

# 团 体 标 准

T/DLSHXH 001—2022

## 超临界二氧化碳无水染色工艺装备技术规范

Technology standard for supercritical carbon dioxide waterless dyeing procedure and equipment

2022-04-28 发布

2022-06-01 实施

## 目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 工艺流程	2
5 染色装置	3
6 监视与控制系统	6
7 安装验收	6
8 二氧化碳质量要求	6
9 人员要求	6
10 安全风险及防护	7
附 录 A （资料性）二氧化碳的性质及健康相关信息	8
A.1 二氧化碳的性质	8
A.2 二氧化碳的健康相关信息	8

## 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。

本文件由大连工业大学提出。

本文件由大连市石油和化工行业协会归口。

本文件负责起草单位：大连工业大学、沈阳化工研究院有限公司、中昊光明化工研究设计院有限公司、开原化工机械制造有限公司、大连四方电泵有限公司、石狮市中纺学服装及配饰产业研究院。

本文件主要起草人：郑来久、郑环达、郭友才、胥维昌、姜涛、蔡涛、王文仲、方世满、叶方、李学敏、郑福尔、闫俊、熊小庆、赵虹娟、高世会、张娟。

本文件为首次发布。

# 超临界二氧化碳无水染色工艺装备技术规范

## 1 范围

本文件规定了超临界二氧化碳无水染色工艺装备的术语和定义、工艺流程、染色装置、监视及控制系统、安装验收、二氧化碳质量要求、人员要求、安全风险及防护。

本文件适用于超临界二氧化碳无水染色工艺设计、设备制造和使用。

## 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；不注明日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 150.1 压力容器 第1部分 通用要求
- GB 150.2 压力容器 第2部分 材料
- GB 150.3 压力容器 第3部分 设计
- GB 150.4 压力容器 第4部分 制造、检验和验收
- GB/T 151 热交换器
- GB/T 5656 离心泵技术条件（II类）
- GB/T 5657 离心泵技术条件（III类）
- GB/T 6052 工业液体二氧化碳
- GB/T 7784 机动往复泵试验方法
- GB/T 12242 压力释放装置 性能试验规范
- GB/T 16907 离心泵技术条件（I类）
- GB 50093 自动化仪表工程施工及质量验收规范
- GB/T 50185 工业设备及管道绝热工程施工质量验收标准
- GB 50235 工业金属管道工程施工规范
- GB 50264 工业设备及管道绝热工程设计规范
- GB 50274 制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范
- GB 50477 纺织工业企业职业安全卫生设计规范
- AQ 3013 危险化学品从业单位安全标准化通用规范
- AQ/T 3034 化工企业工艺安全管理实施导则
- AQ 7002 纺织工业企业安全管理规范
- SHB/Z 06 石油化工紧急停车及安全联锁系统设计导则
- TSG 21 固定式压力容器安全技术监察规程
- TSG R0004 固定式压力容器安全技术监察规程
- TSG R0006 气瓶安全技术监察规程

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

##### 超临界二氧化碳

当温度高于 31.06°C、压力大于 7.38 MPa 时二氧化碳的状态。

#### 3.2

##### 超临界二氧化碳无水染色

以超临界二氧化碳为介质取代水的染色方法。

注：超临界二氧化碳作为溶剂还具有增强传热传质等功能。

#### 3.3

##### 超临界二氧化碳无水染色装置

含有二氧化碳超临界化、循环染色、染料分离、二氧化碳回收四个单元的一体化装置。

#### 3.4

##### 单元过程

在超临界二氧化碳无水染色装置中，执行阶段工艺的一组设备的组合。

#### 3.5

##### 功能设备

在单元过程内执行特定功能的设备。

### 4 工艺流程

来自液体储罐的二氧化碳通过高压泵升压至临界压力以上，经换热器升温至临界温度以上，转变为超临界二氧化碳流体；超临界二氧化碳进入装载有染料的染料釜溶解染料；随后进入装载有纺织品的染色釜，在循环泵的作用下进行循环染色。染色结束后，超临界二氧化碳经减压、降温后气化，残余染料经分离器分离。分离釜内气态二氧化碳由冷凝器液化返回液体储罐，染色釜内含余压二氧化碳经压缩机压缩后由冷凝器液化返回液体储罐，完成二氧化碳全回用。超临界二氧化碳无水染色工艺流程如下：

