

团 体 标 准

T/ZSA 224-2024

半导体设备前端模块

Equipment front end module

2024-04-12 发布

2024-04-13 实施

中关村标准化协会

发布

目次

前言 II

引言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 缩略语 2

5 结构及分类..... 2

6 技术要求..... 3

7 试验方法..... 4

8 检验规则..... 9

9 标志、包装、运输及贮存..... 10

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。

本文件由中关村标准化协会技术委员会提出并归口管理。

本文件起草单位：北京锐洁机器人科技有限公司、天津锐洁芯导机器人有限公司、北京北方华创微电子装备有限公司、北京燕东微电子科技有限公司、中关村天合宽禁带半导体技术创新联盟、华海清科（北京）科技有限公司、SMC（中国）有限公司。

本文件主要起草人：刘冬梅、王强、安国栋、李彤、鲁翠、王勇、赵海洋、李剑锋、刘祎晨、刘福生、周磊。

引 言

本文件的发布机构提请注意，声明符合本文件时，可能涉及到第 5 章与已申请专利 202310388881.8 《半导体单片变多片晶圆搬运执行机构、机械手及操作方法》、202310586492.6 《一种多尺寸兼容晶圆扫描装置及晶圆扫描方法》、201610095101.0 《半导体机器人末端执行机构》、201610080633.7 《伸缩型晶圆扫描装置及晶圆扫描系统》的使用。

本文件的发布机构对于该专利的真实性、有效性和范围无任何立场。

该专利持有人已向本文件的发布机构承诺，他愿意同任何申请人在合理无歧视的条款和条件下，就专利授权许可进行谈判。该专利持有人的声明已在本文件的发布机构备案。专利权人或专利申请人同意在公平、合理、无歧视基础上，有偿许可任何组织或者个人在实施该中关村标准时实施专利。相关信息可以通过以下联系方式获得：

专利持有人姓名：北京锐洁机器人科技有限公司。

地址：北京市大兴区经济技术开发区科创十街 10 号院 3 号楼。

请注意除上述专利外，本文件的某些内容仍可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

半导体设备前端模块

1 范围

本文件规定了半导体设备前端模块的结构及分类、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输及贮存。

本文件适用于 100 mm、125 mm、150 mm、200 mm、300 mm 晶圆的半导体设备前端模块。其他规格晶圆的半导体设备前端模块可参照执行。

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 191 包装储运图示标志

SJ/T 11761—2020 200 mm 及以下晶圆用半导体设备装载端口规范

ISO 14644-1:2015 洁净室和相关受控环境 第1部分：按颗粒浓度分类的空气清洁度(Cleanrooms and associated controlled environments — Part 1: Classification of air cleanliness by particle concentration)

SEMI S1 设备安全标签安全指南 (Safety Guideline for Equipment Safety Labels)

SEMI S2 半导体制造设备的环境、健康及环保指南 (Environmental, Health, and Safety Guideline for Semiconductor Manufacturing Equipment)

SEMI S19 半导体制造设备的安装、保养及维修人员训练的安全标准 (Safety Guideline for Training of Manufacturing Equipment Installation, Maintenance and Service Personnel)

3 术语和定义

SJ/T 11761—2020界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

半导体设备前端模块 equipment front end module

在高洁净环境下，半导体制造设备中将单片晶圆通过精密机械手自动传输至工艺、检测模块的晶圆前端传输系统。

3.2

晶圆装载机构 wafer load port

实现自动装载和卸载晶圆的机构。

3.3

传片机械手 wafer transfer robot

在有限的空间中实现从晶圆承载器中取片，到晶圆对准机构校准，再到工艺位放片加工，最后从工艺位取片放回晶圆承载器全过程的自动运输工作的机构。

3.4

晶圆对准机构 wafer aligner

实现晶圆的中心以及缺口或定位边的预定位，从而精准的放到工艺位进行加工的自动对准机构。

3.5

SMIF 片盒 standard mechanical interface pod

具有符合SEMI E19规定的标准机械接口的装载片架或晶圆的盒子。
[来源：SJ/T 11761—2020，3.10]

