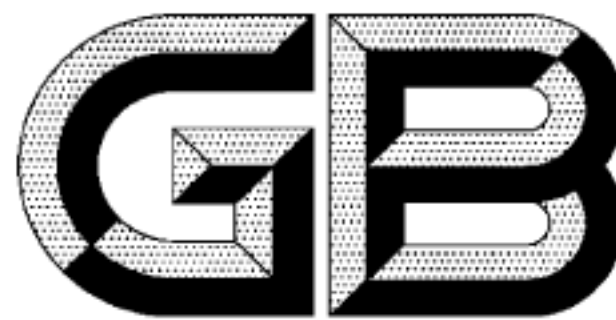




中华人民共和国国家标准

GB/T 35472.4—2017

湿式自动变速箱摩擦元件试验方法 第4部分：高速功率递增试验方法

Test method for friction element of wet automatic transmission—
Part 4: High-speed stepped power test method

2017-12-29 发布

2018-11-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

前 言

GB/T 35472《湿式自动变速箱摩擦元件试验方法》分为以下 7 个部分：

- 第 1 部分：术语和定义；
- 第 2 部分：SZBL 型摩擦试验机使用指南；
- 第 3 部分：低速功率递增试验方法；
- 第 4 部分：高速功率递增试验方法；
- 第 5 部分：耐久性试验方法；
- 第 6 部分：摩擦性能与压力、速度、温度关系试验方法；
- 第 7 部分：带式摩擦试验方法。

本部分为 GB/T 35472 的第 4 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分由中国建筑材料联合会提出。

本部分由全国非金属矿产品及制品标准化技术委员会(SAC/TC 406)归口。

本部分起草单位：临安华龙摩擦材料有限公司、重庆市旺成科技股份有限公司、成都俊马密封科技股份有限公司、咸阳非金属矿研究设计院有限公司、西北工业大学。

本部分主要起草人：朱绵鹏、徐南汉、吴银剑、徐金喜、程静、高冠英、石志刚、傅业伟、杜铭、段亚萍。

湿式自动变速箱摩擦元件试验方法
第 4 部分：高速功率递增试验方法

1 范围

GB/T 35472 的本部分规定了用 SZBL 型摩擦试验机在 6 000 r/min 下进行功率递增试验的试验设备、典型试验条件及参数、试验程序、数据采集和结果报告。
本部分适用于评价湿式摩擦元件随功率等级的变化关系。本部分不适用评价起始摩擦系数或磨合特性。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 35472.1 湿式自动变速箱摩擦元件试验方法 第 1 部分:术语和定义
GB/T 35472.2 湿式自动变速箱摩擦元件试验方法 第 2 部分:SZBL 型摩擦试验机使用指南

3 试验设备

试验设备为带静态接合装置的 SZBL 型摩擦试验机。其性能和精度应符合 GB/T 35472.2 的规定。其惯量的配置应符合表 1 的规定。

表 1 初始转速为 6 000 r/min 时所需的惯量

功率递增等级	总惯量/(kg·m ²)	递增惯量/(kg·m ²)	总能量/kJ
1	0.151	动态电机+A	29.84
2	0.166	0.015	32.69
3	0.180	0.014	35.53
4	0.194	0.014	38.37
5	0.209	0.015	41.21
6	0.223	0.014	44.06
7	0.238	0.015	46.90
8	0.252	0.014	49.73
9	0.266	0.014	52.58
10	0.281	0.015	55.42
11	0.295	0.014	58.27
12	0.310	0.015	61.10
13	0.324	0.014	63.99

