

VKEFOT

PRECISION SEALING

工业旋转轴唇形密封圈 (油封) 技术规格手册

Technical Specification Manual — Rotary Shaft Lip-Type Seals

依据 GB/T 13871 (等同 ISO 6194)、DIN 3760、GB/T 9877 编制

版本 / Edition

版本号	V 1.0
发布日期	2026 年 9 月
适用范围	工业机械用旋转轴唇形密封圈 (d1 = 6 ~ 400 mm)
主体依据	GB/T 13871.1-2022 / ISO 6194-1:2007 / DIN 3760 / GB/T 9877-2008
编制单位	邢台汉驰智能科技有限公司 技术部

邢台汉驰智能科技有限公司

Xingtai Hanchi Intelligent Technology Co., Ltd.

品牌 / Brand: VKEFOT Precision Sealing

www.vkefot-seals.com | info@vkefot-seals.com

电话 / WhatsApp: +86 158 1031 8261

本手册数值为选型参考，最终以双方确认的图纸与胶料数据单为准

编制说明与免责声明

本手册由邢台汉驰智能科技有限公司技术部编制，供 VKEFOT 品牌油封的选型、壳体设计、装配与检验人员使用。

编制依据

- GB/T 13871.1-2022《密封元件为弹性体材料的旋转轴唇形密封圈 第 1 部分：尺寸和公差》（修改采用 ISO 6194-1:2007）
- GB/T 9877-2008《旋转轴唇形密封圈结构型式与尺寸系列》
- DIN 3760（旋转轴密封圈）及 ISO 6194 系列其余部分
- GB/T 1800.2-2020、GB/T 1031-2009、GB/T 2828.1-2012 等基础标准
- ASTM D2000 / SAE J200、ASTM D471、D395、D573、D2240 等试验方法标准

使用说明

- 第 1 ~ 3 章为共性问题，说明适用范围、引用文件、结构与材料。
- 第 4 章为设计核心，轴与座孔的加工要求必须逐条核对。
- 第 5 章给出工况界限与选型流程，第 6 章用于失效分析。
- 第 7 章供装配与维修人员使用，第 8 章供检验与采购人员使用。
- 第 9 章给出标识规则、包装与商务条件，第 10 章为速查附录。

