

ICS01.040.01

C65

团 体 标 准

T/COS 018-2024

碳纤维复合材料工作梯规范

Specification for carbon fiber reinforced polymer based composite ladder

2024-04-10 发布

2024-04-10 实施

中国兵工学会 发布

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。

本文件附录 A 为资料性附录，附录 B 为规范性附录。

本文件由威海光威复合材料股份有限公司提出。

本文件由中国兵工学会归口。

本文件起草单位：威海光威复合材料股份有限公司、空军装备部驻青岛地区军事代表室、中国航空工业集团公司沈阳飞机设计研究所、中航西安飞机工业集团股份有限公司、中国兵器工业标准化研究所、成都飞机工业(集团)有限责任公司、威海光威复合材料科技有限公司。

本文件主要起草人：李光友、杨佳成、刘江涛、王 鑫、张庆宇、蒋 龙、张玉敏、徐伟伟、丛 庆、韩克谦。

碳纤维复合材料工作梯规范

1 范围

本文件规定了碳纤维复合材料工作梯的分类与命名、要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输和储存。

本文件适用于地面保障、维修维护、应急工程等用途的碳纤维复合材料工作梯。

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 4053(所有部分) 固定式钢梯及平台安全要求
- GB 7059 便携式木折梯安全要求
- GB 12142 便携式金属梯安全要求
- GB/T 17620 带电作业用绝缘硬梯
- GB/T 17889(所有部分) 工作梯
- GJB 145A-1993 防护包装规范
- GJB 150.3A-2009 军用设备实验室环境试验方法 第3部分：高温试验
- GJB 150.4A-2009 军用设备实验室环境试验方法 第4部分：低温试验
- GJB 150.10A-2009 军用设备实验室环境试验方法 第10部分：霉菌试验
- GJB 150.11A-2009 军用设备实验室环境试验方法 第11部分：盐雾试验
- GJB 150.12A-2009 军用设备实验室环境试验方法 第12部分：砂尘试验
- GJB 150.16A-2009 军用设备实验室环境试验方法 第16部分：振动试验
- GJB 150.18A-2009 军用设备实验室环境试验方法 第18部分：冲击试验
- GJB 1765A-2008 军用物资包装标志
- HB 7736 复合材料预浸料物理性能试验方法