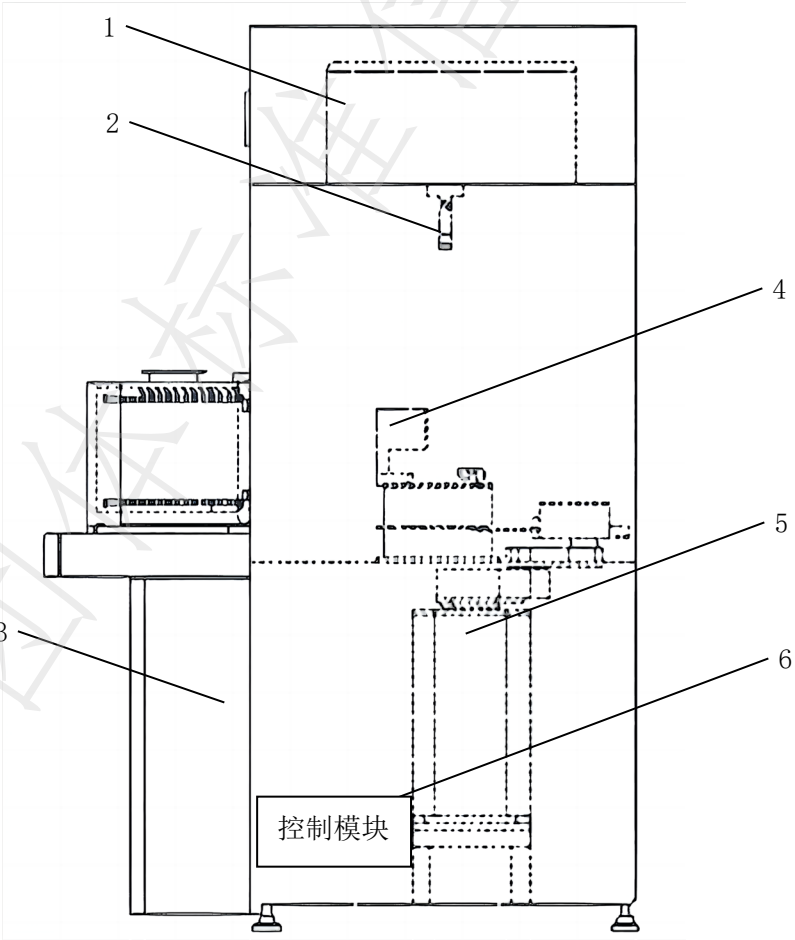
4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。
EFEM：半导体设备前端模块（Equipment Front End Module）
FFU：风机过滤系统（Fan Filter Unit）
FOUP：前开式晶圆传送盒（Front Opening Unified Pod）
SMIF：标准机械接口（Standard Mechanical Interface）

5 结构及分类

5.1 结构

EFEM主要由空气过滤器、静电消除器、晶圆运输机器人、晶圆对准机构、晶圆装载机构、自动化控制模块等组成，结构示意图见图1。



标引序号说明：
1——空气过滤器； 2——静电消除器； 3——晶圆装载机构；
4——晶圆对准机构 5——晶圆运输机器人； 6——自动化控制模块。

图 1 EFEM 结构示意图

5.2 分类

5.2.1 按装载机构类型，可分为：

- a) SMIF 装载型：主要适用于 125 mm、150 mm、200 mm 的晶圆装载；
- b) Load port 装载型：主要适用于 300 mm 的晶圆装载；
- c) Open cassette 装载型：主要适用于 100 mm、125 mm、150 mm、200 mm、300 mm 的晶圆装载。

5.2.2 按传片类型，可分为：

- a) 真空吸附式；
- b) 伯努利式；
- c) 边缘夹持式；
- d) 托举式。

6 技术要求

6.1 环境条件

EFEM 系统在下列环境下应能正常工作：

- a) 场地：洁净室优于 ISO 14644-1: 2015 中 ISO 7 级，通风良好；
- b) 环境温度：19 °C ~ 26 °C；
- c) 环境湿度：30% ~ 80%；
- d) 避免在强电磁场或电场的环境中使用。

