



中华人民共和国国家标准

GB XXXXX—202X

智能个体防护装备 防护服装 智能加热防护服

Smart personal protective equipment —Protective clothing— Smart heating protective clothing

(征求意见稿)

(本草案完成时间：2026.05)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

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 技术要求	2
5 试验方法	5
6 标识	6
7 制造商提供的信息	7
附 录 A （规范性） 智能温度调控系统技术要求	8
附 录 B （规范性） 有效加热时长试验方法	10
附 录 C （规范性） 有效加热功率试验方法	12
附 录 D （规范性） 有效热阻试验方法	14

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华人民共和国应急管理部提出并归口。

智能个体防护装备 防护服装

智能加热防护服

1 范围

本文件规定了智能加热防护服的技术要求、试验方法、标识和制造商提供的信息。
本文件适用于寒冷环境中使用的智能加热防护服。

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/T 3836.1 爆炸性环境 第1部分：设备 通用要求
- GB/T 3836.4 爆炸性环境 第4部分：由本质安全型“i”保护的设备
- GB/T 3917.4 纺织品 织物撕破性能 第4部分：舌形试样（双缝）撕破强力的测定
- GB/T 3920 纺织品 色牢度试验 耐摩擦色牢度
- GB/T 3922 纺织品 色牢度试验 耐汗渍色牢度
- GB/T 3923.1 纺织品 织物拉伸性能 第1部分：断裂强力和断裂伸长率的测定（条样法）
- GB/T 4706.1—2024 家用和类似用途电器的安全 第1部分：通用要求
- GB/T 4706.8—2024 家用和类似用途电器的安全 第8部分：电热毯、电热垫、电热衣及类似柔性发热器具的特殊要求
- GB/T 5296.4 消费品使用说明 第4部分：纺织品和服装
- GB/T 5713 纺织品 色牢度试验 耐水色牢度
- GB/T 7742.1 纺织品 织物胀破性能 第1部分：胀破强力和胀破扩张度的测定 液压法
- GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定
- GB/T 8427 纺织品 色牢度试验 耐人造光色牢度：氙弧
- GB/T 8629 纺织品 试验用家庭洗涤和干燥程序
- GB/T 12903 个体防护装备术语
- GB/T 13773.1 纺织品 织物及其制品的接缝拉伸性能 第1部分：条样法接缝强力的测定
- GB/T 18398—2001 服装热阻测试方法 暖体假人法
- GB 20097—2025 防护服装 通用技术规范
- GB/T 28219.1—2025 智能家用电器的智能化技术要求和评价 第1部分：通用要求
- GB 31241 便携式电子产品用锂离子电池和电池组 安全技术规范
- GB/T 35273 信息安全技术 个人信息安全规范
- GB/T 43830 智能服装 术语和定义
- GB/T 46500.1 家用电器的人机交互 第1部分：通用要求
- GB/T 46755 智能纺织产品通用技术要求

3 术语和定义

GB/T 12903、GB/T 43830 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

智能加热防护服 smart heating protective clothing

由服装及智能温度调控系统组成，能够感知温度变化，并进行可控加热和智能温度调控。

3.2

发热元件 heating element

由电阻丝、导电纤维、发热薄膜或半导体元件等发热材料组成的，通电后可发热的元件。

3.3

加热器 heater

由发热元件、内部线路、封装材料组成的器件。

注：一个加热器可包含一个或多个发热元件。

3.4

加热模组 heating module

由导线、加热器和插头构成，可包含一个或多个加热器，用于实现电能向热能转换及传输的核心电气部件，是智能加热防护服实现可控加热功能的硬件。

3.5

智能控制器件 smart heating device

具有温度感知功能，可自适应调整发热功率，具备明显的档位或升降温标识，支持人工干预调控的器件。

3.6

智能温度调控系统 smart temperature control system

由加热模组、移动电源、智能控制器件组成，具备温度感知能力，可自适应调控发热功率以达到预期主动保暖效果的系统。

3.7

环境 environment

对穿着的服装产生影响的外部条件。

3.8

有效加热时长 effective heating duration

t_e

在模拟人体静息代谢状态下，维持皮肤处于舒适温度范围（32℃~43℃）的持续加热时间。

3.9

有效加热功率 effective heating power

H

智能加热防护服开启加热后，暖体假人维持恒温所需功率的降低量，为基准功率（ H_b ）与加热功率（ H_c ）的绝对差值。

4 技术要求

4.1 通用技术要求

智能加热防护服通用技术要求应符合 GB 20097—2025 的要求。

4.2 理化性能

4.2.1 色牢度

智能加热防护服面料色牢度技术要求见表1，试验方法按5.1执行。

表1 面料色牢度技术要求

项目	色牢度/级
耐水（变色、沾色）	≥3
耐酸汗渍（变色、沾色）	≥3
耐碱汗渍（变色、沾色）	≥3
耐干摩擦	≥3
耐光色牢度	≥3

4.2.2 强力

4.2.2.1 智能加热防护服针织类面料的胀破（顶破）强力应≥200 kPa，试验方法按5.2.1执行。

4.2.2.2 智能加热防护服梭织类面料的经向、纬向的拉伸强力均应≥450 N，试验方法按5.2.2执行，经向、纬向的撕破强力均应≥30 N，试验方法按5.2.3执行。

4.2.2.3 智能加热防护服缝纫线的断裂强力≥10 N，试验方法按5.2.4执行。

4.3 款式

智能加热防护服款式应简洁实用，可选用款式：背心式、褂式、上下装分离式。

4.4 电气安全

4.4.1 通则

智能加热防护服的结构应保证其在正常使用中安全工作，即使在正常使用中发生可预见的误操作（如误设高温档位、未穿着状态下启动加热等），也不会对人员及周围环境造成危险（如起火、烫伤等）。

4.4.2 防触电保护

智能加热防护服移动电源额定电压≤12 V，电气强度试验按5.3.1执行，不应出现击穿。

4.4.3 温度控制

4.4.3.1 智能加热防护服正常使用过程，直接接触皮肤部位的服装表面温度不应超过43℃，试验方法按5.3.2执行。

4.4.3.2 智能控制器件应具有明显的档位或升降温标识，支持人工开关、档位切换。

4.4.3.3 在设定目标温度工况且达到稳定状态后，加热器的稳态温度波动控制在±5℃以内，加热模组的稳态温度波动控制在±1℃以内，试验方法按5.3.2执行。

4.4.4 耐热和耐燃

4.4.4.1 智能加热防护服的发热元件和内部布线的绝缘应有足够的耐非正常热和耐燃能力，试验方法按5.3.3执行。

4.4.4.2 接触加热模组的纺织面料，应具有耐燃能力，试验方法按5.3.3执行。

4.4.5 电路耐弯折

加热模组接口、插头与移动电源连接处等电路接口连接部位需开展耐弯折试验，试验方法按5.3.4执行，试验后电线表皮应完整，无开裂、脱落；经弯折试验后将智能加热防护服连接移动电源，按说明书操作，应可正常工作。

4.4.6 按键耐用性

智能加热防护服上的按键经1000次按压试验后，按键上的文字或符号图案应不脱落、不褪色，表面应无凹痕、破损，按键所对应功能应正常，试验方法按5.3.5执行。

4.4.7 耐水洗

智能加热防护服应满足20次洗涤/干燥循环后仍能符合电气强度要求，试验方法按5.3.6执行。洗涤/干燥循环20次后，产品电气强度试验不应出现击穿；连接移动电源后按说明书操作，应可正常工作。

4.4.8 连接部位抗拉性

智能控制器件中的连接线等线缆连接部位需满足一定抗拉性能，相关试验方法按5.3.7执行，试验后连接处不应出现开裂、断裂、破损等。试验后智能控制器件应能正常工作。

4.4.9 可拆卸部件牢固性

智能温度调控系统的可拆卸部件需满足一定的牢固性要求，连续安装和拆卸1000次后，接口处应无松动，固定在纺织品端部件不应出现开裂或脱线等破损情况，试验方法按5.3.8执行，经牢固性试验后的智能加热防护服连接移动电源，按说明书操作，应能正常工作。

4.4.10 电磁兼容与电磁辐射

电磁兼容与电磁辐射性能要求按照 GB/T 46755 执行，试验方法按5.3.9执行。

4.4.11 移动电源安全

移动电源安全性能要求按 GB 31241执行，并取得中国强制性产品认证（简称3C认证），试验按5.3.9执行。

4.4.12 防爆移动电源安全

在石油、石化、工贸等存在爆炸性气体及粉尘的危险场所配套智能加热防护服使用的移动电源应采用防爆设计，防爆移动电源安全应符合 GB/T 3836.1 和 GB/T 3836.4 的相关规定。适用于爆炸性气体环境的防爆等级应不低于本质安全型II类（IIB T4 Gb），适用于爆炸性粉尘环境的防爆等级应不低于本质安全型III类（IIIB T130°C Db），外壳防护等级应不低于IP54。试验按5.3.11执行。

4.5 工效学要求

智能加热防护服的设计和生產应符合 GB 20097—2025 中4.1的要求，以及以下要求：

- a) 智能加热防护服不应対使用者的健康或卫生产生不良影响；
- b) 在满足防护及温度调控要求前提下，应充分考虑使用者的穿戴舒适性和穿脱便捷性；智能控制器件应支持使用者穿戴手套操作（手套主面料厚度不小于 1.5 mm）；
- c) 智能加热防护服应避免存在可能造成皮肤刺激和伤害的粗糙表面、锐角边缘、硬质结构和突出部分等；

- d) 在布设智能温度调控系统时，应充分考虑外界因素和使用者在工作过程中可能发生的运动姿势变化，考虑使用者的穿戴舒适性，并确保智能温度调控系统在预定的寿命周期内保持其位置；
- e) 智能控制器件、加热模组、加热器应单独布设材料层，应充分考虑其在使用者穿戴、操作、洗涤等过程中相对位置的保持，不应发生折叠、位移、重叠等现象。

4.6 智能温度调控

智能加热防护服的智能温度调控系统应满足附录A要求。

4.7 综合加热性能

智能加热防护服的综合加热性能等级根据不同环境温度下有效加热时长、有效加热功率和试验用整套服装有效热阻进行评定（应同时满足上述三个指标），共设为4级，见下表2。试验方法按照5.4执行，试验过程中，移动电源额定能量不得超过37 Wh，暖体假人各部位皮肤温度初始设置不应低于32℃，加热过程中各部位皮肤温度不应高于43℃。

表2 智能加热防护服综合加热性能分级

综合加热性能等级	有效加热时长 t_e/min	有效加热功率 H/W	整套服装有效热阻 I_{cler}/clo	适用环境温度/ $^{\circ}\text{C}$
1	≥ 274	≥ 5.50	≥ 3.51	-10~-5
2	≥ 194	≥ 7.30	≥ 3.94	-20~-10
3	≥ 132	≥ 8.80	≥ 4.82	-30~-20
4	≥ 103	≥ 10.50	≥ 5.69	-40~-30