4 典型试验条件及参数

- 4.1 试样面积为 56.99 cm² (见附录 A 表 A.1)。
- 4.2 活塞面积为 15 110 mm²。
- 4.3 活塞有效行程为 4.57 mm。
- 4.4 活塞作用力按照规定提供每次接合要求的(0.6±0.03) s 的制动时间。
- 4.5 活塞加压的压力应在 100 ms 内达到设定值并保持稳定。对于最高压力最大过冲量不能超过设定压力的 2%。
- 4.6 活塞回位时应提供 30 kPa~100 kPa 的压强,并在卸压完成后清除加载的压强。
- 4.7 有效惯量范围从最小的有效基础惯量到试验中确定的最大惯量(见表 1)。
- 4.8 动态接合转速为 5 980 r/min~6 000 r/min。
- 4.9 总能量应符合表 1 要求,允许偏差范围为±5%。
- 4.10 静态接合转速为 4.37 r/min。
- 4.11 试验油应符合下列要求:
 - a) 总油量大于或等于 5 L,试验开始前应更换新的试验油;
 - b) 温度为(115±5) °C,如表 A.2 所示,在入口管路处测量;
 - c) 试验油流量为(1.0±0.05) L/min;
 - d) 润滑方式为 GB/T 35472.1 所描述的强制润滑。
- 4.12 离合器摩擦副间隙为(1.14±0.13) mm。
- 4.13 一次动态接合的循环时间为(30±1) s。循环时间应符合下列要求:
 - a) T₁,稳定期为(15±0.5) s;
 - b) T₂,滑行期为 0 s;
 - c) T₃,加压期为(12±0.1) s;
 - d) T₄,等待期为(3±0.5) s;
 - e) T₅,浸润期为(2.5±2.5) s;
 - f) T₆,静态接合期为(2±0.5) s;
 - g) T₇,冷却期为 0 s。
- 4.14 试验按表 A.3 逐级增加功率等级运行,直至摩擦元件完全失效为止。每个等级包含 200 次动态接合试验和一次静态接合试验。在每级试验结束后都应对对偶片和摩擦片进行检查。通过增加有效惯量来依次达到不同的功率等级,制动时间保持在(0.6±0.03) s,接合转速保持在 6 000 r/min。

5 试验程序

5.1 清洗

每次试验前,试验腔和试验油储油罐内应清洗干净,并用规定的试验油冲洗,最后加注试验油到储油罐。

5.2 检查

检查旋转轴密封件,如有老化或密封失效时应进行更换。如果更换旋转轴密封件,也要更换非旋转唇形密封件。

5.3 浸泡

试验前在室温下,将摩擦片在规定的试验油中浸泡不少于 30 min。

5.4 测量和记录

按 5.3 浸泡后,在每级试验前和试验后均应在同一设定位置对每个摩擦片和对偶片进行厚度测量并记录。至少测量 3 个点(圆周等分),这些点被永久标记并用于所有的测量中。记录每个摩擦片和对偶片的厚度平均值。然后求出每级的厚度磨损平均值和累积厚度平均值。

测量用微米千分尺,它的测量头直径不小于 3.2 mm,精度为 0.001 mm。

5.5 标记面

按照摩擦片和对偶片的安装排列顺序,在齿面依次作标记。摩擦片和对偶片在拆卸后重新安装时,应与拆卸前的安装顺序和位置保持一致。所有的标记应能从端面清晰可见。

5.6 安装摩擦元件

首先安装一个与压力板相接触的对偶片。接着安装摩擦片、对偶片,按此顺序安装,直到将全部所需的摩擦元件安装完毕。最后安装的应是对偶片。选择合适厚度的垫片,确保摩擦副间隙在 4.12 规定的范围内。试件形式为 P-R-F-R-F-R-F-R-S-C,其中 P 代表活塞,R 代表对偶片,F 代表摩擦片,S 代表垫片,C 代表端盖。对偶片也可以用作垫片。保证试验腔油孔和摩擦片轴向对准。

5.7 配置惯量

安装惯性轮,达到所需的惯量值。

5.8 加热试验油

安装端盖,开启循环泵和温度加热器,加热试验油,确保试验油和试验腔体内的试验油温度符合 4.11 的要求。

5.9 检查流量和温度

关闭电机,检查试验油温度和流量,应符合 4.11 的要求。

5.10 试验

按照表 A.3 功率等级逐级试验。按下述方式调整活塞作用力,确保制动时间为 (0.6 ± 0.03) s:

- a) 设定压力保持理论计算的下限值,如果制动时间低于 0.55 s,摩擦系统有可能被破坏,试验应终止;
- b) 制动时间应按 4.4 设置,以第 20 次动态接合为准设定试验压力,并在剩下的 180 次循环中压力保持不变。

5.11 检查和记录

每级试验结束后关闭试验台电源。在完成所要求的动态和静态试验后,打开盖板,将摩擦片和对偶片移出,确保摩擦片和对偶片在拆卸后重新安装时,应与拆卸前的安装顺序和位置保持一致。按照 5.4 的方法测量摩擦片和对偶片的厚度。观察对偶片、摩擦片及试验油的状态并记录,必要时可拍照。

6 数据采集

6.1 数据采集频率

每一通道每秒记录 1 000 个样本数据。

6.2 摩擦系数的计算

在每级试验循环中,取第 25 次、第 50 次、第 75 次、第 100 次、第 125 次、第 150 次、第 175 次、第 200 次动态接合的试验数据计算如下动摩擦系数:

- a) 平均动摩擦系数: $\mu_{d,Avg}$;
 - b) 中点动摩擦系数: $50\% \mu_d$;
 - c) 末端动摩擦系数: $\leq 100\text{ ms} \mu_{d,Max}$ (基于原始数据中的单点值)。
- 200 次动态接合后测量静摩擦系数: $1.0 \mu_{s,4.37}$ 。

6.3 数据处理

数据是在指定时间和速度下求平均。计算中点动摩擦系数平均值采用数据点 $\pm 80\text{ ms}$ 范围内的数据进行计算,对于 1 000 Hz 采样速率,平均值的计算是基于 161 个数据点。末端摩擦系数是最后 100 ms 测量接合过程中的扭矩的最大值计算得到。

7 结果报告

7.1 数据表

数据表包含了摩擦片、对偶片、试验油等信息,以及每个等级的平均动摩擦系数、平均厚度磨损量和计算得出的末端动摩擦系数与中点动摩擦系数比值(E/M)。详见附录 A 和附录 B 表 B.1。

7.2 试验曲线

在报告中需要 3 种曲线来表述试验结果:

- a) 平均动摩擦系数;
- b) 中点动摩擦系数曲线和每个等级的平均厚度磨损量;
- c) E/M 比值及静摩擦系数曲线。

3 种曲线的示例详见图 B.1 和图 B.2。

如果系统没有完成 200 次动态接合和静态接合试验,此阶段试验数据不被记录。只有成功完成了该阶段试验才记录此阶段试验数据。出现摩擦片变形、弯曲或摩擦系统完全破坏则判定为失效(在失效发生的阶段只记录循环次数)。

7.3 可选数据

提供每个等级的第 50 次和第 200 次动态接合的瞬时曲线图。附录 B 提供了这种可选数据的示例。

附 录 A
(规范性附录)

6 000 r/min 功率递增试验基础信息表

试验项目:6 000 r/min 高速功率递增试验 试验编号:ZZZZ 试验日期:××××-××-××
试验方法:GB/T 35472.4—2017 试验设备:SZBL 型摩擦试验机

表 A.1 试验零件信息表

摩擦片详况	数据
摩擦材料类型	×××
摩擦片批号	×××
外径	(13,6±0,02)cm
内径	(10,6±0,02)cm
有效半径	0,060 8 m
单面总面积	56,99 cm ²
厚度	(0,160±0,007)cm
单面净面积比率	74,73%
单面净面积	42,59 cm ²
摩擦片数量	3 片
摩擦面数	6 面
总摩擦面积	341,9 cm ²
总净摩擦面积	255,5 cm ²
对偶片详况	数据
齿数	26 个
外径	13,90 cm
内径	10,55 cm
面积/单面	64,297 cm ²
厚度	0,180 cm
体积	11,573 cm ³
硬度:HV	≥170
对偶片数量	4 片
排列组合:见 5.6	P-R-F-R-F-R-F-R-S-C
表面粗糙度	0,41 μm
离合器摩擦副间隙	(1,14±0,13)mm
单面间隙	(0,19±0,02)mm

表 A.2 一般配置信息表

活塞面积	151.1 cm ²
试验油类型	按照要求
试验油批号	××××
试验油流量	1.0 L/min
单位面积流量	0.018 8 L/(min • cm ²)
试验油量	6 L
试验油温度	115 ℃
供油口	试验端部中心
试验油回油位置	5 点钟、6 点钟、7 点钟方向
循环时间	30 s
稳定及滑行时间	15 s
压力期	12 s
静态循环类型	静态接合
浸润期	2.5 s
静态转速	4.37 r/min
厚度测量	每级开始和结束

数据记录：

- 1. 每秒 1 000 个点；
- 2. 数据求平均的时间间隔 $T \pm 0.080$ s；
- 3. 每第 25 次循环记录数据。

试验测量结果和报告：

- 1. 平均动摩擦系数： $\mu_{d, Avg}$ ；
- 2. 中点动态系数： $50\% \mu_d$ ；
- 3. 末端动态系数： <100 ms $\mu_{d, Max}$ ；
- 4. 静摩擦系数： $\mu_{s, Max, 4.37}$ 。