6.2 外观

6.2.1 EFEM 系统机台外壳应漆面色泽均匀，外露面无砂眼、凹坑、气泡，无露底，无杂色。不应有明显的划伤磕伤、凹陷变形、漆层破损、表面色差的问题。

6.2.2 EFEM 系统机台内部划伤磕伤、异物脏污数量应不大于 3 个，单个缺陷长度应不大于 50 mm。

6.3 装卸载开盒时间

晶圆装载机构的装卸载开盒时间应 ≤ 12 s。

6.4 重复定位精度

晶圆运输的重复定位精度应符合以下要求：

- a) 真空吸附式： $\leq \pm 0.1$ mm；
- b) 伯努利式： $\leq \pm 0.1$ mm；
- c) 边缘夹持式： $\leq \pm 0.1$ mm；
- d) 托举式： $\leq \pm 0.2$ mm。

6.5 搬运速度

传片机械手的搬运速度应 ≤ 7 s。

6.6 对准精度

真空吸附式、边缘夹持式晶圆对准机构的对准精度应符合以下要求：

- a) 晶圆缺口、定位边对准精度： $\pm 0.1^\circ$ ；
- b) 晶圆中心对准精度： ± 0.1 mm。

6.7 对准所需时间

晶圆对准机构对准位置确定所需时间应 ≤ 3 s。

6.8 内部洁净度

内部洁净度应符合 ISO 14644-1: 2015 中 Class1 的要求。

6.9 FFU 风速及内部风速均匀性

FFU 的风机风速应为 $(0.4 \sim 0.6)$ m/s, 内部最大、最小风速应控制在平均风速的 $\pm 20\%$ 内。

6.10 内部压差

EFEM 系统内部压差应为 $2 \text{ Pa} \sim 5 \text{ Pa}$ 。

6.11 周围磁场

EFEM 系统的周围磁场应 $\leq 1 \text{ mGs}$ 。

6.12 静电消除时间

EFEM 系统的静电消除时间应 ≤ 5 s。

6.13 安装

6.13.1 传片机械手、晶圆装载机构、晶圆对准机构等机械关键零部件应紧固无松动, 无漏装或错装等现象。

6.13.2 控制系统不应出现阀体方向错误、线路连接错误和标志标识缺失等错误。

6.14 水平度

传片机械手、晶圆装载机构应能通过水平测试, 水平度 $\leq 0.5 \text{ mm/m}$ 。

6.15 运行

EFEM 系统通电后, 应满足以下要求:

- a) 软件版本、设备信息、配置信息与生产清单保持一致;
- b) 鼠标、键盘、塔灯等设备配件的工作状态应正常;
- c) 指示灯及按钮应正常;
- d) 晶圆装载机构、传片机械手、接线盒、侧门的安全互锁应正常。

6.16 循环作业

按 6.14 进行循环作业后, 晶圆装载机构、晶圆对准机构、传片机械手应正常。

6.17 安全

EFEM 系统的安全应符合 SEMI S2 的相关要求。

7 试验方法

7.1 外观

目测, 必要时使用游标卡尺进行测量。

7.2 装卸载开盒时间

7.2.1 晶圆装载机构

当FOUP放置在装载台上后开始计时，待开盒机构运行至结束位置时结束计时，并记录所用时间，重复50次，取平均值。

7.2.2 SMIF port

当SMIF pod放置在装载台上后开始计时，待开盒机构运行至结束位置时结束计时，并记录所用时间，重复50次，取平均值。

7.2.3 Open cassette

当操作人员打开门开始计时，待放置cassette并调整好位置后，关闭门结束计时，并记录所用时间，重复50次，取平均值。

7.3 重复定位精度

使用激光干涉仪进行测量。将反射镜安装到待测目标上，使用手操设备设置 0° 、 90° 、 180° 3个点位，使待测装置移动到目标位置点，并进行测量。通过程序设置，测量100组数据，将多次定位测量数据进行分析处理，得到装置的重复定位精度。

7.4 搬运速度

通过软件控制将机械手重复取放晶圆50次，当机械手开始运动时开始计时，待机械手完成所有动作后停止计时，取平均值。

7.5 对准精度

当校准器对晶圆对准完成后，采用视觉检测系统进行图形搜索，从而计算出晶圆中心以及晶圆缺口或定位边的角度位置精度，重复此过程50次，取平均值。

7.6 对准所需时间

将标准厚度的晶圆放置在校准器上后，通过操作指令控制校准器连续对晶圆进行50次校准动作，并记录所需时间，取平均值。

7.7 内部洁净度

EFEM系统内部洁净度按以下步骤进行测试：

- 将 EFEM 系统开机运转 30 min 以上稳定风速；
- 将颗粒物检测仪开机预热至稳定后，对仪器进行校正；
- 取 6 个洁净的采样管，采样管口向上，放置于 EFEM 系统内部图 3①～⑥位置进行采样 1 min；
- 用颗粒物检测仪依次读取每个采样管中的颗粒度，后取平均值。

