



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 45162.2—2026

## 物流仓储设备 可靠性试验规范 第2部分：存储设备

Warehouse logistics equipment—Specification for reliability testing—  
Part 2: Storage equipment

2026-01-28 发布

2026-08-01 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 .....	III
引言 .....	IV
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 试验方式 .....	2
5 抽样 .....	2
5.1 抽样原则 .....	2
5.2 抽样数量 .....	2
6 试验条件 .....	2
6.1 试验环境 .....	2
6.2 试验设备 .....	3
6.3 试验货物 .....	3
6.4 试验人员 .....	3
6.5 试验仪器 .....	3
7 试验方法 .....	3
7.1 一般要求 .....	3
7.2 无故障工作时间 .....	3
7.3 可靠度 .....	3
7.4 可用度 .....	4
7.5 平均故障间隔时间 .....	11
7.6 平均修复时间 .....	12
7.7 平均故障间隔作业次数 .....	12
8 试验记录 .....	12
8.1 运行记录 .....	12
8.2 故障记录 .....	12
8.3 试验时间统计原则 .....	16
9 试验报告 .....	16
10 试验项目 .....	16
附录 A (资料性) 可靠性试验运行记录 .....	18
附录 B (资料性) 可靠性试验故障记录 .....	20
附录 C (资料性) 可靠性试验结果 .....	21
参考文献 .....	22

图 1	堆垛机单一作业循环时间路径示意图	5
图 2	堆垛机复合作业循环时间路径示意图	6
图 3	二向穿梭车单一作业循环时间路径示意图	7
图 4	二向穿梭车复合作业循环时间路径示意图	7
图 5	垂直输送机平均单一作业时间路径示意图	8
图 6	垂直输送机平均复合作业时间路径示意图	9
图 7	四向穿梭车平均单一作业时间路径图	10
图 8	四向穿梭车平均复合作业时间路径图	11
表 1	抽样数量	2
表 2	设备故障判定方法(不能正常工作或部分功能丧失)	12
表 3	设备故障判定方法(性能指标超出允许范围)	13
表 4	设备故障判定方法(零、部件或元器件发生失效)	14
表 5	试验项目	17
表 A.1	可靠性试验运行记录表	18
表 A.2	可靠性试验单机作业能力运行记录表	19
表 B.1	可靠性试验故障记录表	20
表 C.1	可靠性试验结果表	21



## 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。

本文件是 GB/T 45162《物流仓储设备 可靠性试验规范》的第 2 部分。GB/T 45162 已经发布了以下部分：

——第 1 部分：输送分拣设备；

——第 2 部分：存储设备。

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。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国物流仓储设备标准化技术委员会(SAC/TC 499)归口。

本文件起草单位：昆船智能技术股份有限公司、北京起重运输机械设计研究院有限公司、深圳市海柔创新科技有限公司、太原福莱瑞达物流设备科技有限公司、速锐智能(明光)有限公司、中鼎智能(无锡)科技股份有限公司、江苏六维智能物流装备股份有限公司、上海欧力德物流科技有限公司、浙江凯乐士科技集团股份有限公司、深圳中集天达物流系统工程有限公司、中国汽车工业工程有限公司、北自所(北京)科技发展股份有限公司、世仓智能仓储设备(上海)股份有限公司、上海精星物流设备工程有限公司、罗伯泰克自动化科技(苏州)有限公司、深圳市今天国际物流技术股份有限公司、上海领升自动化系统有限公司、江阴华西化工码头有限公司、浙江中扬立库技术有限公司、江苏豹翔智能科技有限公司、江苏胜牌传动科技有限公司、深圳市时代高科技设备股份有限公司。

本文件主要起草人：高晟、李蓉、王乔、陈涤新、林仕材、许习军、张卫国、盖宇春、徐正林、黄文、邓志达、宓波、许志旺、何志武、万英和、王志宇、黄曦、王建兴、杨新丽、曾巍巍、宋良奇、吴美华、王开胜、谢国宝、杨毅、王朴、田汉溶。

## 引 言

可靠性作为衡量物流仓储设备品质主要的指标,有必要从标准层面对物流仓储设备可靠性的定义、试验、记录等环节进行规范,提出可靠性要求,从而提高设备品质,促进物流仓储设备技术水平提升。

GB/T 45162《物流仓储设备 可靠性试验规范》旨在确立普遍适用于物流仓储设备可靠性试验的标准和要求,拟由三个部分构成:

- 第1部分:输送分拣设备。目的在于确立适用于物流仓储设备中输送设备和分拣设备在正常工作状态下进行可靠性试验的基本要求与方法,以便有效地进行可靠性试验。
- 第2部分:存储设备。目的在于确立适用于物流仓储设备中存储设备在正常工作状态下进行可靠性试验的基本要求与方法,以便有效地进行可靠性试验。
- 第3部分:仓储系统。目的在于确立适用于仓储系统在正常工作状态下进行可靠性试验的基本要求与方法,以便有效地进行可靠性试验。

制定 GB/T 45162 的工作之一是为提升物流仓储设备可靠性提供有效输入。现阶段我国物流仓储设备质量参差不齐。可靠性作为产品质量的特性之一,是提高产品竞争力的重要手段。鉴于此,确有必要制定 GB/T 45162,以帮助建立符合国内需求的物流仓储设备可靠性试验标准,规范试验程序,提升试验效率,缩短试验周期,降低试验成本。

GB/T 45162 的制定,重点考虑了物流仓储设备可靠性的试验条件、方法、记录等,使物流仓储设备可靠性定义清晰、试验条件和方法统一、数据收集与分析规范,为验证设备在全生命周期是否满足质量要求提供实证和决策数据。GB/T 45162 的制定将进一步规范物流仓储设备可靠性的推广与落实,从根本上提高设备品质,促进我国物流仓储设备的高质量发展。

