



中华人民共和国国家标准

GB 48005—2026

轨道车辆用玻璃安全技术要求

Safety technical specification of glazing materials for rolling stock

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	V
引言	VI
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 安全技术要求	2
4.1 通则	2
4.2 视野安全性能	2
4.2.1 透光率	2
4.2.2 光学畸变	3
4.2.3 副像偏离	3
4.3 电热安全性能	3
4.3.1 绝缘电阻	3
4.3.2 耐电热冲击	3
4.3.3 耐电热性	3
4.4 力学安全性能	3
4.4.1 抗飞弹冲击	3
4.4.2 防飞溅	3
4.4.3 抗软体冲击	3
4.4.4 抗钢球冲击	4
4.4.5 抗鸟撞冲击	4
4.5 碎片安全性能	4
4.6 逃生安全性能	4
5 试验方法	5
5.1 通则	5
5.2 视野安全性能	5
5.2.1 透光率	5
5.2.2 光学畸变	5
5.2.3 副像偏离	5
5.3 电热安全性能	5
5.3.1 绝缘电阻	5
5.3.2 耐电热冲击	5
5.3.3 耐电热性	5

5.4	力学安全性能	5
5.4.1	抗飞弹冲击	5
5.4.2	防飞溅	6
5.4.3	抗软体冲击	6
5.4.4	抗钢球冲击	6
5.4.5	抗鸟撞冲击	8
5.5	碎片安全性能	8
5.5.1	试样	8
5.5.2	试验装置	8
5.5.3	试验步骤	8
5.6	逃生安全性能	8
6	判定规则	9
6.1	单项判定	9
6.2	综合判定	9
附录 A (规范性)	检验项目的单项判定规则	10
附录 B (规范性)	透光率试验方法	12
B.1	样品	12
B.2	试验设备	12
B.3	试验步骤	12
B.4	试验数据处理	13
附录 C (规范性)	光学畸变试验方法	14
C.1	试验设备	14
C.2	试验环境	14
C.3	试验步骤	14
附录 D (规范性)	副像偏离试验方法	17
D.1	试验设备	17
D.2	试验步骤	17
D.3	试验数据处理	17
附录 E (规范性)	电学性能试验方法	18
E.1	绝缘电阻	18
E.1.1	试验设备	18
E.1.2	试验程序	18
E.2	耐电热冲击	18
E.2.1	试验设备	18
E.2.2	试验程序	18
E.3	耐电热性	19
E.3.1	试验设备	19

E.3.2 试验程序	19
附录 F (规范性) 抗冲击试验	20
F.1 安全预防措施	20
F.2 试验装置	20
F.2.1 基本组成	20
F.2.2 基本要求	20
F.2.3 试验方法	21
附录 G (规范性) 抗软件冲击试验	23
G.1 软件结构及冲击和试验安装要求	23
G.2 试验步骤	24



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工业和信息化部提出并归口。

引 言

轨道车辆用玻璃是城市轨道车辆等装备的重要组成部分,其安全性和可靠性直接关系到人民生命财产安全、轨道交通系统稳定运行以及公共交通运输行业的健康发展。

本文件是对 GB 14681.2—2006《机车船舶用电加温玻璃 第2部分:机车电加温玻璃》与 GB 18045—2000《铁路车辆用安全玻璃》两项标准强制性安全技术要求的整合。重点针对 GB 14681.2—2006 中机车电加温玻璃安全的强制性条款,以及 GB 18045—2000 中保障人体健康与人身财产安全的通用强制性要求,进行了整合与优化。整合过程遵循“安全底线不降低、技术要求不弱化、适用范围全覆盖”的原则,保留两项标准中视野、电热、力学、碎片及逃生等安全性能指标的强制性要求,剔除非强制性内容,统一技术指标表述与试验方法适配性,确保标准的科学性、可操作性与时效性。



轨道车辆用玻璃安全技术要求

1 范围

本文件规定了轨道车辆用玻璃的安全技术要求、试验方法和判定规则。

本文件适用于铁路及城市轨道交通车辆驾驶室和乘客车厢的前窗玻璃、侧窗玻璃和车内玻璃。

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 531.1 硫化橡胶或热塑性橡胶 压入硬度试验方法 第1部分:邵氏硬度计法(邵尔硬度)

GB/T 2410 透明塑料透光率和雾度的测定

GB/T 3930 测量电阻用直流电桥

GB/T 10000—2023 中国成年人人体尺寸

GB/T 13978 数字多用表

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

前窗玻璃 **windscreen**

安装于轨道车辆驾驶室前部,用于检查列车前方轨道状况和行车信号的玻璃。

3.2

侧窗玻璃 **bodyside window glass**

安装于轨道车辆驾驶室或乘客车厢侧面,为驾驶员或乘客提供车厢侧面视野的玻璃。

3.3

车内玻璃 **interior glass**

用于车厢内隔断或分隔的玻璃。

3.4

应急窗玻璃 **emergency window glazing**

安装于轨道车辆侧面,用于驾驶员、乘务员或乘客检查列车两侧状况,且紧急情况下能够迅速破坏,以提供紧急出口的玻璃。

3.5

钢化玻璃 **tempered glass**

经热处理工艺,在表面形成压应力层,力学强度和耐热冲击强度得到提高,且破碎后具有特殊的碎片状态的玻璃。

3.6

夹层玻璃 **laminated glass**

两层或者多层无机玻璃或有机玻璃由一层或者多层中间层粘合而成的玻璃。

3.7

电加温玻璃 electrically heated glass

中间嵌有电热丝或导电膜等加热元件的夹层玻璃。

3.8

飞弧 flashing arc

电加温玻璃通电加热时,因导电介质(电热丝或导电膜)的不连续或汇流条和框架之间渗入水分而出现的电弧光。

4 安全技术要求

4.1 通则

4.1.1 前窗玻璃应采用夹层玻璃或电加温玻璃,侧窗玻璃应采用中空玻璃、夹层玻璃或钢化玻璃,车内玻璃应采用钢化玻璃或夹层玻璃。

4.1.2 安全技术要求包括视野安全性能要求、电热安全性能要求、力学安全性能要求、碎片安全性能要求和逃生安全性能要求。前窗玻璃、侧窗玻璃和车内玻璃应满足表 1 所列的安全技术要求。

表 1 安全技术要求

检测项目		安全技术要求						试验方法
		前窗玻璃		侧窗玻璃		车内玻璃		
		夹层玻璃	电加温玻璃	普通窗玻璃 ^a	应急窗玻璃	夹层玻璃	钢化玻璃	
视野安全性能	透光率	4.2.1	4.2.1	—	—	—	—	5.2.1
	光学畸变	4.2.2	4.2.2	—	—	—	—	5.2.2
	副像偏离	4.2.3	4.2.3	—	—	—	—	5.2.3
电热安全性能	绝缘电阻	—	4.3.1	—	—	—	—	5.3.1
	耐电热冲击	—	4.3.2	—	—	—	—	5.3.2
	耐电热性	—	4.3.3	—	—	—	—	5.3.3
力学安全性能	抗飞弹冲击	4.4.1	4.4.1	—	—	—	—	5.4.1
	防飞溅	4.4.2	4.4.2	—	—	—	—	5.4.2
	抗软体冲击	—	—	4.4.3	4.4.3	4.4.3	4.4.3	5.4.3
	抗钢球冲击	—	—	4.4.4.1	4.4.4.1	4.4.4.2	4.4.4.2	5.4.4
	抗鸟撞冲击	4.4.5	4.4.5		—	—	—	5.4.5
碎片安全性能		—	—	4.5	—	—	4.5	5.5
逃生安全性能		—	—	—	4.6	—	—	5.6