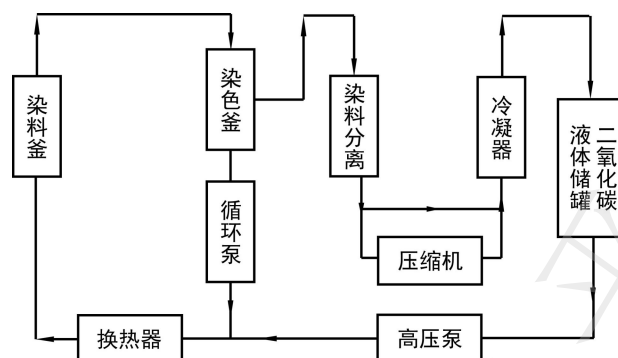


图1 超临界二氧化碳无水染色工艺流程

## 5 染色装置

### 5.1 装置构成

超临界二氧化碳无水染色装置由二氧化碳超临界化、循环染色、染料分离、二氧化碳回收利用四个单元和一个二氧化碳液体储罐构成，各单元之间的运行流程如下：

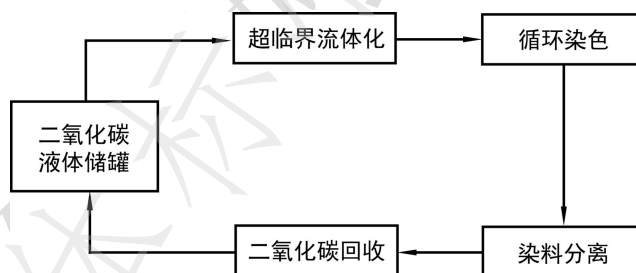


图2 超临界二氧化碳无水染色装置构成

### 5.2 单元过程

#### 5.2.1 二氧化碳超临界化单元

在本单元来自储罐的液体二氧化碳经加压、升温被转化为超临界态流体，包括高压泵和热交换器两个功能设备，系统流程如下：

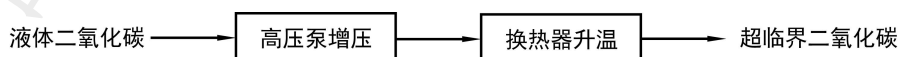


图3 二氧化碳超临界化单元系统流程

#### 5.2.2 循环染色单元

在本单元超临界二氧化碳溶解染料并以循环形式对纺织品进行染色，包括染料釜、染色釜、循环泵三个功能设备，系统流程如下：

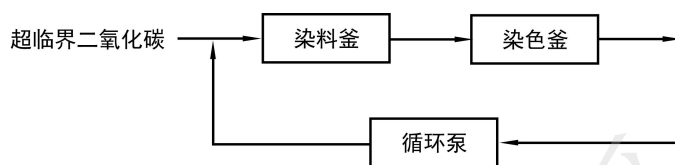


图4 循环染色单元系统流程

### 5.2.3 染料分离单元

染料分离单元是在循环染色完成后，将残余染料与超临界二氧化碳进行分离，并进一步净化二氧化碳以供回收循环利用。主要包括分离器和吸附器两个功能设备，系统流程如下：



图5 染料分离单元系统流程

### 5.2.4 二氧化碳回收单元

回收单元是对净化后的气态二氧化碳进行降温、压缩再次得到液体二氧化碳，以供循环使用。包括制冷机、冷凝器、压缩机三个功能设备，系统流程如下：

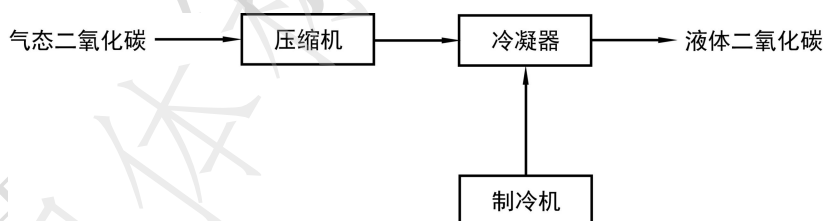


图6 二氧化碳回收单元系统流程

## 5.3 功能设备要求

### 5.3.1 超临界化设备

#### 5.3.1.1 高压泵

高压泵是用来输送液态二氧化碳并增加二氧化碳压力的设备，应具有流量和压力调节功能。高压泵依据工艺要求选型，其制造应符合GB/T 7784要求。

#### 5.3.1.2 换热器

换热器是对高压泵输入的二氧化碳进行加温以达到超临界状态的设备，其设计、制造、检验、验收应符合GB/T 151要求。

### 5.3.2 循环染色设备

### 5.3.2.1 染料釜

染料釜是超临界二氧化碳无水染色装置内用以装载、溶解染料的设备。超临界状态的二氧化碳进入染料釜，对预置于其中的染料进行溶解或色素物质进行萃取。

染料釜结构一般包括：筒体、釜盖、染料桶、加热组件，并配备快开机构。

染料釜的设计、制造、检验、验收应符合TSG 21、GB 150.1~4要求，釜体内表面粗糙度 $Ra < 0.8 \mu m$ 。

### 5.3.2.2 染色釜

染色釜是超临界二氧化碳无水染色装置内装载纺织品，并利用溶解有染料的超临界二氧化碳上染纺织品的设备。溶解有染料的超临界二氧化碳由染料釜流出后流入染色釜，对装载的纺织品进行染色。

