

《密封唇口为聚四氟乙烯材料的旋转轴唇形密封圈（T/CRIA XXXX—XXXX）》

编制说明

1 项目背景

PTFE 材料具有化学稳定性好，能耐强酸、强碱、强氧化剂、还原剂和各种有机溶剂；热稳定性好，能在 $-200^{\circ}\text{C}\sim+300^{\circ}\text{C}$ 温度下正常工作；具有较低的摩擦特性。因此唇口为 PTFE 材料的密封圈具有耐介质好、耐高低温、耐高速，能满足高速低摩擦的密封要求。PTFE 密封圈在化学工业、航空航天领域和工程机械设备等领域有着广泛的应用，特别是当今随着新能源汽车、人工智能技术的快速发展，PTFE 密封圈的应用要求越来越高，用量也越来越大，与十年前相比，PTFE 密封圈占旋转轴唇形密封圈总量的比列，从 15%左右上升到现在的 25%左右。

密封唇口为 PTFE 材料的旋转轴唇形密封圈是密封元件为热塑性材料的旋转轴唇形密封圈的一部分，也是旋转轴密封圈的发展方向。PTFE 唇形密封圈从上世纪 70 年代开始，共经历了五个发展历程。目前是唇口内壁加工有回油槽的流体动力型密封圈的第五代产品，它是利用回油槽的作用，轴表面的一层油膜受到回油槽的向内推力，从而阻止油膜向外渗漏。

目前的密封元件为热塑性材料的旋转轴唇形密封圈的标准有 GB/T 21283.1—GB/T 21283.6 系列标准，虽然涵盖了 PTFE 材质的密封圈，但通过十几年实施，PTFE 材质的密封圈在密封方面存在一些不足，如在高速下的耐磨性不佳，能量消耗大。原标准中唇口回流纹没有具体体现，特别在新能源汽车高转速下影响使用，不符合整个行业的发展趋势，因此进一步规范 PTFE 材质的旋转轴密封圈产品标准，提高产品质量势在必行。

2 任务来源

中国橡胶工业协会〔2022〕82 号《关于同意 2022 年下半年中国橡胶工业协会团体标准立项的通知》，《密封唇口为聚四氟乙烯材料的旋转轴唇形密封圈》已通过中橡协组织的立项评审，同意立项，标准计划编制时间为 2022 年 11 月—2023 年 12 月。

3 标准制定工作概况

3.1 标准制定相关单位及人员

(1) 本标准提出和归口单位：中国橡胶工业协会。

(2) 本标准第一起草单位：浙江省上虞油封制造有限公司。

(3) 本标准其他参与起草单位：浙江固耐橡塑科技有限公司、西安欧德橡塑技术有限公司、万新（厦门）新材料有限公司、成都盛帮密封件股份有限公司、广东贝洛新材料科技有限公司。

(4) 本标准起草人为：方岳权、任伟杰、施明烁、王昌盛、张炜、罗凯、兰加水、钟伟、王林、张晓凡、苏会敏、姚芳伟、宋岩、赵甲子、黄顺道。

3.2 主要工作过程

3.2.1 标准申请和立项

(1) 依据《中国橡胶工业协会标准管理办法》，浙江省上虞油封制造有限公司向中橡协橡胶制品分会提出申请制定《密封唇口为聚四氟乙烯材料的旋转轴唇形密封圈》团体标准，并提交该标准的编制建议书和标准草案。

(2) 2022 年 10 月 27 日，中国橡胶工业协会召开了“团体标准立项论证会（线上会议），行业专家评审标准。

(3) 2022 年 11 月 4 日，中国橡胶工业协会发文：中橡协〔2022〕82 号《关于同意 2022 年下半年中国橡胶工业协会团体标准立项的通知》，《密封唇口为聚四氟乙烯材料的旋转轴唇形密封圈》已通过中橡协组织的立项评审。

3.2.2 标准文本编写

(1) 依据中橡协团体标准编制的有关规定，2022 年 11 月 4 日，橡胶制品分会发中橡协制字〔2022〕82 号《关于同意 2022 年下半年中国橡胶工业协会团体标准立项的通知》其中的《密封唇口为聚四氟乙烯材料的旋转轴唇形密封圈》，通过中橡协组织的立项评审。

(2) 2023 年 4 月 20-22 日，橡胶制品分会在安徽桐城召开《密封唇口为聚四氟乙烯材料的旋转轴唇形密封圈》团体标准编制首次会议，成立了标准编制组、制定标准编制工作计划，浙江省上虞油封制造有限公司汇报了标准编制的有关情况，标准编制组讨论《密封唇口为聚四氟乙烯材料的旋转轴唇形密封圈》团标的初稿。