# 物流仓储设备 可靠性试验规范

## 第2部分：存储设备

### 1 范围

本文件界定了物流仓储设备中存储设备的可靠性相关术语，规定了试验条件，给出了试验方式、试验项目、试验记录、试验报告，描述了抽样和试验方法。

本文件适用于巷道堆垛机、二向穿梭车、四向穿梭车及垂直输送机存储设备的可靠性试验。

### 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 45162.1 物流仓储设备 可靠性试验规范 第1部分：输送分拣设备

### 3 术语和定义

GB/T 45162.1 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**平均故障间隔作业次数** **mean movement between failures; MMBF**

在给定的运行条件下设备出现故障的总次数中，平均每两次故障之间的作业次数。

#### 3.2

**巷道堆垛机** **storage and retrieval machine; S/R machine; SRM**

堆垛机

巷道堆垛起重机

沿着货架巷道内的轨道运行，向货格存取单元货物，完成出入库作业的设备。

[来源：GB/T 43910—2024, 3.2.23]

#### 3.3

**二向穿梭车** **two-direction shuttle; two-way shuttle**

在同一通道内往复运行的货架有轨穿梭车。

[来源：GB/T 43910—2024, 3.2.31]

#### 3.4

**四向穿梭车** **four-direction shuttle; four-way shuttle**

可同层变换通道的货架有轨穿梭车。

[来源：GB/T 43910—2024, 3.2.32]

#### 3.5

**垂直输送机** **vertical conveyor**

将单元货物或/和货架有轨穿梭车，沿垂直方向分层运送的输送设备。

3.6

**单机作业能力 single machine operation capacity**

单位时间内单机设备完成的作业次数。

4 试验方式

4.1 根据试验场所不同,试验分为试验场试验和现场试验,两者可任选其一。

注 1: 试验场试验指设备在试验场可控试验条件下进行的试验。

注 2: 现场试验指设备在现场使用条件下进行的试验。

4.2 根据截尾原则不同,试验可采用定时截尾试验或定数截尾试验,两者可任选其一。

注 1: 定时截尾试验指为缩短试验时间,试验进行到一定时间即停止试验。

注 2: 定数截尾试验指试验进行到一定故障数量即停止试验。

5 抽样

5.1 抽样原则

5.1.1 样机的功能和性能应满足相关要求,样机自检合格。

5.1.2 样机应为新设备或正常工作条件下运行的设备。

5.1.3 样机的运行工况应具有代表性,并符合设计要求。

5.2 抽样数量

根据抽样原则,在设备中随机抽样,抽样数量符合表 1 的规定,或抽样数量也可由试验方与制造方协商确定。

表 1 抽样数量

单位为台

试验方式	批量数	抽样数量
试验场试验	—	$\geq 1$
现场试验	$N < 5$	$N$
	$5 \leq N < 50$	5
	$N \geq 50$	$N/10$ (该值计算时四舍五入取整数位)
注:“N”为批量设备数量,“—”表示不适用。		

6 试验条件

6.1 试验环境

6.1.1 环境温度:  $-5\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

6.1.2 相对湿度:不大于 90%,无结冰,无结露。

6.1.3 环境中无爆炸危险和腐蚀性介质,且介质中无导电尘埃。

6.1.4 环境中不含信号干扰源。

6.1.5 三相电源:AC380 V±38 V,单相电源:AC220 V±22 V,频率:50 HZ±1 HZ。

6.1.6 若试验环境不能满足 6.1.1~6.1.5 的要求时,应符合被测设备相应标准或技术条件规定的试验条件。

## 6.2 试验设备

6.2.1 试验前应对设备进行维护保养。

6.2.2 设备安全装置处于工作状态。

6.2.3 设备经过调试合格后,处于正常的工作状态。

## 6.3 试验货物

6.3.1 试验货物的类型、规格、总质量、包装和标识应符合设计要求和工作要求。

6.3.2 货物的供给应充足流畅。

## 6.4 试验人员

试验人员应经过培训,具备操作相应设备的基本技能。

## 6.5 试验仪器

测试仪器、量仪应经检定或校准,并应有检定合格证书或校准合格证书。

## 7 试验方法

### 7.1 一般要求

7.1.1 试验前检查试验条件是否满足第 6 章的要求。

7.1.2 设备开机,正常运行后进行试验。

7.1.3 当试验进行到规定的试验时间或次数,即可终止试验。

### 7.2 无故障工作时间

7.2.1 正常运行条件下,观察设备在试验过程中是否符合下列要求:

- a) 设备性能指标符合设计规定;
- b) 设备运行平稳,无明显晃动,无卡阻和异响;
- c) 各执行机构动作灵敏、准确、可靠;
- d) 电机、减速器、轴承温升不超过其使用说明书中的规定;
- e) 气路、油路密封良好,无漏气、漏油现象;
- f) 各紧固件连接稳固,无松动。

或被测设备相关标准或技术条件的规定进行试验。

7.2.2 记录设备无故障工作时间。

### 7.3 可靠度

正常运行条件下,在规定时间内(货物数量和时间由试验方与制造方协商确定)完成全部存取作业后,统计设备的累计正确作业次数,以及因设备自身故障而导致的累计不正确作业次数,按公式(1)计算设备可靠度。

$$R = \frac{n_r}{n_r + n_f} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中：

$R$  ——可靠度；

$n_r$  ——累计正确作业次数；

$n_f$  ——累计不正确作业次数。

注：完成存/取 1 件货物为 1 次正确作业，未完成存/取 1 件货物为 1 次不正确作业。

## 7.4 可用度

### 7.4.1 可用度计算

正常运行条件下，统计设备在一个测试周期（具体时间由试验方与制造方协商确定）内的累计运行时间，以及因设备自身故障而导致的累计故障时间，按公式(2)计算设备可用度。

$$A = \frac{t - t_a}{t} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$A$  ——可用度；

$t$  ——测试周期内的累计运行时间，单位为小时(h)；

$t_a$  ——测试周期内的累计故障时间，单位为小时(h)。

其中，累计故障时间按公式(3)计算：

$$t_a = \sum_{i=1}^n (t_1 + t_2 + t_3)_i \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$n$  ——测试周期内的累计故障次数；