染色釜结构一般包括：筒体、釜盖、染色架、加热组件，配备快开机构，并具有超压声光报警和自动停车等安全保障设施。

染色釜设计、制造、检验、验收应符合TSG 21、GB 150.1~4要求，釜体内表面粗糙度 $Ra < 0.8 \mu m$ 。

### 5.3.2.3 循环泵

循环泵是超临界二氧化碳无水染色装置内在染料釜和染色釜间循环超临界二氧化碳流体，确保纺织品匀染和透染的设备。依据工艺要求，循环泵可采用磁力泵或屏蔽泵，应符合GB/T 16907、GB/T 5656、GB/T 5657 要求。

## 5.3.3 染料分离设备

### 5.3.3.1 分离器

分离器是对残余染料和二氧化碳进行分离的设备。从染色釜流出的含有残余染料的超临界二氧化碳经减压、降温后进入分离器，使携带的染料自二氧化碳溶剂中析出达到分离目的。分离器为旋风式分离器或其他具备分离功能的分离器，其设计、制造、检验、验收应符合GB/T 16907、GB/T 5656、GB/T 5657 要求。

### 5.3.3.2 吸附器

吸附器是对分离器流出的二氧化碳气体进行深度净化处理的设备。吸附器应依据工艺要求，按照TSG 21、GB 150.1~4进行设计、制造、检验、验收。

## 5.3.4 二氧化碳回收设备

### 5.3.4.1 制冷机

制冷机是为冷凝器提供冷源的设备。应依据工艺要求对制冷机进行选型，并符合相应标准和规范要求。

### 5.3.4.2 冷凝器

冷凝器是对气态二氧化碳进行降温液化的设备。应依据工艺要求，按照GB/T 151进行设计、制造、检验、验收。

### 5.3.4.3 压缩机

压缩机是二氧化碳气体进行压缩进入冷凝器内液化回收的设备。应依据工艺要求对压缩机进行选型，并符合相应标准和规范要求。

### 5.3.5 液体存储

液体二氧化碳采用储罐存储。储罐设计、制造、检验、验收应符合TSG 21、GB 150.1~4要求，储罐的使用和管理应符合TSG R0006和TSG R0004规定。

## 6 监视与控制系统

### 6.1 监视

超临界二氧化碳无水染色装置中监测仪表应有就地显示和终端显示功能。

### 6.2 控制系统

超临界二氧化碳无水染色装置应配备手动和自动双系统控制，推荐采用智能化控制和远程控制。应配备超压声光报警和紧急停车装置。自动控制系统至少包括以下部分：

- 温度监测和自动调控；
- 压力监测和自动调控；
- 流量监测和自动调控；
- 液位监测和自动调控。

### 6.3 安全附件

超临界二氧化碳无水染色装置中各压力段均应设有安全阀或爆破片，并符合GB/T 12242、TSG 21要求。

染料釜、染色釜应具有防止误操作的安全联锁装置。

高压泵具有自我检测超压停车功能，并与安全联锁装置连动，具有声光报警设计。

仪表按GB 50093进行检验并合格。

安全联锁装置按TSG 21、SHB/Z 06的方法进行检验并符合实际要求。

装置的自动化安全按GB 50093中规定进行测定并符合要求。

## 7 安装验收

超临界二氧化碳无水染色装置中工艺管道设计和施工应符合GB 50316要求，管道内表面粗糙度 $Ra < 0.8 \mu m$ 。装置内安装管道按GB 50235进行检验并合格。

装置中与二氧化碳接触部份的材质应为不锈钢。

超临界二氧化碳无水染色装置中的保温工程，应按GB 50264、GB 50274、GB/T 50185要求进行设计、施工、验收。

超临界二氧化碳无水染色装置投入使用前，应对装置进行气密性试验并符合设计要求。

## 8 二氧化碳质量要求

用于超临界二氧化碳无水染色的液体二氧化碳其质量应符合GB/T 6052要求。

## 9 人员要求

超临界二氧化碳无水染色从业人员按照AQ 7002、AQ 3013、AQ/T 3034要求接受纺织和化工企业的安全培训。

超临界二氧化碳无水染色工艺的技术人员应具有化工和染整专业知识。

超临界二氧化碳无水染色装置操作人员应持有特种设备作业人员资质证明。

所有作业人员应接受专业培训，确保掌握安全操作规程和紧急处理措施。

## 10 安全风险及防护

### 10.1 一般要求

超临界二氧化碳无水染色作业环境应符合 GB 50477 要求，同时应预防二氧化碳带来的安全风险。

### 10.2 压力

设备内的压力容器和管道应配有防超压的安全设施（安全阀、爆破片等），安全设施应保持在正常状态。应定期检查安全阀的起跳压力，必要时重新调整。安全阀、报警器应定期校验。