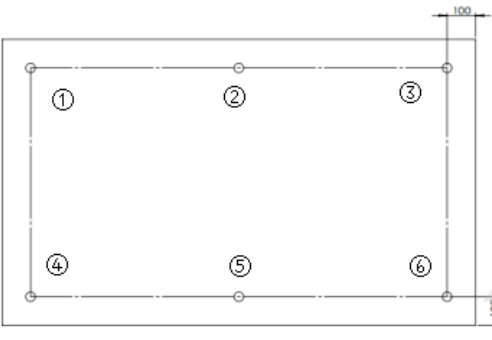


图 2 内部洁净度检测示意图

7.8 FFU 风速及内部风速均匀性

FFU风速及内部风速均匀性按以下步骤进行测试：

- a) 将 EFEM 系统开机运转 30 min 以上达到稳定风速；
- b) 在风机过滤系统（FFU）过滤器下方 100 mm 和 20 mm 平面内选取 9 个点，见图 4；
- c) 将 FFU 的风机风速设置在（0.4~0.6）m/s 任意数值，依次将风速计探头置于 EFEM 系统图 4 中①~⑨位置稳定 1 min 后，依次测量每一点风速，循环测量五次，并取各点风速的平均值。

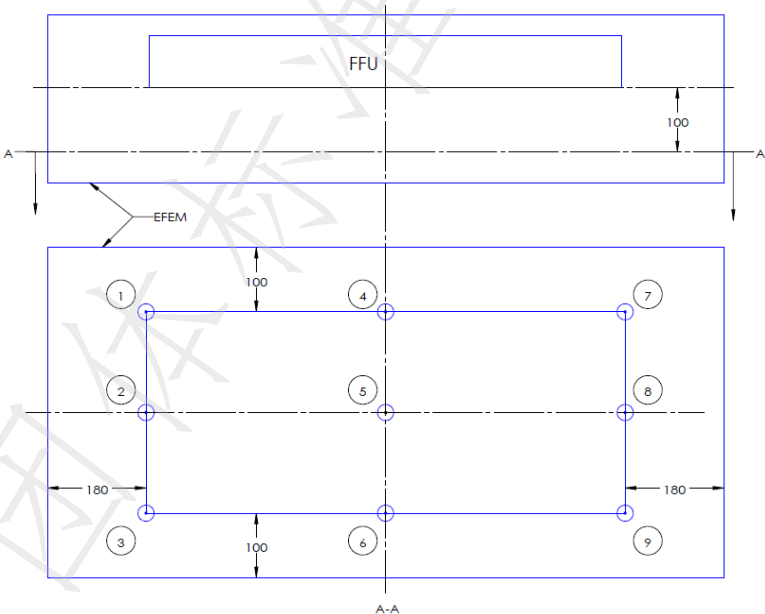


图 3 FFU 风速及均匀性测试示意图

7.9 内部压差

EFEM系统内部压差按以下步骤进行测试：

- a) 将 EFEM 系统所有门应处于关闭位置，且工艺位对接面处于封闭状态，将 FFU 的风机风速调整到最大排风风量，开机运转 30 min 以上；
- b) 将微压差计阈值设置在 2 Pa~5 Pa 之间并置于图 5 所示位置，每间隔 10 min 记录一次数据，共记录六个数据，观察微压差计数值。