$t_1$  ——故障产生到发现故障的时间，单位为小时(h)；

$t_2$  ——发现故障到确定故障解决方案的时间，单位为小时(h)；

$t_3$  ——确定故障解决方案至解决故障并恢复至规定性能的时间，单位为小时(h)。

### 7.4.2 单机作业能力的测试方法

#### 7.4.2.1 巷道堆垛机单机作业能力

试验条件下，统计巷道堆垛机在满负荷运行状态下，存取一定数量的货物（货物数量由试验方与制造方协商确定），按公式(4)计算巷道堆垛机单机作业能力。

$$N = \frac{3\ 600}{t_m} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$N$  ——每小时入库(或出库)的单元货物数；

$t_m$  ——平均作业循环时间，单位为秒(s)。

平均作业循环时间根据作业不同，可分为平均单一作业循环时间和平均复合作业循环时间。平均单一作业循环时间的计算方法见公式(5)，路径示意图见图 1。平均复合作业循环时间的计算方法见公式(6)，路径示意图见图 2。

$$t_{m1,S} = \frac{1}{2} [t(P_{S1}) + t(P_{S2})] + t_{S1} \quad \dots\dots\dots (5)$$

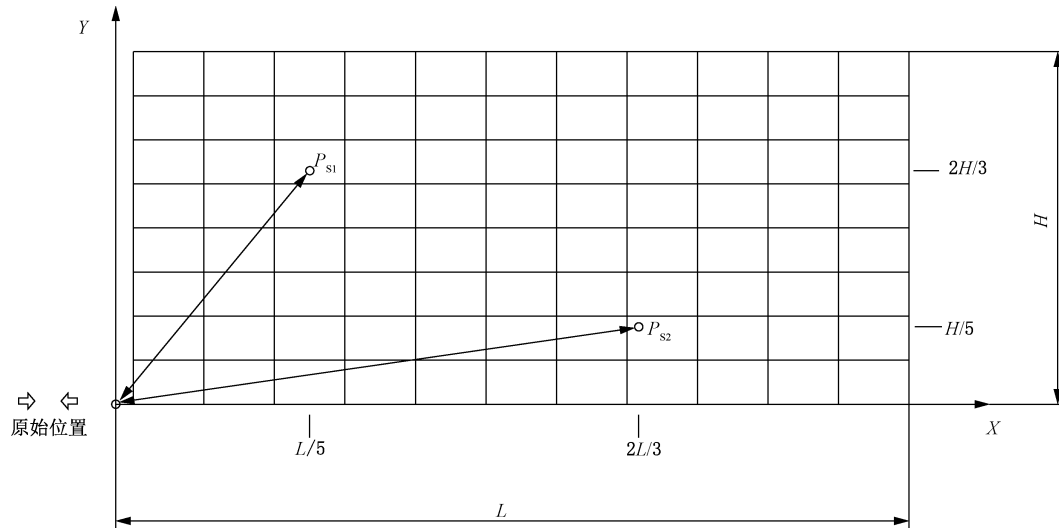
式中：

$t_{m1,S}$  ——巷道堆垛机平均单一作业循环时间，单位为秒(s)；

$t(P_{S1})$  ——巷道堆垛机从原始位置处至  $P_{S1}$  点往返运行(水平、起升)的时间，单位为秒(s)；

$t(P_{S2})$  ——巷道堆垛机从原始位置处至  $P_{S2}$  点往返运行(水平、起升)的时间，单位为秒(s)；

$t_{S1}$  ——巷道堆垛机单一作业循环中固定不变的动作时间总和(包括定位、货位探测、货叉作业循环等),单位为秒(s)。



标引符号说明:

- $L$  ——巷道堆垛机在  $X$  方向的最大行程;
- $H$  ——巷道堆垛机在  $Y$  方向的最大行程;
- $P_{S1}$  ——巷道堆垛机 1 号点位;
- $P_{S2}$  ——巷道堆垛机 2 号点位;
- $X$  ——与巷道堆垛机行走方向相平行的方向;
- $Y$  ——与巷道堆垛机升降方向相平行。

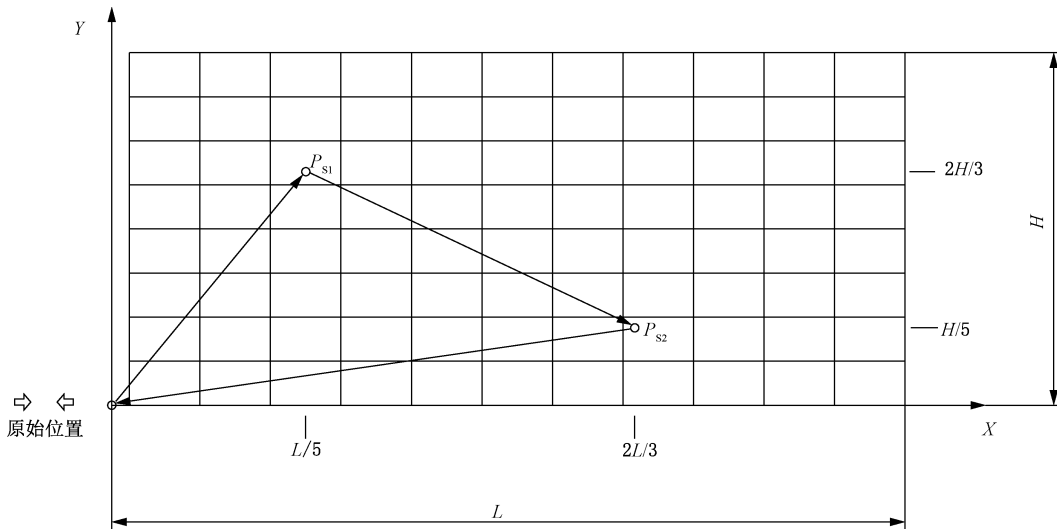
图 1 堆垛机单一作业循环时间路径示意图

$$t_{m2_S} = t(P_{S1}; P_{S2}) + t_{S2} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