本手册数值为参考值，不构成对具体产品的性能保证；产品最终技术状态以供需双方确认的图纸、胶料数据单与检验规范为准。

本手册不宣称任何管理体系或产品认证。

目录

第 1 章 总则 6

1.1 适用范围 6

1.2 规范性引用文件 6

1.3 术语与定义 7

1.4 符号与单位 7

第 2 章 结构与密封机理 9

2.1 基本组成 9

2.2 密封机理 9

2.3 结构型式 9

2.4 唇口几何与回流结构 10

2.5 自紧弹簧 11

2.6 金属骨架与表面处理 11

第 3 章 材料 12

3.1 弹性体命名 12

3.2 常用密封材料性能对照 12

3.3 ASTM D2000 / SAE J200 分级简介 13

3.4 介质相容性速查 13

3.5 硬度选择 14

3.6 骨架与弹簧的金属材料 14

第 4 章 尺寸、公差与配合 15

4.1 尺寸标识 15

4.2 公称尺寸系列 15

4.3 油封公差 16

4.4 唇口过盈量 16

4.5 轴的要求 17

4.6 腔体（座孔）的要求 17

4.7 偏心与跳动 18

4.8 常用公差带数值速查 19

4.9 轴套与轴修复 19

第 5 章 工况参数与选型 21

5.1 压力 21

5.2 线速度 21

5.3 温度 21

5.4 选型流程 22

5.5 典型应用推荐 22

5.6 选型输入清单 23

第 6 章 失效模式与分析 24

6.1 失效判据 24

6.2 失效模式对照表 24

6.3 唇口接触带的判读 24

6.4 现场检查步骤 25

第 7 章 安装、拆换与贮存 26

7.1 安装前检查 26

7.2 安装工装与压装 26

7.3 通过键槽、花键与台阶的保护 26

7.4 安装方向 26

7.5 拆卸与更换 26

7.6 贮存与搬运 (ISO 2230) 27

7.7 安装禁忌清单 27

第 8 章 检验与试验 28

8.1 尺寸检验 28

8.2 胶料物理性能试验 28

8.3 台架性能试验 28

8.4 外观缺陷 (ISO 6194-5) 29

8.5 抽样与判定 29

第 9 章 标识、包装与订货 30

9.1 型号标注方法 30

9.2 包装与标识 30

9.3 供货与交付 30

9.4 OEM 号与交叉参考的说明 30

9.5 询价与技术数据单模板 31

第 10 章 附录 32

附录 A 常用单位换算 32

附录 B 线速度速查表 32

附录 C 中外标准对照 32

附录 D 英制轴径对照 33

附录 E 修订记录 33

附录 F 联系信息 34

第 1 章 总则

1.1 适用范围

本手册规定工业机械用旋转轴唇形密封圈（以下称“油封”，又称骨架油封、径向轴封）的结构型式、材料、尺寸与公差、轴与腔体的配合要求、工况参数界限、选型方法、失效分析、安装与检验要求，以及标识与订货信息的标注方法。

本手册适用于轴径 $d1 = 6 \sim 400\text{ mm}$ 、以弹性体或“弹性体 + PTFE”为密封元件的低压旋转轴密封。典型应用为齿轮箱与减速机、泵、风机、电机、压缩机、工程机械行走与回转机构、农业机械、输送设备、机床主轴、商用车车桥与轮毂。

本手册不适用于往复运动密封（参见 GB/T 3452 系列与 ISO 7986）、纯静密封，以及以端面接触为主、带补偿机构的机械密封。当工作压力超出 5.1 给出的界限时，应改用耐压结构或改用机械密封，本手册给出的常规结构参数不再适用。

手册中的数值为选型与设计参考。产品最终技术状态以供需双方确认的图纸、胶料数据单（TDS）与检验规范为准。

1.2 规范性引用文件

下列文件构成本手册的技术依据。标注年代号的，仅该版本适用；未标注年代号的，以现行有效版本为准。

标准编号	标准名称	在本手册中的用途
GB/T 13871.1-2022	密封元件为弹性体材料的旋转轴唇形密封圈 第 1 部分：尺寸和公差	尺寸系列、油封公差、轴与腔体要求的主体依据（修改采用 ISO 6194-1:2007）
GB/T 13871.2	同上 第 2 部分：词汇	术语与定义的依据（对应 ISO 6194-2）
GB/T 13871.3	同上 第 3 部分：贮存、搬运和安装	第 7 章贮存与安装要求的依据（对应 ISO 6194-3）
GB/T 13871.4-2023	同上 第 4 部分：性能试验程序	第 8 章台架试验的依据（对应 ISO 6194-4）
GB/T 13871.5	同上 第 5 部分：外观缺陷的识别	第 8.4 节外观判定的依据（对应 ISO 6194-5:2008）
GB/T 9877-2008	旋转轴唇形密封圈结构型式与尺寸系列	国内常用结构型式代号与尺寸系列的补充依据
ISO 6194-1:2007	Rotary shaft lip-type seals — Part 1: Nominal dimensions and tolerances	国际通用尺寸与公差，与 DIN 3760 协调
ISO 16589 (全系列)	Rotary shaft lip-type seals incorporating thermoplastic sealing elements	PTFE 唇油封的尺寸、试验与安装（第 1~5 部分）
DIN 3760	Radial-Wellendichtringe（旋转轴密封圈）	欧系结构代号 A / B / C / AS / BS / CS / AO / BO 的来源
JIS B 2402	旋转轴唇形密封圈	日系尺寸与结构的对照依据
GB/T 1800.2-2020	产品几何技术规范（GPS）线性尺寸公差 ISO 代号体系 第 2 部分	轴公差 h11、座孔公差 H8 的数值来源（对应 ISO 286-2）
GB/T 1031-2009	产品几何技术规范（GPS）表面结构 轮廓法 表面粗糙度参数及其数值	Ra / Rz 的评定依据
GB/T 1184	形状和位置公差 未注公差值	座孔端面垂直度、同轴度的未注公差
GB/T 2828.1-2012	计数抽样检验程序 第 1 部分	第 8.5 节抽样方案的依据（对应 ISO 2859-1）
GB/T 528 / ISO 37 / ASTM D412	硫化橡胶 拉伸应力应变性能的测定	胶料拉伸强度与拉断伸长率
GB/T 531.1 / ISO 48 / ASTM D2240	硫化橡胶 硬度的测定	邵氏 A 硬度
GB/T 7759 / ISO 815-1 / ASTM D395	硫化橡胶 压缩永久变形的测定	压缩永久变形（方法 B）
GB/T 3512 / ISO 188 / ASTM D573	硫化橡胶 热空气加速老化和耐热试验	热老化后的性能变化率
GB/T 1690 / ISO 1817 / ASTM D471	硫化橡胶 耐液体试验方法	浸油后的体积与硬度变化
GB/T 1682 / ISO 812 / ASTM D2137	硫化橡胶 低温脆性的测定	低温脆性温度