5 试验方法

5.1 色牢度试验

5.1.1 耐水色牢度的试验按 GB/T 5713 的规定执行；耐酸碱汗渍色牢度的试验按 GB/T 3922 的规定执行。

5.1.2 耐干摩擦色牢度的试验按 GB/T 3920 的规定执行。

5.1.3 耐光色牢度的试验按 GB/T 8427 执行。

5.2 强力试验

5.2.1 智能加热防护服针织类面料的胀破（顶破）强力，应按 GB/T 7742.1 的规定执行。

5.2.2 智能加热防护服梭织类面料的经向、纬向拉伸强力，应按 GB/T 3923.1 的规定执行。

5.2.3 智能加热防护服梭织类面料的经向、纬向撕破强力，应按 GB/T 3917.4 的规定执行。

5.2.4 智能加热防护服缝纫线强力，应按 GB/T 13773.1 的规定执行。

5.3 电气安全试验

5.3.1 防触电保护的电气强度试验按 GB/T 4706.1—2024 第13章的规定执行。

5.3.2 温度控制要求的智能加热防护服表面温度和稳态温度波动试验按 GB/T 4706.8—2024 的规定执行。

5.3.3 发热元件和内部布线的绝缘的耐非正常热和耐燃能力按 GB/T 4706.8—2024 中 30.102 的规定执行，接触加热模组的纺织面料的耐燃能力按 GB/T 4706.8—2024 中 30.101.1 的规定执行。

- 5.3.4 电路耐弯折按 GB/T 46755 的耐弯折试验要求执行。
- 5.3.5 按键耐用性按 GB/T 46755 的按键耐用性试验要求执行。
- 5.3.6 耐水洗中的洗涤/干燥循环按 GB/T 8629 的规定执行，采用程序 A 进行 20 次洗涤/干燥循环；洗涤前后应进行电气强度试验，试验方法按照 GB/T 4706.1—2024 第 13 章规定执行。
- 5.3.7 选用合适的拉力测量工具，对连接部位施加 10N 的力并保持 10s，取下试样并检查连接处不应出现开裂、断裂、破损等。试验后智能控制器件应能正常工作。
- 5.3.8 可拆卸部件牢固性试验按 GB/T 46755 的相关规定执行。
- 5.3.9 电磁兼容与电磁辐射试验按 GB/T 46755 的相关规定执行。
- 5.3.10 移动电源安全性试验按 GB 31241 相关规定执行。
- 5.3.11 防爆移动电源安全性试验应按 GB/T 3836.1 和 GB/T 3836.4 相关规定执行。

5.4 综合加热性能试验

- 5.4.1 有效加热时长应符合 GB/T 18398—2001 的静态暖体假人法试验的相关规定以及本文附录 B 的规定。
- 5.4.2 有效加热功率应符合 GB/T 18398—2001 的静态暖体假人法试验的相关规定以及本文附录 C 的规定。
- 5.4.3 试验用整套服装有效热阻应符合 GB/T 18398—2001 的静态暖体假人法试验的相关规定以及本文附录 D 的规定。

6 标识

智能加热防护服上的耐久性标签应满足 GB/T 5296.4 的要求。内容至少应包括：

- a) 产品名称；
- b) 图形符号，如图 1 所示；
- c) 号型规格；
- d) 纤维成分及含量；
- e) 维护方法；
- f) 执行产品的标准；
- g) 综合加热性能等级；
- h) 额定电压；
- i) 额定功率；
- j) 生产年月和保质期；
- k) 制造商的名称、商标等识别信息。

注：综合加热性能等级一般标注在图形符号下方。



图 1 智能加热防护服图形符号示例

7 制造商提供的信息

制造商提供的信息应包括但不限于产品使用说明书。产品使用说明书内容应至少包含以下信息：

- a) 制造商名称、地址和联系方式。
- b) 产品构成。
- c) 产品参数、适用群体、适用的温度范围。
- d) 使用说明：
 - 说明如何穿、脱等穿戴方法；
 - 产品使用方法（包含使用前检查程序、使用限制、需配套使用以实现预期防护的其他防护装备的详细信息）；
 - 移动电源使用说明；
 - 洗涤方式说明；
 - 保质期，贮存条件说明；
 - 保养和维护信息；
 - 保修卡及说明；
 - 失效和弃置建议说明。
- e) 使用注意事项及风险提示，其中需对不可与医用热敷设备同时使用、不可在睡觉时佩戴、移动电源安全使用等做出特别提示。
- f) 如有必要应有附件和备件的说明。
- g) 如有必要，应说明适合于运输的包装类型。
- h) 相关回收、摧毁和处置说明。

附 录 A
(规范性)
智能温度调控系统技术要求

A.1 一般要求

智能加热防护服不应因应用智能温控系统而降低原有的安全水平，不应因软件升级、数据更新或功能失效而导致智能加热防护服处于不安全的状态，智能化功能不应应对原有质量特性产生不良影响。

A.2 系统适配与信息采集要求

A.2.1 系统适配

A.2.1.1 智能温控系统应适配 4.7 智能加热防护服综合加热性能分级要求，兼容不同环境的调控需求。

A.2.1.2 智能温控系统应适配 4.4.3 工效学要求。

A.2.2 信息采集

智能温控系统应实现对环境温度、发热功率、运行状态等核心信息的动态采集，信息采集频率应满足智能调控需求。

A.3 智能化要求

A.3.1 智能化数据、信息和知识管理

智能温控系统的智能化数据、信息和知识管理符合 GB/T 28219.1—2025的4.6.1要求。

A.3.2 智能温度调控

A.3.2.1 智能温控系统的智能控制功能应具备用户主动开启、关闭或调节等功能。

A.3.2.2 智能温控系统应具备环境温度等信息感知功能，并根据环境变化自主调节发热功率，以适应人体在不同环境下的保暖需求。

A.3.3 人机交互

智能温控系统的人机交互应符合 GB/T 46500.1 的规定。

A.3.4 智能运维

智能温控系统的智能运维包含以下功能，功能要求应符合 GB/T 28219.1—2025 附录B的规定。

- a) 应具有状态监控功能；
- b) 应具有故障诊断和故障报警功能；
- c) 可具有数据上报、软件升级和数据更新功能；
- d) 可具有故障自动修复功能；
- e) 可具有智能温控系统参数自校正功能。

A.4 安全性要求

A.4.1 温控阈值

温控异常时发热元件温度达 $150\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，智能温控系统应执行断电保护并报警。

A. 4.2 报警要求

智能温控系统检测到故障时，应立即触发故障报警，响应时间符合 GB/T 46500.1 的规定。

A. 4.3 用户信息安全要求

智能温控系统进行用户信息采集、储存、使用、上传、共享、公开披露、删除等处理操作应符合 GB/T 35273 的规定。

A. 5 可靠性要求

智能温控系统的通用要求、容错性、易恢复性等可靠性要求应符合 GB/T 28219.1—2025的4.4可靠性要求。

附 录 B

（规范性）

有效加热时长试验方法

B.1 试验原理

基于暖体假人恒功率模式（模拟人体静息代谢率），通过持续监测假人核心部位（胸部、腹部、背部、肩部）温度，统计温度维持在 $32\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 43\text{ }^{\circ}\text{C}$ 区间的累计时长，结合各部位表面积权重计算加权平均时长，即为有效加热时长。

B.2 技术要求

满足 GB/T 18398—2001 中第5章技术要求。

B.3 试验方法

B.3.1 样品

智能加热防护服样品满足 GB/T 18398—2001 中6.1服装样品要求。

B.3.2 设定试验条件

B.3.2.1 暖体假人设定

工作模式：恒功率模式；

加热功率：设定为 60 W/m^2 ；

监测部位：智能加热防护服覆盖部位（胸部、腹部、背部、肩部等）。

B.3.2.2 环境条件设定

试验环境温度：可根据产品适用环境温度，在表 D.1中选择；

试验环境湿度： $30\%\sim 50\%$ 之间；

试验环境风速： $0.15\text{ m/s}\sim 8\text{ m/s}$ ，根据实验要求进行设定；

试验服装组成：可根据产品适用环境温度，在表 D.1中选择。

B.3.2.3 移动电源

移动电源采用产品标称配套电池，试验前电量状态 $\geq 95\%$ 。

B.4 试验步骤

B.4.1 按照产品穿着说明为暖体假人穿上待测智能加热防护服、保暖套装及陪试物品，确保加热模组与暖体假人监测部位贴合，暖体假人手臂保持悬垂姿态。

B.4.2 启动气候仓，设定并稳定至B.3.2.2规定的环境条件，记录初始环境温度、湿度与风速。

B.4.3 开启暖体假人加热系统（模拟人体代谢），待暖体假人表面温度稳定后（ $34\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，波动 $\leq 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ），开启智能加热防护服加热功能，同时启动温度监测系统，数据采集频率设为 1 次/min ，记录各监测部位初始温度（ T_i ）。

B.4.4 持续监测智能加热防护服覆盖部位温度，分别记录各监测部位达到 $32\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的时间（ t_{ii} ）。

B.4.5 当全部监测部位平均温度低于32 °C时，停止试验并记录试验终止时间（ t_2 ）。

B.5 试验结果计算

B.5.1 权重确定

按暖体假人各监测部位表面积占比分配权重（ ω_i ），计算公式如下：

$$\omega_i = \frac{S_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

ω_i —— 各监测部位的权重；

S_i —— 各监测部位的表面积，单位为平方米（ m^2 ）。

B.5.2 有效加热时长（ t_e ）采用加权平均法计算，公式如下：

$$t_e = \sum_{i=1}^n [\omega_i \times (t_2 - t_{i1})] \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

t_e —— 有效加热时长，单位为分钟（min）；

t_{i1} —— 各监测部位温度达到32 °C的时间，单位为分钟（min）；

t_2 —— 各监测部位温度低于32 °C的时间，单位为分钟（min）；

ω_i —— 各监测部位的权重（按 B.5.1计算）。

B.5.3 数据修约

试验结果数据按 GB/T 8170 修约，保留整数（单位为 min）。

附 录 C
(规范性)
有效加热功率试验方法

C.1 试验原理

在规定的环境温度、湿度和风速条件下,通过暖体假人模拟人体热调节过程。对比智能加热防护服加热功能关闭与开启时,暖体假人维持设定皮肤温度所需输入功率的绝对差值,结合暖体假人各部位表面积,计算有效加热功率。

C.2 技术要求

满足 GB/T 18398—2001 中第5章技术要求。

C.3 试验方法

C.3.1 样品

智能加热防护服样品满足 GB/T 18398—2001 中6.1服装样品要求。

C.3.2 设定试验条件

C.3.2.1 暖体假人设定

工作模式:恒温模式;

皮肤温度设定:34℃;

监测部位:智能加热防护服覆盖部位(胸部、腹部、背部、肩部等)。

C.3.2.2 环境条件设定

试验环境温度:可根据产品适用环境温度,在表 D.1中选择;

试验环境湿度:30%~50%之间;

试验环境风速:(0.15~8) m/s,根据实验要求进行设定;

试验服装组成:可根据产品适用环境温度,在表 D.1中选择。

C.3.2.3 移动电源

移动电源采用产品标称配套电池,试验前电量状态 $\geq 95\%$ 。

C.4 试验步骤

C.4.1 按照产品穿着说明为暖体假人穿上待测智能加热防护服(加热功能关闭状态)、保暖套装及陪试物品,确保加热模组与暖体假人监测部位贴合,暖体假人手臂保持悬垂姿态。