(3) 标准编制组对首次会议的专家意见进行了归纳整理,2023 年 6 月 12 日向中橡协橡胶制品分会递交《密封唇口为聚四氟乙烯材料的旋转轴唇形密封圈（征求意见稿）》。

(4) 2023 年 7 月 15 日,橡胶制品分会发中橡协制字(2023)18 号《关于下发《密封唇口为聚四氟乙烯材料的旋转轴唇形密封圈》标准征求意见稿的通知》,通过网站及电子邮件形式向行业进行标准意见的征集工作。

(5) 2023 年 10 月 22-24 日,橡胶制品分会在浙江上虞召开了《密封唇口为聚四氟乙烯材料的旋转轴唇形密封圈》团体标准编制第二次会议,对标准征求意见稿进行汇总、整理,修改,形成《密封唇口为聚四氟乙烯材料的旋转轴唇形密封圈（送审稿）》。

3.2.3 征求意见和反馈意见处理

2023 年 7 月 15 日,标准征求意见稿以及附件资料通过网站向行业进行意见的征集工作,并通过电子邮件形式发送至标准起草单位进行意见征集。截止 2023 年 10 月 11 日,共收到 10 个单位的反馈意见,其中有 10 个单位提出建议或意见 31 条。橡胶制品分会对所有反馈意见进行比较、分类、复核、汇总,通过征求专家意见、电话拜访产品用户,逐条答复,见附件 5:中橡协《密封唇口为聚四氟乙烯材料的旋转轴唇形密封圈》征求意见汇总处理表。

最后,依据相关方反馈意见,进一步优化完善标准文本,形成了《密封唇口为聚四氟乙烯材料的旋转轴唇形密封圈（送审稿）》。

3.2.4 标准审查

2024 年 5 月,完成标准送审稿的审查,根据专家审查意见,修改完善后报批。

4 标准编制原则、主要内容及确定依据

4.1 编制原则

在前期调研中,与该项目相关的国外及国内标准有 ISO 16589《Rotary shaft lip-type seals incorporating thermoplastic sealing elements》和 GB/T 21283.1-GB/T 21283.6 系列标准,这些相关标准主要规定了产品的基本结构、材料的一般性能及通用实验方法,未对密封唇口的结构及材料做全面的规范。本项目根据国内已有研制和生产使用的经验,积累了足够的试验数据。标准编制遵循“面向市场、先进开放、协调

一致”的原则，注重标准的可操作性，按照 GB/T1.1—2020《标准化工作导则 第一部分：标准的结构和编写规则》规则起草。

4.2 适用范围和技术内容

本标准按照中橡协团体标准的定位和要求制定，针对唇口为 PTFE 材料的旋转轴唇形密封圈的特点，分析产品材料、结构、过程控制等关键因素，制定本标准要求。标准规定了密封唇口为聚四氟乙烯材料的旋转轴唇形密封圈的结构、要求、试验方法、检验规则及贮存、搬运和安装。依据材料及用户使用环境修改了低温性能检测方法，并根据产品实际要求，扩大了密封圈用弹性体包覆材料的种类，增补 PTFE 材质摩擦系数和质量磨损要求，提出了产品 PTFE 唇片预紧载荷检测，完善了 PTFE 材料的旋转轴唇形密封圈的评价体系，满足了产品实际要求。

4.3 主要内容确定依据

4.3.1 型号和基本参数确定

本标准主要以标准编制单位生产数据为基础，结合 GB/T 21283 和 GB/T 13871.6 等其他标准，制定了唇口为 PTFE 材料的旋转轴唇形密封圈产品的型号及技术指标。

4.3.2 主要技术要求及指标研究

本标准的主要技术要求有 PTFE 的材料性能、弹性材料的种类与性能和 PTFE 唇片的预紧载荷。

PTFE 材料的性能，除摩擦系数和质量磨损外，其它性能指标按 GB/T 21283.6 的规定。对 PTFE 材料的性能要求，本公司的验证数据见表 1

表 1 PTFE 材料的性能验证试验结果

序号	性能测试项目	单位	团标指标	验证数据					
1	密度	g/cm ³	2.10~2.30	2.18	2.20	2.23	2.21	2.19	2.20
2	硬度	邵尔 D	50~70	60.5	61.8	61.2	61.6	60.8	61.4
3	拉伸强度	MPa	≥18	26	23	26	24	25	23
4	断裂拉伸应变	%	≥200	289	262	283	272	281	248
5	摩擦系数		≤0.2	0.18	0.18	0.17	0.18	0.17	0.16