标准编号	标准名称	在本手册中的用途
GB/T 7758 / ISO 2921 / ASTM D1329	硫化橡胶 低温特性的测定 (TR 试验)	TR10 回缩温度
GB/T 1689 / ISO 4649 / ASTM D5963	硫化橡胶 耐磨性能的测定	磨耗量 (旋转辊筒法)
ISO 1629	Rubber and latices — Nomenclature	NBR / FKM / VMQ 等材料代号
ASTM D2000 / SAE J200	橡胶材料的标准分类系统	胶料按耐热与耐油等级分级
ISO 2230:2010	Rubber products — Guidelines for storage	第 7.6 节贮存条件与复检周期

注：表中未标注年代号的国标，请以全国标准信息公共服务平台上的现行有效版本为准。

1.3 术语与定义

术语	英文	定义与说明
油封 / 旋转轴唇形密封圈	rotary shaft lip-type seal	靠弹性体唇口与旋转轴表面接触实现密封的环形元件，由金属骨架、橡胶密封体与自紧弹簧组成
主唇	primary sealing lip	承担密封功能的唇部；其唇尖与轴表面形成接触带
副唇 / 防尘唇	auxiliary (dust) lip	位于空气侧的附加唇，用来阻挡外部粉尘、水与泥浆，通常为轻接触
唇尖 / 唇口	lip contact point	主唇与轴表面实际接触的棱边，宽度即接触带宽度
接触带	contact band / wear track	运行后在轴表面留下的磨痕带，宽度通常在 0.2 ~ 0.5 mm
自紧弹簧	garter spring	装在唇尖空气侧槽内的环形螺旋拉簧，用于维持并补偿径向力
金属骨架	metal case / reinforcing ring	冲压成型的钢制件，提供压装刚度与外径定位
外径包覆	rubber-covered OD	外径面被橡胶完全覆盖的结构（A 型），可补偿座孔粗糙度与热膨胀
过盈量（唇口）	lip interference	唇口自由状态内径与轴径之差的一半，即单侧径向压缩量，本手册均指单侧值
线速度	peripheral speed	轴表面相对于唇尖的圆周速度， $v = \pi \cdot d_1 \cdot n / 60000$ (m/s)
偏心	eccentricity	轴中心与座孔中心在静态下的偏移量，含装配偏心与动态跳动两部分
径向跳动	radial runout (TIR)	轴旋转时轴表面相对于理想回转中心的最大偏移量，用千分表测得的总指示读数
油膜弯月面	meniscus	唇尖两侧形成的润滑油膜过渡区，厚度通常在 1 ~ 3 μm
泵吸效应	pumping effect	唇口两侧角度不对称造成的、把油液向油侧回送的作用
回流线	hydrodynamic helix	模制在主唇空气侧斜面上的螺旋槽，用于强化泵吸；分单向与双向两种
耐压型油封	pressure seal	带压紧唇或支撑环、可承受高于常压的结构（如 BAD / B1D 类）
脱胶	bond failure	橡胶与金属骨架之间的粘接失效
压缩永久变形	compression set	橡胶在规定温度与时间下受压后不能恢复的变形比例

1.4 符号与单位

符号	含义	单位
d1	轴径（油封内径公称值）	mm
D	油封外径公称值	mm
b	油封宽度（轴向）	mm
v	唇口线速度	m/s
n	轴的转速	r/min
p	被密封介质的表压	MPa (1 MPa = 10 bar)
T	温度	°C
Ra / Rz	轮廓算术平均偏差 / 微观不平度十点高度	μm
e	静态偏心量	mm