C.4.2 启动气候仓,设定并稳定至C.3.2.2规定的环境条件,记录初始环境温度、湿度与风速。

C.4.3 启动暖体假人的恒温控制模式,设定暖体假人皮肤温度为34℃,持续监测暖体假人各部位皮肤温度和调控加热功率,数据采集频率设为1次/min。

C.4.4 待暖体假人进入动态热平衡状态后,在30min内持续记录暖体假人各部位调控加热功率 $H_{i,b}^{(t)}$,数据记录频率为1次/min。

C.4.5 开启智能加热防护服加热功能,待暖体假人进入动态热平衡状态后,在30min内记录暖体假人各部位调控加热功率 $H_{i,c}^{(t)}$,数据记录频率为1次/min。

C.5 试验结果计算

有效加热功率计算公式如下:

$$H = |H_c - H_b| \dots\dots\dots (C.3)$$

式中:

$$H_c = \frac{1}{30} \sum_{t=1}^{30} \sum_{i \in n} (H_{i,c}^{(t)} \times S_i) \dots\dots\dots (C.4)$$

$$H_b = \frac{1}{30} \sum_{t=1}^{30} \sum_{i \in n} (H_{i,b}^{(t)} \times S_i) \dots\dots\dots (C.5)$$

式中:

H ——有效加热功率,单位为瓦(W);

H_c ——加热功率,单位为瓦(W);

H_b ——基准功率,单位为瓦(W);

$H_{i,b}^{(t)}$ ——关闭服装加热功能时,第 t 分钟($t=1,2,\dots,30$)暖体假人各部位的调控加热功率密度,单位为瓦每平方米(W/m^2);

$H_{i,c}^{(t)}$ ——开启服装加热功能时,第 t 分钟($t=1,2,\dots,30$)暖体假人各部位的调控加热功率密度,单位为瓦每平方米(W/m^2);

S_i ——各监测部位的表面积,单位为平方米(m^2)。

附录 D
(规范性)
有效热阻试验方法

D.1 试验原理

基于 GB/T 18398—2001 采用暖体假人测试服装热阻的基本原理,在模拟人体—服装—环境间热交换过程中,从暖体假人皮肤温度与环境之间的温差、体表单位面积的非蒸发散热率等物理参数之间的关系,推导出智能加热防护服有效热阻的量值,基本方程为:

$$I_{cler} = \frac{T_s - T_a}{0.155h} \dots\dots\dots (D.1)$$

式中:

- I_{cler} —— 智能加热防护服有效热阻,单位为clo;
- T_s —— 假人皮肤表面温度,单位为 °C;
- T_a —— 试验环境温度,单位为 °C;
- h —— 单位体表面积的非蒸发散热率,单位为 W/m²;
- 0.155 —— 热阻单位换算系数(单位: m²·°C·W⁻¹·clo⁻¹)。

D.2 技术要求

满足 GB/T 18398—2001 中第5章技术要求。

D.3 试验方法

D.3.1 样品

智能加热防护服样品满足 GB/T 18398—2001 中6.1服装样品要求。

D.3.2 设定试验条件

D.3.2.1 设定暖体假人平衡皮肤温度

暖体假人平均皮肤温度设置为(32~35)°C之间。

D.3.2.2 试验环境温度与整套服装组成

智能加热防护服有效热阻的试验环境温度和整套服装组成,见表 D.1 所示。

表 D.1 智能加热防护服有效热阻的试验环境温度和整套服装组成

智能加热防护服款式	综合加热性能等级	适用环境温度/°C	试验温度/°C	整套服装组成
背心式(L6)	1	-10~-5	-7.5	L1+L6+L2-1+L4
	2	-20~-10	-15	L1+L6+L2+L4
	3	-30~-20	-25	L1+L6+L2+L3+L4
	4	-40~-30	-35	L1+L6+L3+L4+L5
褂式(L7)	1	-10~-5	-7.5	L1+L2-1+L7+L4-2
	2	-20~-10	-15	L1+L2+L3-1+L7+L4-2

智能加热防护服款式	综合加热性能等级	适用环境温度/℃	试验温度/℃	整套服装组成
	3	-30~-20	-25	L1+L2+L3+L7+L5
	4	-40~-30	-35	L1+L2+L3-1+L4+L7+L5
上下装分离式 (L8)	1	-10~-5	-7.5	L1+L2+L8
	2	-20~-10	-15	L1+L3+L8
	3	-30~-20	-25	L1+L2-1+L3+L8
	4	-40~-30	-35	L1+L2+L3+L4+L8
<p>注1：试验环境温度变化不大于1℃。</p> <p>注2：整套服装为试验过程中穿着的所有服饰。L1为内衣裤；L2为绒衣裤，L2-1为绒衣裤上衣；L3为棉衣裤，L3-1为棉衣裤上衣；L4为防风衣裤，L4-2为防风裤；L5为防寒服；L6为背心式智能加热防护服；L7为褂式智能加热防护服；L8为上下装分离式智能加热防护服。陪试物品可选择防寒靴、高腰防寒靴、轻型防寒靴、面罩、头罩、线袜、棉袜、毛巾袜等。</p> <p>注3：-10℃~-5℃试验用标准整套服装（关闭加热状态）的总热阻≤ 2.72 clo；-20℃~-10℃试验用标准整套服装（关闭加热状态）的总热阻≤ 3.38 clo；-30℃~-20℃试验用标准整套服装（关闭加热状态）的总热阻≤ 4.25 clo；-40℃~-30℃试验用标准整套服装（关闭加热状态）的总热阻≤ 5.13 clo。</p>				

D.3.2.3 试验环境湿度

30%~50%之间，根据实验要求进行设定。

D.3.2.4 试验环境风速

0.15m/s,8m/s，根据实验要求进行设定。

D.3.2.5 移动电源

移动电源采用产品标称配套电池，试验前电量状态 $\geq 95\%$ 。

D.3.3 试验过程

暖体假人进入动态热平衡后，至少每分钟检测一次皮肤温度、环境温度和调控加热功率，这种状态必须保持30 min以上。

D.4 试验结果计算

按照 GB/T 18398—2001 中第7章试验结果计算要求执行。

**《智能个体防护装备 防护服装
智能加热防护服》
(征求意见稿)
编制说明**

标准编制组

一、工作简况

（一）任务来源

国家标准计划《智能个体防护装备 防护服装 智能加热防护服》（计划号：20262997-Q-450）由应急管理部提出并归口，委托全国个体防护装备标准化技术委员会 TC112（全国个体防护装备标准化技术委员会）负责组织实施。本标准由军事科学院系统工程研究院军需工程技术研究所承担牵头起草任务。

（二）协作单位

本标准制定过程中，形成了产学研用深度协同的工作格局，协作和参与单位涵盖科研院所、检测机构、生产企业、高校及一线应用单位，包括：应急管理部国际交流合作中心、新兴际华科技集团有限公司、清华大学合肥公共安全研究院、东华大学、国家电网有限公司社会保障管理中心、中国石油天然气集团有限公司、中国建筑集团有限公司、中国石油集团安全环保技术研究院有限公司、天津瑞肯新型材料科技有限公司、优普泰（深圳）科技有限公司、烯旺新材料科技股份有限公司多家智能加热防护服研究、生产、试验及应用相关单位，为标准的科学性、适用性与可落地性提供了全面支撑。

（三）主要工作过程

1. 立项阶段（2024年12月—2025年5月）

2024年12月，应急管理部提出本标准立项申请，成立标准制定工作组，汇聚防护服装、智能加热材料、安全检测等领域技术力量，明确标准制定的核心目标、工作重点及分工，确立“安全优先、技术适配、兼顾行业”的编制思路。2025年1月，工作组组织内部研讨，形成标准项目立项草案（工作讨论稿 V.1 版），并于2025年4月通过防护服装分标委组织的立项评审。根据专家评审意见，修改完善形成工作讨论稿 V.2 版，并于2025年5月上报全国个体防护装备标准化技术委员会。

2. 调研及摸底阶段（2025年6月—2025年11月）

2025年6月，牵头单位组织推进标准编制启动工作，明确各协作单位分工，确定标准编制原则、实施计划及技术难点。2025年7月至11月，工作组开展全

面调研，走访东北、西北等寒区作业现场，调研建筑施工、石油勘探、电网维护、边防巡检等一线用户需求；搜集国内外相关标准、专利及产品技术资料，对比分析石墨烯、热敏感半导体等新型加热材料的应用特性；选取不同类型智能加热防护服样品进行初步试验，掌握行业技术水平及现存问题，修改形成工作讨论稿 V.3 版。

3.综合研讨阶段（2025 年 11 月—2026 年 4 月）

结合调研结果，工作组通过线上线下结合的方式开展多轮研讨，重点围绕加热元件安全性、智能控温性能、低温环境适配性等关键技术要求达成共识；统一术语定义、试验方法引用等内容；制定详细的试验验证方案，完成多批次样品的性能试验与数据积累，形成标准工作讨论稿 V.4 版，即标准征求意见稿和编制说明。

4.征求意见阶段（2026 年 5 月—2026 年 8 月）

2026 年 5 月，拟在应急管理部网站进行公开征求意见，同时面向行业协会、科研机构、生产企业及一线使用单位定向征求意见，广泛收集各方反馈。

（四）主要起草人及其所做工作

本标准修订研制过程中，主要进行了国内外相关资料搜集整理、标准对比研讨、应用和试验调研、试验验证、标准技术研讨等工作，召开了工作组会议等，具体任务分工见表 1。

表 1 起草人及分工情况

序号	起草人	所在单位	起草过程中的主要工作
1	陈珺娴	军事科学院系统工程研究院军需工程技术研究所	负责项目总体组织协调、标准框架构建，牵头起草标准各版本文本及编制说明
2	马 天	军事科学院系统工程研究院军需工程技术研究所	负责组织技术现状和使用需求调研，设计标准技术要求部分总体框架
3	蔡 忠	应急管理部国际交流合作中心	负责与各相关使用单位、监管部门等协调沟通，组织参与标准项目行业征求意见与广泛调研，系统把握标准与法律法规、政策文件关系与体系规划
4	翁文国	清华大学合肥公共安全研究院	负责安全性等技术要求框架设计，参与标准文本校核
5	左小青	军事科学院系统工程研究院军需工程技术研究所	负责智能化等技术要求设计，标准各

		需工程技术研究所	版本文本、规范性附录的起草、校核，参与编制说明文本的修改
6	肖大君	新兴际华科技集团有限公司	负责产品综合加热性能评定方法设计与验证，参与相关条款的起草，提供产业化落地相关建议
7	胡吉永	东华大学	负责产品生产工艺适配性分析，参与工效学、物理机械性能相关条款的起草
8	李亚运	清华大学合肥公共安全研究院	负责综合加热性能评定相关试验方法的起草
9	汪雪繁	清华大学合肥公共安全研究院	负责综合加热性能评定相关试验验证
10	李斌	国家电网有限公司社会保障管理中心	负责产品试点应用方案设计，参与标准各版本文本、规范性附录校核
11	邱少林	中国石油天然气集团有限公司	负责产品使用需求调研，参与标准各版本文本、规范性附录的起草与校核
12	张宜乐	中国建筑集团有限公司	负责产品适用场景设计，组织开展试点应用并给予产品应用建议，参与标准文本校核
13	刘丽丽	新兴际华科技集团有限公司	负责各阶段征求意见落实和编制说明起草，参与标准各版本文本、规范性附录的起草与校核
14	杨 惠	应急管理部国际交流合作中心	负责标准与法律法规、政策文件衔接性审查，组织行业征求意见与专家评审工作，跟进标准项目进度安排
15	张金明	中国石油集团安全环保技术研究院有限公司	负责产品应用现场试验，参与标准各版本文本、规范性附录的起草与校核
16	曲志民	天津瑞肯新型材料科技有限公司	负责加热材料技术指标验证，提供样品试验数据，参与电气安全、加热性能、智能控制相关条款起草与验证
17	吴 银	优普泰（深圳）科技有限公司	负责产品现场应用验证，参与极寒环境适配性、标识与使用说明相关条款的起草
18	徐伯星	烯旺新材料科技股份有限公司	负责提供样品试验数据，参与智能温度调控系统技术要求起草和校核
19	王晓娇	新兴际华科技集团有限公司	负责国内外相关标准、技术及产业调研情况调研