6	质量磨损	g	≤0.006	0.004	0.003	0.004	0.003	0.004	0.004
---	------	---	--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

弹性材料的种类有 6 种：参照 GB/T 21283.6 的 5 种和氟橡胶材料。

弹性材料的性能中，GB/T 21283.6 中以脆性温度作为低温衡量要求，考虑到弹性体实际能使用的低温环境，用低温回缩 TR10 来衡量更合适。本标准中的弹性体材料与 GB/T 13871.6 《密封元件为弹性体材料的旋转轴唇形密封圈 第 6 部分：弹性体材料规范》类似，所以本标准中，A 类以丁腈橡胶为基的材料中，性能完全采用 GB/T 13871.6 中丁腈橡胶硬度级别 70A、70 和 80 的性能；B 类以丙烯酸酯橡胶为基的材料和 C 类以硅橡胶为基的材料性能完全采用 GB/T 13871.6 中丙烯酸酯橡胶硬度级别 70 和硅橡胶硬度级别 70 的性能。这 5 种材料是完全采用现行标准，所以材料性能不做验证。D 类以乙烯丙烯酸酯橡胶为基的材料在 GB/T 13871.6 中没有要求，考虑到该材料已经逐渐在市场上应用，在 GB/T 21283.6 中也有要求，在本标准中对材料和性能作为要求，列入本标准中。E 类以氢化丁腈橡胶为基的材料，在 GB/T 13871.6 中，氢化丁腈橡胶硬度级别 70 的性能中，压缩永久变形要求偏低，氢化丁腈的压缩永久变形，根据适当的配合，完全可以达到 40%以内，其它性能采用 GB/T 13871.6 中氢化丁腈橡胶硬度级别 70 的性能。F 类以氟橡胶为基的材料，由于氟橡胶不同的分子结构有不同的品种，低温回缩 TR10 有很大不同，考虑到用户使用环境不同，会选择不同品种的氟橡胶，对低温会有不同要求，综合考虑，我们确定氟橡胶的 TR10 为-6℃。对 D 类、E 类、F 类弹性体材料的性能验证见表 2、表 3、表 4。

表 2 D 类弹性材料的性能验证试验结果

序号	性能测试项目	单位	团标指标	验证数据					
1	硬度	邵尔 A	66~75	71	70	70	71	69	70
2	拉伸强度	MPa	≥ 12	13.8	14.2	15.4	13.8	13.9	13.3
3	拉断伸长率	%	≥200	262	281	278	267	256	278
4	压缩永久变形, 150℃, 72h	%	≤35	27	26	28	27	26	28
5	热空气老化, 150℃, 72h								
	硬度	邵尔 A		72	72	71	73	72	73
	拉伸强度	MPa		13.3	13.5	14.6	12.9	13.1	12.6
	拉断伸长率	%		239	254	269	246	229	251
	硬度变化	邵尔 A	±10	+1	+2	+1	+2	+3	+3
	拉伸强度变化率	%	≤-30	-3.6	-4.9	-5.2	-6.5	-5.8	-5.3

	拉断伸长率变化率	%	≤-30	-8.8	-9.6	-3.2	-7.9	-10.5	-9.7
6	耐 ASTM NO.1, 150℃, 72h								
	硬度变化	邵尔 A	-5~+5	-2	-1	0	-3	-2	-2
	体积变化率	%	-5~+5	+1.4	+1.3	+0.8	+1.6	+1.7	+1.6
7	耐 IRM 903, 150℃, 72h								
	硬度变化	邵尔 A	-20~0	-18	-17	-19	-16	-17	-18
	体积变化率	%	0~+40	+34.5	+32.1	+37.2	+31.6	+34.3	+36.8
8	温度回缩 TR10	℃	≤-25	-27.3	-26.9	-27.1	-27.4	-26.8	-26.6

表 3 E 类弹性材料的性能验证试验结果

序号	性能测试项目	单位	团标指标	验证数据					
1	硬度	邵尔 A	66~75	71	69	70	72	70	71
2	拉伸强度	MPa	≥ 15	17.8	18.6	19.3	18.6	19.1	18.3
3	拉断伸长率	%	≥200	296	312	276	278	264	257
4	压缩永久变形, 150℃, 72h	%	≤40	31	27	28	26	28	29
5	热空气老化, 150℃, 72h								
	硬度	邵尔 A		75	74	76	76	75	75
	拉伸强度	MPa		17.4	18.8	19.1	18.3	18.7	18.6
	拉断伸长率	%		287	291	272	255	251	248
	硬度变化	邵尔 A	-5~+10	+4	+5	+6	+4	+5	+4
	拉伸强度变化率	%	≤-25	-2.2	+1.1	-1.0	-1.6	-2.1	+1.6
	拉断伸长率变化率	%	≤-30	-3.0	-6.7	-1.4	-8.3	-4.9	-3.5
6	耐 ASTM NO.1, 150℃, 72h								
	硬度变化	邵尔 A	-5~+10	+1	-1	-1	-2	-1	-2
	体积变化率	%	-8~+6	+1.0	-2.7	-2.5	-3.2	-2.3	-2.8
7	耐 IRM 903, 150℃, 72h								
	硬度变化	邵尔 A	-15~+5	-8	-11	-9	-10	-7	-12