符号	含义	单位
Δ	唇口单侧径向过盈量	mm
Shore A	邵氏 A 硬度	—
IRHD	国际橡胶硬度	—
HRC	洛氏硬度 C 标尺	—
TIR	总指示读数（径向跳动）	mm

第 2 章 结构与密封机理

2.1 基本组成

一副带副唇的骨架油封由六个功能部分构成，见图 2-1。

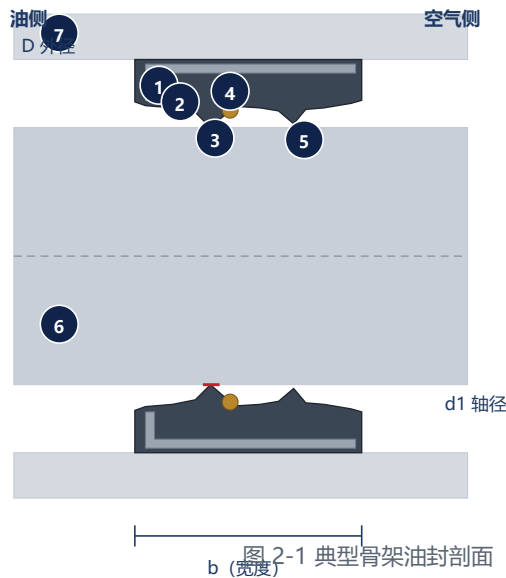


图 2-1 典型骨架油封剖面 (橡胶包覆外径 + 主唇 + 副唇 + 自紧弹簧)

表 2-1 油封各组成部分与失效后的表现

编号	名称	功能	失效后表现
①	金属骨架	提供压装刚度、外径定位与轴向定位；承受压装力	变形后外径失圆、压装不到位、油封歪斜
②	橡胶密封体	构成外径密封面、唇部与弹簧槽；与骨架硫化粘接	脱胶、溶胀、硬化龟裂
③	主唇口	唯一承担密封的部位；唇尖与轴形成接触带	磨损、翻转、烧伤、接触带过宽
④	自紧弹簧	补偿橡胶应力松弛与唇口磨损，维持径向力	脱落后短期内大量泄漏
⑤	副唇（防尘唇）	阻挡外部粉尘、水、泥浆进入主唇区	失效后磨粒进入主唇，加速磨损
⑥ / ⑦	轴与座孔	配合件，不属于油封本体，但决定密封成败（见第 4 章）	—

2.2 密封机理

油封不是靠唇口把轴表面“刮净”来实现密封。唇尖与轴之间始终存在一层润滑油膜（弯月面，meniscus），厚度通常为 1 ~ 3 μm。密封的成立同时依赖下面三个条件，缺一不可。

- 1) 径向力。**橡胶自身的收缩力、弹簧的箍紧力与介质压力叠加，在唇口形成径向接触力，其量级通常为每毫米唇口周长 0.05 ~ 0.2 N（随唇型、胶料硬度与规格变化）。径向力不足追随性差，过大则温升与磨损急剧上升。
- 2) 油膜稳定。**油膜过厚即泄漏，过薄即干摩擦烧唇。膜厚由介质粘度、轴表面微观形貌、线速度与径向力共同决定。新装油封在最初数小时的运行中建立稳定油膜，此阶段允许极微量渗漏。
- 3) 泵吸方向。**唇口空气侧角小于油侧角，唇尖偏向油侧，轴旋转时将进入唇下的油液“泵”回油侧。油封装反、或单向回流线的方向与轴转向相反时，泵吸方向随之反向，必然泄漏。

现场判定口径：允许唇口外侧出现极微量的湿润或油膜痕迹，这是正常润滑状态；不允许出现成滴渗漏、甩油或在下方形成油迹。出现后者即判为失效。

2.3 结构型式

DIN 3760 与 ISO 6194-1 按外径结构与唇部配置划分型式，市场上另有各厂自定的商品代号。两者的对应关系见表 2-2，剖面见图 2-2。选型时以外径结构与唇部配置为准，商品代号仅作参考。