^a 普通窗玻璃采用单片钢化玻璃时,应进行碎片安全性能试验。

4.2 视野安全性能

4.2.1 透光率

前窗玻璃主视野区透光率应不小于 70%。

4.2.2 光学畸变

前窗玻璃光学畸变最大值应不大于表 2 的规定值。

表 2 光学畸变要求

区域	光学畸变值
主视野区	2'
辅助视野区	6'

4.2.3 副像偏离

前窗玻璃副像偏离最大值应不大于表 3 的规定值。

表 3 副像偏离要求

区域	副像偏离值
主视野区	15'
辅助视野区	25'

4.3 电热安全性能

4.3.1 绝缘电阻

电加温玻璃各绝缘部位间绝缘电阻应不小于 50 MΩ。

4.3.2 耐电热冲击

按 5.3.2 试验过程中,电加温玻璃不应出现飞弧现象。试验后,电加温玻璃不应出现脱胶、气泡等缺陷,电阻或功率应满足设计要求、视野安全性能应满足 4.2 要求。

4.3.3 耐电热性

按 5.3.3 试验过程中,电加温玻璃不应出现飞弧现象。试验后,电加温玻璃不应出现脱胶、气泡等缺陷,电阻或功率应满足设计要求、视野安全性能应满足 4.2 要求。

4.4 力学安全性能

4.4.1 抗飞弹冲击

按 5.4.1 试验后,冲击体不应穿透前窗玻璃试样,同时试样应保持在框架内。

4.4.2 防飞溅

有防飞溅层设计的产品应进行此项试验。按 5.4.2 试验后,冲击产生的飞溅物不应在受试铝箔表面产生痕迹。

4.4.3 抗软体冲击

轨道车辆侧窗和车内玻璃(行李架玻璃除外)应进行抗软体冲击试验,冲击高度为 1.2 m。

侧窗玻璃:采用夹层或中空玻璃时,按 5.4.3 试验后,软体不应穿透侧窗玻璃试样;采用钢化玻璃时,按 5.4.3 试验后,若玻璃碎裂,则每块试样最大的 10 块碎片质量的总和不应超过相当于 65 cm² 面积的质量,保留在框内的任何无贯穿裂纹的玻璃碎片的长度不应超过 120 mm。

车内玻璃:采用夹层玻璃时,按 5.4.3 试验后,软体不应穿透夹层玻璃;采用钢化玻璃时,按 5.4.3 试验后,若玻璃碎裂,则每块试样最大的 10 块碎片质量的总和不应超过相当于 65 cm² 面积的质量,保留在框内的任何无贯穿裂纹的玻璃碎片的长度不应超过 120 mm。

4.4.4 抗钢球冲击

4.4.4.1 侧窗玻璃

按 5.4.4 试验后,侧窗玻璃不应被钢球穿透。

4.4.4.2 车内玻璃

4.4.4.2.1 对于夹层玻璃,按 5.4.4 试验后,应符合下列要求:

- a) 钢球不可穿透试样;
- b) 冲击反面剥离碎片的质量小于 20 g。

注:钢化夹层玻璃、弯型夹层玻璃及原片玻璃板 3 片以上的夹层玻璃可不进行此项试验。

4.4.4.2.2 对于钢化玻璃,试样不应被破坏。

4.4.5 抗鸟撞冲击

车辆最高运行/设计速度不小于 200 km/h 时,前窗玻璃应具有抗鸟撞冲击性。抗鸟撞冲击性试验后,前窗玻璃不应破裂。

4.5 碎片安全性能

侧窗和车内用钢化玻璃碎片应符合表 4 的规定。取 3 块产品进行试验,3 块产品均应符合表 4 的规定,当有 1 块产品不符合时,允许追加 3 块产品进行试验,追加的产品均应符合规定。

表 4 钢化玻璃碎片

公称厚度(<i>d</i>)/mm	碎片数/块
$d < 4.0$	50 mm×50 mm 正方形内的碎片数应 ≥ 15
$d \geq 4.0$	50 mm×50 mm 正方形内的碎片数应 ≥ 40 。另外,当碎片数不足 40 时,包括该部分在内的 100 mm×100 mm 正方形内的碎片数应 ≥ 160 ,允许有长条形碎片,但长度不应超过 75 mm

4.6 逃生安全性能

应急窗玻璃进行逃生试验时,应满足以下要求:

- a) 形成完整紧急出口的时间应不大于 2 min;
- b) 对于乘客场所应急窗,紧急出口的尺寸应不小于 700 mm×600 mm;
- c) 对于司机室和工作人员应急窗,应提供最小尺寸不小于 400 mm,面积不小于 2 000 cm² 的紧急出口。

5 试验方法

5.1 通则

如果检验项目对试样性能不产生影响,则该试样可以用来继续进行其他项目的试验。当用特制品作为试样进行试验时,特制品应是和产品同厚度、同材料、在同一工艺条件下生产出来的。

5.2 视野安全性能

5.2.1 透光率

以前窗玻璃制品或特制品为试样,竖直角度放置后按附录 B 规定的方法进行试验。

5.2.2 光学畸变

以前窗玻璃制品为试样,以实际安装角度放置后按附录 C 规定的方法进行试验。

5.2.3 副像偏离

以前窗玻璃制品为试样,以实际安装角度放置后按附录 D 规定的方法进行试验。

5.3 电热安全性能

5.3.1 绝缘电阻

以电加温玻璃制品为试样,按附录 E 中 E.1 规定的方法进行试验。

5.3.2 耐电热冲击

以电加温玻璃制品为试样,试验温度为 $-50\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$,按 E.2 规定的方法进行试验。

5.3.3 耐电热性

以电加温玻璃制品为试样,试验环境温度为 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$,试验电压为额定电压的 1.2 倍,按 E.3 规定的方法进行试验。