表 A.3 试验参数表

功率等级	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13
假定摩擦系数:0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160
惯量/kg·m ²	0.151	0.166	0.180	0.194	0.209	0.223	0.238	0.252	0.266	0.281	0.295	0.310	0.324
转速/(r/min)	6 000	6 000	6 000	6 000	6 000	6 000	6 000	6 000	6 000	6 000	0.31	6 000	6 000
初始滑动速度/(m/s)	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0	0.324	42.0	42.0
总能量/kJ	29.84	32.69	35.53	38.37	41.21	44.06	46.90	49.73	52.58	55.42	58.27	61.10	63.99
单位面积能量/(kJ/cm ²)	0.087	0.096	0.104	0.112	0.121	0.129	0.137	0.145	0.154	0.162	0.170	0.179	0.187
扭矩/Nm	113.79	125.10	135.65	146.20	157.50	168.05	179.36	189.91	200.46	211.76	222.31	233.62	244.17
要求制动时间/s	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600
平均功率/kW	49.73	54.48	59.22	63.95	68.68	73.43	78.17	82.88	87.63	92.37	97.12	101.83	106.65
单位面积功率/(kW/cm ²)	0.145	0.160	0.173	0.187	0.202	0.215	0.228	0.242	0.257	0.270	0.283	0.298	0.312
活塞压强/kPa	117.1	128.7	139.6	150.4	162.1	172.9	184.6	195.4	206.3	217.9	228.7	240.4	251.2
活塞作用力/N	1 769.1	1 945.0	2 109.0	2 273.0	2 448.7	2 612.7	2 788.6	2 952.6	3 116.6	3 292.3	3 456.3	3 632.2	3 796.2
摩擦总面压/kPa	310.4	341.3	370.1	398.8	429.7	458.4	489.3	518.1	546.9	577.7	606.5	637.3	666.1
摩擦净面压/kPa	415.3	456.7	495.2	533.6	575.0	613.4	654.7	693.3	731.8	772.9	811.6	852.8	415.3
每级循环数	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
动摩擦系数记录点	每第 25 次循环	每第 25 次循环	每第 25 次循环	每第 25 次循环	每第 25 次循环	每第 25 次循环	每第 25 次循环	每第 25 次循环	每第 25 次循环	每第 25 次循环	每第 25 次循环	每第 25 次循环	每第 25 次循环
静态接合试验点	每第 200 次循环	每第 200 次循环	每第 200 次循环	每第 200 次循环	每第 200 次循环	每第 200 次循环	每第 200 次循环	每第 200 次循环	每第 200 次循环	每第 200 次循环	每第 200 次循环	每第 200 次循环	每第 200 次循环
注：假定摩擦系数只用于功率、压力和材料压强的理论计算，只有在摩擦系数为 0.160 时才准确。在 4.4 和 5.10 中要求的 0.6 s 制动时间，在第 20 次循环后不能低于 0.55 s。由假定摩擦系数 0.160 计算出的作用力，初始制动时间要大于 0.55 s。													