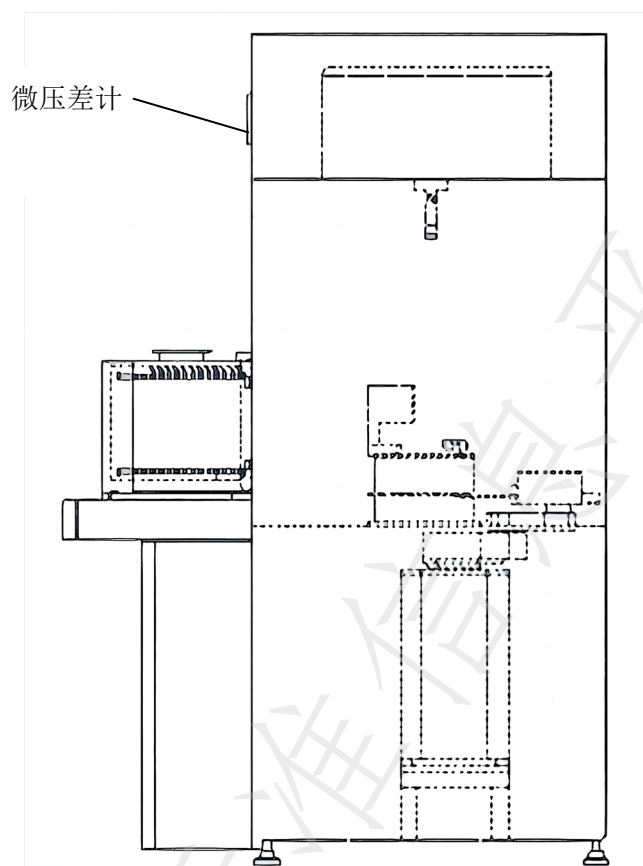


图 4 内部压差测试示意图

7.10 周围磁场

EFEM系统周围磁场按以下步骤进行测试：

- 按照图 6 所示确定磁场检测指定区域 A 点、 B 点、 C 点；
- 将三轴低频电磁场检测仪放置在指定区域；
- 记录指定区域的磁场大小并重复测量 5 次，计算 A 、 B 、 C 三个区域的磁场平均值。

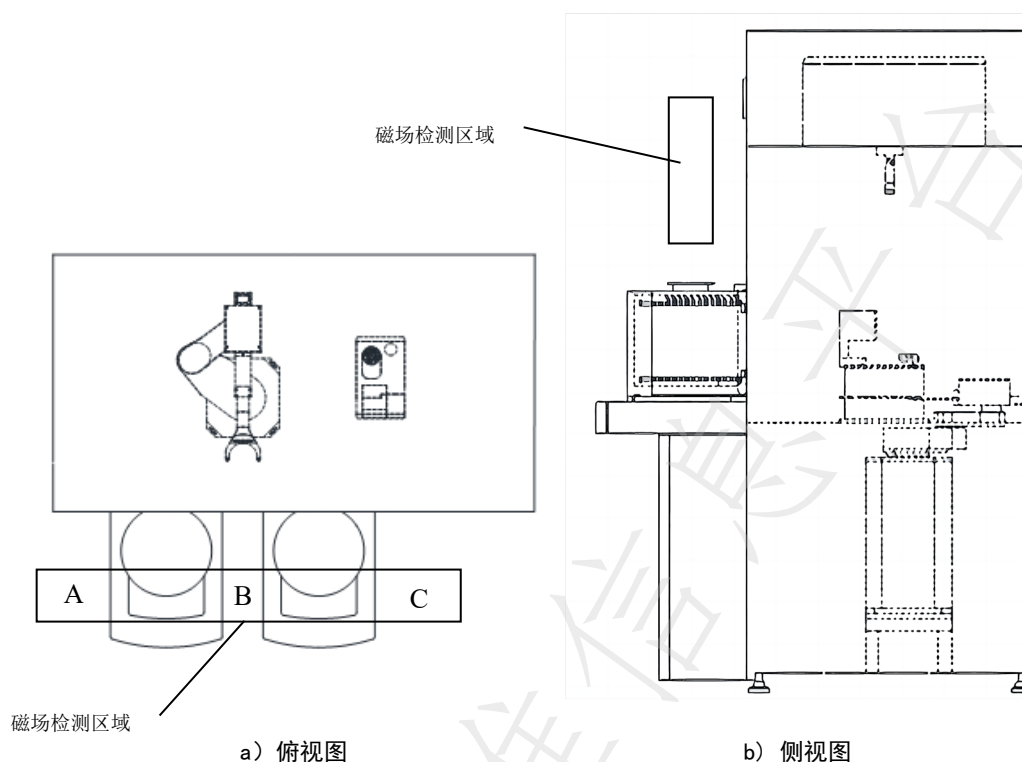


图 5 周围磁场测试示意图

7.11 静电消除时间

静电消除时间按以下方法进行：

- 将静电测试仪置于 EFEM 系统腔室内机械手最低取片位置；
- 打开静电测试仪，向腔室内充入 1 kV 的正负离子，记录腔室内正负离子达到 100 V 以内所需的时间。