二、标准编制原则和强制性国家标准主要技术要求的论据

（一）标准编制原则

1.先进性原则

本标准编制紧密跟踪智能加热材料及防护服装领域的前沿技术发展趋势，系统借鉴国际智能纺织品、防寒服相关先进技术的核心技术内容，严格衔接 GB/T 46755 《智能纺织产品通用技术要求》、GB/T 4706.8—2024 《家用和类似用途电器的安全 第 8 部分：电热毯、电热垫、电热衣及类似柔性发热器具的特殊要求》、GB/T18398—2001 《服装热阻测试方法暖体假人法》等国内现行基础标准框架，同时深度结合我国自主研发的自适应控温技术等原创性科技成果，构建适配国产创新技术的全流程性能评价体系。

针对智能加热服“被动保暖+主动发热”的耦合保暖特性。本标准填补了现有标准体系中主动加热类服饰保暖功效无统一量化试验评价方法的行业空白，解决了该产品长期存在的试验方法不统一、数据结果不可比、加热功效无法科学溯源的痛点问题。

标准核心技术指标全面高于国内现有同类团体标准要求，在加热效率精准量化、电气与低温安全性能规范、自适应控温等智能水平评价维度形成系统性技术突破，所有核心方法均经过多轮低温工况实测验证，技术内容兼具科学性、可复现性与前瞻性，整体技术水平达到国内领先、国际先进水平，可为智能加热服行业技术升级、产品质量提升与规范化高质量发展提供先进技术引领。

2.适合性原则

本标准编制充分立足我国产业发展与场景应用实际，坚持需求导向与落地性相统一的核心原则。编制过程充分结合我国东北、西北、高原等高寒地区极寒、强风、高湿等复杂寒区作业环境特点，精准匹配国防军工、极地科考、石油石化、电力运维、户外工程等不同行业的差异化作业防护需求，同时兼顾国内智能加热服行业现有主流生产工艺、通用试验设备条件与产业发展现状，确保标准各项技术要求、试验方法具备强可操作性，真正实现易落地、便推广。标准技术指标设置兼顾梯度性，既划定了严苛的基础底线要求与高端性能指标，可满足国防、极地等特殊行业的高可靠性、高稳定性防护需求，又设置了适配民用户外、常规低温作业场景的通用性要求，实现全场景、全产业链的适配覆盖，确保标准的普适性与针对性有机统一。

3.科学性原则

本标准编制坚持数据支撑、理论赋能、实证验证的科学原则，确保各项技术内容严谨合理、可溯源、可复现。标准所有关键技术指标的设定，均基于全国范围内的行业深度调研、百余批次典型产品的实验室试验与寒区现场验证数据，同时经过行业权威专家多轮论证评审。编制过程深度融合人体生理学、服装工效学、材料热科学、电气安全工程等多学科基础理论，针对智能加热服的加热性能、安全防护、环境适应性、功能耐久性等核心维度，构建了多指标协同的科学评价体系。其中核心热工性能试验方法，严格遵循传热学基本原理与暖体假人试验通用规范，配套完善的异常数据判定、面积加权热阻计算规则与交叉验证方法，确保试验方法稳定可靠，能够客观准确地反映产品在实际使用场景中的真实防护效果。

4.规范性原则

本标准编制严格遵循国家标准化工作的通用规范要求，确保标准文本的统一性、规范性与权威性。标准的整体结构、章节编排、文本格式，严格按照 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》要求编写；术语与定义统一参考 GB/T 12903《个体防护装备 术语》、GB/T 43830-2024《智能服装术语和定义》等现行有效国家、行业标准，确保术语表述与行业通用规范完全一致，无歧义。标准中所有规范性引用文件，均为国家正式发布实施的现行有效版本，全文本表述严谨统一、逻辑层次清晰、技术内容前后无矛盾，为标准的后续宣贯、实施与行业监督提供了规范统一的文本基础。

（二）主要技术要求的依据（包括验证报告、统计数据等）及理由

本标准规定了智能加热防护服的术语和定义、技术要求、试验方法、标识和产品使用说明和包装，适用于寒冷环境中使用的智能加热防护服，核心技术内容与标准草案完全对应，所有条款均有明确的制定依据与验证数据支撑，具体如下：

1.标准引用情况说明

本标准规范性引用文件共计 28 项，其中国家标准 27 项、团体标准 1 项，所有引用文件均为现行有效版本，相关标准引用内容与依据见表 2，均为对应性能试验的国内现行权威标准，确保所有试验方法可落地、结果可复现、行业通用。

表 2 标准引用情况说明

序号	第一次出现的条款号或附录号	类型	主要内容	引用文件号/标准	引用的主要相关内容
1	5.1.9	规范性引用	技术要求	GB/T 3836.1 爆炸性环境 第1部分：设备 通用要求	不同爆炸性环境下采用的设备防爆移动电源安全要求
2	5.1.9	规范性引用	技术要求	GB/T 3836.4 爆炸性环境 第4部分：由本质安全型“i”保护的的设备	防爆移动电源本质安全技术要求
3	5.4.3	规范性引用	试验方法	GB/T 3917.4 纺织品 织物撕破性能 第4部分：舌形试样（双缝）撕破强力的测定	梭织类外层面料的径向、纬向撕破强力试验方法
4	4.6	规范性引用	技术要求	GB/T 3920 纺织品 色牢度试验 耐摩擦色牢度	外层面料色牢度技术要求
5	4.6	规范性引用	技术要求	GB/T 3922 纺织品 色牢度试验 耐汗渍色牢度	外层面料色牢度技术要求
6	5.4.2	规范性引用	技术要求	GB/T 3923.1 纺织品 织物拉伸性能 第1部分：断裂强力和断裂伸长率的测定 条样法	面料的径向、纬向拉伸强力试验方法
7	4.1.2	规范性引用	电气安全要求	GB/T 4706.1—2024 家用和类似用途电器的安全 第1部分：通用要求	智能加热防护服的电气安全基本要求
8	5.1	规范性引用	安全性能基本要求	GB/T 4706.8—2024 家用和类似用途电器的安全 第8部分：电热毯、电热垫、电热衣及类似柔性发热器具的特殊要求	智能加热防护服的安全性能及试验方法
9	6	规范性引用	标识	GB/T 5296.4 消费品使用说明 第4部分：纺织品和服装	智能加热防护服上的耐久性标签标识
10	4.6	规范性引用	技术要求	GB/T 5713 纺织品 色牢度试验 耐水色牢度	外层面料色牢度技术要求
11	5.4.1	规范性引用	试验方法	GB/T 7742.1 纺织品 织物胀破性能 第1部分：胀破强力和胀破扩张度的测定 液压法	针织类外层面料的胀破（顶破）强力试验方法
12	B.5.3	规范性引用	数值修约规则	GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定	试验结果数据修约规则
13	4.6	规范性引用	技术要求	GB/T 8427 纺织品 色牢度试验 耐人造光色牢度：氙弧	外层面料色牢度技术要求
14	5.1.7	规范性	试验方法	GB/T 8629 纺织品 试	耐水洗性能技术要

序号	第一次出现的条款号或附录号	类型	主要内容	引用文件号/标准	引用的主要相关内容
		引用		验用家庭洗涤和干燥程序	求及试验方法
15	3	术语和定义	个体防护装备术语	GB/T 12903 个体防护装备 术语	适用本标准的个体防护装备术语和定义
16	5.2.4	规范性引用	试验方法	GB/T 13773.1 《纺织品织物及其制品的接缝拉伸性能 第1部分：条样法接缝强力的测定》	接缝拉伸性能技术要求及试验方法
17	5.2.2	规范性引用	试验方法	GB/T 18398—2001 服装热阻试验方法 暖体假人法	智能加热防护服有效热阻试验方法
18	4.1.3	规范性引用	技术要求	GB 20097—2025 防护服装 通用技术规范	智能加热防护服工效学要求
19	D.3.1	规范性引用	技术要求	GB/T 28219.1—2025 智能家用电器的智能化技术要求和评价 第1部分：通用要求	智能温度调控系统技术要求
20	5.1.9	规范性引用	技术要求	GB 31241 便携式电子产品用锂离子电池和电池组 安全技术规范	智能加热防护服配备移动电源安全性能技术要求
21	D.2.2.2	规范性引用	技术要求	GB/T 35273 信息安全技术 个人信息安全规范	智能温度调控系统信息采集技术要求
22	3	术语和定义	个体防护装备术语	GB/T 43830 《智能服装术语和定义》	智能加热防护服相关术语和定义
23	D.3.3	规范性引用	技术要求	GB/T 46500.1 家用电器的人机交互 第1部分：通用要求	智能温控系统的人机交互技术要求
24	5.1.5	规范性引用	技术要求	GB/T 46755 智能纺织产品通用技术要求	智能加热防护服电路耐弯折技术要求及试验方法

2.术语和定义的制定依据

本文件术语和定义的编制遵循 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》、GB/T 12903《个体防护装备术语》、GB/T 43830《智能服装 术语和定义》的规定。

术语选取坚持科学性、通用性、行业共识性原则：优先采用国家现行标准已定义术语；对智能加热防护服特有的专业术语，结合产品结构、工作原理、技术特征进行明确定义，确保术语含义清晰、表述严谨、无歧义，能够准确支撑本标准技术要求和试验方法的理解与执行。

2.1 引用标准术语：本文件引用 GB/T 12903、GB/T 43830 界定的个体防护装备、智能服装相关通用术语，确保本标准术语体系与现行国家、行业标准保持协调一致，避免术语冲突、减少重复定义，保证标准间的一致性、规范性和可追溯性。

2.2 新增术语说明

2.2.1 智能加热防护服（smart heating protective clothing）

定义：由服装及智能温度调控系统组成，能够感知温度变化，并进行可控加热和智能温度调控。

说明：明确产品的核心构成（服装本体 + 智能温控系统）与关键功能（温度感知、可控加热、智能调控），区分普通防寒服与非智能加热服装，界定本标准适用产品的基本属性与功能边界。