单位为毫米

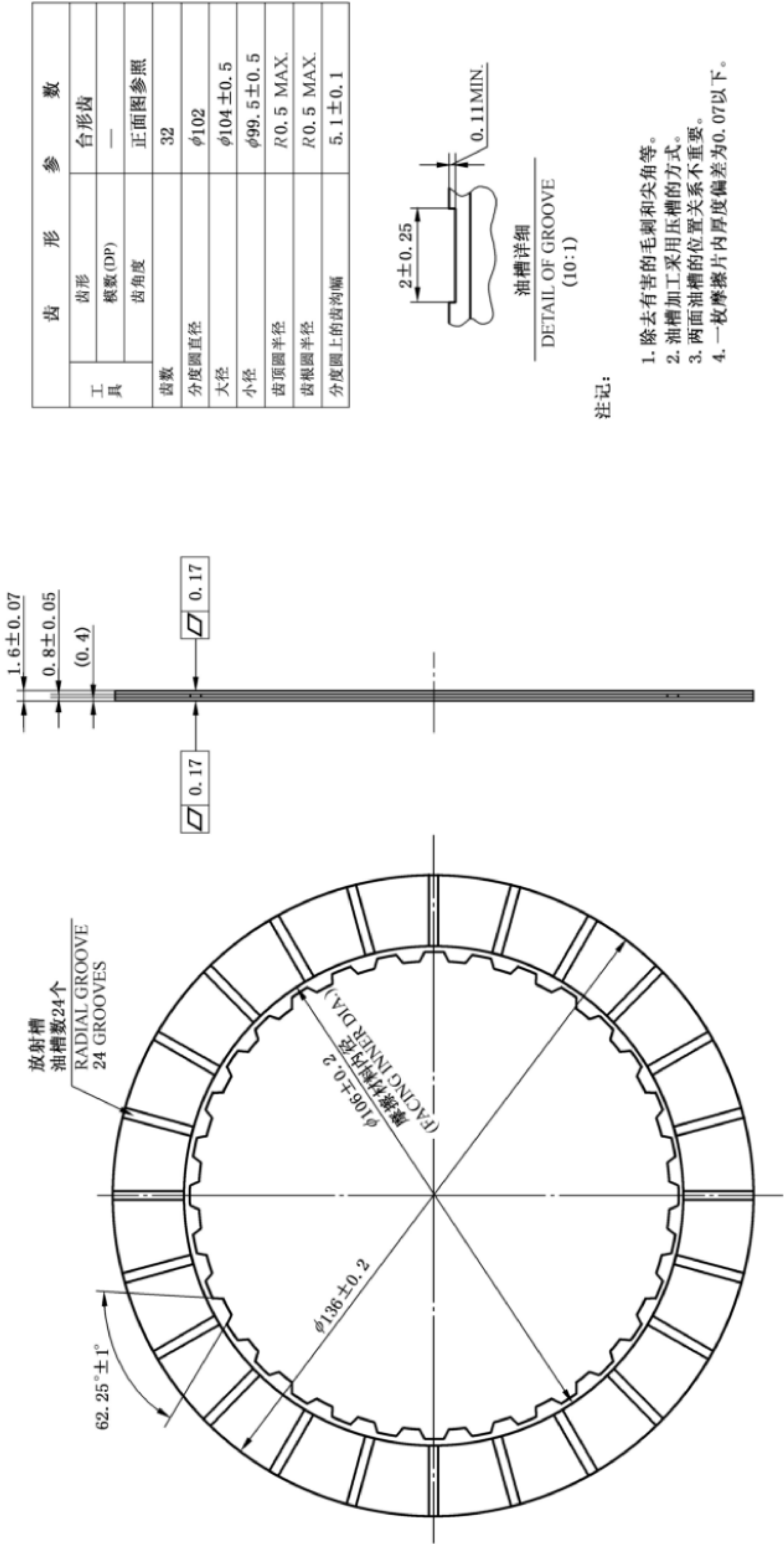
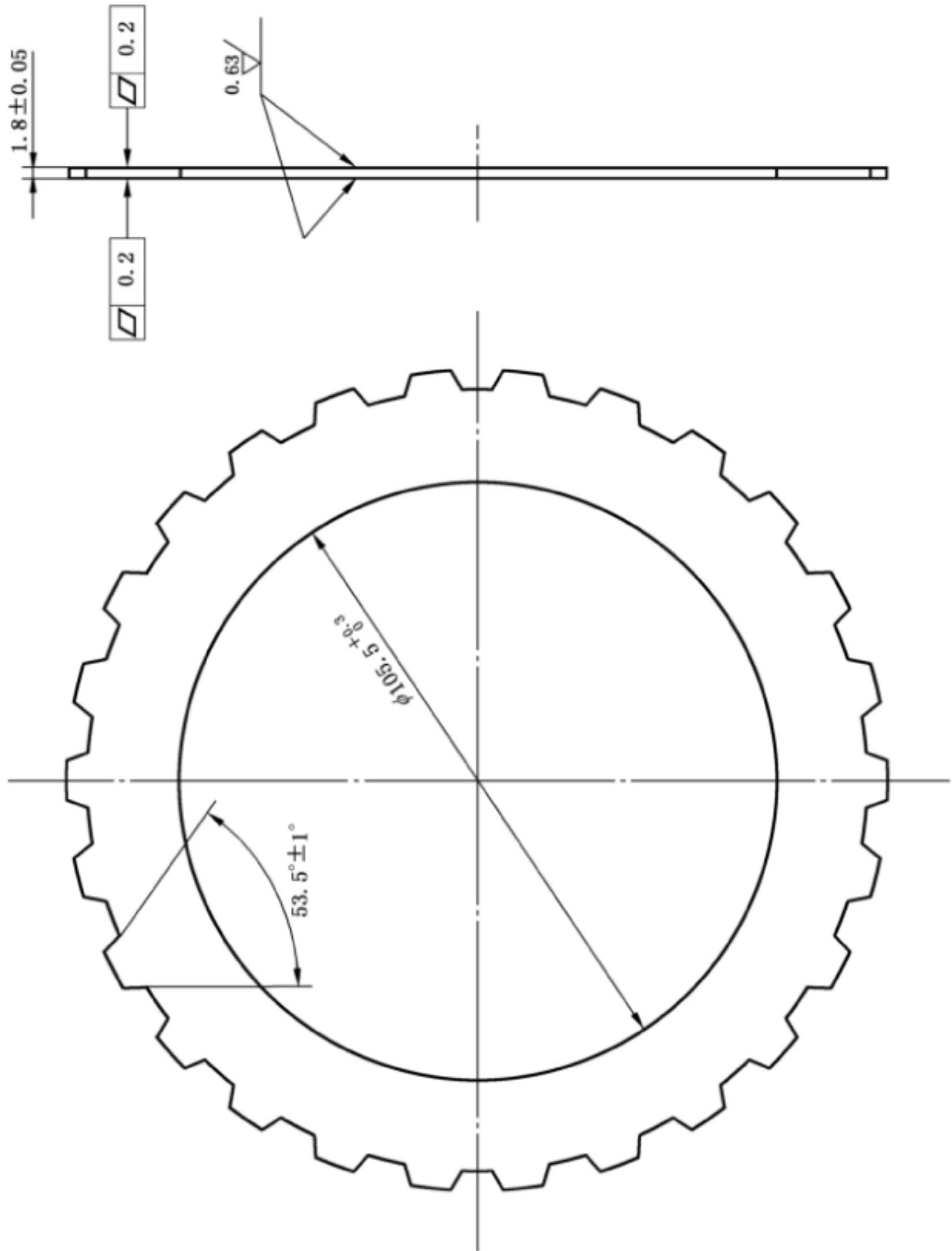


