各参数的变化规律，可大大节省内存和计算时间，并且有足够的准确度。

对称面是根据实际物理问题具有对称特征而取的虚拟面，求解域内的各物理量关于对称面对称，该面上没有物理量穿过，于是对称面边界条件为，＝0。实际应用中借助对称面可以减小计算区域，节约计算时间。

**6.4.6** 计算方法应符合下列规定：

1 湍流模型宜根据具体的流动问题选用适宜的两方程模型。

2 控制方程离散格式宜采用有限体积法中的对流项的二次迎风插值格式（QUICK）或二阶迎风格式。

【条文说明】

目前工程中常用的湍流模型主要是两方程模型，包括标准k-ε模型、RNG k-ε模型、带旋流修正的k-ε模型、标准k-w模型、压力修正的k-w模型。每种模型有其适用范围和局限性。不同行业工业建筑的工艺过程和采用的污染物控制方式不同，室内的环境差别较大，需要根据实际工业建筑内的具体流动问题选择适宜的两方程模型。

有限体积法是数值模拟中常用的一种数值算法，计算效率高。目前大部分商用数值模拟软件都是采用有限体积法。

在使用有限体积法建立离散方程时，很重要的一步是将控制体积界面上的物理量及其导数通过节点物理量插值求出。引入插值方式的目的就是为了建立离散方程，不同的插值方式对应于不同的离散结果，因此插值方式常称为离散格式。常用的空间离散格式有：中心差分格式、一阶迎风格式、二阶迎风格式和QUICK格式。QUICK格式是一种改进离散方程截差的方法。对流项的QUICK格式具有三阶精度的截差，但扩散项一般采用二阶截差的中心差分格式，QUICK格式具有守恒性，这是其优于二阶迎风的性质（通常希望采用守恒的差分格式，因为它不仅使计算结果与原问题在物理上保持一致，而且还可以使其对任意体积的计算结果具有原差分格式的误差)。对于对流换热问题，在满足稳定性条件的范围内，截差较高格式的解具有较高的准确性，也可以有效的减少假扩散现象的发生，因此建议采用QUICK格式或二阶迎风格式。

**6.4.7** 数值模拟的收敛性判断标准应符合下列规定：

1 模拟过程中应控制残差收敛性。对于稳态求解，应保证残差曲线趋于平缓。对于非稳态求解，应保证各时间步长内，残差曲线趋于平缓。

2 应保证模型各边界处的进、出口质量流量差小于0.1%。

3 迭代求解过程宜设置计算监测面。对于稳态求解，应保证计算监测面重要参数变化曲线趋于平缓。对于非稳态求解，应保证各时间步长内，监测面重要参数变化曲线趋于平缓。

【条文说明】

判断数值模拟计算是否收敛，可以从残差稳定性、计算结果的稳定性和系统守恒性三个方面进行判断。

**6.4.8** 数值模拟所采用的计算模型和计算方法应进行实验验证。

【条文说明】

 计算模型和计算方法的实验验证是保证数值模拟结果可靠性的重要保证。通过实验验证，以确定计算模型和计算方法是否适合所研究的室内流动和传热传质问题。进行验证可以是模型实验，也可以是现场测试，也可以同类工业建筑的有关实验。

**6.4.9** 数值模拟提交的文件应符合下列规定：

1输入文件应包括计算模型、计算域的网格说明、边界条件设置说明、湍流模型、差分格式、算法说明。

2输出文件宜包括室内温度、空气流速、室内污染物浓度等有关物理变量的计算结果、图表和评价结果。

【条文说明】

数值模拟的准确性很大程度上依赖于模型建立、边界条件设置、网格划分、湍流模型的选择等，因此本条文规定了数值模拟完成后应提交的文件。

**本标准用词说明**

**1**  为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1）表示很严格，非这样做不可的：

 正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2）表示严格，在正常情况下均应这样做的：

 正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3）表示允许稍有选择，在条件许可时首先这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4）表示有选择，在一定条件下可以这样做的，可采用“可”。

**2** 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

**引用标准名录**

《环境空气 总悬浮颗粒物的测定 重量法》GB/T 14253

《室内空气质量标准》GB/T 18883

《工业企业设计卫生标准》GBZ 1

《工作场所空气有毒物质测定 硫化物》GBZ/T 160.33-2004

《工作场所空气有毒物质测定 氯化物》GBZ/T 160.37-2004

《工作场所中粉尘测定 第1部分：总粉尘浓度》GBZ/T 192.1

《工作场所空气有毒物质测定 第15部分：铅及其化合物》GBZ/T 300.15

《工作场所空气有毒物质测定 第18部分：汞及其化合物》GBZ/T 300.18

《工作场所中空气中有毒物质测定 第66部分：苯、甲苯、二甲苯和乙苯》GBZ/T 300.66

《固定污染源废气总烃、甲烷和非甲烷总烃的测定 气相色谱法》HJ 38

[《环境空气 二氧化硫的测定 甲醛吸收-副玫瑰苯胺分光光度法](http://www.wdfxw.net/goDownFiles.aspx?key=97112419)》HJ 482

《环境空气 铅的测定 石墨炉原子吸收分光光度法（暂行）》HJ 539

《环境空气 汞的测定 巯基棉富集-冷原子荧光分光光度法（暂行）》HJ 542

《固定污染源废气 硫酸雾的测定 离子色谱法（暂行）》HJ 544

《环境空气和废气 氯化氢的测定 离子色谱法》HJ 549

《环境空气 苯系物的测定 固体吸附/热脱附-气相色谱法》HJ 583

《环境空气 苯系物的测定 活性炭吸附/二硫化碳解吸-气相色谱法》HJ 584