

防寒手套标准的发展与分析

江 薇 唐一鸣

上海市安全生产科学研究所, 上海 200233

摘 要: 低温环境下, 有效的手部防护对于保证作业人员的生理健康、预防安全事故的发生, 有着重要意义。综述了防寒手套的分类以及国内外标准的发展现状, 系统梳理了相关标准的制定、修订及变更情况, 分析了相关技术指标要求, 提出了现行标准体系的不足并展望未来的发展方向。研究可为促进防寒手套标准体系的发展提供参考。

关键词: 低温环境; 防寒手套; 检测标准; 手部防护; 发展方向

中图分类号: TS101

文献标志码: A

文章编号: 1004-7093(2026)08-0035-05

Development and analysis of standards for protective gloves against cold

Jiang Wei, Tang Yiming

Shanghai Institute of Work Safety Science, Shanghai 200233, China

Abstract: In low-temperature environments, effective hand protection is crucial for safeguarding the physical health of workers and preventing safety incidents. The classification of protective gloves against cold and the current state of development of domestic and international standards were reviewed. The formulation, revision, and amendment of relevant standards were systematically reviewed. The technical specification requirements were analyzed. The deficiencies in the existing standardization framework were identified, and the future development directions were outlined. The study can provide a reference for advancing the development of standards system for protective gloves against cold.

Keywords: low-temperature environment; protective glove against cold; testing standard; hand protection; development direction

低温环境作业广泛发生在极地科考、冷链物流、航空航天设备维护、低温试验及高海拔登山等场景中。在低温环境中工作时, 若缺少有效防护, 人体热量会大量散失, 易造成冻伤, 严重时可能因操作失误引发安全事故^[1-2]。手是人体活动的重要器官^[3],

因表面积与体积比最大、皮下脂肪层薄且血管分布密集而在低温环境中尤为敏感^[4]。研究表明, 手指的灵敏度与其皮肤温度显著相关: 当皮肤温度降至 15.0 °C 时, 手指灵敏度明显下降; 当皮肤温度降至 4.4 °C 时, 手指几乎丧失精细作业的能力(如抓握、

收稿日期: 2025-12-10

作者简介: 江薇, 女, 1994 年生, 博士, 助理工程师, 主要研究方向为个体防护装备纺织材料, 911737527@qq.com

捏取)^[5-6];手指接触-10.0℃物体表面的极限时间为10s,超过该时间可能会引起冻伤^[7]。在低温环境中,手部防护失效不仅直接威胁作业人员的生理健康(如造成局部冻伤、雷诺氏综合征),更可能导致作业人员操作失误,损坏设备或引发安全事故,因此利用防寒手套防护手部十分必要。

标准体系的统一与产品的安全性和可靠性等多个方面密切相关^[8],防寒手套的相关标准在促进和约束防寒手套行业的发展方面有着重要作用。目前,全球防寒手套的检测标准体系已形成以功能性为核心、多维度指标交叉的框架,主要涵盖防寒性能、防水等级、力学性能三大类。本研究以国内外防寒手套的标准为基础,对国内外相关标准的制定、修订、变更情况以及相关技术指标要求进行分析,阐述了现行标准体系的不足,并展望了未来的发展方向。

1 防寒手套的分类

1.1 根据应用温度分类

防寒手套根据应用温度可以分为3类:(1)使用温度为-20~-10℃,适用于冬季井下作业、低温装配等场景,外层采用防水防风材料(如涂层面料、皮革),内层采用保温材料(如抓绒、Thinsulate™、海绵复合布),兼具保暖效果与手指灵敏度;(2)使用温度为-50~-30℃,填充特殊隔热材料,手掌部位增加防滑设计(如聚氯乙烯防寒硫化手套的粗糙止滑纹);(3)使用温度低于-50℃,适用于极地科考、液氮与液化天然气作业等极端场景,多采用真空绝热层、气凝胶复合材料或多层泡沫结构。