3 术语和定义

GB 12142、GB/T 17889 确立的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

碳纤维复合材料工作梯 carbon fiber reinforced composites ladder

以碳纤维作为增强相的复合材料为主体材料的工作梯。

3.2

复合材料分层 composites delamination

由层间应力或制造缺陷等引起的复合材料铺层之间的脱胶分离破坏现象。

3.3

挂梯 hanging ladder

带有悬挂结构和支撑结构、使用时梯脚离地的工作梯。

3.4

依靠式工作梯 leaning ladder

使用时斜靠在攀爬目标物表面、梯脚不离地的工作梯。

3.5

设计载荷 design load

额定载荷与安全系数的乘积，是结构能承受的极限载荷，预计在大于该载荷作用下，结构将被破坏或丧失承载能力。

3.6

单脚踩踏宽度 pedal width

工作梯单个踏板/踏棍的实际可供踩踏的宽度。

4 分类与命名

4.1 分类

按照使用时碳纤维复合材料工作梯(以下简称：工作梯)的状态，工作梯分为：

- 挂梯，用代号“HL”表示；
- 依靠式工作梯，用代号“IL”表示；
- 自立式工作梯，用代号“SL”表示。

按照碳纤维复合材料工作梯的结构，工作梯分为：

- 一体式工作梯；
- 分段式工作梯；
- 延伸式工作梯。

根据碳纤维复合材料工作梯是否固定在建筑物或设备上，工作梯分为：

- 固定式工作梯；
- 便携式工作梯。

4.2 命名

除另有规定外，工作梯的命名应包括分类代号、工作梯额定载荷、最大使用高度、最小内侧宽度和本文件号，内容及格式见图 1。

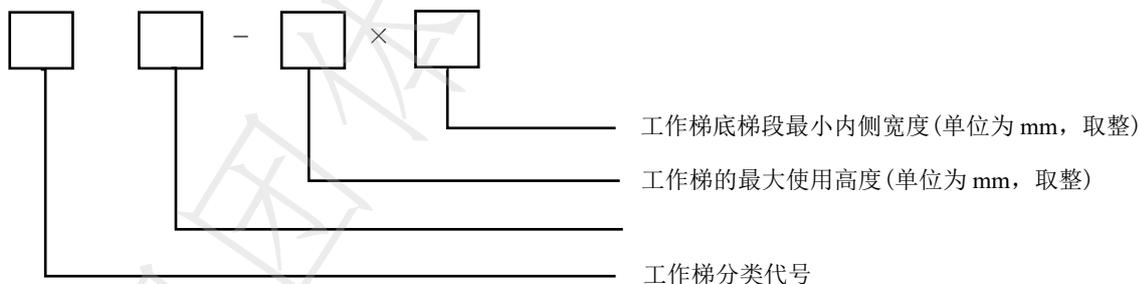


图 1 工作梯命名方式

示例：

使用高度为 1800mm，底梯段最小内侧宽度为 350mm，额定载荷 100kg 的自立式工作梯，按本文件命名为：SL100-1800×350。

5 技术要求

5.1 功能要求

工作梯应能实现接口连接、攀登进入设备、高处作业、快速折叠打开/拆装等功能要求。

- a) 接口连接功能：工作梯应能与使用场所的建筑/设备相应接口连接固定，工作状态下，踏板应水平，使用时接口处不发生松动；
- b) 攀登功能：工作状态下，人员进行登梯和下梯动作(人数按照同时攀登工作梯的最大人数)，应顺利无阻碍；

- c) 高处作业：在作业工况下，人员位于最高工作位置的踏棍/踏板/工作台的各个边缘处(身体未探出梯身时)，工作梯应不发生倾倒；
- d) 快速折叠打开/拆装：除另有规定外，具有折叠、拆装功能的工作梯应能实现在不使用专用拆装工具的情况下，顺利完成折叠打开及拆装操作。

5.2 外观

工作梯外观质量应符合以下要求：

- a) 工作梯表面应光滑平整，无锈斑、凹陷、划痕、擦伤等现象；
- b) 工作梯颜色应与要求颜色一致，无明显色差；
- c) 梯管边角应为圆角，光滑顺畅；
- d) 分段式工作梯打开或组装后，梯段与梯段之间应平直无歪斜；

5.3 外形尺寸

5.3.1 挂梯

挂梯挂靠时应保证两支腿稳固的支撑在支撑位置上，踏棍/踏板应处于水平位置，单脚踩踏宽度应不小于 85mm，踏板应作防滑设计，型式结构及基本尺寸参数见图 2 和表 1。