- $t_{m2_S}$  ——巷道堆垛机平均复合作业循环时间,单位为秒(s);
- $t(P_{S1}; P_{S2})$  ——巷道堆垛机从原始位置处运行(水平、起升)至  $P_{S1}$  点,然后到  $P_{S2}$  点,最后返回原始位置处的时间,单位为秒(s);
- $t_{S2}$  ——巷道堆垛机复合作业循环中固定不变的动作时间总和(包括定位、货位探测、货叉作业循环等),单位为秒(s)。





标引符号说明：

- $L$  —— 巷道堆垛机在  $X$  方向的最大行程；
- $H$  —— 巷道堆垛机在  $Y$  方向的最大行程；
- $P_{s1}$  —— 巷道堆垛机 1 号点位；
- $P_{s2}$  —— 巷道堆垛机 2 号点位；
- $X$  —— 与巷道堆垛机行走方向相平行的方向；
- $Y$  —— 与巷道堆垛机升降方向相平行。

图 2 堆垛机复合作业循环时间路径示意图

7.4.2.2 二向穿梭车单机作业能力

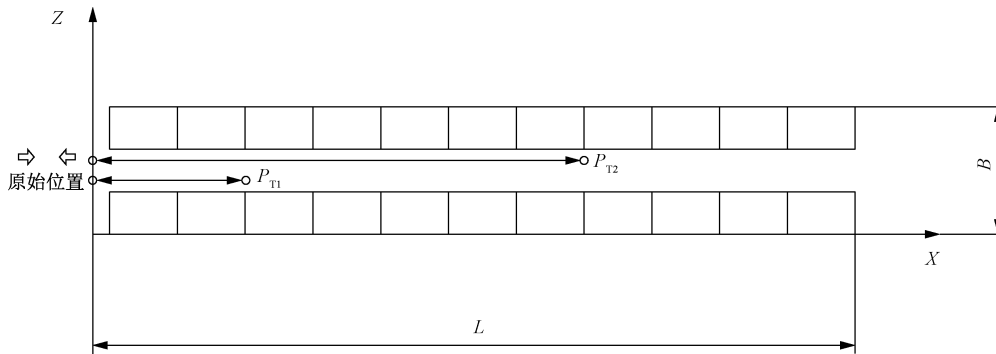
二向穿梭车的单机作业能力通用计算方法见公式(4)。此方法仅适用于二向穿梭车,不适用于子母穿梭车和穿梭板的单机作业能力评估。

平均作业循环时间根据作业的不同,可分为平均单一作业循环时间和平均复合作业循环时间。平均单一作业循环时间的计算方法见公式(7),路径示意图见图 3,平均复合作业循环时间的计算方法见公式(8),路径示意图见图 4。

$$t_{m1-T} = \frac{1}{2} [t(P_{T1}) + t(P_{T2})] + t_{T1} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

- $t_{m1-T}$  —— 二向穿梭车平均单一作业循环时间,单位为秒(s)；
- $t(P_{T1})$  —— 二向穿梭车从原始位置处至  $P_{T1}$  点水平往返运行的时间,单位为秒(s)；
- $t(P_{T2})$  —— 二向穿梭车从原始位置处至  $P_{T2}$  点水平往返运行的时间,单位为秒(s)；
- $t_{T1}$  —— 二向穿梭车单一作业循环中固定不变的动作时间总和(包括定位、货位探测、货叉作业循环等),单位为秒(s)。



标引符号说明：

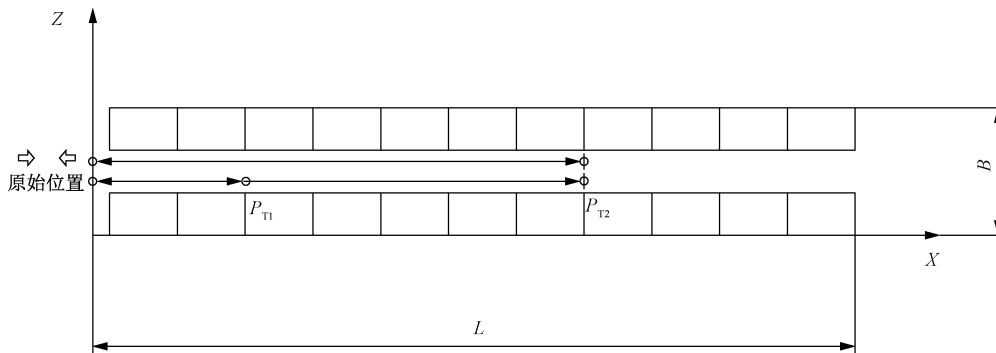
- $L$  ——二向穿梭车在  $X$  方向的最大行程；
- $B$  ——二向穿梭车取货装置  $Z$  方向的两倍行程；
- $P_{T1}$  ——二向穿梭车 1 号点位；
- $P_{T2}$  ——二向穿梭车 2 号点位；
- $X$  ——二向穿梭车作业行驶方向；
- $Z$  ——在水平面内与二向穿梭车作业行驶方向相垂直的方向。

图 3 二向穿梭车单一作业循环时间路径示意图

$$t_{m2\_T} = t(P_{T1}; P_{T2}) + t_{T2} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

- $t_{m2\_T}$  ——二向穿梭车平均复合作业循环时间,单位为秒(s)；
- $t(P_{T1}; P_{T2})$  ——二向穿梭车从原始位置处水平运行至  $P_{T1}$  点,然后到  $P_{T2}$  点,最后返回原始位置处的时间,单位为秒(s)；
- $t_{T2}$  ——二向穿梭车复合作业循环中固定不变的动作时间总和(包括定位、货位探测、货叉作业循环等),单位为秒(s)。



标引符号说明：

- $L$  ——二向穿梭车在  $X$  方向的最大行程；
- $B$  ——二向穿梭车取货装置  $Z$  方向的两倍行程；
- $P_{T1}$  ——二向穿梭车 1 号点位；
- $P_{T2}$  ——二向穿梭车 2 号点位；
- $X$  ——二向穿梭车作业行驶方向；
- $Z$  ——在水平面内与二向穿梭车作业行驶方向相垂直的方向。