1.2 根据低温防护实现方式分类

防寒手套根据低温防护实现方式可以分为被动式和主动式^[9]。被动式防寒手套无需外部能源,主要依赖材料自身的隔热性能实现防寒效果,一般采用保暖材料(如棉花、羊毛、羊绒、皮革、超细纤维、中空纤维)、橡胶材料或由二者复合制成,但为达到足够的保暖效果,往往需增加手套厚度与叠层,这易导致产品质地厚重,严重限制了手指的灵活性与触觉,使穿戴者难以完成精密操作。主动式防寒手套主要通过外部电源或化学反应持续供能,如内置电热元件或相变材料实现保暖效果,可根据使用环境

调节温度,兼顾保暖性和灵活性,但成本较高。

2 防寒手套检测标准体系的分析

2.1 国内检测标准

国内现行标准中,最早针对低温作业制定的标准是1993年公布、1994年实施的GB/T 14440—1993《低温作业分级》。该标准将工作场所的平均气温处于或低于5℃的情况定义为低温作业环境,根据工作温度和低温作业时间率(即低温工作时间与工作日总时间的比值)对低温作业环境进行分级。

国内最早涉及手套在低温环境下使用的标准是2002年公布、2003年实施的GB/T 18843—2002《浸塑手套》。该标准对浸塑手套在-10℃条件下的耐低温冲击性能提出了要求,但在测试性能指标、适用温度范围等方面存在明显局限性,难以满足实际低温条件下防寒手套的防护需求^[10],已于2017年废止。

国内首部专门针对防寒手套制定的标准是2019年发布、2020年实施的GB/T 38304—2019《手部防护 防寒手套》。该标准由国家市场监督管理总局和中国国家标准化管理委员会发布,主管部门和归口部门均为应急管理部,标准的发布与实施填补了国内手部防护领域中检测防寒性能的标准空白。该标准于2025年修订,并由推荐性标准转为强制性标准GB 38304—2025《手部防护 防寒手套》,且新标准中的防护性能分级更加精细化,测试条件更加贴近实际使用环境,标识系统更加直观易懂。

2.2 国外检测标准

欧洲标准化委员会(CEN)于1994年发布EN 511:1994 *Protective gloves against cold*,规定了-50℃的对流冷和接触冷防寒手套的性能要求和测试方法,并于2006年进行了修订。该标准通过量化防护等级、明确技术要求,为防寒手套的测试提供了统一标准,既保障了欧盟市场上产品的可靠性,也为从业者选型提供了清晰指引。

2.3 防寒手套检测标准的技术指标

已发布的强制性国家标准GB 38304—2025和EN 511:2006的技术要求基本一致,以GB 38304—2025为例,分析防寒手套的关键技术要求,具体见表1。

表 1 防寒手套的关键技术要求

Tab. 1 Key technical requirements for protective gloves against cold

检测项目	参照标准	技术要求
耐磨损性	按 GB 24541—2022《手部防护 机械危害防护手套》中 6.1 规定的方法测试	1 级,100 次;2 级,500 次;3 级,2 000 次;4 级,8 000 次。至少符合 1 级要求;根据对流冷和接触冷等级不同,最低耐磨损性要求有所不同
耐撕裂性	按 GB 24541—2022 中 6.4 规定的方法测试	1 级,10 N;2 级,25 N;3 级,50 N;4 级,75 N。至少符合 1 级要求;根据对流冷和接触冷等级不同,最低耐撕裂性要求有所不同
耐屈挠破坏性	按 GB/T 12586—2003《橡胶或塑料涂覆织物耐屈挠破坏性的测定》中规定的方法测试	屈挠次数 10 000,无裂纹产生。非涂层材料没有此项要求
防水性	按 XF 7—2004《消防手套》中附录 A 规定的方法测试	手套完全浸入水中至手腕线处,无渗透为 1 级,渗透为 0 级
低温弯曲性	-50~-30 ℃使用的手套,按 GB/T 18426—2021《橡胶或塑料涂覆织物 低温弯曲试验》规定的方法测试	试样弯曲处无裂纹
对流冷	按 GB 38304—2025《手部防护 防寒手套》中附录 C 规定的方法测试	1 级, $0.10 \leq I_{TR} < 0.15$;2 级, $0.15 \leq I_{TR} < 0.22$;3 级, $0.22 \leq I_{TR} < 0.30$;4 级, $I_{TR} \geq 0.30$ 。当对流冷等级达到 2~4 级,耐磨损性和撕裂性应至少达到 2 级,否则对流冷等级判为 1 级
接触冷	按 GB 38304—2025 中附录 D 规定的方法测试	1 级, $0.025 \leq R < 0.050$;2 级, $0.050 \leq R < 0.100$;3 级, $0.100 \leq R < 0.150$;4 级, $R \geq 0.150$ 。当接触冷等级达到 2~4 级,耐磨损性和撕裂性应至少达到 2 级,否则接触冷等级判为 1 级