	体积变化率	%	0~+25	+17.1	+16.9	+16.4	+15.8	+18.2	+17.3
8	温度回缩 TR10	℃	≤-15	-22.1	-21.2	-21.8	-22.3	-21.8	-22.4

表 4 F 类弹性材料的性能验证试验结果

序号	性能测试项目	单位	团标指标	验证数据					
1	硬度	邵尔 A	66~75	70	72	71	72	73	70
2	拉伸强度	MPa	≥ 10	11.8	12.2	12.3	12.4	11.9	12.1
3	拉断伸长率	%	≥200	238	243	251	236	224	247
4	压缩永久变形, 200℃, 72h	%	≤40	28	25	+29	29	24	28
5	热空气老化, 200℃, 72h								
	硬度	邵尔 A		71	73	73	74	74	71
	拉伸强度	MPa		12.1	12.5	12.7	12.8	12.3	12.6
	拉断伸长率	%		221	235	246	225	221	228
	硬度变化	邵尔 A	0~+10	+1	+1	+2	+2	+1	+1
	拉伸强度变化率	%	≤-20	+2.5	+2.5	+3.3	+3.2	+3.4	+4.1
	拉断伸长率变化率	%	≤-30	-7.1	-3.3	-2.0	-4.7	-1.3	-7.7
6	耐 ASTM NO.1, 150℃, 72h								
	硬度变化	邵尔 A	-5~+5	0	-1	-1	-1	0	0
	体积变化率	%	-3~+5	+0.7	+0.38	+0.45	+0.50	+0.47	+0.36
7	耐 IRM 903, 150℃, 72h								
	硬度变化	邵尔 A	-5~+5	-1	-2	-1	0	-1	-1
	体积变化率	%	0~+8	+2.81	+1.93	+1.65	+1.85	+2.42	+2.71
8	温度回缩 TR10	℃	≤-6	-17.2	-17.1	-16.9	-17.1	-17.2	-17.3

表中的 ASTM NO.1 油为 GB/T 1690-2010 参考油中的一种低膨胀油, IRM 903 油为 GB/T 1690-2010 参考油中的一种高膨胀油, 这 2 种油的性能参照 GB/T 1690-2010 中的参考要求。表中的温度回缩是将试样在室温下拉伸到规定的长度后, 迅速将其冷冻, 使其失去弹性 (除去拉伸力后, 试样不发生回缩), 然后以均匀的速度升高温度, 由于弹性恢复, 试样发生回缩, 记录温度与试样的对应长度值, 绘出试样回缩百分率-温度关系曲线,

从而求得试样回缩百分率分别在 10%、30%、50%及 70%时的对应温度值，这些温度值分别称为 TR10、TR30、TR50 及 TR70。

在产品开发阶段中发现对 PTFE 唇片的预紧载荷不合适时，密封腔体中的介质会从密封垫部位渗漏，经过不断试验，找出了其中的规律，当预紧载荷 $\geq 5.5\text{N/mm}$ 时，能起到密封效果。这对制造过程的质量控制，起到很大指导作用。

表 5 PTFE 密封圈唇片预紧载荷验证试验结果

规格 mm	轴径 mm	唇片拉力 N	唇片预紧载荷 N/mm
7*16*6	10	133.72	6.08
		134.66	6.12
		136.78	6.22
		133.68	6.08
		135.23	6.15
		138.24	6.28
60*80*12	60	1326.26	7.03
		1346.35	7.14
		1351.71	7.17
		1315.64	6.98
		1435.54	7.62
		1472.25	7.81
100*120*13	100	2558.22	8.14
		2551.45	8.12
		2812.52	8.95
		2486.42	7.91
		2564.53	8.16
		2364.68	7.53

结论：根据上述试验验证结果，结合公司十多年的供货历史及售后市场反映，本标准的技术指标经参考其它标准和公司长期积累的数据，及本次试验验证结果确定了技术指标，能够作为产品质量控制和验收的依据。