图 A.1 标准摩擦片尺寸及要求

单位为毫米



齿形参数	
齿形	台形齿
模数 (DP)	—
齿角度	正面图参照
齿数	26
分度圆直径	$\phi 142$
大径	$\phi 145 \pm 0.5$
小径	$\phi 139 \pm 0.5$
分度圆上的齿厚	9.03 ± 0.1

- 注记:
1. 除去有害的毛刺和尖角等。
 2. 一枚钢片内厚度偏差为0.07以下。
 3. 涂防锈油。

图 A.2 对偶片尺寸及要求

附 录 B
(资料性附录)

6 000 r/min 功率递增试验结果报告示例

表 B.1 SZBL2000 型试验机 6 000 r/min 功率递增试验数据表

试验编号：Energ6000 摩擦材料类型： 对偶片：
摩擦材料批号： 试验油： 试验油批号：

总循环数	试验等级	周期	中点动摩擦系数	B/M	静摩擦系数	磨损量/mm 平均厚度/片		平均动摩擦系数	备注
						材料	对偶		
50	1	25	0.139	0.991				0.131	
200	1	200	0.135	0.990	0.133	0.029	0.000	0.127	
250	2	50	0.132	0.985				0.124	
400	2	200	0.136	0.991	0.117	0.012	0.002	0.127	
450	3	50	0.133	0.981				0.125	
600	3	200	0.132	0.986	0.118	0.014	—0.001	0.125	
650	4	50	0.127	0.972				0.120	
800	4	200	0.130	0.977	0.122	0.008	0.001	0.124	
850	5	50	0.128	0.971				0.121	
1 000	5	200	0.129	0.974	0.124	0.005	0.001	0.122	
1 050	6	50	0.122	0.984				0.115	
1 200	6	200	0.123	0.990	0.129	0.037	0.000	0.117	
1 250	7	50	0.119	1.000				0.112	
1 400	7	200	0.120	1.009	0.111	0.057	0.000	0.113	
1 450	8	50	0.117	1.008				0.110	
1 600	8	200	0.109	1.044	0.000	0.000	0.000	0.103	
1 650	9	50							
1 800	9	200							
1 850	10	50							
2 000	10	200							
2 050	11	50							
2 200	11	200							
2 250	12	50							