图 4 二向穿梭车复合作业循环时间路径示意图

7.4.2.3 垂直输送机单机作业能力

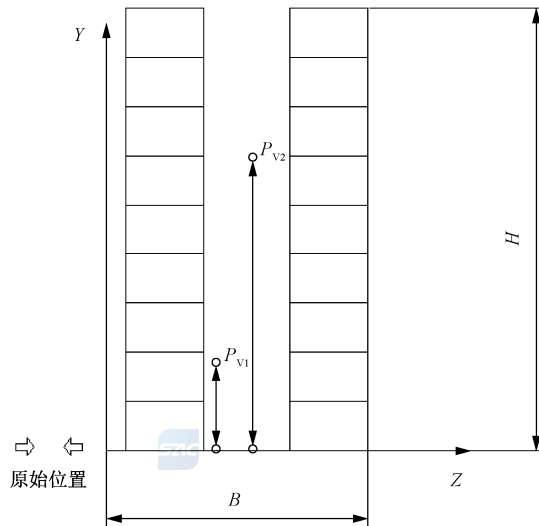
垂直输送机的单机作业能力通用计算方法见公式(4)。

平均作业循环时间根据作业不同,可分为平均单一作业循环时间和平均复合作业循环时间。平均单一作业时间的计算方式见公式(9),路径示意图见图 5,平均复合作业循环时间计算见公式(10),路径示意图见图 6。

$$t_{m1\_V} = \frac{1}{2} [t(P_{V1}) + t(P_{V2})] + t_{V1} \dots\dots\dots (9)$$

式中:

- $t_{m1\_V}$  ——垂直输送机平均单一作业循环时间,单位为秒(s);
- $t(P_{V1})$  ——垂直输送机从原始位置至  $P_{V1}$  之间的往返运行时间,单位为秒(s);
- $t(P_{V2})$  ——垂直输送机从原始位置至  $P_{V2}$  之间的往返运行时间,单位为秒(s);
- $t_{V1}$  ——垂直输送机单一作业循环中固定不变的动作时间总和(包括货物进出、探测、定位等),单位为秒(s)。



标引符号说明:

- $H$  ——垂直输送机的升降最大行程;
- $P_{V1}$  ——垂直输送机的 1 号等效点位;
- $P_{V2}$  ——垂直输送机的 2 号等效点位;
- $Z$  ——在水平面内与二向穿梭车作业行驶方向相垂直的方向;
- $Y$  ——与垂直输送机升降方向相平行。

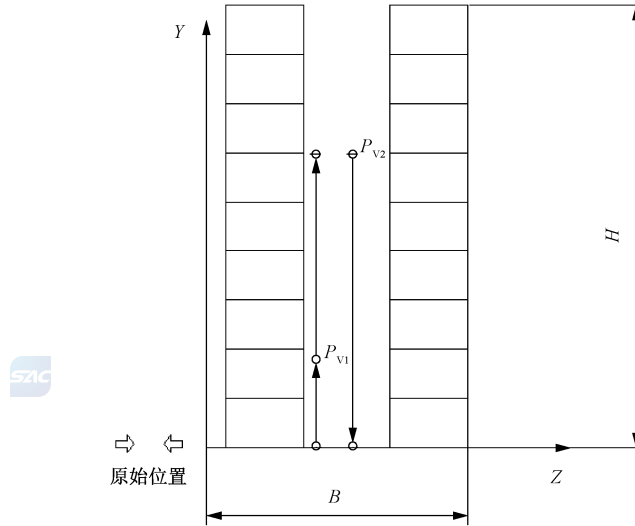
图 5 垂直输送机平均单一作业时间路径示意图

$$t_{m2\_V} = t(P_{V1}; P_{V2}) + t_{V2} \dots\dots\dots (10)$$

式中:

- $t_{m2\_V}$  ——垂直输送机平均复合作业循环时间,单位为秒(s);
- $t(P_{V1}; P_{V2})$  ——垂直输送机从原始位置处至  $P_{V1}$ , 然后到  $P_{V2}$ , 最后返回原始位置处的运行时间,单位为秒(s);

$t_{v2}$  ——垂直输送机复合作业循环中固定不变的动作时间总和(包括货物进出、探测、定位等),单位为秒(s)。



标引符号说明:

- $H$  ——垂直输送机的升降最大行程;
- $P_{v1}$  ——垂直输送机的 1 号等效点位;
- $P_{v2}$  ——垂直输送机的 2 号等效点位;
- $Z$  ——在水平面内与二向穿梭车作业行驶方向相垂直的方向;
- $Y$  ——与垂直输送机升降方向相平行。

图 6 垂直输送机平均复合作业时间路径示意图

#### 7.4.2.4 四向穿梭车单机作业能力

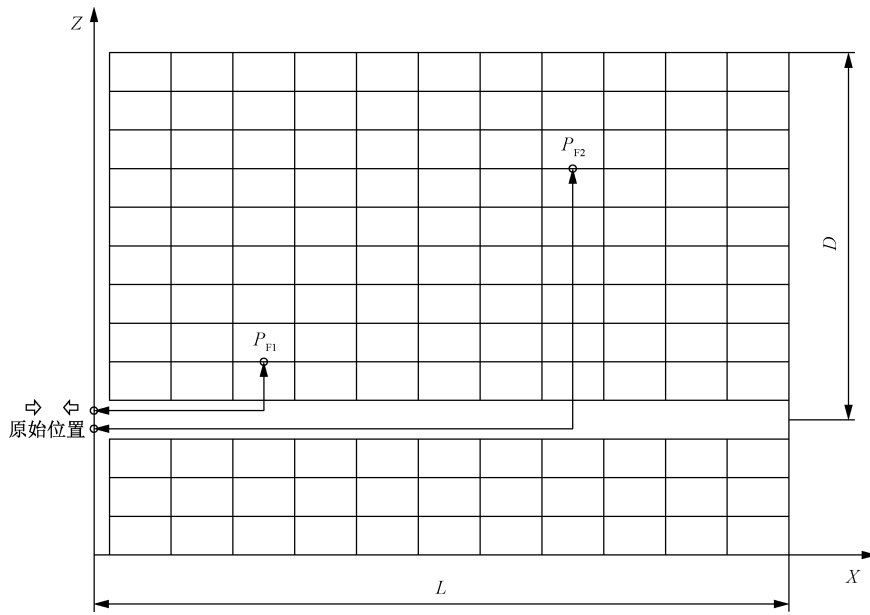
四向穿梭车的单机作业能力通用计算方法见公式(4)。此方法仅适用于四向穿梭车,不适用于子母穿梭车的作业循环时间评估。