2.2.2 发热元件（heating element）

定义：由电阻丝、导电纤维、发热薄膜或半导体元件等发热材料组成的，通电后可发热的元件。

说明：界定加热功能的最基础单元，覆盖行业主流发热材料类型，明确材料构成与基本工作原理，为电气安全、耐久性、发热均匀性等技术要求提供基础定义支撑。

2.2.3 加热器（heater）

定义：由发热元件、内部线路、封装材料组成的器件。

说明：区分“发热元件”与“加热器”的层级关系，明确加热器由元件、线路、封装构成的功能单元，支撑绝缘安全、结构可靠性等相关技术要求。

2.2.4 加热模组（heating module）

定义：由导线、加热器和插头构成，可包含一个或多个加热器，用于实现电能向热能转换及传输的核心电气部件，是智能加热防护服实现可控加热功能的硬件。

说明：定义加热系统核心功能部件，明确模组构成、能量转换与传输功能，突出其硬件核心地位，为加热功率、电气安全、连接可靠性等指标提供术语依据。

2.2.5 智能控制器件（smart heating device）

定义：具有温度感知功能，可自适应调整发热功率，具备明显的档位或升降

温标识，支持人工干预调控的器件。

说明：区分普通开关与智能控制单元，强调温度感知、自适应调温、档位标识、人工干预四大核心特征，支撑智能性能、温控精度、操作便利性等相关技术要求。

2.2.6 智能温度调控系统（smart temperature control system）

定义：由加热模组、移动电源、智能控制器件组成，具备温度感知能力，可自适应调控发热功率以达到预期主动保暖效果的系统。

说明：定义产品完整智能加热功能体系，明确三大核心组成与整体功能目标，为加热性能、智能调控、电源安全等综合要求提供顶层术语支撑。

2.2.8 环境（environment）

定义：对穿着的服装产生影响的外部条件。

说明：为基础通用术语，支撑环境适应性、低温工况等相关表述。

2.2.10 有效加热时长（effective heating duration, t_e ）

定义：在模拟人体静息代谢状态下，维持皮肤处于舒适温度范围（ $32^{\circ}\text{C}\sim 43^{\circ}\text{C}$ ）的持续加热时间。

说明：结合暖体假人试验方法与人体舒适温度区间，定义加热续航性能指标，支撑电池容量、低温衰减、分级时长等技术要求。

2.2.11 有效加热功率（effective heating power, H ）

定义：有效加热功率为智能加热防护服开启加热后，暖体假人维持恒温所需功率的降低量，为基准功率（ H_b ）与加热功率（ H_c ）的绝对差值。

说明：依据暖体假人热流差值法明确定义，为加热增效量化、分级功率指标及理论验证提供核心计算术语支撑。

3.技术要求的制定依据与验证数据

本标准第4部分技术要求为核心强制性条款，分为服装安全性、理化性能、款式与号型、电气安全、工效学要求、智能温度调控、综合加热性能7部分，所有条款均严格对应试验方法，制定依据充分，具体如下：

3.1 通用技术要求

标准要求：智能加热防护服通用技术要求应符合 GB 20097—2025《防护服 通用技术规范》的要求。

编制说明：依据 GB 20097—2025 强制性通用防护服装通用技术要求，智能加热防护服作为特种防护服装，其面料、做工、结构、外观、有害物质、号型等必须满足防护服装通用要求。

3.2 理化性能

3.2.1 色牢度

本条款明确了外层面料的色牢度指标：耐水、耐酸/碱汗渍、耐干摩擦色牢度均 ≥ 3 级，耐光色牢度 ≥ 3 级。

制定依据：GB/T3920-2008《纺织品色牢度试验耐摩擦色牢度》、GB/T3922-2013《纺织品色牢度试验耐汗渍色牢度》、GB/T5713-2013《纺织品色牢度试验耐水色牢度》等现行国家标准。

验证数据与理由：寒区作业过程中，面料易接触汗液、雨水、冰雪，色牢度不足会导致面料褪色、沾色，不仅影响服装使用寿命，还可能引发皮肤染色、刺激等问题。本指标为纺织面料的基础质量要求，确保产品基础质量达标。

3.2.2 强力

本条款明确了外层面料和缝纫线的强力指标：针织类外层面料胀破强力 $\geq 200\text{Kpa}$ ；梭织类外层面料经向/纬向拉伸强力 $\geq 450\text{N}$ ，经向/纬向的撕破强力 $\geq 30\text{N}$ 。缝纫线的断裂强力 $\geq 10\text{N}$ 。

制定依据：GB/T3923.1-2013《纺织品织物拉伸性能》、GB/T3917.4-2009《纺织品织物撕破性能》、GB/T7742.1-2005《纺织品织物胀破性能》、GB 38300-2025《防护服装 防寒服》、GB 8965.1-2020《防护服装 阻燃服》、GB/T 13773.1《纺织品 织物及其制品的接缝拉伸性能 第1部分：条样法接缝强力的测定》，同时结合户外作业场景的面料磨损、刮擦、拉伸需求。

验证数据与理由：户外作业场景中，面料易受树枝、工具、建筑结构等刮擦、拉伸，结合相关标准要求和样品摸底试验，针织类外层面料胀破强力、梭织类外层面料经向/纬向拉伸强力、经向/纬向的撕破强力与 GB 38300-2025 一致，缝纫线的断裂强力要求与 GB 8965.1-2020 一致。

3.3 款式

本条款明确服装款式分为背心式、褂式、上下装分离式。

制定依据：款式要求根据人体核心体温保护原理和作业活动自由度提出，背

心式聚焦核心热区，褂式兼顾上肢防护与作业，上下装分离式满足极寒全身防护需求。该分类法覆盖了从轻便内穿到重型外穿的典型应用场景。

3.4 电气安全

本条款为智能加热防护服的核心安全条款，通则参考 GB/T 4706.1—2024 《家用和类似用途电器的安全 第 1 部分：通用要求》第 4 章对于电气安全的一般要求进行设定。

本条款参考 GB4706.1-2024 《家用和类似用途电器的安全 第 1 部分：通用要求》、GB/T 4706.8—2024 《家用和类似用途电器的安全 第 8 部分：电热毯、电热垫、电热衣及类似柔性发热器具的特殊要求》、GB/T 46755 《智能纺织产品通用技术要求》、GB 31241 《便携式电子产品用锂离子电池和电池组 安全技术规范》等标准，共计设置 12 项细分指标，覆盖电气安全全维度风险防控，制定依据如表 3 所示。

表 3 电气安全要求及制定依据

章节编号	技术指标	标准要求	制定依据
4.4.2	防触电保护	智能加热防护服移动电源额定电压 $\leq 12\text{ V}$ ，电气强度试验按 5.3.1 执行，不应出现击穿。	12V 为人体可接触的持续安全特低电压，本条款强制限定动电源额定电压 $\leq 12\text{ V}$ ，从源头杜绝触电风险；电气强度要求参考 GB4706.1-2024 第 13 章工作温度下的泄漏电流和电气强度的要求。
4.4.3	温度控制	智能加热防护服正常使用过程中，直接接触皮肤部位的服装表面温度不应超过 $43\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，试验方法按 5.3.2 执行。 智能控制器件应具有明显的档位或升降温标识，支持人工开关、档位切换。 在设定目标温度工况且达到稳定状态后，加热器的稳态温度波动控制在 $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以内，加热模块的稳态温度波动控制在 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以内，试验方法按 5.3.2 执行。	参考 GB/T 46755 《智能纺织产品通用技术要求》4.4 热安全相关要求，设定本条款“直接接触皮肤部位的服装表面温度不应超过 $43\text{ }^{\circ}\text{C}$ ”和“智能控制器件应具有明显的档位或升降温标识，支持人工开关、档位切换。” 加热器稳态温度波动控制能力是产品温度控制性能的直接体现，结合产品实测数据，设定本条款指标，试验方法参考 T/CNTAC 24-2018 《电加热服装》附录 B

4.4.4	耐热和耐燃	智能加热防护服的发热元件和内部布线的绝缘应有足够的耐非正常热和耐燃能力，试验方法按 5.3.3 执行。 接触加热模组的纺织面料，应具有耐燃能力，试验方法按 5.3.3 执行。	参考 GB4706.8-2024 第 30 章要求，针对加热元件异常过热的起火风险，强制要求材料耐燃和耐热性能
4.4.5	电路耐弯折	加热模组接口、插头与移动电源连接处等电路接口连接部位需开展耐弯折试验，试验方法按 5.3.4 执行，试验后电线表皮完整，无开裂、脱落；经弯折试验后将智能加热防护服连接移动电源，按说明书操作，应可正常工作。	参考 GB/T 46755 《智能纺织产品通用技术要求》4.9.6 耐弯折性要求设定本条款。作业人员穿戴过程中，腰部、腋下等电路接口部位频繁弯折，5000 次弯折对应产品 2 年以上正常使用寿命，验证试验显示，优质产品可通过 10000 次弯折无损坏，本指标兼顾行业工艺水平与使用耐久性要求。
4.4.6	按键耐用性	智能加热防护服上的按键经 1000 次按压试验后，按键上的文字或符号图案应不脱落、不褪色，表面应无凹痕、破损，按键所对应功能应正常，试验方法按 5.3.5 执行。	参考 GB/T 46755 《智能纺织产品通用技术要求》4.9.5 按键耐用性要求设定本条款。1000 次弯折对应产品 2 年以上正常使用寿命，本指标兼顾行业工艺水平与使用耐久性要求。
4.4.7	耐水洗	智能加热防护服需进行至少 20 次洗涤/干燥循环，在洗涤/干燥循环后需通过电气强度试验，在试验期间不应出现击穿，试验方法按 5.3.6 执行。洗涤/干燥循环后，产品上的涂层应无开裂、损坏；电子部件不应出现开裂，损坏；封装在产品内部的电子元件不应外露；连接移动电源后按说明书操作，应可正常工作。	参考 GB/T 46755 《智能纺织产品通用技术要求》4.9.1 耐洗涤性要求设定本条款。 产品使用过程中需定期洗涤，20 次洗涤对应产品 2 年以上正常使用寿命，洗涤后功能正常，确保产品全生命周期使用安全。
4.4.8	连接部位抗拉性	智能控制器件中的连接线等线缆连接部位需满足一定抗拉性能，相关试验方法按 5.3.7 执行，试验后连接处不应出现开裂、断裂、破损等。试验后智能控制器件应能正常工作。	参考 GB/T 46755 《智能纺织产品通用技术要求》4.9.4 连接部位抗拉性要求设定本条款，试验施加 10N 拉伸外力，连接处不应出现开裂、断裂、破损等。作业过程中线缆连接部位易受拉扯，10N 拉力对应日常使用的拉扯力，本指标确保电路连接的机械可靠性。

4.4.9	可拆卸 部件牢 固性	智能温度调控系统的可拆卸部件需满足一定的牢固性要求，试验方法按 5.3.8 执行。连续安装和拆卸 1000 次后，接口处应无松动，固定在纺织品端部件不应出现开裂或脱线等破损情况。将智能加热防护服连接移动电源，按说明书操作，应可正常工作。	参考 GB/T 46755 《智能纺织产品通用技术要求》4.9.3 可拆卸部件牢固性要求设定本条款。1000 次拆卸对应产品 2 年以上正常使用寿命，本指标兼顾行业工艺水平与使用耐久性要求。
4.4.10	电磁兼 容与电 磁辐射	电磁兼容与电磁辐射性能要求按照 GB/T 46755 执行，试验方法按 5.3.9 执行。	参考 GB/T 46755 《智能纺织产品通用技术要求》4.7 电磁兼容和 4.8 电磁辐射要求设定本条款。产品的发射应符合 GB/T 9254.1 《信息技术设备、多媒体设备和接收机 电磁兼容 第 1 部分 发射要求》的要求，抗扰度应符合 GB/T 9254.2 《信息技术设备、多媒体设备和接收机 电磁兼容 第 2 部分：抗扰度要求》的要求；电磁辐射比吸收率（SAR）应符合 GB 21288 《移动通信终端电磁辐射暴露限值》的要求。
4.4.11	移动电 源安全	移动电源安全性能要求按 GB 31241 执行，并取得中国强制性产品认证（简称 3C 认证），试验按 5.3.9 执行。	按照 GB 31241 《便携式电子产品用锂离子电池和电池组 安全要求》要求，以及符合国家电池强制标准并取得 3C 认证。
4.4.12	防爆移 动电源 安全	在石油、石化、工贸等存在爆炸性气体及粉尘的危险场所配套智能加热防护服使用的移动电源应采用防爆设计，防爆移动电源安全应符合 GB/T 3836.1 和 GB/T 3836.4 的相关规定。适用于爆炸性气体环境的防爆等级应不低于本质安全型 II 类（IIB T4 Gb），适用于爆炸性粉尘环境的防爆等级应不低于本质安全型 III 类（IIIB T130°C Db），外壳防护等级应不低于 IP54。试验按 5.3.11 执行。	参考 GB/T 3836.1 《爆炸性环境 第 1 部分：设备 通用要求》和 GB/T 3836.4 《爆炸性环境 第 4 部分：由本质安全型“i”保护的的设备》要求。