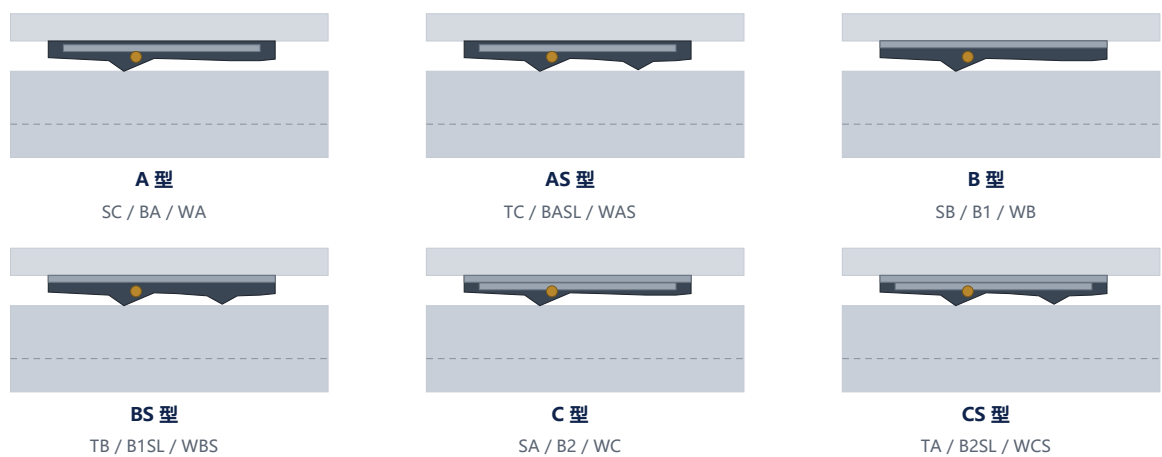


图 2-2 六种基本结构型式剖面（上半剖，左侧为油侧）

表 2-2 结构型式、市场代号与适用场合

型式	外径结构	唇部配置	弹簧	常见市场代号	适用场合与注意点
A	橡胶包覆	单主唇	有	SC / BA / WA / CB / DG / 827N	座孔粗糙度偏大、铝或铸铁壳体、需频繁更换、密封低粘度介质或气体
AS	橡胶包覆	主唇 + 副唇	有	TC / BASL / WAS / CC / DGS / 827S	工业通用首选；中等粉尘、水汽环境
B	金属裸露	单主唇	有	SB / B1 / WB / BB / DF / 822N	座孔加工良好、轴向推出力较大；座孔公差与粗糙度要求比 A 型严
BS	金属裸露	主唇 + 副唇	有	TB / B1SL / WBS / BC / DFS / 822S	同上，附加防尘
C	金属裸露 + 加强盖	单主唇	有	SA / B2 / WC / GV / DB / 824N	大规格、重载、装配条件差；加强盖提高抗装配偏斜能力
CS	金属裸露 + 加强盖	主唇 + 副唇	有	TA / B2SL / WCS / DC / DFSK / 824S	大规格 + 防尘，重卡轮毂、工程机械行走减速机常见
AD / BD	分别同 A / B	双主唇（背靠背）	两只	DC / DB（各厂另有代号）	隔离两种介质、双向密封；两唇之间须加注润滑脂
AO / BO	分别同 A / B	单主唇	无	VC / VB / WAO / WBO / DE	润滑脂、低速、辅助密封；无弹簧不能补偿磨损，不宜作长期主密封
波形唇	按外径型式	波形主唇	有	各厂自定（Wave / Hydro）	线速度较高时降低唇下温升；注意波形方向
耐压型	按外径型式	压紧唇 + 支撑环	有	BAD / B1D / BABSL / TCV 类	压力超过 0.05 MPa 时选用，见 5.1
PTFE 唇	按外径型式	PTFE 唇片	有或无	ISO 16589 系列	高速、干摩擦、强化学介质；唇片无弹性，靠弹簧或弹性体赋能

注：市场代号由各厂商自行定义，同一代号在不同厂商之间的细节可能不同；互换时须核对剖面图与尺寸，不能只比对代号。

2.4 唇口几何与回流结构

主唇两翼与轴表面形成两个夹角：空气侧角 α 与油侧角 β 。设计取 $\alpha < \beta$ ，常见范围 $\alpha \approx 20^\circ \sim 30^\circ$ 、 $\beta \approx 45^\circ \sim 60^\circ$ （唇型属制造方专有设计，各厂不同）。角度差使唇尖处的压力梯度指向油侧，形成向内的泵吸。