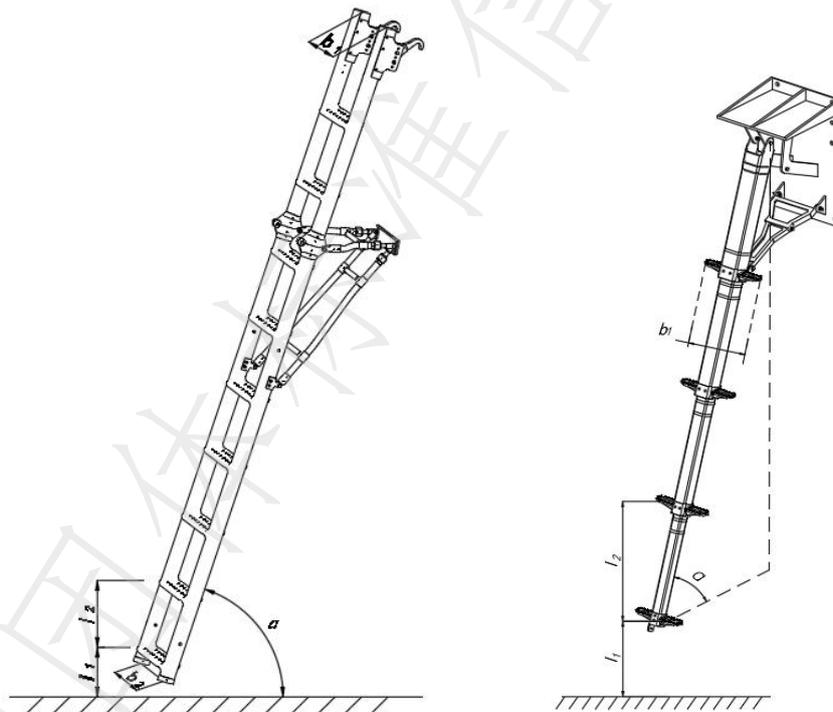


图 2 挂梯型式结构示意图

表 1 挂梯基本参数

| 基本参数 | 最小值 | 最大值 |
|--|-----|-----|
| 最上端梯柱内侧距离/踏板(踏棍)位于梯柱两侧时最上端踏板(踏棍)外沿之间的间距/踏板(踏棍)位于梯柱两侧每节只有一个踏板(踏棍)时踏板(踏棍)外沿到梯柱中心线距离的 2 倍 b_1 /mm | 280 | — |
| 最底层踏板(踏棍)距离地面高度 l_1 /mm | 50 | 350 |
| 踏板(踏棍)纵向间距 l_2 /mm | 230 | 300 |
| 使用时倾斜角度 α /° | 55 | 90 |

5.3.2 依靠式工作梯

依靠式工作梯使用期间两梯脚应同时着地，踏棍/踏板应处于水平位置，踏板应作防滑设计，型式结构及基本尺寸参数见图 3 和表 2。

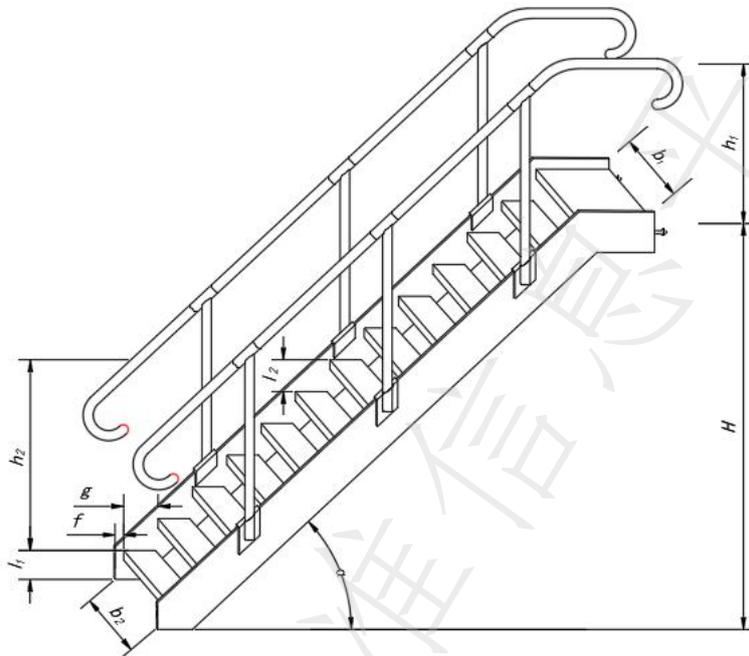


图 3 依靠式工作梯型式结构示意图

表 2 依靠式工作梯基本参数

| 基本参数 | 最小值 | 最大值 |
|------------------------------|----------|------------|
| 最上端梯柱内侧间距 b_1 /mm | 280 | — |
| 最下端梯柱外侧间距 b_2 /mm | 340 | — |
| 底层踏板前缘与梯子最前端边缘距离 f /mm | 50 | — |
| 扶手 ^a 高度 h_1 /mm | 860 | 960 |
| 最底层踏板(踏棍)距离地面高度 l_1 /mm | $0.5l_2$ | $l_2 + 15$ |
| 踏板(踏棍)纵向间距 l_2^b , mm | 230 | 300 |
| 使用时倾斜角度 a /° | 30 | 75 |