3.5 工效学要求

本条款参考 GB 20097—2025 《防护服装 通用技术规范》第 4.1 章通用工效学要求、附录 C 工效学性能评估，针对智能加热防护服“集成电子器件、主动加热、寒区作业”的专属特性补充制定。编制过程基于一线寒区作业人员有效调研问卷、15 款市售产品摸底试验数据及人体工效学、运动生理学原理，旨在解决行业普遍存在的手套操作不便、穿戴负重过大、器件移位过热、结构安全隐患等

核心痛点，实现“安全防护+智能加热+舒适便捷”的有机统一。

本条款共 6 项细分要求，核心依据与理由如下：

① 材料安全性：智能加热防护服为长期贴身穿产品，除传统纺织面料外，还包含加热元件封装材料、电子粘合剂、电池外壳、线路绝缘层等非金属电子部件。若材料管控不严，易释放甲醛、可分解芳香胺、重金属、邻苯二甲酸酯等有害物质，长期接触会引发皮肤刺激、过敏甚至慢性健康损害。普通防护服工效学要求仅覆盖纺织材料，本条款将健康卫生要求延伸至所有与人体可能接触的电子部件，填补了行业空白，从源头保障使用者的皮肤健康与卫生安全。编制组对 15 款主流送检产品的面料、加热模组封装材料、控制器外壳、线路绝缘层进行全项有害物质检测，所有样品均符合标准材料安全性要求；经皮肤刺激性试验，所有产品均未引起红斑、水肿等刺激反应；

② 穿戴舒适性和穿脱便捷性：寒冷环境作业人员反映传统加热服存在版型僵硬、活动余量不足，弯腰、抬手等动作受限；穿脱时间过长，影响应急作业效率等问题。本条款明确要求兼顾舒适性与穿脱便捷性，确保作业人员在低温环境下可快速穿脱，且长时间穿戴无明显束缚感。“戴手套无法操作按键”成为智能加热服最大使用痛点。1.5mm 为我国寒区作业最常用的薄防寒手套（羊绒、丁腈、摇粒绒材质）厚度，是兼顾手部保暖与操作灵活性的临界值；若要求适配更厚手套，会导致按键尺寸过大、服装臃肿，若低于 1.5mm 则无法满足绝大多数作业场景手部保暖需求。

③ 结构安全性：智能加热防护服集成了控制器、电源接口、加热模组、插头等硬质电子部件，若部件边缘存在毛刺、锐角或突出，易刮伤皮肤、勾挂衣物或作业工具，在高空、攀爬等危险作业场景下可能引发次生事故。本条款针对电子部件的结构安全提出明确要求，消除硬质部件带来的附加安全风险，确保服装整体结构无安全死角。

④ 温控系统位置稳定性要求：作业人员在弯腰、抬手、攀爬、转身等动态作业过程中，服装会产生 15%~30%的拉伸与扭曲变形；若智能温控系统布设不合理或固定不牢，易发生移位、脱落，导致加热区偏离胸部、背部等核心保暖部位，造成局部保暖不足甚至防护失效。本条款要求温控系统布设需适配人体运动姿势，优先选择胸部、上背部等活动量较小的区域，并采用可靠的固定方式，确

保在产品预定寿命周期（2 年或 20 次洗涤）内位置稳定。

⑤ 器件布局合理性：加热元件折叠、位移、重叠会导致局部功率密度骤增 2~3 倍，引发局部过热甚至低温烫伤。摸底试验显示，部分市售产品因加热元件无独立固定腔室，经多次洗涤后发生移位重叠，局部最高温度达 72℃，远超 43℃ 的安全限值；部分产品因加热元件与导线交叉布设，出现局部热点温度超标问题。本条款强制要求加热部件单独布设独立材料层并分区固定，从结构设计上杜绝加热元件折叠、重叠风险，是防止局部过热烫伤的核心工效学措施。

3.6 智能温度调控

本条款为智能加热防护服的核心特性条款，制定依据与验证数据如下：

智能加热防护服应能感知温度等环境因素变化，并自主调控发热功率，以适配人体保暖需求。智能加热防护服的智能温度调控系统应满足附录 A 要求。

制定依据为 GB/T 28219.1—2025《智能家用电器的智能化技术要求和评价 第 1 部分：通用要求》、GB/T 46500.1《家用电器的人机交互 第 1 部分：通用要求》、GB/T 35273《信息安全技术 个人信息安全规范》等。参考以上标准，同时结合调研中作业人员“无需频繁手动调档”的核心需求，明确智能调控的基础功能要求，区别于普通手动档位的电加热服装。附录 A 对系统适配与信息采集，智能化数据、信息和知识管理，人机交互、智能运维、温控阈值、报警要求、用户信息安全、软件可靠性等要求进行了规范。

3.7 综合加热性能

传统的防寒服仅靠材料热阻（clo 值）来评价保暖能力，智能加热防护服引入了智能主动发热系统（电能转化为热能）。因此，仅看服装热阻或发热元件功率都是片面的。本条款创新性地提出了一个由“有效加热时长”“有效加热功率”和“整套服装有效热阻”构成的三维综合评价指标。有效加热功率代表智能加热防护服的产热能力；有效加热时长代表系统的持续供热耐力（以 37Wh 的电池供电衡量）；整套服装有效热阻代表配置保暖套服与智能加热防护服配套时的需求锁温能力。

根据有效加热时长、有效加热功率和整套服装有效热阻将综合加热性能分为 4 级，并对应-5℃至-40℃的适用环境温度，见下表 4。

表 4 智能加热防护服综合加热性能分级

综合加热性能等级	有效加热时长 (min)	有效加热功率(W)	整套服装有效热阻 (clo)	适用环境温度 (°C)
1	≥274	≥5.50	≥3.51	-10~-5
2	≥194	≥7.30	≥3.94	-20~-10
3	≥132	≥8.80	≥4.82	-30~-20
4	≥103	≥10.5	≥5.69	-40~-30

3.7.1 有效加热时长

有效加热时长与移动电源额定能力密切相关，本标准草案第 4.6 条规定试验用“移动电源额定能量 $E \leq 37 \text{ Wh}$ ”，有效加热时长公式为：

$$t_e = \frac{E \times \eta \times 60}{H}$$

式中：

t_e ——有效加热时长，单位为分钟 (min)；

E ——移动电源额定能量，单位为瓦时 (Wh)；

η ——不同温度下移动电源额定能量保持率 (85%、80%、70%和 65% (分别对应 4 个环境温度，以上保持率参考电池行业技术现状设定)；

H ——有效加热功率，单位为瓦 (W)。

示例：

$$t_e = \frac{E \times \eta \times 60}{H} = \frac{37 \times 0.85 \times 60}{5.5} = 343 \text{ min}$$

考虑到电路中会有能量损耗 (比如发热、转化效率等)，假设实际有效利用率是 80% (等级 1、等级 2)、75% (等级 3、等级 4)，那么实际有效加热时长就是：343min × 0.8 ≈ 274min

3.7.2 有效加热功率

在寒冷作业环境下，单纯依靠服装材料的被动隔热往往难以维持人体的热平衡。有效加热功率是量化智能加热系统对“人体—服装—环境”热平衡的实际补偿能力。本标准定义的“有效加热功率”是基于暖体假人热力学响应得出的净热增益。它剔除了电路损耗、环境对流散热等干扰因素，真实反映了加热元件转化为人体可感知热防护的实际效能，是衡量智能加热防护服“好不好用”的关键技术指标。

(1) 理论分析：

根据 GB18398 服装热阻试验的原理公式，推导出穿着智能加热防护服 (加热功能关闭状态下) 和保暖套服情况下，假人单位面积散热率，再结合假人表面积标准值可计算出低温下需求假人损失总热量。损失总热量与模拟人体产热量之

差，即为智能加热防护服加热状态下应提供的热量。

散热率公式：

$$h_s = \frac{T_s - T_a}{0.155 \times I_{cler}}$$

式中：

h_s ——假人单位面积的散热率；

T_s —— 假人皮肤表面温度，单位为 $^{\circ}\text{C}$ ；

T_a —— 试验环境温度，单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。

$$P_{\text{loss}} = h_s \times A$$

式中：

A —— 假人体表面积标准值。

$$\Delta P = P_{\text{loss}} - P_{\text{met}}$$

式中：

ΔP ——理论需求总热量；

P_{loss} ——假人（1.7 平方米）每秒钟流失的总热量；

P_{met} ——假人（1.7 平方米）模拟的是静息状态下的成年人，代谢产热量。

结合草案附录 A，多层着装体系的被动热阻承担约 27.1W，则主动补偿量：

$$P_{\text{主动}} = \Delta P - P_{\text{被动}}$$

式中：

$P_{\text{主动}}$ ——主动需求总热量；

$P_{\text{被动}}$ ——被动需求总热量。

示例：

以等级 2：适用 $-20^{\circ}\text{C} \sim -10^{\circ}\text{C}$ ，取 -15°C 为例进行推算：

理论热损需求：在 -15°C 环境下，整套服装有效热阻下限 3.94clo；皮肤恒温 $T_s = 34^{\circ}\text{C}$ ，假人体表面积标准值 $A = 1.7 \text{ m}^2$ （GB/T 18398—2001）。

热力学基本公式：

$$\text{热损失率 } (h_s) = \frac{T_s - T_a}{0.155 \times I_{cler}}$$

假人单位面积的热流失率为：

$$\text{热损失率 } (h_s) = \frac{34 - (-15)}{0.155 \times 3.94} \approx 80.23 \text{ W/m}^2$$

整个假人（1.7 平方米）每秒钟流失的总热量（ P_{loss} ）为：

$$P_{\text{loss}} = 80.23 \times 1.7 \approx 136.4 \text{ W}$$

假人模拟的是静息状态下的成年人，代谢产热约为 60 W/m^2 。

$$P_{\text{met}} = 60 \times 1.7 = 102 \text{ W}$$

$$\Delta P = P_{\text{loss}} - P_{\text{met}} = 136.4 \text{ W} - 102 \text{ W} = 34.4 \text{ W}$$

结合附录 A，多层着装体系的被动总热量计算如下：

$$P_{\text{被动}} = \frac{T_s - T_a}{0.155 \times I_{\text{cler}}} \times A - h_s \times A = \frac{34 - (-15)}{0.155 \times 3.38} \times 1.7 - 60 \times 1.7 \approx 27.1 \text{ W}$$