表 B.1（续）

试验编号：Energ6000

摩擦材料类型：

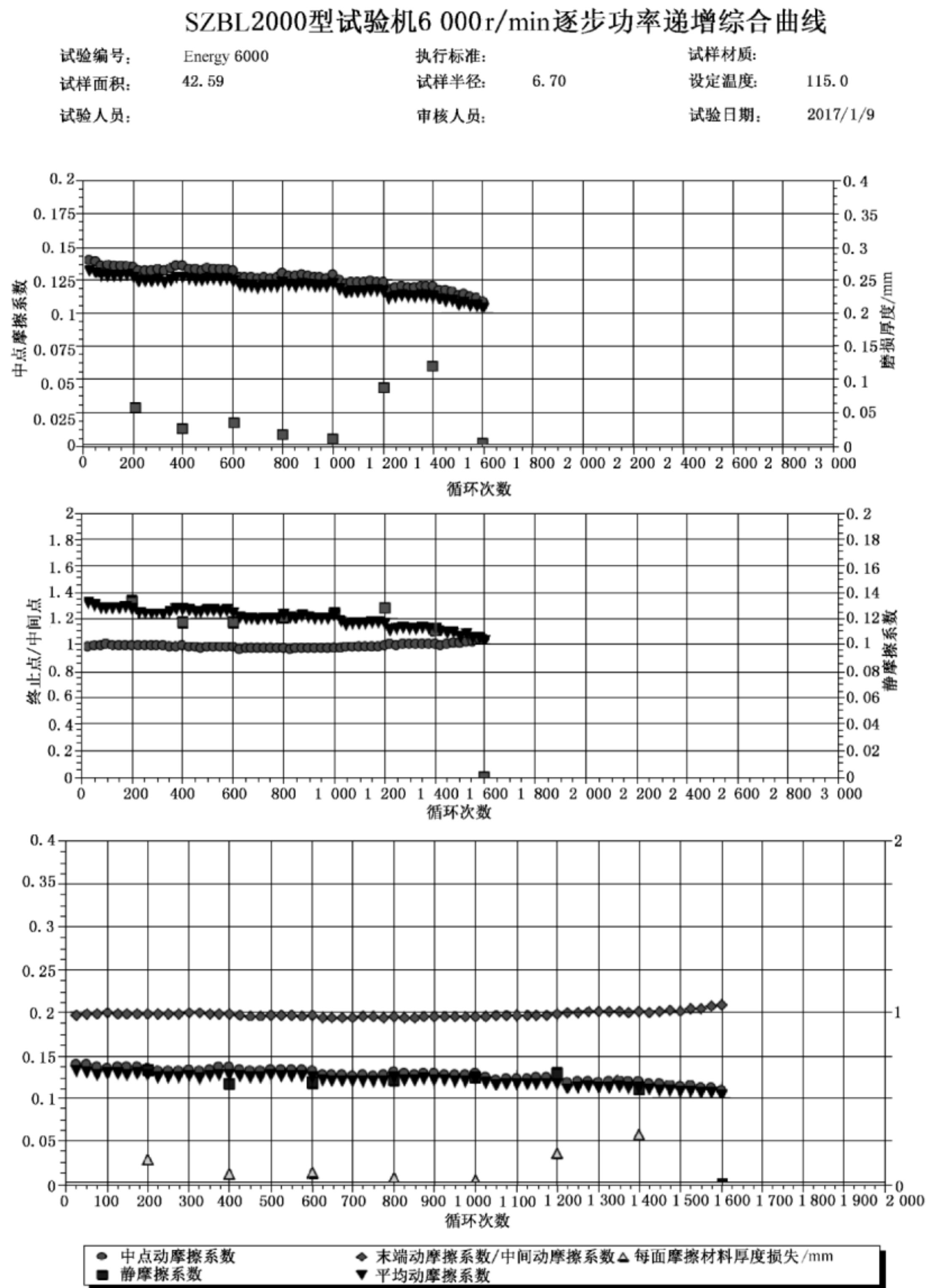
对偶片：

摩擦材料批号：

试验油：

试验油批号：

总循环数	试验等级	周期	中点动摩擦系数	<i>B/M</i>	静摩擦系数	磨损量/mm 平均厚度/片		平均动摩擦系数	备注
						材料	对偶		
2 400	12	200							
2 450	13	50							
2 600	13	200							
2 650	14	50							
2 800	14	200							
2 850	15	50							
3 000	15	200							