^a $a \geq 60^\circ$ 时, 可不设置扶手; $b_1 > 2200$ mm 时, 工作梯两侧设置扶手外中线应设置栏杆。
^b $550\text{mm} \leq g + 2l_2 \leq 700\text{mm}$, g 为两踏板(踏棍)水平间距。
^c 固定式工作梯倾角优选 $30^\circ \sim 35^\circ$, 偶尔进入的倾角宜选 42° , 经常性双向通过的倾角宜选 38° 。

5.3.3 自立式工作梯

自立式工作梯使用期间四个梯脚应同时着地，踏棍/踏板应处于水平位置，踏板应作防滑设计，型式结构及基本尺寸参数见图 4 和表 3。

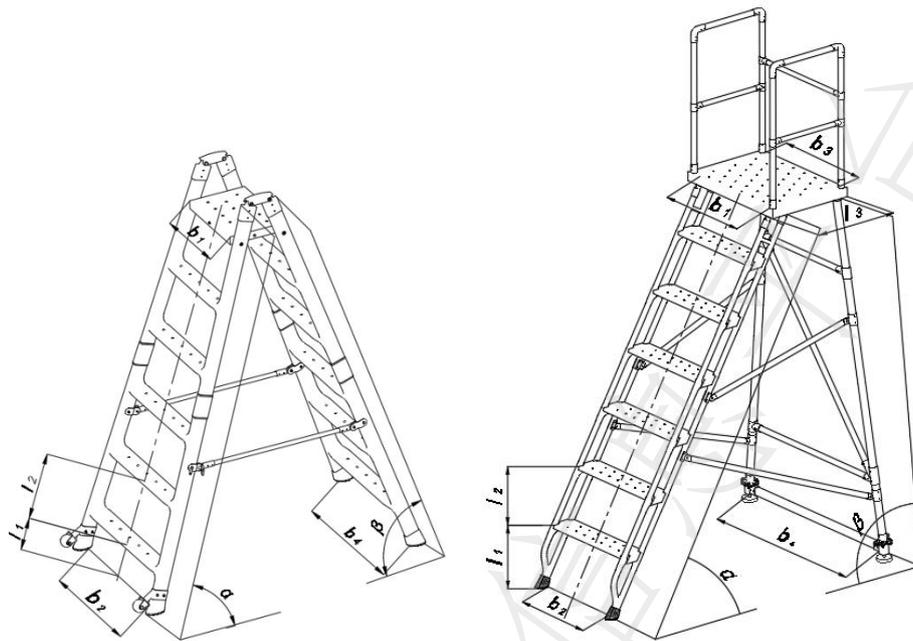


图4 自立工作梯型式结构示意图

表3 自立式工作梯基本参数

| 基本参数 | 最小值 | 最大值 |
|---------------------------------|----------|----------|
| 前侧最上端梯柱内测间距 b_1/mm | 280 | — |
| 前侧最下端梯柱外侧测间距 b_2/mm | 340 | — |
| 后侧最上端梯柱内测间距 b_3/mm | 280 | — |
| 后侧最下端梯柱外侧测间距 b_4/mm | b_2 | — |
| 最底层踏板(踏棍)距离地面高度 l_1/mm | $0.5l_2$ | l_2+15 |
| 踏板(踏棍)间距 l_2/mm | 225 | 350 |
| 最上侧踏板深度 l_3/mm | 200 | — |
| 前段梯身使用状态倾斜角度 $a/^\circ$ | 30 | 75 |
| 后段梯身使用状态倾斜角度 $\beta/^\circ$ | 65 | 75 |