5.4 力学安全性能

5.4.1 抗飞弹冲击

5.4.1.1 试样

以前窗玻璃制品或特制品作为冲击试样,样品最小尺寸为 $1\ 000\text{ mm}\times 700\text{ mm}$ 。

5.4.1.2 冲击体速度

冲击体速度(v_p)应由设计要求规定,设计要求没有规定 v_p 时,根据公式(1)或公式(2)选择 v_p 。试验时,应在距离冲击点 2.5 m 范围内检测冲击体速度,冲击体速度偏差应在 $0\text{ km/h}\sim 10\text{ km/h}$ 范围内。设计速度不大于 160 km/h 的轨道车辆,按公式(1)的冲击体速度冲击试样。

$$v_p \geq (2 \times v_{\max}) \dots\dots\dots (1)$$

式中:

v_p ——冲击体速度,单位为千米每小时(km/h);

v_{\max} ——轨道车辆设计速度,单位为千米每小时(km/h)。

设计速度大于 160 km/h 的轨道车辆,按公式(2)的冲击体速度冲击试样。

$$v_p \geq (v_{\max} + 160) \dots\dots\dots (2)$$

式中:

v_p ——冲击体速度,单位为千米每小时(km/h);

v_{\max} ——轨道车辆设计速度,单位为千米每小时(km/h)。

5.4.1.3 试验步骤

按附录 F 规定的方法进行试验。取 2 块试样进行试验,其中 1 块试样在 $0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下进行试验,1 块试样在 $20.0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下进行试验,2 块试样均应符合 4.4.1 的要求,试样的安装角度应与实车安装角度一致。以前窗玻璃制品作为冲击试样时,应有能模拟实车安装的工装。

5.4.2 防飞溅

按 5.4.1 进行抗飞弹冲击试验时,用厚度不大于 0.15 mm,尺寸为 1 000 mm×700 mm 的铝板,垂直放置于试样后方距离冲击点水平距离 500 mm 处,试验后拍照记录铝板表面是否有飞溅产生的痕迹。

5.4.3 抗软体冲击

以侧窗玻璃或车内玻璃制品为试样,按附录 G 规定的方法进行试验。

5.4.4 抗钢球冲击

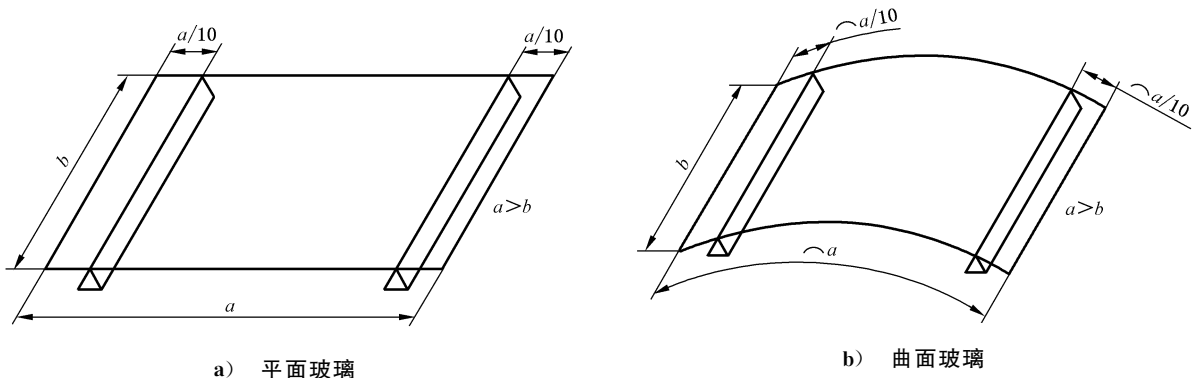
5.4.4.1 试样

侧窗玻璃:以侧窗制品为试样。

车内玻璃:以 300 mm×300 mm 为试样。

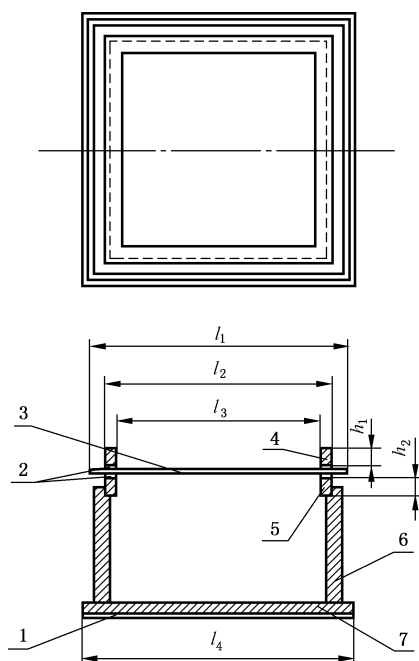
5.4.4.2 试验装置

侧窗玻璃试验应使用图 1 所示支撑架。支撑架可用木框制成, a 、 b 分别为试样长度尺寸和试样宽度尺寸,且 $a > b$,支撑架置于距试样长边边缘 $a/10$ 处。车内玻璃试验使用如图 2 所示支撑架。钢球质量为 500 g,质量偏差为 0 g~+10 g,表面光滑。



标引符号说明:
 a ——试样长度;
 b ——试样宽度。

图 1 侧窗玻璃落球冲击试验用支撑架示意图



标引序号说明：

- 1——橡胶板(厚度 3 mm)；
- 2——橡胶板(厚度 3 mm,宽度 15 mm,硬度 A50)；
- 3——样品(宽度 l_1 为 300 mm)；
- 4——上框(外宽 l_2 为 290 mm,内宽 l_3 为 260 mm,高度 h_1 为 23 mm)；
- 5——下框(厚度 15 mm,高度 h_2 为 23 mm)；
- 6——钢箱(厚度 10 mm,高度约 130 mm)；
- 7——钢板(厚度 12 mm,宽度 l_4 为 350 mm)。

图 2 落球试验用支撑架

5.4.4.3 试验步骤

试验步骤如下。

- a) 试验前试样应在 $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度下存放 4 h 以上。
- b) 试样水平放置在支撑架上(如图 1 和图 2),接触部位用符合 GB/T 531.1 规定的硬度为邵尔 A50 的橡胶条垫衬(如图 2);试样为非对称结构夹层玻璃时,冲击面应为组成夹层玻璃的单片玻璃较薄的一面;试样为侧窗用中空玻璃时,冲击面应为玻璃安装时朝向车外的一侧,在冲击点位置放置一块厚度为 $2\text{ mm} \pm 0.5\text{ mm}$ 的毛毡。
- c) 将钢球按表 5 规定的高度自由落下,冲击点应在距试样中心 25 mm 的范围内。
- d) 每块试样仅限冲击 1 次,检查冲击后结果:当试样为车内钢化玻璃或侧窗钢化玻璃时,检查其是否被破坏;当试样为车内夹层玻璃时,检查钢球是否穿透试样,用分度值为 0.5 g 的天平称量冲击反面剥离的碎片质量;当试样为侧窗中空或夹层玻璃时,检查钢球是否穿透试样。

表 5 钢球下落高度

玻璃种类		公称厚度(d) mm	落球高度 m
车内	钢化玻璃	$d < 4$	0.9
		$d \geq 4$	1.1
	夹层玻璃	—	4
侧窗	钢化玻璃	$d = 5$	2.5
		$d = 6$	3.0
		$d \geq 8$	4.0
	中空或夹层玻璃	—	4.0

5.4.5 抗鸟撞冲击

选用 $1.8 \text{ kg} \pm 0.03 \text{ kg}$ 鸟弹。以前窗玻璃制品作为试样,试样温度为 $20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$,根据列车设计/最高运行速度确定鸟弹速度,按附录 F 规定的方法进行试验。