注: I_{TR} 为对流热阻, $m^2 \cdot ^\circ C/W$; R 为接触热阻, $m^2 \cdot ^\circ C/W$ 。

3 防寒手套检测标准存在的问题及发展方向

3.1 防寒手套检测标准存在的问题

3.1.1 适用范围不全面

目前防寒手套保暖性能的实现方式多样化,如内置电热元件或利用相变材料等。北美的手套制造商 Wells Lamont^[11]研究了佩戴含有微胶囊相变材料的防水手套和普通绝缘材料制成的手套在冰水中手部温度的变化情况。结果表明,使用相变材料的手套可使测试者的手部温度保持在 26.7 ℃ 以上长达 15 min,而普通手套在 5 min 内手部温度降到了 10 ℃。Iserson 等^[12]分别测试了电加热手套、化学保暖手套和普通防寒手套在极寒环境中(低至 -100 ℃)的保暖效果,发现电加热手套的表现最佳。多项研究表明,主动式防寒手套在隔热保暖方面表现优异,但 GB 38304—2025 不适用于有加热功能的手套,且未明确说明是否适用利用相变材料制备的防寒手套,该标准难以满足主动式防寒手套日益增长的市场需求。

3.1.2 测试方法存在局限性

GB 38304—2025 中手套性能测试的环境温度如表 2 所示。

表 2 手套性能测试的环境温度

Tab. 2 Environmental temperatures for glove performance testing

检测项目	测试的环境温度
耐磨损性	(23±2) ℃
耐撕裂性	(23±2) ℃
耐屈挠破坏性	按制造商规定的最低温度进行; 如无,按(-20±2) ℃测试
防水性	(20±2) ℃
低温弯曲性	(-50±2) ℃
对流冷	手模平均温度 30~35 ℃,环境温度至少 低于手模温度 20 ℃
接触冷	标准热阻的平均温度 36~40 ℃

当温度降低时,高聚物的分子链段活动能力减弱,分子链的运动被“冻结”或大幅抑制,导致高聚物形成的膜整体变硬、失去柔韧性,此时若受到外力作用,其内部应力无法通过分子链的滑移有效分散,易造成化学键断裂,从而产生裂纹^[13]。这种脆性断裂与温度和时间紧密相关,最终会导致手套破裂,无

法有效隔绝低温、保护手部。因此,GB 38304—2025中仅在 $(-50\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 的环境下测试涂层手套在 $-50\sim -30^{\circ}\text{C}$ 下使用的低温弯曲性,其他性能的测试均未在该温度下进行,存在手套在低温环境下使用一定时间后防护性能降低甚至消失的风险。

3.1.3 更低温度(低于 -50°C)环境下的防寒手套检测标准缺失

据极地研究中心及其下属的极地考察站记载,南极内陆的最低气温可达 -90°C ,科考人员需长时间暴露于远低于 -50°C 的极寒自然环境中。然而,国内最新发布的标准GB 38304—2025和国际标准EN 511:2006均针对最低使用温度为 -50°C 的防寒手套,缺乏更低温度下手部防护手套的检测方法和要求。