唇口过盈量指自由状态下唇口内径与轴径之差的一半，即单侧径向压缩量，本手册所有过盈数值均为单侧值。过盈不足则唇口对轴的追随性差、易泄漏；过盈过大则接触应力上升、唇下温升与磨损剧增。取值见 4.4。

回流线（螺旋回流槽）模制或压制在主唇的空气侧斜面，泵吸能力明显强于普通光唇，常用于齿轮箱等要求零可见渗漏的场合。单向回流线必须按油封端面标注的箭头方向与轴的转向一致安装；轴需要正反转时，改用双向回流线或波形唇。

易错点：回流线只在轴旋转时起作用。停机期间与起动瞬间，密封完全依靠唇口过盈与弹簧提供，因此回流线不能用来补偿过盈不足或弹簧缺失。

2.5 自紧弹簧

项目	内容 & 要求
材料	琴钢丝（GB/T 4358）或不锈钢丝（AISI 302 / 304，对应 EN 1.4310 / 1.4301）；腐蚀环境、食品与化工设备优先不锈钢
规格	钢丝直径与簧圈外径按密封规格匹配；d1 < 10 mm 的小规格可不配弹簧，按制造方规定
作用	补偿橡胶热老化后的应力松弛与唇口磨损，维持径向力
装配要求	弹簧须完全嵌入弹簧槽，接口旋合到位；轻拉唇口不得脱出
失效后果	弹簧脱落或断裂后，通常在数十至数百小时内出现明显泄漏
禁止事项	不得用尖嘴钳、螺丝刀等工具拨动弹簧；不得拉伸后重复使用

2.6 金属骨架与表面处理

项目	内容 & 要求
材料	冷轧碳素钢带（SPCC / 08F 级）为主；腐蚀环境选用 AISI 304 / 430 不锈钢
厚度	0.5 ~ 1.5 mm，随规格增大而增厚（大规格取上限）
粘接前处理	除油 → 磷化或喷砂 → 涂粘合剂；处理不良是脱胶的主要原因
外露骨架（B / C 型）	允许防锈涂层；不允许有影响压装的毛刺、锈瘤、漆瘤与磕碰变形
橡胶包覆外径（A 型）	允许压花、直纹或排气槽，用于改善压装排气与外径密封
检验	外径圆度按 4.3；骨架不得有裂纹、分层与可见锈蚀

第 3 章 材料

3.1 弹性体命名

胶料代号按 ISO 1629《橡胶与胶乳 命名法》编写。选型文件与图纸上应使用 ISO 1629 代号，不要只写商品名（如 Viton、Teflon），以免产生牌号归属争议。

表 3-1 密封材料的 ISO 1629 命名对照

ISO 1629 代号	化学名称	中文常用名	常见商品名（仅作参考，非推荐）
NBR	丁腈橡胶（丙烯腈-丁二烯共聚物）	丁腈胶	Perbunan、Krynac
HNBR	氢化丁腈橡胶	氢化丁腈	Therban、Zetpol
XNBR	羧基丁腈橡胶	羧基丁腈	—
ACM	丙烯酸酯橡胶	丙烯酸酯胶	Nipol AR
AEM	乙烯-丙烯酸酯橡胶	乙烯丙烯酸酯	Vamac
VMQ	甲基乙烯基硅橡胶	硅橡胶	Silopren
FKM	氟橡胶	氟橡胶	Viton、Dai-El
FVMQ	氟硅橡胶	氟硅胶	Silastic LS
EPDM	三元乙丙橡胶	三元乙丙胶	—
CR	氯丁橡胶	氯丁胶	Neoprene
PTFE	聚四氟乙烯（热塑性，非弹性体）	四氟	Teflon