5.5 碎片安全性能

5.5.1 试样

以车内钢化玻璃或侧窗钢化玻璃制品作为试样。

5.5.2 试验装置

曝光和晒图装置或其他可以清晰显示和清点碎片的仪器设备,尖端曲率半径为 $0.20 \text{ mm} \pm 0.05 \text{ mm}$ 的小锤或冲头。

5.5.3 试验步骤

试验步骤如下:

- 将试样放在相同形状和尺寸的第 2 块试样上,在两块试样之间放上能够完全覆盖试样的感光纸,并用透明胶带纸沿周边粘牢;
- 在试样的中心位置用小锤或冲头进行冲击,使试样破碎;
- 感光纸应在冲击后 10 s 内开始曝光,且应在冲击后 3 min 内结束;
- 晒图后,除去周边 20 mm 和以冲击点为圆心半径 75 mm 的部分,从图中选择碎片最大的部分,使用 $50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ 的计数框,数出框内的碎片数,横跨计数框边缘的碎片按 0.5 计数;
- 厚度大于 4 mm 的玻璃,当计数框内碎片数不足 40 时,使用 $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ 的计数框,数出包括这部分在内的碎片数。

5.6 逃生安全性能

试验车窗数应不小于 2。应至少由一位男性和一位女性使用供乘客使用的安全破窗工具进行试验。男、女试验人员身高应分别不高于 GB/T 10000—2023 中 18 岁~70 岁成年男性静态人体尺寸百分位数 P50(中位数)1 687 mm 和 18 岁~70 岁成年女性静态人体尺寸百分位数 P50(中位数)1 572 mm 的要求。

进行试验时,可以将玻璃单元或车窗单元紧固在试验框架上。无须将需要试验的玻璃单元或车窗单元安装在车体上。该试验不要求在整车上进行。

6 判定规则

6.1 单项判定

各项安全性能检验项目的单项判定按附录 A 的规定进行。

6.2 综合判定

当各单项安全性能均符合要求时,判定该产品安全性合格,否则为不合格。

附录 A

(规范性)

检验项目的单项判定规则

各安全性能检验项目的单项判定规则应符合表 A.1 的规定。

表 A.1 检验项目的单项判定规则

安全技术要求章条号 及项目名称		应用部位	玻璃种类	样品数量	试验后试样符合 相应规定数量	单项判定
视野安全性能 ^a	4.2.1 透光率	前窗玻璃	夹层玻璃 电加温玻璃	3 块	3 块	合格
					<3 块	不合格
	4.2.2 光学畸变		夹层玻璃 电加温玻璃	3 块	3 块	合格
					<3 块	不合格
	4.2.3 副像偏离		夹层玻璃 电加温玻璃	3 块	3 块	合格
					<3 块	不合格
电热安全性能 ^a	4.3.1 绝缘电阻	前窗玻璃	电加温玻璃	3 块	3 块	合格
					<3 块	不合格
	4.3.2 耐电热冲击			3 块	3 块	合格
					<3 块	不合格
	4.3.3 耐电热性			3 块	3 块	合格
					<3 块	不合格
力学安全性能	4.4.1 抗飞弹冲击	前窗玻璃	夹层玻璃 电加温玻璃	2 块	2 块	合格
					<2 块	不合格
	4.4.2 防飞溅	前窗玻璃	夹层玻璃 电加温玻璃	2 块	2 块	合格
					<2 块	不合格
	4.4.3 抗软体冲击	侧窗玻璃	中空玻璃 夹层玻璃 钢化玻璃	3 块	3 块	合格
		车内玻璃			夹层玻璃 钢化玻璃	<3 块
	4.4.4 抗钢球冲击	侧窗玻璃	中空玻璃 夹层玻璃 钢化玻璃	3 块	3 块	合格
					<3 块	不合格
		车内玻璃	夹层玻璃 钢化玻璃	6 块	≥ 5 块	合格
					<5 块	不合格
4.4.5 抗鸟撞冲击	前窗玻璃	夹层玻璃 电加温玻璃	1 块	1 块	合格	

表 A.1 检验项目的单项判定规则（续）

安全技术要求章条号 及项目名称		应用部位	玻璃种类	样品数量	试验后试样符合 相应规定数量	单项判定
碎片安全性能	4.5 碎片安全性能	侧窗玻璃 车内玻璃	钢化玻璃	3 块	3 块	合格
					<3 块	不合格
逃生安全性能	4.6 逃生安全性能	侧窗玻璃	应急窗玻璃	4 块	4 块	合格
					<4 块	不合格
^a 批量不足 3 块时,取最大批量,且所有样品均应符合要求。						



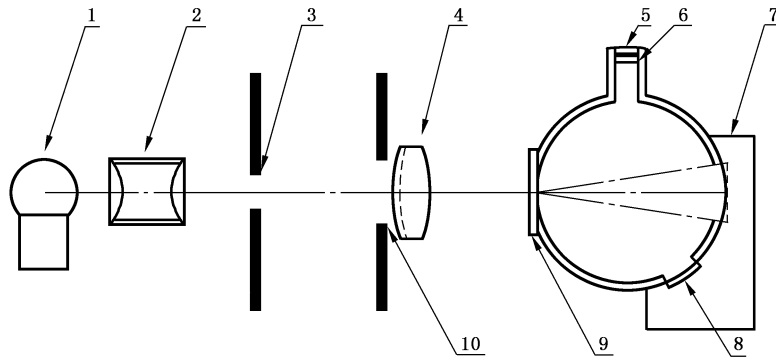
附录 B
(规范性)
透光率试验方法

B.1 样品

若使用特制品,则其尺寸应不小于 100 mm×100 mm,且应与制品具有相同的材料、结构和制作工艺。特制品也可以直接从制品上相应试验区域切取。

B.2 试验设备

试验设备应符合 GB/T 2410 要求,光源和光检测器输出的混合光经过滤后为 C 光源。也可以使用与之等效的任何光学系统。试验设备原理如图 B.1 所示。



标引序号说明:

- 1 —— 光源;
- 2 —— 滤光器;
- 3 —— 入射窗;
- 4 —— 透镜;
- 5 —— 光检测器;
- 6 —— 滤光器;
- 7 —— 光陷阱;
- 8 —— 标准反射板;
- 9 —— 样品;
- 10 —— 孔隙。

图 B.1 试验设备原理图

B.3 试验步骤

试验按如下步骤进行:

- a) 用干净绸布蘸取对样品无腐蚀作用的清洁剂,擦拭样品表面至无肉眼可见的污迹;
- b) 开启仪器电源,根据仪器要求的预热时间进行预热,直至仪器稳定;
- c) 仪器稳定时透光率示值应为 100,雾度示值应为 0;
- d) 将样品放入仪器,调整样品角度使其表面紧贴积分球入口窗;
- e) 按下仪器测试按钮,仪器将按照表 B.1 进行动作,并读取和记录 τ_1 、 τ_3 两个示值;