则主动补偿量：

$$P_{\text{主动}} = \Delta P - P_{\text{被动}} = 34.4 - 27.1 = 7.3 \text{ W}$$

(2) 试验验证

本标准的有效加热功率试验严格遵循 GB/T 18398—2001 暖体假人法及附录 C 的规定，其底层逻辑基于热平衡补偿原理：

在恒定的低温环境中，维持暖体假人皮肤温度恒定所需的能量是固定的。当关闭服装加热功能时，假人需消耗能量 H_b （基准功率）来维持恒温；当开启服装加热功能后，假人自身消耗的能量降低为 H_c （加热功率）。两者之差，即为服装加热系统提供的有效热补偿量。

核心计算公式（附录 C.5）：

$$H = |H_c - H_b|$$

其中：

$$H_c = \frac{1}{30} \sum_{t=1}^{30} \sum_{i \in n} (H_{i,c}^{(t)} \times S_i)$$

$$H_b = \frac{1}{30} \sum_{t=1}^{30} \sum_{i \in n} (H_{i,b}^{(t)} \times S_i)$$

式中：

H ——有效加热功率，单位为瓦（W）；

H_c ——加热功率，单位为瓦（W）；

H_b ——基准功率，单位为瓦（W）；

$H_{i,b}^{(t)}$ ——关闭服装加热功能时，第 t 分钟（ $t=1,2,\dots,30$ ）暖体假人各部位的调控加热功率密度，单位为瓦每平方米（W/m²）；

$H_{i,c}^{(t)}$ ——开启服装加热功能时，第 t 分钟（ $t=1,2,\dots,30$ ）暖体假人各部位的调控加热功率密度，单位为瓦每平方米（W/m²）；

S_i ——各监测部位的表面积，单位为平方米（m²）。

按照该实验方法对市面上 15 款工业级别产品的摸底试验，有效加热功率试验结果见表 5 所示。

表 5 工业级别产品摸底试验数据

加热服名称	试验温度（℃）	加热档位	有效加热功率（W）
智能加热防护服 背心式	-7.5	低档	5.49
	-15	中档	7.29
	-25	中档	8.78
	-35	高档	10.48
智能加热防护服 褂式	-7.5	低档	5.66
	-15	中档	7.53
	-25	中档	9.05
	-35	高档	10.81
智能加热防护服 上下装分离式	-7.5	低档	5.35
	-15	中档	7.09
	-25	中档	8.57
	-35	高档	10.21

平均值（以 -15℃ 为示例）：

褂式：7.52 W、背心式：7.29 W、分离式：7.09 W

总和：7.52+7.29+7.09=21.90

平均值：21.90÷3=7.30。

按照实验试验方法及对市面上 15 款工业级别产品的摸底试验，为确保产品在电池能量受限（≤37Wh）的情况下，既能满足-15℃的保暖需求，又不至于因功率过大导致局部过热（超过 43℃），最终将等级 2 的有效加热功率设定为≥7.30 W。

3.7.3 整套综合保暖量

3.7.3.1 理论计算

整套综合保暖量的“有效热阻”本质是人体—服装—环境系统热平衡的综合体现，其核心计算依据为 GJB 58A—2019《军用冬季服装保暖量配置要求》中规

定的热阻计算公式。

$$I_{\text{总}}=3.23-0.092T_{\text{外界}}$$

$I_{\text{总}}$ ：冬服总保暖量（单位：clo），即“整套综合保暖量”的量化指标。

$T_{\text{外界}}$ ：各服装气候区一月份综合温度的下限值（单位：℃）。

示例：

假设某服装气候区一月份综合温度下限值 $T_{\text{外界}}$ 为 -10°C

$$I_{\text{总}}=3.23-0.092\times(-10)=3.23+0.92=4.15\text{ clo}$$

其中，服装气候区保暖量配置允许按标准值偏差 5%，以应对生产、试验及实际使用中的不确定性。

$$I_{\text{cler}}=I_{\text{总}}\times(1-5\%)=4.15\times 0.95\approx 3.94\text{clo}$$

3.7.3.2 数据验证

（附录 A）明确了“智能加热防护服有效热阻和整套服装有效热阻的试验”方法，可作为综合保暖量计算结果的有效性验证手段。

$$I_{\text{cler}}=\frac{T_s-T_a}{0.155h}$$

I_{cler} —— 智能加热防护服有效热阻，单位为clo；

T_s —— 假人皮肤表面温度，单位为℃；

T_a —— 试验环境温度，单位为℃；

h —— 单位体表面积的非蒸发散热率，单位为 W/m^2 ；

0.155 —— 热阻单位换算系数（单位： $\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}\cdot\text{W}^{-1}\cdot\text{clo}^{-1}$ ）。

按照该实验方法对市面上 15 款工业级别产品的摸底试验，有效热阻试验结果见表 6 所示。

表 6 工业级别产品摸底试验数据

加热服名称	试验温度（℃）	加热档位	有效热阻（clo）
智能加热防护服 背心式	-7.5	低档	3.61
	-15	中档	4.05
	-25	中档	4.95
	-35	高档	5.85
智能加热防护服 褂式	-7.5	低档	3.50
	-15	中档	3.93
	-25	中档	4.80
	-35	高档	5.67
智能加热防护服 上下装分离式	-7.5	低档	3.42
	-15	中档	3.84

	-25	中档	4.71
	-35	高档	5.55

平均值（以-25℃为示例）

褂式：4.95clo、背心式：4.80clo、分离式：4.71clo；

求和：4.95+4.80+4.71=14.46clo；

平均值：14.46÷3=4.82clo。

经理论分析和数据验证，有效热阻指标设置科学、限值合理，能够准确反映产品在不同寒冷环境下的实际供暖能力，满足分级评价与安全使用要求。

4.试验方法的制定依据

本标准第5部分试验方法，与第4部分技术要求一一对应，确保每项技术指标均有明确、可落地、可复现的试验方法。制定依据如下：

4.1 服装安全性、色牢度、强力等性能，均直接援引对应引用标准的现行试验方法，确保与纺织行业通用检测方法一致。

4.2 电气安全性能试验：防触电保护、温度控制、耐热耐燃、电路耐弯折、按键耐用性、耐水洗、连接部位抗拉性、可拆卸部件牢固性、电磁兼容与电磁辐射、移动电源安全、防爆移动电源安全、储存等试验，均基于 GB4706.1、GB4706.8-2024、GB/T 46755、GB 31241、GB/T 3836.1 和 GB/T 3836.4 的标准方法，结合防护服产品特性优化试验细节，确保试验方法贴合产品实际使用场景。

4.3 综合加热性能试验：明确加热性能通过有效加热时长、有效加热功率、试验用整套服装有效热阻三项指标综合测定，分别对应附录 B、附录 C、附录 D 的专项试验方法，所有方法均基于 GB/T18398—2001 暖体假人法框架，补充了主动加热服装的专项试验方法，解决了现有标准无主动加热性能试验方法的问题。

有效加热时长试验原理为基于暖体假人恒功率模式（模拟人体静息代谢率），通过持续监测假人核心部位（胸部、腹部、背部、肩部）温度，统计温度维持在 32℃~43℃区间的累计时长，结合各部位表面积权重计算加权平均时长，即为有效加热时长。

有效加热功率试验原理为在规定的环境温度、湿度和风速条件下，通过暖体假人模拟人体热调节过程。对比智能加热防护服加热功能关闭与开启时，暖体假人维持设定皮肤温度所需输入功率的绝对差值，结合暖体假人各部位表面积，计

算有效加热功率。

有效热阻试验原理基于 GB/T 18398—2001 暖体假人试验方法，在模拟人体—服装—环境间热交换过程中，从暖体假人皮肤温度与环境之间的温差、体表单位面积的非蒸发散热率等物理参数之间的关系，推导出智能加热防护服有效热阻的量值。

5.标识和制造商提供的信息的制定依据

5.1 标识要求（第 6 部分）

明确产品永久性耐久性标签需包含产品名称、（专用）图形符号、号型、纤维成分及含量、维护方法、执行标准编号、综合加热性能等级、额定电压、额定功率、生产年月和保质期、制造商等 11 项核心内容，制定依据为 GB/T 5296.4—2012《消费品使用说明 第 4 部分：纺织品和服装》，同时补充了综合加热性能等级、电气安全参数、专用图形符号等智能加热产品专属标识要求，统一性能等级标注位置，确保使用者在寒区戴手套、光线不足等场景下快速识别产品防护能力与使用规范，既保障消费者知情权，也为产品质量追溯、安全责任界定提供法定依据。

其中，智能加热防护服专用图形设计如图 1，其中：外层盾牌轮廓代表个体防护属性；电池图标代表智能加热系统与电能驱动特性；下方波浪线代表加热与热能输出功能。该符号应标注于产品耐久性标签显著位置，其正下方标注产品综合加热性能等级。



图 1 智能加热防护服图形符号

5.2 制造商提供的信息（第 7 部分）

明确制造商需提供合格证明与产品使用说明书，详细规定说明书需包含产品构成、核心参数、适用范围、操作方法、移动电源安全说明、洗涤规范、风险提示、使用前检查程序、保养维护、保修说明、失效判定、弃置建议等 11 项核心内容，制定依据为 GB/T 5296.4—2012、GB 4706.1、GB 31241，重点补充了不可与医用热敷设备同时使用、不可在睡觉时佩戴、锂电池安全使用等专项风险提示，覆盖产品开箱使用、日常维护到最终弃置的全生命周期，充分履行安全告知义务，防范误操作引发的电气火灾、低温烫伤等事故，保障使用者的合法权益与职业健康安全。

6. 规范性附录制定依据

本标准附录 A 至附录 D 均为规范性附录，与正文条款一一对应，是标准技术内容的核心组成部分，制定依据如下：

6.1 附录 A（规范性）智能温度调控系统技术要求：基于 GB/T 35273—2020、GB/T 28219.1—2025、GB/T 46500.1—2025 制定，明确了智能化温度调控系统技术的一般要求、系统适配与信息采集、智能化、安全性及可靠性等核心要求，为产品智能化温度调控功能设计、验证与质量管控提供统一依据，是智能功能评价的专项规范，引领行业智能化技术升级。

6.2 附录 B（规范性）有效加热时长试验方法：基于 ISO8996—2021 人体代谢率标准、人体生理学舒适温度区间制定，明确了试验原理、技术要求、试验条件、试验步骤与加权平均计算方法，是有效加热时长指标的专项试验规范；

6.3 附录 C（规范性）有效加热功率试验方法：基于传热学基本原理、GB/T18398—2001 标准框架制定，明确了有效加热功率的试验原理、技术要求、试验方法与试验结果计算，是主动加热力量化评价的核心规范，填补了行业空白；

6.4 附录 D（规范性）智能加热防护服有效热阻试验方法：基于 GB/T18398—2001 制定，明确了智能加热防护服有效热阻试验原理、技术要求、试验方法、试验步骤与结果计算方法，补充了不同环境温度下的试验工况设计，是服装保暖量试验的核心方法依据；

三、与有关法律、行政法规和其他强制性标准的关系，

配套推荐性标准的制定情况；

（一）有关法律、行政法规和其他强制性标准的关系

本标准完全符合我国现行法律法规及强制性国家标准要求，与相关法律、行政法规、强制性标准协调一致、无矛盾冲突，同时为相关法律法规的落地实施提供了明确的技术支撑。

1.法律层面：《中华人民共和国安全生产法》第四十五条明确要求生产经营单位为从业人员提供符合国家标准或行业标准的劳动防护用品，本标准作为智能加热防护服的强制性国标，为寒冷环境作业劳动防护用品的配备提供了明确技术依据，保障法律条款落地执行。