平均作业循环时间根据作业的不同,可分为平均单一作业循环时间和平均复合作业循环时间。平均单一作业循环时间计算见公式(11),平均复合作业循环时间计算见公式(12)。单个主行驶通道,单个出入库点对应的等效点位置,四向穿梭车平均单一作业时间路径图见图 7,四向穿梭车平均复合作业时间路径图见图 8。

$$t_{m1_F} = \frac{1}{2} [t(P_{F1}) + t(P_{F2})] + t_{F1} \dots\dots\dots(11)$$

式中:

- $t_{m1_F}$  ——四向穿梭车平均单一作业循环时间,单位为秒(s);
- $t(P_{F1})$  ——四向穿梭车从原始位置至  $P_{F1}$  之间的往返运行时间,单位为秒(s);
- $t(P_{F2})$  ——四向穿梭车从原始位置至  $P_{F2}$  之间的往返运行时间,单位为秒(s);
- $t_{F1}$  ——四向穿梭车单一作业循环中固定不变的动作时间总和(包括换向、探测、定位、顶升等),单位为秒(s)。



标引符号说明：

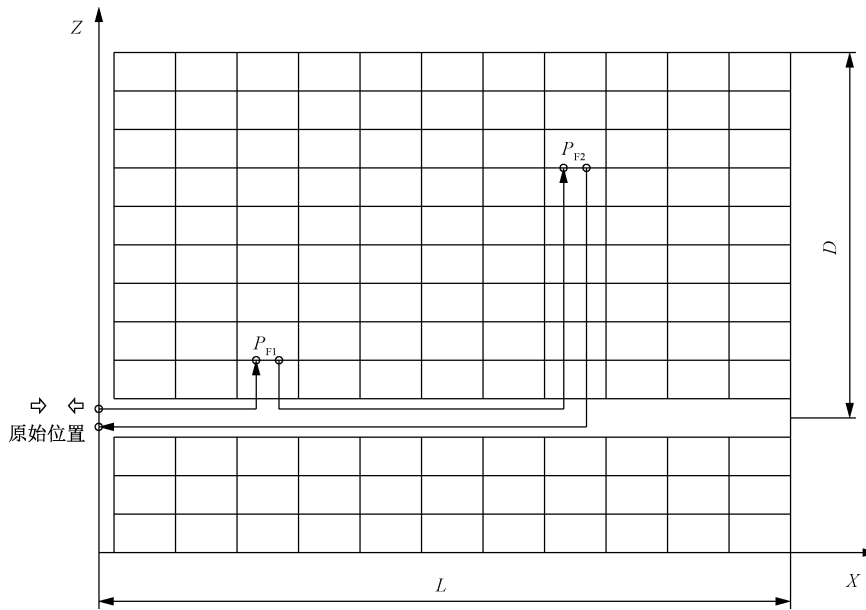
- $L$  —— 货架  $X$  方向四向穿梭车从原始位置到最远端的行程；
- $D$  —— 货架  $Z$  方向四向穿梭车从主行驶通道到存储通道最远端的行程；
- $P_{F1}$  —— 四向穿梭车 1 号等效点位；
- $P_{F2}$  —— 四向穿梭车 2 号等效点位；
- $X$  —— 四向穿梭车作业行驶的主通道方向；
- $Z$  —— 在水平面内与四向穿梭车作业主通道相垂直的方向。

图 7 四向穿梭车平均单一作业时间路径图

$$t_{m2\_F} = t(P_{F1} : P_{F2}) + t_{F2} \dots\dots\dots (12)$$

式中：

- $t_{m2\_F}$  —— 四向穿梭车平均复合作业循环时间,单位为秒(s)；
- $t(P_{F1} : P_{F2})$  —— 四向穿梭车从原始位置处至  $P_{F1}$ , 然后到  $P_{F2}$ , 最后返回原始位置处的运行时间,单位为秒(s)；
- $t_{F2}$  —— 四向穿梭车复合作业循环中固定不变的动作时间总和(包括换向、探测、定位、顶升等),单位为秒(s)。



标引符号说明：

- $L$  —— 货架  $X$  方向四向穿梭车从原始位置到最远端的行程；
- $D$  —— 货架  $Z$  方向四向穿梭车从主行驶通道到存储通道最远端的行程；
- $P_{F1}$  —— 四向穿梭车 1 号等效点位；
- $P_{F2}$  —— 四向穿梭车 2 号等效点位；
- $X$  —— 四向穿梭车作业行驶的主通道方向；
- $Z$  —— 在水平面内与四向穿梭车作业主通道相垂直的方向。

图 8 四向穿梭车平均复合作业时间路径图

### 7.4.3 可用度评估

7.4.3.1 单机作业能力测试方法给出了部分应用场景下的作业时间路径图,其他应用场景可根据工程实际或仿真另行计算。

7.4.3.2 根据可用度计算公式(2)及单机作业能力测试方法评估存储设备的可用度,两组数据可用来相互补偿。两者满足其一,即可认定该存储设备的可用度满足要求。

### 7.5 平均故障间隔时间

正常运行条件下,统计设备在一个测试周期(具体时间由试验方与制造方协商确定)内的累计运行时间,以及因设备自身故障而导致的累计故障时间及累计故障次数,按公式(13)计算设备平均故障间隔时间。

$$MTBF = \frac{t - t_a}{n} \dots\dots\dots (13)$$

式中：

- MTBF —— 平均故障间隔时间,单位为小时(h)；
- $t$  —— 测试周期内的累计运行时间,单位为小时(h)；
- $t_a$  —— 测试周期内的累计故障时间,单位为小时(h)；
- $n$  —— 测试周期内的累计故障次数。