- f) 对于无内置透光率计算程序的设备,透光率按公式(B.1)计算,结果精确到0.1%,对于有内置透光率计算程序的设备,直接读取透光率。

表 B.1 仪器动作顺序

顺序	样品是否在位置上	光陷阱是否在位置上	标准反射板是否在位置上	示值
1	不在	不在	在	入射光通量 τ_1
2	不在	在	不在	设备的散射光通量 τ_2
3	在	不在	在	通过样品的总透射光通量 τ_3
4	在	在	不在	设备和样品的散射光通量 τ_4

B.4 试验数据处理

透光率计算公式:

$$\tau = \frac{\tau_3}{\tau_1} \times 100 \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

τ ——透光率,用百分数表示,%;

τ_3 ——通过样品的总透射光通量;

τ_1 ——入射光通量。

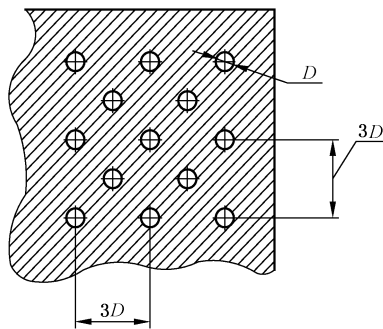


附 录 C
(规范性)
光学畸变试验方法

C.1 试验设备

试验设备应由以下部分构成。

- a) 投影仪:选用合适光源,焦距不应小于 90 mm,相对孔径约为 1/2.5,在透镜前约 10 mm 处放置一直径 8 mm 的光阑。
- b) 幻灯片:投影影像为暗背景上的圆斑阵列,幻灯片的质量和对比度应符合试验要求,以便把测量误差控制在 5%以内。在光路中未放入样品时,投影圆斑见图 C.1。
- c) 屏幕:白色,无反光,应平整、稳定。
- d) 样品支架:应能使样品以实车安装角安放,并可在水平及垂直方向转动或移动。
- e) 量具:精度至少为 0.02 mm 的游标卡尺。



标引符号说明:

D ——投影到屏幕上的圆斑的直径,单位为毫米(mm)。

图 C.1 投影圆斑示意图

图 C.1 中, D 由公式(C.1)得出:

$$D = \frac{l_1 + l_2}{l_1} \times 4 \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

- D ——投影到屏幕上的圆斑的直径,单位为毫米(mm);
- l_1 ——投影仪的光阑到样品的距离,单位为毫米(mm);
- l_2 ——样品到屏幕的距离,单位为毫米(mm)。

C.2 试验环境

试验应在周边无干扰光线的暗室或暗处进行。

C.3 试验步骤

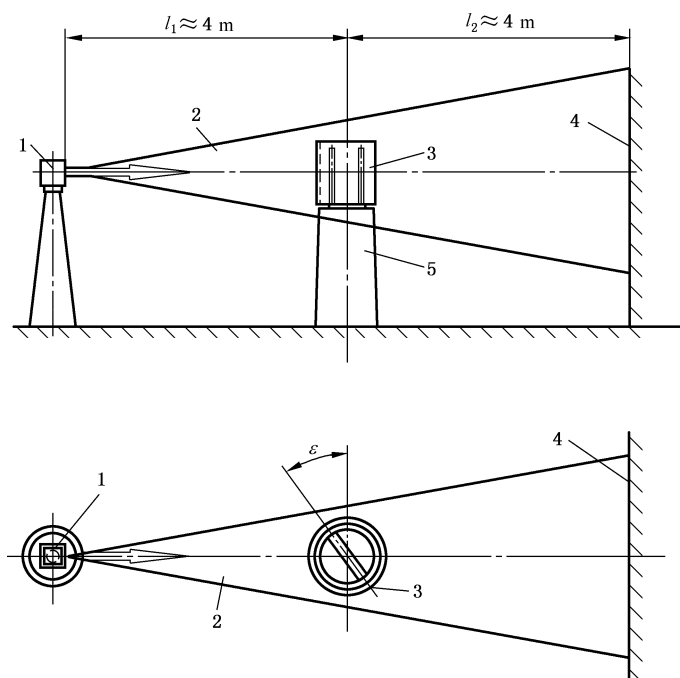
试验按如下步骤进行。

- a) 将投影仪、样品、屏幕按图 C.2 所示放置, $l_1 = l_2 = 4\,000\text{ mm} \pm 100\text{ mm}$ 。
- b) 确定在无样品的状态,屏幕上圆斑的直径为 D (mm),当 $l_1 = l_2 = 4\,000\text{ mm}$ 时,按公式

(C.1), D 为 8 mm。

- c) 将样品以实车安装角安放在样品支架上。
- d) 将样品在水平方向转动, 保证被测点的水平切线与观察方向基本垂直, 并在水平和垂直方向移动, 以观察整个试验区域, 测定投影到屏幕上的圆斑的最大的变形量, 最大变形量示意图如图 C.3 所示, 记为 Δd , Δd 按公式(C.2)计算:

$$\Delta d = \max(|D_1 - 8|, |D_2 - 8|) \dots\dots\dots (C.2)$$



- 标引序号说明:
- 1——投影仪;
 - 2——入射光线;
 - 3——样品;
 - 4——屏幕;
 - 5——样品架。

图 C.2 入射角示意图

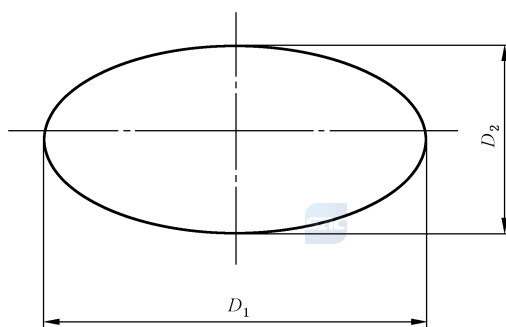


图 C.3 圆斑最大变形量示意图

e) 由测定的最大变形量 Δd ,按公式(C.3)计算光学畸变的最大值,结果保留 1 位小数:

$$\Delta\alpha = \frac{\Delta d}{0.29l_2} \dots\dots\dots(C.3)$$

式中:

$\Delta\alpha$ ——光学畸变,单位为分(');

Δd ——最大变形量,单位为毫米(mm);

l_2 ——样品到屏幕的距离,单位为毫米(mm)。



附录 D
(规范性)
副像偏离试验方法

D.1 试验设备

试验设备由以下部分构成。

- a) 准直望远镜仪:由准直镜和望远镜组成,也可以使用任何等效的光学系统。
- b) 样品支架:可将样品按照实车安装角安放,并能使样品在水平及垂直方向转动和移动。

D.2 试验步骤

试验按如下步骤进行:

- a) 根据样品尺寸及安装角调整准直镜与望远镜之间距离;
- b) 调整准直镜,使其能将中心有一亮斑的极坐标系成像于无限远处(见图 D.1);
- c) 调整望远镜,使其焦平面内黑斑能够遮住准直镜亮斑,且能清晰看清准直镜中极坐标刻度线;
- d) 将样品按照实车安装角放置在样品支架上,将样品移动到准直镜和望远镜之间;
- e) 从望远镜中观察并读取主像以外最亮的副像光斑中心的极坐标值,该值即为样品的副像偏离值,单位为分(')。