### 10.3 窒息危险

在二氧化碳气体可能富集的区域，应保持良好通风，必要时应设置氧含量检测设备，并保持环境中氧含量不低于18.5%，当出现缺氧情况应立即采取相应的安全措施。有关二氧化碳的其他安全信息，见附录。

### 10.4 机械伤害

在人工填充和取出物料的操作及设备清理过程中，应避免残余压力推动机械部分造成伤害。任何容器在带压情况下，不得人工开启。

附录 A  
(资料性)  
二氧化碳的性质及健康相关信息

### A.1 二氧化碳的性质

#### A.1.1 气态二氧化碳

二氧化碳是无色、不可燃亦不助燃的气体。低浓度时无味，在较高浓度时具有轻微的刺鼻气味。在常温(+15°C)和大气压下，密度为 $1.87 \text{ kg/m}^3$ ，是空气的1.5倍，因此可沿地面扩散或在低洼处聚集。

二氧化碳属于无毒气体，但在大约1%的浓度下开始影响呼吸，并且随着浓度的增加影响变得更加严重。

#### A.1.2 液态二氧化碳

二氧化碳可以在低于 $31^\circ\text{C}$ 的临界温度和高于 $-56.6^\circ\text{C}$ 和 $4.18 \text{ bar}$ 的三相点温度下以液体形式存在。在三相点以下，即 $4.18 \text{ bar}$ 和 $-56.6^\circ\text{C}$ ，二氧化碳仅以固态和气态存在。因此，液态二氧化碳不能在大气压下存在。当液态二氧化碳的压力低于 $4.18 \text{ bar}$ 的三相点压力至大气压时，它会转化为干冰和气体。当液态二氧化碳释放到大气中时，会形成由粉状固体二氧化碳颗粒组成的浓密白雾并产生蒸气。

#### A.1.3 二氧化碳相图

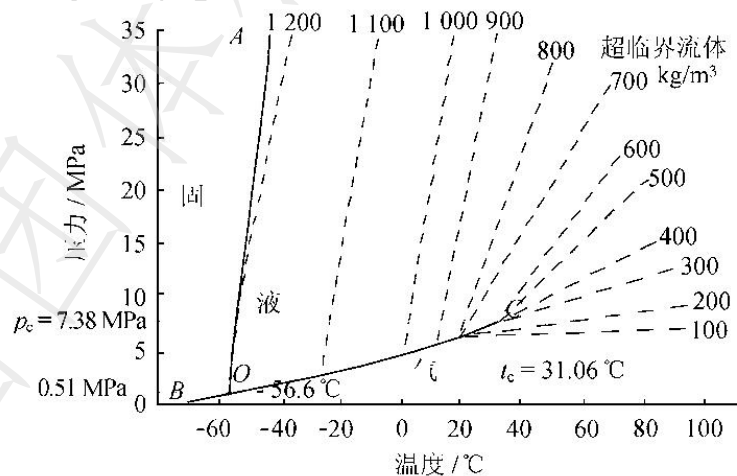


图 A.1 二氧化碳相图

### A.2 二氧化碳的健康相关信息

二氧化碳是生命体一种正常的新陈代谢产物，存在于体液和组织中，构成身体正常化学环境的一部分。吸入低浓度二氧化碳的影响是生理可逆的，但高浓度二氧化碳的影响是有毒和有害的，二氧化碳的影响完全独立于缺氧的影响。作为一般指南，吸入不同浓度的二氧化碳可能会产生如下影响：

1%~1.5% 暴露数小时后对化学代谢有轻微影响。

3% 具有弱麻醉性，导致呼吸更深，听力下降，并伴有头痛，血压和脉搏跳动增加。

4%~5% 呼吸中枢受到刺激，导致呼吸更深更急促。暴露30分钟后，中毒迹象将变得明显。

5%~10% 随着头痛和判断力的丧失，呼吸变得更加费力。

10%~100% 当二氧化碳浓度增加到10%以上时，将在一分钟内失去知觉，除非立即采取行动，否则进一步接触这些高浓度最终会导致死亡。

---