5.4 连接件

5.4.1 材质

与工作梯的碳纤维复合材料零部件相接触的连接件，宜选用钛合金材质，如用铝合金或钢质的连接件，应在连接件和碳纤维复合材料零部件间增加电化学腐蚀防护层。

5.4.2 连接

工作梯的梯管与连接件的装配长度宜不小于 15mm，当采用机械连接时，装配孔距离碳纤维复合材料梯管端口距离 e 与孔径 D 的比值应不小于 3。

5.5 壁厚

除另有规定外，梯管的最小壁厚宜不小于 1mm。内嵌连接件的配合处梯管最小壁厚宜不小于 1.5mm，外包连接件的配合处梯管的最小壁厚宜不小于 1.2mm。

5.6 重量

在满足使用要求的前提下，重量尽可能轻。

5.7 载荷

5.7.1 额定载荷

除另有规定外，工作梯额定载荷应不小于 M 。 M 应满足公式(1)的条件：

$$M = (20 + 80 \times N) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

M —— 额定载荷，kg；

N —— 同时登梯人数。

注：除另有规定外，便携式工作梯同时登梯人数应不超过 2 人。

工作梯应满足完成加载、卸载额定载荷操作后，永久变形率 $\leq 0.1\%$ 。

5.7.2 设计载荷

除另有规定外，工作梯设计载荷应不小于额定载荷的 1.35 倍。

工作梯应满足完成加载、卸载设计载荷操作后，工作梯及其部件不能发生极限破坏。

5.8 环境适应性

除另有规定外，工作梯应能满足以下要求：

- a) 工作梯应能够在 $-40^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ 环境下储存和使用；
- b) 工作梯应能够在 GJB 150.11A-2009 盐雾条件下表面不起泡、机械部件活动顺畅无黏连；
- c) 工作梯碳纤维复合材料部件应具备抑制黑曲霉、黄曲霉、杂色曲霉、绳状青霉、球毛壳霉菌种生长的能力，经过不少于 28d 的持续试验，工作梯应达到 0 级标准；
- d) 工作梯应能够在风速 18m/s、吹砂浓度 $1.1\text{g}/\text{m}^3$ 、1.5h 的吹砂侵蚀后，产品无明显损伤，零部件活动顺畅；
- e) 带包装箱的工作梯应在经历 GJB 150.16A-2009 中程序 I 的运输振动试验后，不发生永久变形或损坏；
- f) 工作梯应在经历 GJB 150.18A-2009 中的冲击试验后，不发生永久变形或试验破坏。

5.9 疲劳

挂梯置于使用状态下，对最底层踏板/踏棍中央施加额定载荷，稳定时间不低于 2s，然后卸除额定载荷，进行循环动态疲劳试验，要求不发生破坏的循环数不少于 36500 次。

6 检验规则

6.1 检验分类

碳纤维复合材料工作梯的检验应包括质量一致性检验和型式检验。

6.2 组批

工作梯应按照以下规则组批管理：

- a) 一段时间内，采用同一批次或连续批次原材料、相同的生产工艺、相同型号的制造设备生产的同一型号产品宜作为一个生产批次管理；
- b) 同一订单的相同型号产品宜作为一个生产批次管理。

6.3 抽样

工作梯的质量一致性检验应在出厂前进行全检。

除另有规定外，工作梯的型式检验除首架梯必检，其他宜按照表 4 抽样规则进行抽样检验。

表 4 工作梯抽样规则

| 每批工作梯数量 | 随机最少抽样数量 |
|------------|----------|
| ≤ 50 | 1 |
| 51~99 | 2 |
| ≥ 100 | 按数量的 2% |

6.4 检验项目

工作梯检验项目应符合表 5 的规定。

表 5 工作梯检验项目

| 序号 | 检验项目 | 型式检验 | 质量一致性检验 | 要求章条号 | 试验方法章条号 |
|----|-------------------|------|---------|-------|---------|
| 1 | 功能要求 | √ | √ | 5.1 | 7.1 |
| 2 | 外观 | √ | √ | 5.2 | 7.2 |
| 3 | 外形尺寸 | √ | √ | 5.3 | 7.3 |
| 4 | 重量 | √ | √ | 5.6 | 7.4 |
| 5 | 额定载荷 | √ | √ | 5.7.1 | 7.5.1 |
| 6 | 设计载荷 | √ | — | 5.7.2 | 7.5.2 |
| 7 | 环境适应性 | √ | — | 5.8 | 7.6 |
| 8 | 疲劳试验 ^a | √ | — | | |