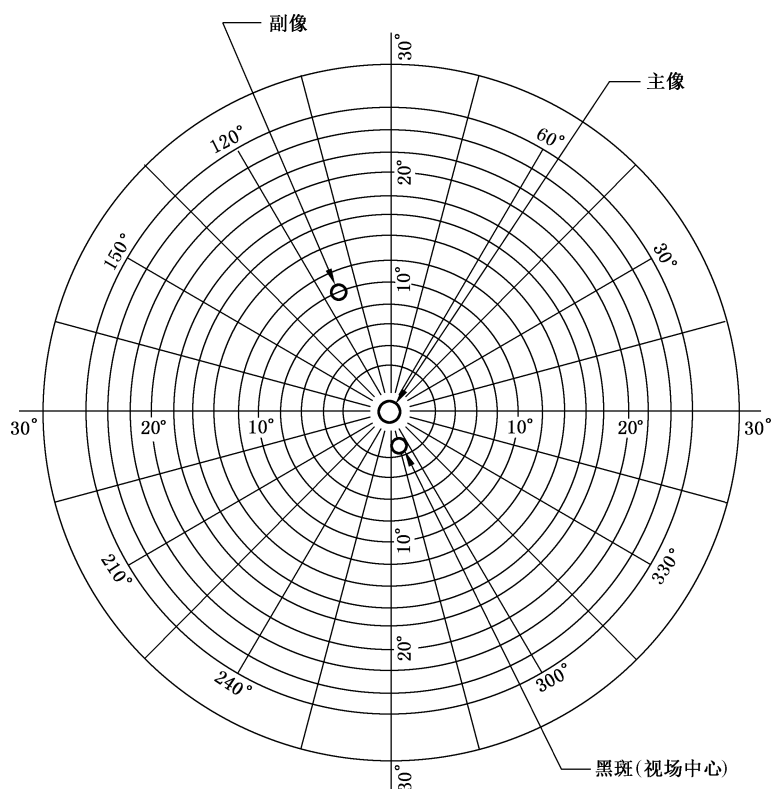


图 D.1 准直望远镜试验观察示例

D.3 试验数据处理

望远镜中主像以外最亮的副像光斑中心的极坐标值即为副像偏离值。

附 录 E
(规范性)
电学性能试验方法

E.1 绝缘电阻

E.1.1 试验设备

可选用兆欧表或绝缘电阻测试仪,试验设备应满足下列要求:

- a) 兆欧表:发电机电压为 500 V 或 1 000 V,准确度等级不低于 1.0 级;
- b) 绝缘电阻测试仪:至少具备 500 V 和 1 000 V 挡位,准确度等级不低于 1.0 级。

E.1.2 试验程序

按如下程序进行试验。

- a) 试验前用干净绸布蘸上对试验样品无腐蚀作用的清洁剂将样品擦拭干净,并将其在 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度为 40%~80%的环境条件下放置 24 h 以上,记录环境温度和相对湿度。
- b) 使用兆欧表测量时,将试验样品放在垫有绝缘橡胶的平台或支架上。用导线将兆欧表的两个接线柱分别连接加热器接线柱与边框,摇动兆欧表发电机手柄,从标度盘读出绝缘电阻值并记录。
- c) 使用绝缘电阻测试仪测量时,将试验样品放在垫有绝缘橡胶的平台或支架上。调节绝缘电阻测试仪输出电压挡位,用绝缘电阻测试仪的两个表笔分别连接加热器接线柱与边框,测量绝缘电阻值并记录。

E.2 耐电热冲击

E.2.1 试验设备

试验设备应满足下列要求:

- a) 可调稳压电源:调压范围 0 V~500 V;
- b) 数字多用表:符合 GB/T 13978 规定,准确度等级不低于 1.0 级,电阻分辨力 $0.01\text{ }\Omega$;
- c) 直流电桥:符合 GB/T 3930 规定,准确度等级不低于 1.0 级;
- d) 低温试验箱:其大小应能确保试验样品被全部放入,温控范围 $-70\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 150\text{ }^{\circ}\text{C}$,温度示值误差 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

E.2.2 试验程序

按如下程序进行试验:

- a) 将试验样品在 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度为 40%~80%的环境条件下放置 12 h 以上,记录环境温度和相对湿度;
- b) 试验前用干净绸布蘸上对试验样品无腐蚀作用的清洁剂将样品擦拭干净,在自然光线下详细检查试验样品外观质量,观察是否存在气泡、脱胶等技术文件规定的缺陷,记录缺陷情况;
- c) 将试验样品放入低温试验箱中,将可调稳压电源和试验样品连接,调整低温箱至规定的低温试验温度,保温 2 h 以上;
- d) 在低温试验温度下按照最大额定电压对试验样品进行通电加温 30 min,通电期间通过低温试验箱的观察孔观察样品是否有飞弧现象产生;

- e) 断电后将试验样品从低温试验箱中取出,待试验样品自然冷却至室温时,在自然光线下再次检查其外观质量,观察试验样品上原有缺陷是否扩展或有新的缺陷产生,并分别测量试验后样品的加温器电阻和绝缘电阻。

E.3 耐电热性

E.3.1 试验设备

试验设备应满足下列要求:

- a) 可调稳压电源:调压范围 0 V~500 V;
- b) 数字多用表:符合 GB/T 13978 规定,准确度等级不低于 1.0 级,电阻分辨力 0.01 Ω ;
- c) 直流电桥:符合 GB/T 3930 规定,准确度等级不低于 1.0 级。

E.3.2 试验程序



按如下程序进行试验:

- a) 将试验样品在 20 $^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,相对湿度为 40%~80%的环境条件下放置 12 h 以上,记录环境温度和相对湿度;
- b) 试验前用干净绸布蘸上对试验样品无腐蚀作用的清洁剂将样品擦拭干净,在自然光线下详细检查试验样品外观质量,观察是否存在气泡、脱胶等技术文件规定的缺陷,记录缺陷情况;
- c) 将可调稳压电源和试验样品连接,调节可调稳压电源对试验样品施加额定工作电压,使试验样品通电加温;
- d) 使试验样品持续加热 1 h(或规定时间),试验过程中观察样品是否有飞弧现象产生;
- e) 断电后待试验样品自然冷却至室温时,在自然光线下再次检查其外观质量,观察试验样品上原有缺陷是否扩展或有新的缺陷产生,并分别测量试验样品的加温器电阻和绝缘电阻。

附录 F
(规范性)
抗冲击试验

F.1 安全预防措施

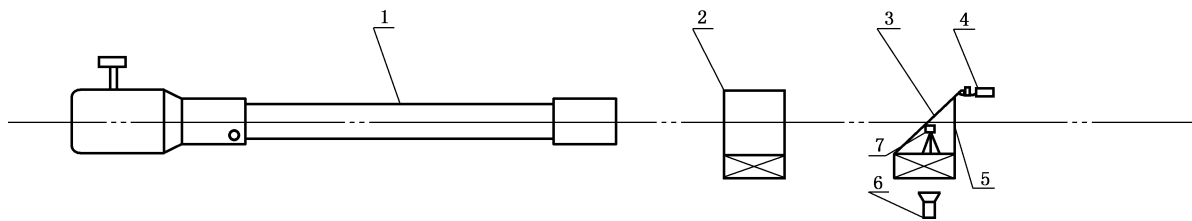
在整个试验期间,应指定现场安全负责人,应用绳索围起或用栅栏隔开试验场地,包括从空气炮口到试验台在内的适当范围内的区域。在发射之前发出警告信号,使所有人员撤离现场。同时,安全负责人检查现场,以确保试验场地确实没有任何人。