3.2 常用密封材料性能对照

表 3-2 常用密封材料性能对照（胶料为通用配方，实际以胶料数据单为准）

材料	常用硬度 Shore A	连续工作 温度范围（℃）	短时峰值 （℃）	主要适用介质	不适用介质	相对 成本
NBR	60 / 70 / 75 / 80	-35 ~ +100	+120	矿物油与润滑脂、HFA / HFB / HFC 难燃液、水（≤80℃）、弱酸碱	酮、酯、芳烃溶剂、制动液、强极性溶剂、臭氧	1（基准）
HNBR	65 / 70 / 75 / 80	-35 ~ +150	+165	同 NBR，另含极压（EP）添加剂的齿轮油、ATF、胺类添加剂、臭氧环境	酮、酯、芳烃溶剂	3
XNBR	65 / 70 / 80	-30 ~ +100	+120	同 NBR，耐磨与抗挤出性更好	同 NBR 限制	2
ACM	65 / 70 / 75	-20 ~ +150	+175	高温矿物油、含 EP 添加剂的齿轮油、ATF、臭氧环境	水、水蒸气、酸碱、酮、醇	3
AEM	65 / 70	-30 ~ +150	+160	高温油、耐候、耐臭氧	燃油、芳烃溶剂	3
VMQ	50 / 60 / 70	-55 ~ +200	+220	宽温域、热空气、臭氧、紫外线；干摩擦友好	矿物油（耐油性差）、动密封磨损大	3
FKM	70 / 75 / 80	-20 ~ +200	+230	矿物油与燃料、芳烃与氯化烃、多数化学品、高真空	酮、酯、胺、乙二醇基制动液、高温水蒸气、磷酸酯液压油	4
FVMQ	60 / 70	-60 ~ +200	+210	宽温域 + 耐燃油	机械强度低、耐磨性差	5
EPDM	60 / 70 / 80	-45 ~ +150	+160	水、水蒸气、制动液、极性溶剂、耐候耐臭氧	一切矿物油与油脂	2
CR	60 / 70	-40 ~ +100	+110	制冷剂、耐候、中等耐油	强极性溶剂、芳烃	2
PTFE	Shore D 50 ~ 70	-80 ~ +260	+280	几乎全部化学介质、低摩擦、高速、允许短时干运转	熔融碱金属、元素氟；本身无弹性，须弹簧或弹性体赋能	5

注 1：“相对成本”以 NBR 为 1 的粗略倍数，仅用于选型排序，不作为报价依据。
注 2：温度范围指胶料本身的能力。实际工况温度要计入唇口摩擦温升，见 5.3。
注 3：同一代号下不同配方的性能差异可能很大（例如低温型 FKM 与普通 FKM），批量采购前应索取胶料数据单。

3.3 ASTM D2000 / SAE J200 分级简介

ASTM D2000（等同 SAE J200）用“类型+等级”描述硫化橡胶的耐热与耐油等级，是北美图纸上最常见的标注方式。类型由耐热试验（ASTM D573，70 h）后的性能变化确定，等级由在 IRM 903 油中（ASTM D471）的溶胀率确定。

表 3-3 ASTM D2000 类型（按耐热等级划分）

类型（耐热）	试验温度 × 时间	含义
A	70 °C × 70 h	通用耐热
B	100 °C × 70 h	中耐热
C	125 °C × 70 h	较高耐热
D	150 °C × 70 h	高耐热
E	175 °C × 70 h	较高温耐热
F	200 °C × 70 h	高温耐热
G	225 °C × 70 h	特高温耐热
H	250 °C × 70 h	极高温耐热

表 3-4 ASTM D2000 等级（按在 IRM 903 油中的溶胀划分）

等级（耐油溶胀）	在 IRM 903 油中的体积变化	含义
A	不规定	不耐油等级
B	≤ +140 %	—
C	≤ +120 %	—
D	≤ +100 %	—
E	≤ +80 %	—
F	≤ +60 %	—
G	≤ +40 %	—
H	≤ +30 %	中等耐油
J	≤ +20 %	良好耐油
K	≤ +10 %	优良耐油

示例：ASTM D2000 M2 HK 710 —— “H” 表示 250 °C 耐热、“K” 表示在 IRM 903 油中溶胀 ≤10 %、“7” 为硬度 70±5 Shore A、“10” 为拉伸强度 ≥10 MPa（按 SAE J200 换算）。油封常用胶料多落在 **BF / BG / CH / DH / HK** 区间，NBR 一般为 BF ~ CH 级，FKM 一般为 HK 级。