7.6 平均修复时间

正常运行条件下,统计设备在一个测试周期(具体时间由试验方与制造方协商确定)内因自身故障而导致的累计故障时间和累计故障次数,按公式(14)计算设备平均修复时间。

$$MTTR = \frac{t_a}{n} \dots\dots\dots (14)$$

式中:

- MTTR —— 平均修复时间,单位为小时(h);
- $t_a$  —— 测试周期内的累计故障时间,单位为小时(h);
- $n$  —— 测试周期内的累计故障次数。

7.7 平均故障间隔作业次数

正常运行条件下,统计设备在一个测试周期内(具体时间由试验方与制造方协商确定)设备正确作业次数的平均值,按公式(15)计算设备平均故障间隔作业次数:

$$MMBF = \frac{n_r}{n} \dots\dots\dots (15)$$

式中:

- MMBF —— 平均故障间隔作业次数;
- $n_r$  —— 测试周期内的累计正确作业次数;
- $n$  —— 测试周期内的累计故障次数。

8 试验记录

8.1 运行记录

试验过程中应及时检查每次设备运行情况,并填写可靠性试验运行记录表。记录表格式见附录 A。

8.2 故障记录

8.2.1 故障判定方法

8.2.1.1 被测设备不能正常工作或部分功能丧失,可判为故障,包括但不限于表 2 中的情况。

表 2 设备故障判定方法(不能正常工作或部分功能丧失)

故障类型	适用的设备类型			
	巷道堆垛机	二向穿梭车	四向穿梭车	垂直输送机
通信故障	√	√	√	√
控制系统故障	√	√	√	√
控制器故障	√	√	√	√
读码错误	√	√	√	√
运动超极限	√	√	√	√
原点与位置校验错误	√	√	√	√

表 2 设备故障判定方法(不能正常工作或部分功能丧失)(续)

故障类型	适用的设备类型			
	巷道堆垛机	二向穿梭车	四向穿梭车	垂直输送机
运动方向错误	√	√	√	√
位置检测器错误	√	√	√	√
认址检测与位置检测校验错误	√	√	√	√
强制减速不成功错误	√	√	√	√
抱闸输出校验错误	√	—	—	—
货位有无货物检测与任务类型校验错误	√	√	√	√
货叉中位检测开关与位置检测校验错误	√	√	√	—
有无货物检测开关与任务类型校验错误	√	√	√	√
起重钢丝绳(链、带等)松绳故障	√	—	—	√
超速钢丝绳(链、带等)松绳故障	√	—	—	√
超速制动器故障	√	—	—	√
货物不能准确输送到位	√	√	√	√
取放货失败	√	√	√	√
其他内在因素导致的被测设备不能正常工作或部分功能丧失	√	√	√	√
注：“√”表示适用，“—”表示不适用。				

8.2.1.2 被测设备性能指标超出允许范围后,可判定为故障,包括但不限于表 3 中的情况。

表 3 设备故障判定方法(性能指标超出允许范围)

故障类型	适用的设备类型			
	巷道堆垛机	二向穿梭车	四向穿梭车	垂直输送机
运行超过设定时间	√	√	√	√
定位超差错误	√	√	√	√
目标位置超范围	√	√	√	√
定位精度不足	√	√	√	√
任务超时	√	√	√	√
初始化未完成	√	√	√	√
由于设备故障导致与其他设备信息交互错误	√	√	√	√
制动电机制动时间过长	√	√	√	√

表 3 设备故障判定方法(性能指标超出允许范围)(续)

故障类型	适用的设备类型			
	巷道堆垛机	二向穿梭车	四向穿梭车	垂直输送机
导轮非正常磨损,定位不准,运行不平稳	√	√	√	√
输送面水平度超出允许范围	—	—	—	√
碰撞端头缓冲器	√	√	√	√
速度异常	√	√	√	√
其他内在因素导致的被测设备性能指标超出允许范围	√	√	√	√
注：“√”表示适用，“—”表示不适用。				

8.2.1.3 被测设备的零/部件或元器件发生失效,并出现 8.2.1.1、8.2.1.2 的状况,可判定为故障,包括但不限于表 4 中的情况。

表 4 设备故障判定方法(零、部件或元器件发生失效)

故障类型	适用的设备类型			
	巷道堆垛机	二向穿梭车	四向穿梭车	垂直输送机
控制器故障	√	√	√	√
光电开关无信号	√	√	√	√
行程开关无信号	√	√	√	√
空开故障	√	√	√	√
变频器故障	√	√	√	√
测距器故障	√	√	√	√
编码器损坏	√	√	√	√
通信器损坏	√	√	√	√
认址片检测光电开关损坏	√	√	√	√
起重钢丝绳(链、带等)断裂	√	—	—	√
接触器故障	√	√	√	√
继电器故障	√	√	√	√
伸缩叉不顺畅	√	√	√	—
钩叉不能旋转或收钩不到位影响抓取物料	—	√	√	—
走行不顺畅	√	√	√	—
轴断裂、卡滞或轴承损坏	√	√	√	√

表 4 设备故障判定方法(零、部件或元器件发生失效)(续)

故障类型	适用的设备类型			
	巷道堆垛机	二向穿梭车	四向穿梭车	垂直输送机
减速电机不运转	√	√	√	√
走行轮非正常磨损、损坏	√	√	√	—
链条断裂或脱落	√	√	√	√
导轨非正常磨损、接头破坏	√	√	√	√
导轮、轴或轴承损坏	√	√	√	√
集电臂磨损严重或损坏导致的供电故障	√	√	—	—
供电的电池(或电容)、充电器故障	—	√	√	—
链条(输送带、同步带、多楔带等)过松或过紧	√	√	√	√
电动辊筒(辊筒)故障	—	—	—	√
被测设备其他零、部件或元器件失效元器件故障	√	√	√	√
注：“√”表示适用，“—”表示不适用。				