试验现场使用的设备及仪器应做必要防护,防止冲击碎片对其造成损坏。试验结束后,应及时清洗试验场地,清除掉鸟弹碎块,在试验区域喷洒消毒剂,杀死细菌和消除臭味。

F.2 试验装置

F.2.1 基本组成

试验装置由发射系统、速度测量系统、试验靶架系统、温度控制系统、位移测量系统、应变测量系统、高速摄像系统、防飞溅测试膜及支架组成,可根据试验需求配置,试验装置示意图如图 F.1 所示。



标引序号说明:

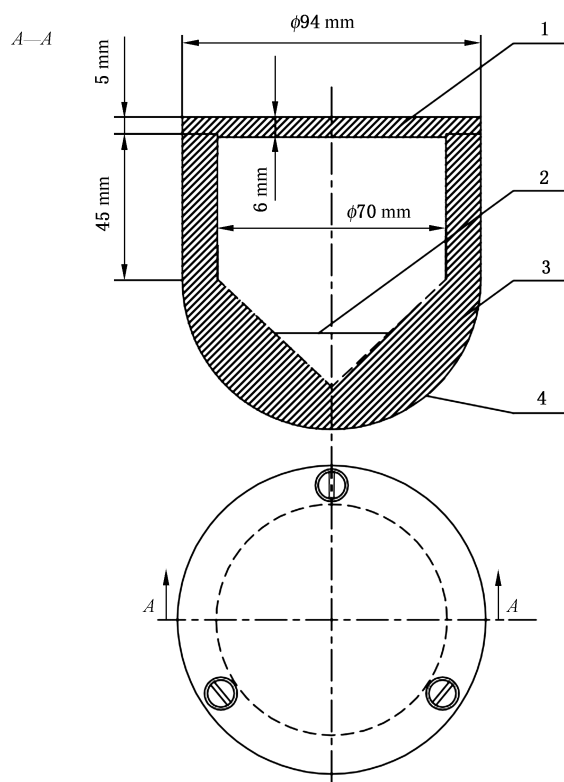
- 1——发射系统;
- 2——速度测量系统;
- 3——试验靶架系统;
- 4——温度控制系统;
- 5——位移、应变测量系统;
- 6——高速摄像系统;
- 7——防飞溅测试膜及支架。

图 F.1 抗冲击性试验装置示意图

F.2.2 基本要求

F.2.2.1 铝弹

质量为 $1\ 000\text{ g} \pm 10\text{ g}$ 的圆柱体,与试验件接触部分为半圆形,见图 F.2,材质为 2A11 铝合金。



标引序号说明：

- 1——钢质冲击体末端；
- 2——该部分可挖空以达到规定质量；
- 3——铝合金冲击端；
- 4——半圆形冲击头。

图 F.2 冲击体结构图

F.2.2.2 鸟弹

在试验使用前 1 h 内将鸟窒息致死或宰杀。鸟在包装前应称重量，使用的称量器具应至少具有 1.0 g 的感量。当鸟重量不足时，可以给鸟体内腔注水；当鸟体重量超过要求时，只能允许剪除鸟体的双腿或翅膀。

鸟的包装材料可选用聚乙烯薄膜、棉织品或尼龙等材质。

将准备好的鸟体头部向下装入包装袋中，扎好袋口并使袋口向下把鸟弹装入鸟弹衬壳中。

F.2.3 试验方法

F.2.3.1 冲击速度

抗鸟撞冲击性试验的鸟弹速度应为最高设计/运行速度加上 20 km/h。抗飞弹冲击速度应符合 5.4.1.2 要求。

F.2.3.2 冲击位置

冲击位置应为试验件的中部，冲击点的安装角度不应小于实车安装角。

F.2.3.3 试验件及其温度

抗鸟撞冲击试验的试验件及其温度应符合 5.4.5 的规定,抗飞弹冲击性试验的试验件及其温度应符合 5.4.1.3 的规定。

F.2.3.4 试验件安装

抗鸟撞冲击性试验的试验件应通过夹具紧固在通用或专用试验台上,安装状态应满足实际车辆安装要求。抗飞弹冲击性试验的试验件安装应符合 5.4.1.3 的规定。

以炮管中轴线为基准(可通过光测确定)调整试验件冲击位置。冲击位置距空气炮出口端的距离不应小于 3 m 测速装置与冲击位置间距不超过 2.5 m。

F.2.3.5 冲击速度的校准

每次正式试验前,要根据试验要求的冲击体和冲击速度确定试验所需要的压力,并进行实弹射击,如果实弹射击速度与要求速度偏差超过 $\pm 3\%$,则调整气炮压力再次进行实弹射击,直至弹速偏差小于 $\pm 3\%$ 方可进行正式试验。

F.2.3.6 试验程序

试验程序如下:

- a) 检查试验件外观质量,并记录缺陷情况;
- b) 按照 F.2.3.4 的要求安装试验件,检查、调整试验件的安装角度和安装位置,校准预定冲击位置;
- c) 进行风挡玻璃防飞溅性能试验时,将防飞溅测试膜支架放置在试验件后方,距离冲击位置 500 mm,铝箔平面与炮管轴线垂直;
- d) 根据试验的要求,安放速度测量系统和高速摄像系统等,调试、调查所有试验仪器设备的运行状态,确保测量系统可靠运行;
- e) 如果对试验件温度有特别要求,应启动温度控制系统对试验件进行调温工作,当试验件温度达到试验要求时,应立即冲击;
- f) 按照 F.2.2 的要求制作冲击体,记录各部分的重量,将制作好的冲击体装进空气炮;
- g) 对试验件冲击前状态进行拍照,然后开始向压力容器充气,根据弹速校准结果选择充气压力,达到压力值时停止充气,向各观测人员发出准备发射信号,各观测人员确认各自所管测量仪器工作正常,则立即启动空气释放装置发射。