^a 除另有规定外，挂梯的型式检验应包含疲劳试验，其他类型工作梯不作要求。

6.5 判定规则

6.5.1 缺陷分类

按照对工作梯的影响程度，将工作梯的缺陷分为：致命缺陷和一般缺陷。

致命缺陷包含但不限于：材料开裂与分层、连接件脱粘松动、额定载荷和设计载荷试验未通过、环境适应性未通过、疲劳。

一般缺陷包含但不限于：功能要求、外观、外形尺寸、重量。

6.5.2 全数检验规则

采用全数检验方式时，如出现致命缺陷，则判整批不合格。如出现一般缺陷，当缺陷工作梯数量小于批量的 20% 时，排除缺陷并经验证有效后可继续进行下一步检验，当缺陷工作梯数量大于批量的 20% 时，判整批不合格。不合格批产品，找出原因，采取纠正措施并验证有效后，重新检查。

6.5.3 抽样检验规则

采用抽样检验方式时，如有 1 套产品不合格，则判整批不合格。不合格批产品，找出原因，采取纠正措施并验证有效后，重新检查并加倍抽验。

7 试验方法

7.1 功能

7.1.1 接口连接功能

将工作梯组装或打开至使用状态，与实物接口或模拟接口进行连接，连接操作应顺畅，完成连接和梯身调整操作后，工作梯应连接牢固，梯身稳固，梯板与地面平行。

7.1.2 攀登功能

将工作梯置于工作状态，人员进行登梯和下梯动作(人数按照同时攀登工作梯的最大人数)，应顺利无阻碍。

7.1.3 高处作业功能

将工作梯置于工作状态，人员登梯至允许高处作业的最高位置，在各个边缘位置停留至少 5min(身体不探出工作梯外部)，工作梯应不倾倒。

7.1.4 快速折叠打开/拆装功能

不使用专用拆装工具，将工作梯由折叠或拆卸状态打开或组装到使用状态，再由使用状态折叠或拆卸到包装状态，操作应顺畅。

7.2 外观

外观采用目视检查。

7.3 外形尺寸

使用分度值为 1mm 的卷尺，检查 5.3 章节中规定的外形尺寸。

7.4 重量

用称量精度不超过 1kg 的秤进行称量，重量应能满足要求。

7.5 载荷

7.5.1 额定载荷

预承载操作：将工作梯打开或组装至使用状态，调整梯身使其按照工作状态放置，将工作梯的工作平台表面或距离支点最远的梯板上表面作为加载位置，在加载位置上施加额定载荷，静置不少于 5min 后卸载。

施加额定载荷操作：将工作梯打开或组装至使用状态，调整梯身使其按照工作状态放置，测量加载位置到地面尺寸 H_0 ，在加载位置上施加额定载荷，静置不少于 5min 后卸载，测量加载位置到地面尺寸 H_1 ，计算永久变形率： $(H_0-H_1)/H_0 \times 100\%$ ，永久变形率应在要求范围内。目视检查工作梯各部件是否出现可见损坏或试验破坏。

7.5.2 设计载荷

将额定载荷换成设计载荷，加载和卸载步骤同 7.5.1，卸载后目视检查工作梯及其部件是否发生极限破坏。

7.6 环境适应性

7.6.1 高温贮存及使用性能

按 GJB 150.3A-2009 测试工作梯在高温贮存及使用性能。

7.6.2 低温贮存及使用性能

按 GJB 150.4A-2009 测试工作梯在低温贮存及使用性能。

7.6.3 抗盐雾

按 GJB 150.11A-2009 试验方法测试工作梯部件抗盐雾的能力。

7.6.4 抗霉菌

按 GJB 150.10A-2009 试验方法测试工作梯碳纤维复合材料部件抑制黑曲霉、黄曲霉、杂色曲霉、绳状青霉、球毛壳霉菌种生长的能力，试验持续时间应不少于 28d，工作梯应达到 0 级标准。

7.6.5 抗风沙

按 GJB 150.12A-2009 试验方法测试工作梯部件的抗风沙能力。

7.6.6 运输振动

按 GJB 150.16A-2009 试验方法程序 I 的步骤测试工作梯的抗运输振动能力。

7.6.7 抗冲击

按 GJB 150.18A-2009 试验方法测试工作梯的抗冲击的能力。

7.7 疲劳测试

将挂梯置于使用状态下，对最底层踏板/踏棍中央施加额定载荷，稳定时间不低于 2s，然后卸除额定载荷，进行循环动态疲劳试验，记录循环次数，要求不发生破坏的循环数不少于 36500 次。