3.1.4 低温液体飞溅防护措施短缺

一些低温液化气体的液化温度极低,如液化天然气^[14](液化温度 -162°C)、液氮(液化温度 -196°C)、液氧(液化温度 -183°C)、液氩(液化温度 -186°C)。这些低温液体在充装、转运过程中一旦发生喷溅或设备破裂泄漏,相关从业人员将瞬间面临远低于 -50°C 的极寒暴露风险。以液氮为例,由于莱顿弗罗斯特效应,液氮表层会形成隔热蒸汽层,减缓液体的沸腾与蒸发,使得液氮容器口及周围环境温度不会急剧降低^[15]。然而,实际操作中一旦发生液氮飞溅,液滴可能直接接触手套表面,这对手套的防寒性能以及力学性能提出了更高的要求。因此,在进行低温液体危险化学品相关操作时,不仅要采取防飞溅措施,更要求防寒手套能在极端低温下有效保护手部,这对防寒手套在更低温度下的防护性提出了更高要求。

3.2 防寒手套检测标准发展的挑战和技术考量

3.2.1 可靠性与灵活性的平衡

Ni等^[16]研究发现,手套厚度与手部作业时间呈正相关,且佩戴防寒手套会显著降低手部灵活性。防寒手套在形成防护功能的同时,也在一定程度上影响着劳动者的作业效率和佩戴舒适度^[17]。被动式防寒手套通过增加厚度和叠层来提高保暖效果,主动式电加热手套需内置加热元件。这些防寒性能的设计往往以牺牲手指的弯曲度和灵活性为代价,导致精细操作难以完成^[18-19]。国内最新发布的标准GB 38304—2025未对防寒手套的灵活性提出要

求。在未来防寒手套的发展中,其可靠性与灵活性的平衡应贯穿于设计环节,且落实于检测环节;应根据使用温度、使用时间的不同,对其检测要求进行分级,构建“底线可靠+场景化灵活”的指标体系。

3.2.2 更低温度(低于 -50°C)环境下的检测

3.2.2.1 测试温度

常规的机械制冷系统难以满足更低温度的测试需求,通常需要采用深冷试验箱,温度范围覆盖 $-190\sim 200^{\circ}\text{C}$,这类设备摒弃了传统的机械制冷方式,改用液氮作为制冷剂实现更低的温度^[20-21]。虽然现行的GB/T 10589—2008《低温试验箱技术条件》规定了低至 -65°C 的温度等级(温度等级为 5°C 、 -5°C 、 -10°C 、 -25°C 、 -40°C 、 -55°C 、 -65°C),仅部分覆盖了低于 -50°C 的区间,其规范范围并未延伸至深冷领域,对于温度下限达 -190°C 的深冷试验箱,目前尚处于标准空白状态。

3.2.2.2 检测项目

绝大部分防寒手套在其表面进行疏水处理或涂覆阻水涂层,但在极端低温下,普通涂层易发生龟裂与剥落。对于缝制类手套,缝线接触低温液体后易发生脆性断裂。在直接接触液氮的场景中,宜采用全浸式设计的防寒产品,同时需评估其内衬设计能否满足低温防寒要求。部分防寒手套采用皮革材质并内设防水袋,然而,皮革在低温环境下反复弯曲会出现裂纹,且由于皮革本身防水性能有限,一般通过增加疏水涂层达到疏水效果^[22]。这类疏水涂层仅能抵御少量液氮溅落,遇大量液氮泼溅时无法阻止液氮向内渗透。同时,皮革表面的疏水涂层易因磨损脱落,需定期检测表层拒水性能。此外,皮革手套的阻水能力依赖内部防水袋,若防水袋采用非耐低温材质,则接触液氮后极易脆化破损。因此,针对更低温度下使用的防寒手套,其检测体系需满足更全面的要求:检测对象不应仅限于手套主体,还必须涵盖缝线、防水袋等关键附件,并填补现有标准中关于“低温液体飞溅防护”的检测空白。

4 结论

防寒手套作为个体防护装备的关键组成部分,在低温作业中对预防手部冻伤、机械伤害及化学危害发挥着至关重要的作用。防寒手套的标准体系建

设已取得重要进展,但仍存在适用范围不全面、测试方法存在局限性、更低温度下检测标准缺失、低温液体飞溅防护措施短缺等问题。当前,如何在极端低温环境下构建科学有效的测试评价体系,并实现防护可靠性与手部操作灵活性之间的动态平衡,是当下面临的主要挑战。因此,亟须基于实际复杂工况细化防护分级要求,进一步完善测试方法与多维检测项目体系,提升防寒手套的科学性与有效性。