4.3.4 试验方法

4.3.4.1PTFE基材性能的测试方法：密度按GB/T 1033.1的规定测试。硬度按GB/T 2411的规定测试。拉伸强度、断裂拉伸应变按GB/T 1040.2的规定测试，采用1B型试样。摩擦系数和质量磨损按GB/T 3960的规定测试。

4.3.4.2弹性材料性能的测试方法：硬度按GB/T 531.1的规定测试。拉伸强度、拉断伸长率按GB/T 528的规定测试，采用1型试样。压缩永久变形按GB/T 7759.1的规定测试，采用B型试样。热空气老化按GB/T 3512的规定测试。耐ASTM NO.1和耐IRM903试验按GB/T 1690的规定测试，采用Ⅱ型试样。低温回缩TR10试验按GB/T 7758的规定测试。

4.3.4.3产品PTFE唇片预紧载荷按附录A测试。

4.3.4.4产品密封性能按附录GB/T 21283.4测试

5 标准中涉及专利的情况

本标准未涉及相关专利。

6 本团体标准与现行标准、法律法规的关系

6.1 本团体标准与国内外代表性标准的对比分析

针对项目要求开展了专题调研，搜集了相关资料。国外有 ISO 16589《Rotary shaft lip-type seals incorporating thermoplastic sealing elements》的标准共 5 个部分，国内采用的标准为《密封元件为热塑性材料的旋转轴唇形密封圈》，共 6 个部分，其中第 1 部分和第 4 部分修改采用，第 2、第 3 和第 5 部分等同采用。其中的密封元件材料为热塑性材料如 PTFE 为基材，经适当配合制成的。本团体标准与国外标准和国内标准相比，是体现了第五代 PTFE 油封的结构和唇口型式，属于国内先进水平。在 PTFE 材料方面，增加了摩擦系数和质量磨损要求，提高了材料性能。在弹性材料方面，与国内标准相比，增加了氟橡胶材料，能使产品适用在更多的场合，适应市场的需求，同时对材料低温性能检测方法由脆性温度调整为低温回缩，可以提供给用户和设计人员弹性材料有弹性密封时的温度参考和材料适用环境。对制造过程的质量控制，提出了 PTFE 唇片预紧载荷要求。在产品贮存方面，增加了对应橡胶的成品贮存时间，这样更能为用户提供使用依据。综上所述，本团体标准国内尚无相关的标准，本标准为国内先进水平。本团体标准与国标 GB/T21283 不同点归纳如下：

技术要求	本团体标准	GB/T21283 标准
回流纹	给出型式	仅提及
PTFE 材料摩擦系数	有	无

PTFE 材料质量磨损	有	无
弹性材料	有氟橡胶	无
弹性材料低温性衡量	温度回缩 TR10	脆性温度
NBR、ACM、VMQ 性能标准	按 GB/T 13871.6-2022	按 HG/T2811-1996
AEM 橡胶性能要求	压缩永久变形要求： 150℃，72h，≤35%	压缩永久变形要求： 150℃，22h，≤25%
	150℃，72h 耐 ASTM NO.1 有硬度变化要求	150℃，70h 耐 1#标准油 无硬度变化要求
	150℃，72h 耐 IRM903 有硬度变化要求	150℃，70h 耐 3#标准油 无硬度变化要求
HNBR 橡胶性能要求	150℃，72h 压缩永久变形≤ 40% 其它性能按 GB/T13871.6-2022	150℃，22h 压缩永久变形≤ 30%
FKM 橡胶性能要求	温度回缩 TR10≤-6℃ 其它性能按 GB/T13871.6-2022	未提及
唇片预紧载荷	有要求	无
弹性体材料不合格时	复检不合格则为不合格	复检不合格允许修炼一次
PTFE 密封圈贮存期	有规定	无

6.2 本团体标准与现行相关法律、法规、规章及相关标准的协调性

本团体标准与相关法律、法规以及强制性标准，不存在冲突和对立的情况；不存在指标低于相关国标、行标和地标等推荐性标准的情况。

7、预期达到的社会效益、对产业发展的作用

密封唇口为PTFE材料的旋转轴唇形密封圈是用在高温、高速和耐特种介质等环境下的通用零部件，是用于密封旋转轴的动密封件，但根据不同的密封介质或在不同的使用温度，选择不同的材料。本文件的制定，归纳汇总了制造PTFE唇形密封圈可能用到的材料，并进一步规定了这些材料的性能指标，为PTFE密封圈生产者和使用者，提供了质

量控制及产品验收的依据，对于促进国内液压密封技术的进步，以及规范行业健康有序发展都具有重要意义。