8 标志、包装、运输及储存

8.1 标志

8.1.1 产品标志

梯身标志样式及位置无特殊要求时应符合 GB 7059 的规定，同时应满足以下要求：

a) 产品标志应安装在产品的明显位置；

- b) 梯身上应设置标有基本警示标志及产品数据信息的标志；
- c) 工作梯应有触电危险警示标志或等效图形标志，如：“注意：防止触电—不应在可能与电路接触的场所使用”。该标志应在右梯框外侧，距离工作梯底端高度 1.4m~1.8m 处；
- d) 标志应清晰、明显易见；
- e) 标志的位置设置应确保当延伸梯伸长或收缩、折梯张开或折叠过程中不会被其他部件损坏。

8.1.2 包装标志

包装标志应符合 GJB 1765A 的规定，同时应满足以下要求：

- a) 包装标志应具有防水功能；
- b) 包装标志应固定在包装箱长度方向的两端；
- c) 工作梯包装标志至少应包含产品名称、产品型号、批号/编号、数量、发货日期、生产厂家及联系方式等信息；
- d) 除另有规定外，包装标志格式宜参照附录 A 中的格式和内容。

8.2 包装

除另有规定外，包装要求及方式见附录 B。

8.3 运输

工作梯的运输应按以下要求：

- a) 工作梯可采用航空、铁路、公路等方式运输；
- b) 工作梯在运输过程中应注意防水、防雨、防碰；
- c) 工作梯运输时应满足“包装箱堆叠层数不大于 5 层，堆叠高度不得超过 2m”的要求，运输过程中包装箱应固定牢固；
- d) 产品不宜与易燃、易爆、有毒、放射性、腐蚀性等危险品同车运输。

8.4 储存

工作梯产品应贮存在环境温度为 $-40^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不大于 80%，无腐蚀性气体，无强烈机械振动和冲击的库房里。

附录 A
(资料性)
工作梯外包装标识

| | |
|---|--------------------|
| ××××××公司 | |
| 产品名称: <u>XXXXX</u> | 产品编号: <u>XXXXX</u> |
| 产品型号: <u>XXXXX</u> | 产品数量: <u>XXXXX</u> |
| 发货日期: <u>XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX</u> | |
| 用户地址: <u>XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX</u> | |
| 承制单位地址: <u>XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX</u> | |
| 联系方式: <u>XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX</u> | |

附录 B
(规范性)
工作梯包装要求

B.1 一般要求

工作梯的包装应满足以下要求：

- 1) 工作梯包装应能保证产品在运输储存中不受损伤；
- 2) 军事用途的工作梯，包装应符合 GJB 145A 的规定；
- 3) 包装中一般包含但不限于以下内容：
 - a) 工作梯；
 - b) 产品履历本或产品合格证；
 - c) 产品使用维护手册或产品说明书；
 - d) 装箱清单；
 - e) 产品配件(需要时)。

B.2 装箱要求

工作梯的装箱应满足以下要求：

- 1) 除另有规定外，工作梯的包装箱宜使用玻璃纤维复合材料、木板材质、铝合金材质的包装箱；
 - 2) 工作梯包装箱应设有吊装环(或把手)，方便搬运、吊装、叉装、转运；
 - 3) 工作梯包装箱承载重量应不小于 3 倍的产品重量，满足堆码不小于 5 层的堆叠要求；
 - 4) 包装箱侧面喷涂向上和小心轻放标志；
 - 5) 工作梯折叠、拆卸后进行装箱，折叠后梯节接触部位和拆卸件应采取防碰防护；
 - 6) 工作梯宜使用编织打包带通过勒紧卡扣固定在包装箱底板上，在边角容易受到磕碰、磨损的位置以及梯身固定部位使用泡沫、纸板、气垫膜、PE 膜等进行防护、包裹；
 - 7) 包装箱内应放置装箱清单，按照装箱清单进行物品清点后包装；
 - 8) 文件类物品应使用防水塑料自封袋进行集中包装，用胶带或打包带固定在产品表面；
 - 9) 产品配件宜使用纸壳箱进行集中包装，并在统一位置进行固定。
-