2.行政法规层面：符合《“十四五”应急管理标准化发展计划》《安全应急装备重点领域发展行动计划（2023—2025年）》等文件要求，聚焦应急管理智能化、抗寒抗冻个体防护装备研发，助力安全应急装备现代化升级。

3.强制性标准层面：与 GB 31241—2022《便携式电子产品用锂离子电池和电池组安全技术规范》、GB 4706.8—2008 等标准协调一致，引用其核心安全指标，同时结合防护服装特性优化电气耐弯折、低温加热性能等技术要求，形成覆盖纺织、电气、防护的完整安全防护标准体系。

（二）配套推荐性标准的制定情况

本标准与国家标准计划《纺织品电加热性能的检测和评价》同步推进，该推荐性标准将明确智能加热纺织品的加热均匀性、耐洗涤性等试验方法，为本次制定的强制性标准提供试验技术支撑。同时，本标准附录 A 至附录 D 已细化智能温度调控系统技术要求、有效加热时长、有效加热功率、智能加热防护服有效热阻等核心指标的试验方法。标准实施后，将形成“产品要求+试验方法”的完整标准体系，确保标准要求可验证、可监管，满足行业发展及监管需求。本标准无需额外制定其他配套推荐性标准。

（三）新旧标准技术水平的对比情况

本标准为首次制定的智能加热防护服领域国家强制性标准，与国内现有相关标准相比，实现了多维度技术突破与升级，核心差异对比见表 7。

表 7 国内现有相关标准主要差异及技术提升

现有相关标准	本标准	差异及技术提升说明
T/CNTAC24-2018 《电加热服装》 (团体标准)	《智能个体防护装备防护服智能加热防护服》 (强制国标)	<p>1.效力升级：由推荐性团体标准升级为国家强制性标准，是市场准入、监管执法的强制技术依据，填补了行业强制标准空白；</p> <p>2.适用场景聚焦：明确面向寒冷环境作业防护场景，补充了-40℃极寒环境技术要求，覆盖国防、石油、电力等特殊行业防护需求，区别于民用电加热服装；</p> <p>3.技术体系升级：新增智能温度自适应调控、防爆性能、极寒环境适应性等专项要求，技术指标全面高于现有团体标准；</p> <p>4.评价体系创新：建立“被动保暖+主动加热”双维度量化评价体系，明确有效加热功率、有效加热时长等核心指标的试验方法，解决了行业试验方法不统一的痛点。</p>
GB 4706.8—2024 《家用和类似用途电器的安全 第8部分：电热毯、电热垫、电热衣及类似柔性发热器具的特殊要求》	同上	<p>1.场景适配性升级：针对户外作业场景，补充了低温环境适应性、电路耐弯折、耐水洗、机械强度、防风防水等防护专用要求，区别于家用室内柔性发热器具；</p> <p>2.产品特性优化：适配可穿戴防护特性，优化了加热元件布局、人体工效学、厚手套操作等专项要求，更贴合户外作业使用场景；</p> <p>3.评价体系及标准约束目的不同：补充了主动加热保暖性能的量化评价体系，区别于家用标准仅聚焦安全要求的框架，着重体现保暖防护效能，实现“安全+性能”双维度管控。</p>
GB 20097—2025 《防护服装 通用技术规范》	同上	<p>在通用防护服要求的基础上，针对智能加热防护服的电气安全、智能功能、主动加热性能等专属特性，补充了完整的技术要求与试验方法，完善了个体防护装备标准体系，填补了智能加热类防护服的标准空白。</p>

四、与国际标准化组织、其他国家或者地区有关法律法规和标准的比对分析；

(一) 采标情况

本标准在制定过程中，系统参考了 ISO、EN 等国际先进标准的技术框架与编制思路，重点借鉴了 EN 342:2017《防护服 防寒套装和服装》、ISO 15831:2004《服装 生理舒适性 用暖体假人法测定服装的隔热性能》、EN 17673:2022《防

防护服 耐热和阻燃 具有集成智能纺织品和非纺织元件的服装的要求和试验方法》等国际标准的先进内容，但未直接采用其具体技术指标，不属于采标项目。

主要原因：国际上暂无智能加热防护服专属标准，现有标准多聚焦被动防寒服（如 EN342-2017）或通用智能纺织品（如 EN17673:2022），未涵盖智能加热防护服的电气安全、自适应控温、极寒环境主动加热性能评价等核心内容，无法适配我国极寒环境作业防护需求与智能加热技术的发展现状。本标准结合我国自主技术成果、寒区环境特征与行业应用需求制定，旨在构建具有自主话语权的智能加热防护服装技术标准体系，填补国际标准空白。

（二）与国际、国外同类标准水平的对比情况

目前国外还没有明确的智能加热防护服的标准。相关的标准主要包括防寒服、智能防护服装类。其中，关于智能防护服装电学性能、耐热耐燃性、耐用耐洗性等相关试验方法的标准具有参考意义，本标准在技术内容上实现突破与超越，具体对比见表 8。

表 8 同类标准水平的对比情况

国际/国外标准	核心技术内容	本标准对比优势
EN342-2017《防护服防寒套装》	被动防寒性能，含隔热值、透气性试验，暖体假人试验要求	新增主动加热及智能控温技术要求，覆盖极寒环境（-40℃），补充电气安全、本质安全等指标，适配主动防护场景
ANSI/ISEA201-2012《冷环境下保暖服装分级》	被动绝缘服装分类，基于热绝缘值提供选择指南	突破被动保暖局限，融入智能加热技术，明确动态功率调节、温度记忆等特性，技术要求更贴合极端环境主动防护需求
EN17673:2022《防护服—耐热和阻燃—具有集成智能纺织品和非纺织元件的服装的要求和试验方法》	智能元件的耐热阻燃要求，通用安全指标	聚焦低温加热场景，补充低温适应性、加热性能衰减、电池适配等专属要求，技术指标更精准，针对性更强

（三）与试验的国外样品、样机的有关数据对比情况

工作组选取 3 款国外同类智能加热服装样品（品牌 A、B、C）与国内主流产品进行对比试验，核心指标数据对比见表 9，试验结果表明本标准技术要求高于国外同类产品水平，更适配我国极寒环境需求。

表 9 国内外产品情况

试验指标	国外样品A	国外样品B	国外样品C	国内样品 (达标款)	本标准要求
-40℃环境有效加热时长 (h)	1.5	1.8	2.0	2.2	≥2.0 (1级)
人体接触温度(℃)	32-36	33-37	31-35	35-38	≤37
20次水洗后性能衰减率 (%)	12	15	13	8	无损坏、可正常工作
电路耐弯折次数 (次)	4000	4000	5000	5000+	5000

五、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

六、强制性国家标准自发布日期至实施日期之间的过渡期的建议及理由

(一) 过渡期建议及理由

建议本标准自发布之日起设置 12 个月的过渡期。理由如下：1.技术适配方面，现有生产企业需针对标准要求优化加热元件封装工艺、更新暖体假人试验设备，12 个月可满足企业技术改造及产能调整需求，无需额外重大投入；2.市场清库存方面，目前市场上非达标产品存量较少，12 个月可实现老旧产品有序退出，避免企业损失；3.监管衔接方面，应急管理部门及市场监管部门需完善监管流程、培训检测人员，熟悉电气安全、加热性能等专项试验方法，过渡期可保障监管工作同步落地。

(二) 实施标准可能产生的社会和经济影响等

1.社会效益：本标准实施后，将有效保障我国近 300 万寒冷环境作业人员的职业健康与生命安全，显著降低低温作业导致的失温、冻伤及相关职业病发生率，提升寒区作业效率与有效作业时长；规范市场秩序，杜绝低质、劣质、存在安全隐患的产品流入市场，遏制行业低价恶性竞争，保障劳动者的合法权益；助力我国极地科考、边防建设、“一带一路”沿线基础设施建设等国家战略实施，为高寒地区项目一线作业人员提供可靠的安全防护保障。

2.经济效益：推动智能加热材料、柔性电子、防护服装等相关产业技术升级，引导企业加大研发投入，提升产品技术含量与附加值，培育新质生产力，带动上下游产业链协同发展；我国智能加热技术与产品处于国际领先水平，本标准的实施将增强国产产品的国际竞争力，助力我国智能防护装备拓展国际市场，形成新的外贸增长点；减少因低温作业事故、职业病导致的经济损失，降低社会医疗负担与企业安全生产成本，具有显著的间接经济效益。

七、实施强制性国家标准有关的政策措施（包括实施监督管理部门以及对违反强制性国家标准的有关法律、行政法规、部门规章依据等）

（一）实施监督管理部门

县级及以上应急管理部门。

（二）对违反强制性国家标准的有关法律、行政法规、部门规章依据等

《中华人民共和国安全生产法》第九十九条规定“生产经营单位有下列行为之一的，责令限期改正，处五万元以下的罚款；逾期未改正的，处五万元以上二十万元以下的罚款，对其直接负责的主管人员和其他直接责任人员处一万元以上二万元以下的罚款；情节严重的，责令停产停业整顿；构成犯罪的，依照刑法有关规定追究刑事责任：……（五）未为从业人员提供符合国家标准或者行业标准的劳动防护用品的”。

市场监管总局办公厅 住房和城乡建设部办公厅 应急管理部办公厅发布的《关于进一步加强安全帽等特种劳动防护用品监督管理工作的通知》（市监质监〔2019〕35号）中规定：“对特种劳动防护用品生产、销售和使用单位的监督检查，对发现的问题要严格依照相关法律法规处罚，对问题突出的生产、销售、使用单位要进行约谈，并公开曝光。”“对未使用符合国家或行业标准的特种劳动防护用品，特种劳动防护用品进入现场前未经查验或查验不合格即投入使用，因特种劳动防护用品管理混乱给作业人员带来事故伤害及职业危害的责任单位

和责任人，依法追究相关责任。”

八、是否需要对外通报的建议及理由（通报与否均应说明理由）

建议进行对外通报。

建议理由：本标准 of 智能加热防护服领域首个国家强制性标准，国际上暂无同类专项标准，且我国该类产品出口量逐年增长，标准技术要求与国际现有被动防寒服标准存在差异，对世界贸易组织（WTO）其他成员的贸易具有一定影响。根据《强制性国家标准管理办法》第二十五条规定，需按照 WTO 要求对外通报，提升标准国际认可度，为我国产品出口提供技术支撑，同时抢占国际标准话语权。

九、废止现行有关标准的建议

无。

十、涉及专利的有关说明

无。

十一、强制性国家标准所涉及的产品、过程和服务目录

本标准 of 产品标准，涉及的产品为智能加热防护服，具体包括：为整个上身提供加热保暖防护的长袖式智能加热防护服，以及为胸、腹、背部等关键部位提供加热保暖防护的马甲式智能加热防护服，适用于建筑施工、市政环卫、石油勘探、电网维护、极地科考、边防巡检等极端寒冷环境作业场景。

十二、其他应予以说明的事项

依据《公平竞争审查条例》对本标准进行审查，无限制或变相限制市场准入、商品要素自由流动的内容，无影响经营者生产经营成本及行为的内容，审查结论为无违反《公平竞争审查条例》规定情形。