SZBL2000型试验机6 000r/min逐步能量等级瞬时曲线

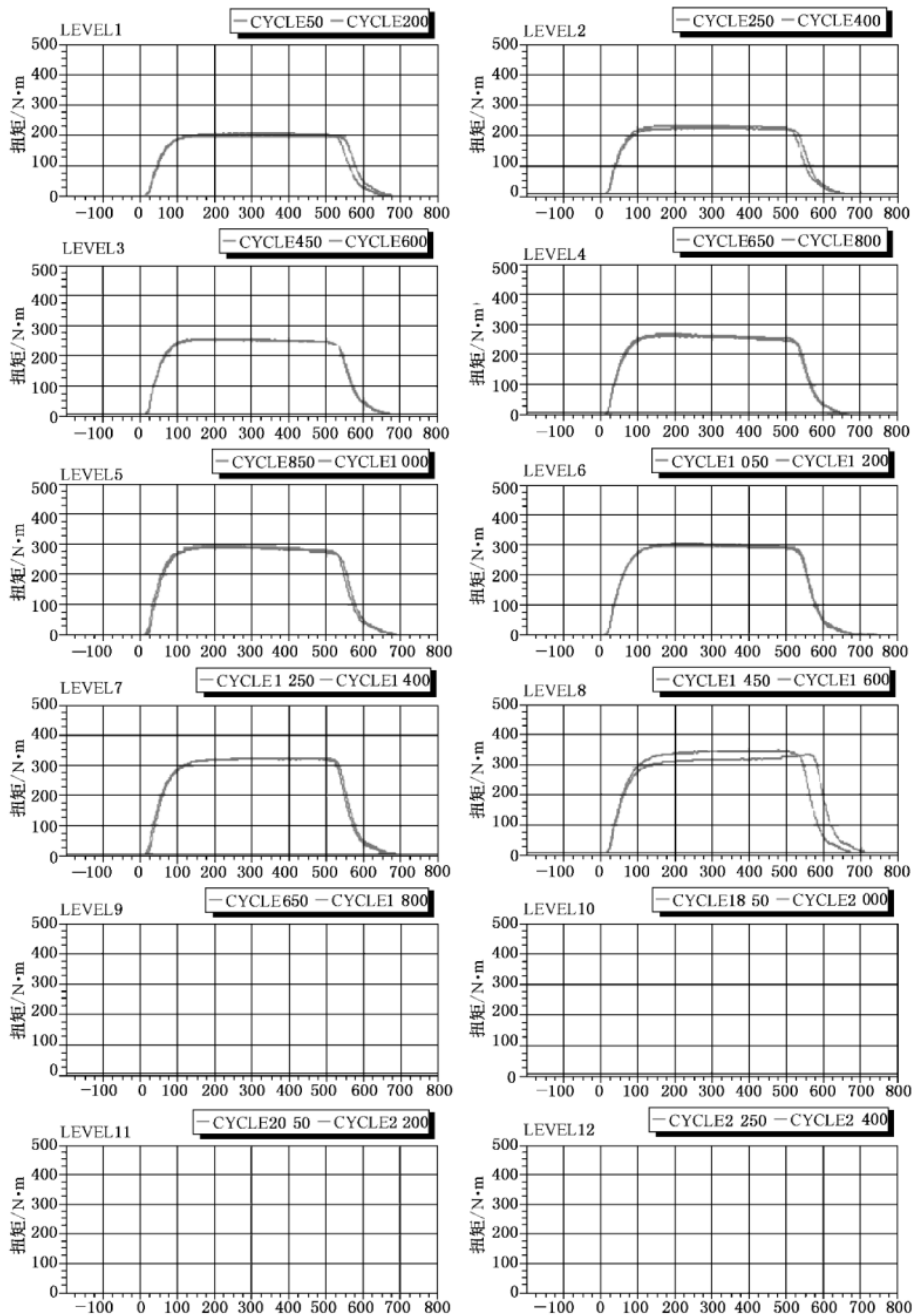


图 B.2 SZBL2000 型试验机 6 000 r/min 功率递增试验瞬时曲线图

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
湿式自动变速箱摩擦元件试验方法
第 4 部分：高速功率递增试验方法
GB/T 35472.4—2017

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址：www.spc.org.cn

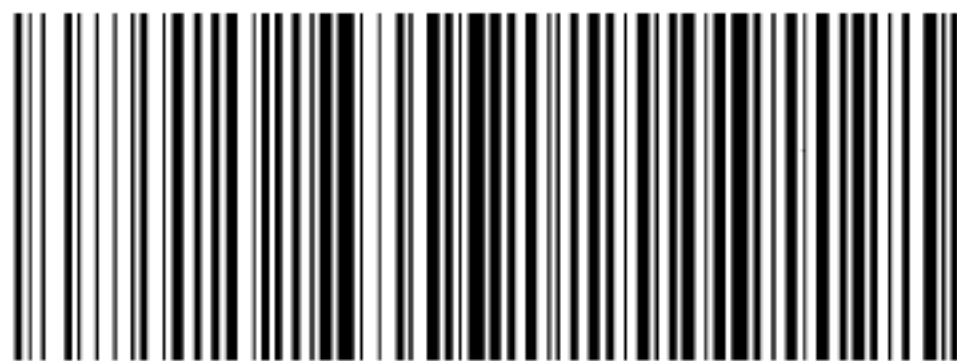
服务热线：400-168-0010

2017 年 12 月第一版

*

书号：155066 · 1-59449

版权专有 侵权必究



GB/T 35472.4—2017