## 8.2.2 故障计数原则

### 8.2.2.1 故障计数

8.2.2.1.1 在计算设备的可靠性指标时,只计关联故障。

8.2.2.1.2 发生一次关联故障计为一个故障次数。

8.2.2.1.3 停机监测或试验中止、结束时发现的故障,计入故障次数中。

8.2.2.1.4 试验过程中发生若干故障,当故障由同一个原因引起时,合计为一个故障次数。

8.2.2.1.5 若在同一部位多次出现模式相同的故障,由于未能排除而再次出现时,和原来统计过的故障合计为一次故障,以最后一次修复时间作为故障时间。

### 8.2.2.2 不计入故障

8.2.2.2.1 非关联故障不计数,但在考核时应做记录。非关联故障包括:

- a) 误用故障;
- b) 误操作故障;
- c) 不符合规定程序进行的任何维修和保养;
- d) 因试验条件变化超出规定范围产生的故障;
- e) 允许调整的部位未调整好而引起的故障;
- f) 其他外界因素引起的故障。

8.2.2.2.2 按规定程序进行的维护保养不作为故障计数。包括:

- a) 易损件或达到寿命期限的耗损件和配套件的更换或损坏;
- b) 必要的调整和调校。

8.2.2.2.3 在规定考核期截止范围以外的故障不计数。

### 8.2.3 故障修复

8.2.3.1 若故障属于可修复故障,及时维修后继续试验,并记录修复时间。

8.2.3.2 若故障属于不可修复故障,对于无替换设备的可靠性试验,终止该被测设备的试验,记录试验终止时间;对于可替换设备的可靠性试验,替换设备后重新进行试验。

注:替换设备指同批次生产或出厂的相同型号和规格的设备。

### 8.2.4 故障监测

8.2.4.1 试验过程中应监测被测设备运行状态,一旦发生故障,立即停机检修。

8.2.4.2 试验人员应及时记录故障部位、原因、现象、采取措施以及各类故障时间,并填写可靠性故障记录表。记录表格式见附录 B。

## 8.3 试验时间统计原则

进行可靠性试验时,应将停机时间进行分配,该时间分配应由试验方和制造方共同进行。故障时间不包括以下情况:

- a) 操作中的差错;
- b) 记录数据的差错;
- c) 断电;
- d) 由非制造方责任范围内安装引起的故障;
- e) 上、下游设备故障;
- f) 故障处理准备时间;
- g) 不合格的货物;
- h) 维护保养;
- i) 其他外界因素产生的故障时间。

## 9 试验报告

试验报告应包括但不限于以下内容:

- a) 前言(说明任务来源);
- b) 目的;
- c) 试验人员;
- d) 试验对象;
- e) 试验条件、试验方法(注明依据的试验标准,与标准不同之处应加以说明);
- f) 对原始数据加以处理,填写可靠性试验结果表(记录表格式见附录 C);
- g) 结论;
- h) 试验日期;
- i) 其他需要说明的有关事项。

## 10 试验项目

不同设备可选用不同的试验项目进行组合,试验项目见表 5。

表 5 试验项目

序号	试验项目	试验条件	试验方法	试验记录
1	无故障工作时间	6.1~6.5	7.2	记录参考格式见表 A.1、表 C.1
2	可靠度	6.1~6.5	7.3	记录参考格式见表 A.1、表 C.1
3	可用度	6.1~6.5	7.4	记录参考格式见表 A.1、表 A.2、表 B.1、表 C.1
4	平均故障间隔时间	6.1~6.5	7.5	记录参考格式见表 A.1、表 B.1、表 C.1
5	平均修复时间	6.1~6.5	7.6	记录参考格式见表 B.1、表 C.1
6	平均故障间隔作业次数	6.1~6.5	7.7	记录参考格式见表 A.1、表 C.1





**附 录 B**  
(资料性)  
**可靠性试验故障记录**

表 B.1 给出了可靠性试验故障记录表的参考格式。


**表 B.1 可靠性试验故障记录表**

设备型号				设备名称			
设备编号				样机编号			
出厂日期				制造单位			
日期	故障部位 及故障 原因	故障现象	采取措施	故障产生到 发现故障的 时间( $t_1$ )/h	发现故障到 确定故障解决 方案的时间 ( $t_2$ )/h	确定故障解决方案 至解决故障并恢复 至规定性能的时间 ( $t_3$ )/h	单次累计 故障时间 ( $t_1+t_2+t_3$ )/h
测试周期内的累计故障时间( $t_a$ )/h				测试周期内的累计故障次数( $n$ )			
备注：							
							
填表人				填表日期			

附 录 C  
(资料性)  
可靠性试验结果

表 C.1 给出了可靠性试验结果表的参考格式。

表 C.1 可靠性试验结果表

设备型号		设备名称	
设备编号		样机编号	
出厂日期		制造单位	
试验条件			
无故障工作时间/h			
累计正确作业次数( $n_r$ )		累计不正确作业次数( $n_f$ )	
测试周期内的累计运行时间( $t$ )/h		测试周期内的累计故障次数( $n$ )	
平均作业循环时间( $t_m$ )/s		测试周期内的累计故障时间( $t_a$ )/h	
无故障工作时间: _____		可靠度: $R = \frac{n_r}{n_r + n_f} \times 100\% =$ _____	
可用度(两者满足其一即可):			
$A = \frac{t - t_a}{t} \times 100\%$ = _____	单机作业 能力	$N = \frac{3\,600}{t_m} =$ _____	平均故障间隔时间: $MTBF = \frac{t - t_a}{n} =$ _____
平均故障间隔作业次数: $MMBF = \frac{n_r}{n} =$ _____		平均修复时间: $MTTR = \frac{t_a}{n} =$ _____	
可靠性试验结果:  <div style="text-align: center;"></div>			
填表人		填表日期	

参 考 文 献

- [1] GB/T 43910—2024 物流仓储设备 术语
- 