期刊采编平台



中国知网下载

参考文献

- [1] 屈斐,张希文,李丽,等.耐低温防护服材料的发展现状及趋势[J].中国个体防护装备,2021(5):4-8.
- [2] Yu S, Xie X J, Guo Y, et al. A CFD-based study on the heat transfer characteristics between the human body and the environment under low-temperature attire [J]. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 2025, 13: 1583571.
- [3] 黄辰,胡吉永.传感阵列部署对数据手套手势识别准确性的影响[J].产业用纺织品,2025,43(4):1-10.
- [4] 杨杰,闫小雪.低温环境手部皮肤温度与心理参数的响应规律[J].西安科技大学学报,2024,44(4):660-667.
- [5] Castellani J W, Yurkevicius B R, Jones M L, et al. Effect of localized microclimate heating on peripheral skin temperatures and manual dexterity during cold exposure[J]. Journal of Applied Physiology, 2018, 125(5): 1498-1510.
- [6] 程方明,李贝贝,杨杰,等.低温环境下电热手套对医护人员手部灵活性的影响[J].中国安全生产科学技术,2024,20(9):212-218.
- [7] Geng Q Q, Holmér I. Change in contact temperature of finger touching on cold surfaces [J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 2001, 27(6): 387-391.
- [8] 殷瑜敏,甘以明,张湿涵,等.电子纺织品标准的开发进展[J].产业用纺织品,2025,43(10):8-19.
- [9] 赵卫,张秀云,陈俭. GB/T 38304—2019《手部防护防寒手套》解读[J].中国个体防护装备,2020(3):32-35.
- [10] 朱亚南,耿川川,刘皓.防寒手套的研究现状与进展[J].西部皮革,2023,45(7):145-148.
- [11] Holman M E. The use of microencapsulated phase-change materials to enhance the thermal performance of apparel [C] // ASME 1999 International Mechanical Engineering Congress and Exposition, 1999: 235-239.
- [12] Iserson K V. Glove and mitten protection in extreme cold weather: an antarctic study [J]. International Journal of Circumpolar Health, 2016, 75(1): 33564.
- [13] 陈宗良,孙世或.皮革制品边油低温脆裂的影响因素探讨[J].西部皮革,2013,35(10):20-23.
- [14] 苏幼明,郭国盛,张金石,等. LNG 大型低温储罐消防安全保护方案设计与应用[J].石油和化工设备,2014,17(7):71-75.
- [15] 王磊,程诚,田桂,等.低温表面莱顿弗罗斯特效应与管壁降温规律[J].航空动力学报,2025,40(2):345-353.
- [16] Ni J M, Xiao P, Li B Y. Effects of firefighting gloves styles on manual performance [J]. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 2023, 29(4): 1532-1541.
- [17] 肖晓,陈雁.防护手套实用性能展望[J].中国个体防护装备,2024(1):45-48.
- [18] Ramadan M Z. The effects of industrial protective gloves and hand skin temperatures on hand grip strength and discomfort rating [J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2017, 14(12): 1506.
- [19] Zare Bidoki F, Ezazshahabi N, Mousazadegan F, et al. Objective and subjective evaluation of various aspects of hand performance considering protective glove's constructional parameters [J]. Journal of Industrial Textiles, 2022, 51(S4): 6533S-6562S.
- [20] 黄世朋,刘伟,徐钰,等.一种低温高压密封试验系统设计[J].液压气动与密封,2023,43(4):98-101.
- [21] 蔡良续,张露,徐良,等.温度环境试验及其标准综述(四)温度试验技术[J].环境技术,2015,33(2):77-82.
- [22] 黄攀文.纳米涂层技术提高皮革防水防污性能的工艺现状[J].西部皮革,2025,47(21):5-7.