7.12 安装

使用扭力扳手测试零部件是否松动，其他错漏装及标识错误等安装问题进行目测。

7.13 水平测试

水平测试按以下方法进行：

- 首先确保机架地脚的滚轮与地面不接触，而地脚的支撑座与地面完全接触；
- 使用水平尺分别测量机械手和晶圆装载机构的水平状态。

7.14 运行

EFEM系统通电后，检查各个机构工作状态。

7.15 循环作业

通过操作测试软件编写测试流程，在EFEM系统的最高运行速度下，完成所有工作点位、传片数量不低于10 000片的传片后，观察晶圆装载机构、晶圆对准机构、传片机机械手是否正常工作。

7.16 安全

应按照SEMI S2的相关规定进行。

8 检验规则

8.1 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验，检验项目按表 1 的规定。

表1 检验分类

序号	检验项目	检验类别		技术要求	检验方法
		出厂检验	型式检验		
1	外观	√	√	6.2	7.1
2	装卸载开盒时间	—	√	6.3	7.2
3	重复定位精度	√	√	6.4	7.3
4	搬运速度	—	√	6.5	7.4
5	对准精度	—	√	6.6	7.5
6	对准所需时间	—	√	6.7	7.6
7	内部洁净度	√	√	6.8	7.7
8	FFU风速及内部风速均匀性	√	√	6.9	7.8
9	内部压差	√	√	6.10	7.9
10	周围磁场	√	√	6.11	7.10
11	静电消除时间	√	√	6.12	7.11
12	安装	√	√	6.13	7.12
13	水平度	√	√	6.14	7.13
14	运行	√	√	6.15	7.14
15	循环作业	√	√	6.16	7.15
16	安全	—	√	6.17	7.16
注：“√”为应检测项目，“—”为不检测项目。					

8.2 出厂检验

- 8.2.1 每台 EFEM 系统需经质量部门检验合格后方可出厂。
- 8.2.2 出厂检验项目按表 1 的规定。
- 8.2.3 出厂检验项目全部合格则判定为合格。若有一项或以上不合格的，允许对产品进行返工或修复，并对出厂检验项目进行复检，待全部项目合格后判定为合格。

8.3 型式检验

- 8.3.1 型式检验项目按表 1 的规定。
- 8.3.2 有下列情况时，应进行型式试验：
- 新产品首次投产或老产品转厂生产的试制定型鉴定时；
 - 正常生产后，原材料、工艺有较大变化，可能影响产品性能时；
 - 停产 3 个月以上，恢复生产时；
 - 当产生质量技术分歧，需要仲裁时；
 - 客户提出型式试验要求时。
- 8.3.3 型式检验抽样应从出厂检验合格的产品中随机抽取 1 台进行检验。
- 8.3.4 检验项目全部合格，则判型式检验合格。

9 标志、包装、运输及贮存

9.1 标志

9.1.1 标志应包含产品铭牌、电气标牌、安全警告标志，其中安全警告标志的位置、内容和形式应醒目，安全标签应符合 SEMI S1 的规定。

9.1.2 产品铭牌至少标明生产厂名厂址、产品名称、型号参数、出厂日期编号。

9.2 包装

9.2.1 包装箱上应至少标注以下内容：

- a) 产品名称和型号；
- b) 生产单位名称和地址；
- c) 制造年、月；
- d) 出厂编号。

9.2.2 包装储运图示标志应符合 GB/T 191 的规定。

9.3 运输

采用木箱整体运输方式，不应叠放。运输过程中应采取防晒、防雨淋、防剧烈振动及防机械损伤的措施。

9.4 贮存

9.4.1 应贮存在干燥、通风、无腐蚀性物质的仓库中。

9.4.2 贮存环境温度应为 15℃~50℃，环境相对湿度应为 30%~80%。