附 录 G
(规范性)
抗软体冲击试验

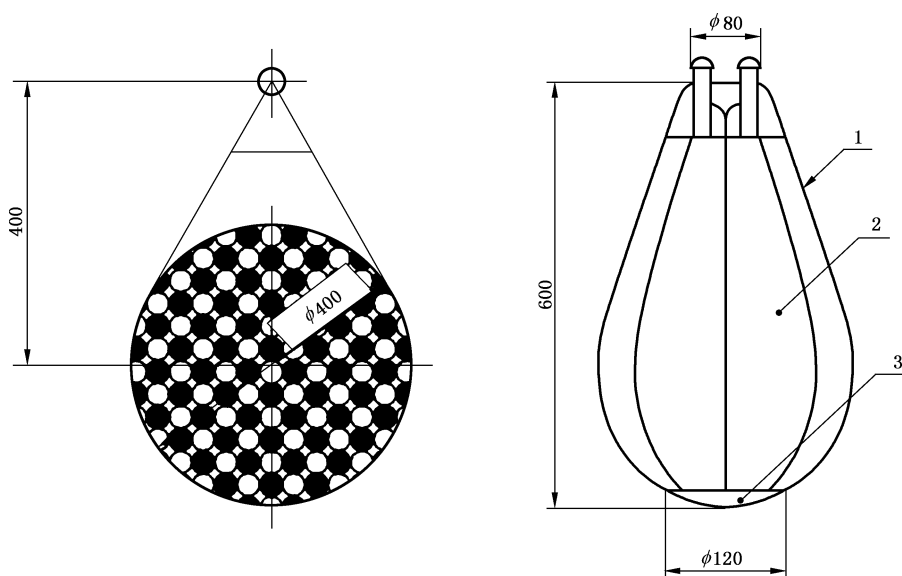
G.1 软体结构及冲击和试样安装要求

用捆扎严实,内填直径 3 mm 的玻璃球总质量 50 kg 的皮革袋作为冲击体,软体由 8 块皮革缝制而成;填充后的皮革袋体应有一个直径 400 mm 的球体,并且包含有距离球体中心高度为 400 mm 的锥体;软体底端有直径 120 mm 的底座以支撑皮革;软体顶端有直径 80 mm 的开口,开口边缘有 4 个等距的圆环用于固定提升圆环。皮革袋的中心轴为一根长度约为 600 mm 的金属杆,皮革袋的表面用 12 mm 宽、0.15 mm 厚的玻璃纤维增强聚酯尼龙带交叉倾斜地卷缠起来,并把表面完全覆盖。软体结构见图 G.1。

软体冲击方式及试样安装见图 G.2。安装试样的支架由 100 mm×100 mm 铝型材组成,试样与型材接触面中间加橡胶板。橡胶板厚度 3 mm、宽度 15 mm,邵尔硬度为 shore A70。用 8 个 M20 的螺栓(或 C 型或 F 型夹)将试样用压板与型材夹紧,螺栓(或 C 型或 F 型夹)的最小扭矩为 30 N·m。

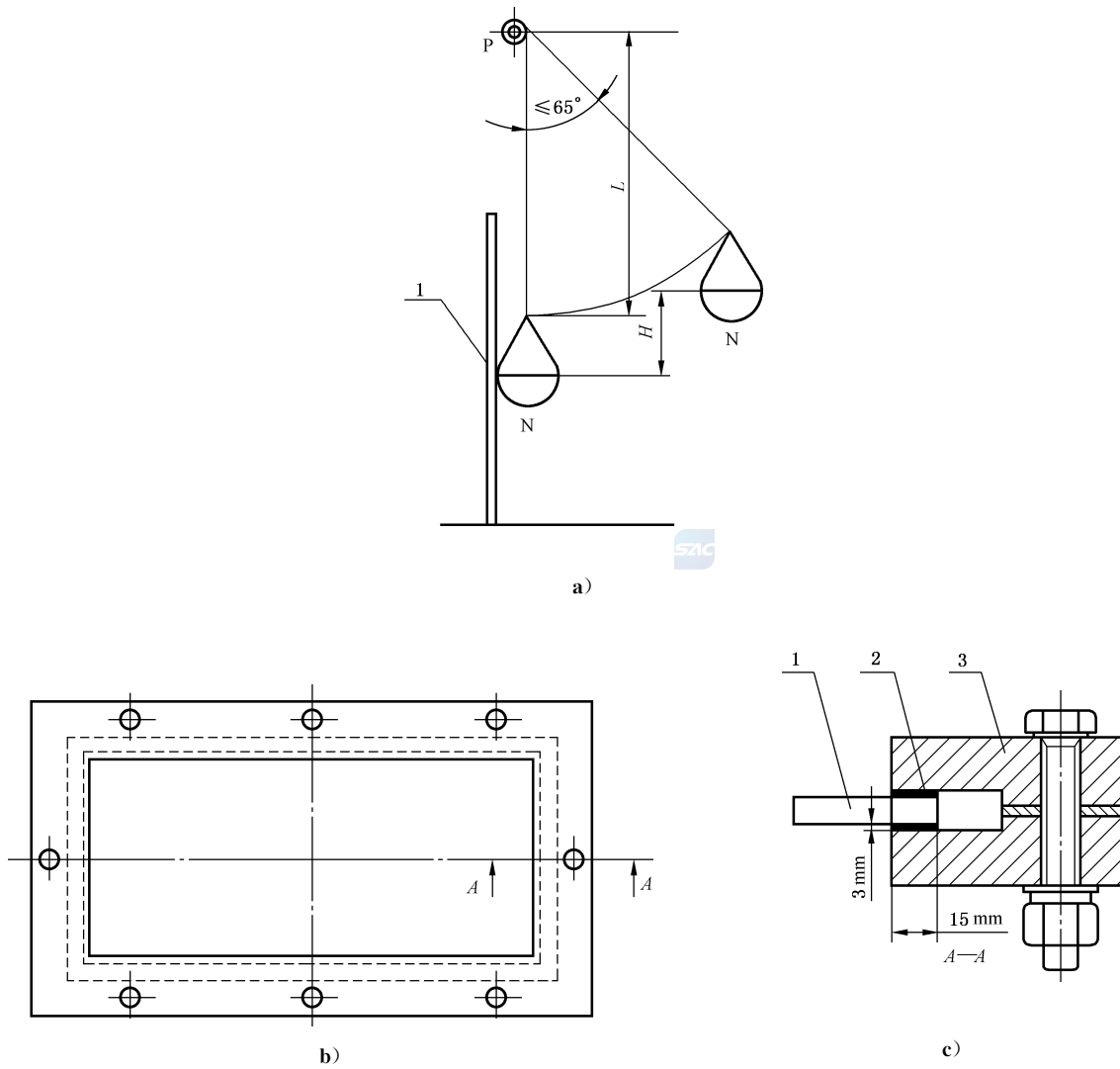
弯曲试样固定方式应尽量与实际安装方式等效。

单位为毫米



- 标引序号说明:
- 1——皮革缝;
 - 2——8 块皮革;
 - 3——皮革底座。

图 G.1 软体示意图



标引说明：

- P —— 滑轮；
- N —— 冲击体；
- H —— 冲击高度；
- L —— 悬挂长度；
- 1 —— 试样；
- 2 —— 橡胶板；
- 3 —— 支撑框。

图 G.2 软体冲击及试样安装示意图

G.2 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 试样应在 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度条件下放置 4 h 后进行试验；
- b) 调整冲击点,软体冲击点应在试样的中心直径 40 mm 范围内；

- c) 如有必要,用合适工具敲碎试样的车外侧玻璃;
 - d) 按图 G.2 规定的方式将软体吊起;
 - e) 待软体稳定后,释放软体进行冲击;
 - f) 每块试样只允许冲击 1 次;
 - g) 检查冲击后试样是否被穿透。
-