图纸标注建议：优先写成“材料：NBR，硬度 70±5 Shore A，耐热等级 C（125 °C × 70 h），耐油等级 H（IRM 903，≤+30 %）”这类可直接检验的表述，而不是只写商品名。

3.4 介质相容性速查

评级含义：**A** = 推荐使用；**B** = 可用，寿命可能缩短；**C** = 慎用，须先做浸液试验；**D** = 不适用。

表 3-5 密封材料与常见工业介质的相容性速查表

介质 / 工况	NBR	HNBR	ACM	VMQ	FKM	EPDM	PTFE
矿物润滑油、液压油（HM / HV）	A	A	A	D	A	D	A
含极压（EP）添加剂的齿轮油	B	A	A	D	A	D	A
自动变速箱油 ATF	A	A	A	D	A	D	A
磷酸酯液压油 HFD-R	D	C	D	C	C	A	A
水-乙二醇难燃液 HFC	A	A	D	B	C	A	A

介质 / 工况	NBR	HNBR	ACM	VMQ	FKM	EPDM	PTFE
柴油、轻柴油	B	B	B	D	A	D	A
汽油、含芳烃燃料	B	B	C	D	A	D	A
锂基 / 复合皂基润滑脂	A	A	A	C	A	D	A
水、热水、水蒸气	B	B	D	B	C	A	A
乳化型切削液 / 冷却液	B	B	C	B	B	B	A
制冷系统与冷冻机油（POE）	C	A	C	C	C	C	A
乙二醇基制动液（DOT 3 / 4）	D	D	D	B	D	A	A
弱酸、弱碱水溶液	C	C	C	C	B	A	A
酮、酯类溶剂（丙酮、乙酸乙酯）	D	D	D	C	D	B	A
芳烃溶剂（苯、甲苯）	D	C	D	D	B	D	A
臭氧、户外耐候	D	A	A	A	A	A	A
高真空（气体密封）	C	C	C	C	A	C	A

本表为常温至中等温度下的筛选结论。介质温度每升高一档，溶胀与化学侵蚀速率显著上升；含新型添加剂的合成油、生物降解油、以及混合介质，必须先按 GB/T 1690 / ASTM D471 做浸液试验再定胶料。

3.5 硬度选择

表 3-6 硬度选择与适用场合

硬度（Shore A）	特点	推荐场合
60	柔软、追随性好、唇口贴合性佳；耐磨与抗挤出性偏低	轴表面粗糙度偏大、低速、轻微偏心、脂润滑
70	综合平衡，工业油封的默认硬度	大多数矿物油与齿轮油场合，线速度 ≤ 14 m/s
75 ~ 80	抗挤出与耐磨性好，唇口刚度高；对轴粗糙度和偏心的容忍度下降	较高压力、较高线速度、含颗粒介质、大规格
85 ~ 90	硬度高，追随性差，易因偏心造成偏磨	特殊工况，需与制造方确认

硬度公差通常取 ±5 Shore A（GB/T 531.1）。同一批次内的硬度散差应控制在 ±3 以内，否则同批产品的泄漏表现会明显不一致。

3.6 骨架与弹簧的金属材料

表 3-7 骨架与弹簧的常用金属材料

零件	常用材料	选用要点
金属骨架	冷轧碳素钢带 SPCC / 08F（厚度 0.5 ~ 1.5 mm）；不锈钢 AISI 304 / 430	壳体为铝或塑料时须复核热膨胀；腐蚀环境用不锈钢
自紧弹簧	琴钢丝 GB/T 4358；不锈钢 AISI 302 / 304（EN 1.4310 / 1.4301）	弹簧锈蚀是隐蔽失效源，潮湿与化学环境优先不锈钢
加强盖（C 型）	同骨架材料	大规格、强冲击、装配条件差时必选
粘接体系	酚醛 / 硅烷类粘合剂 + 磷化或喷砂预处理	脱胶多由预处理不良引起，不是胶料问题

第 4 章 尺寸、公差与配合

本章是选型与壳体设计的核心。轴与座孔的加工要求不达标时，换用任何材质的油封都不会解决问题。

4.1 尺寸标识

油封尺寸按“内径 d1 × 外径 D × 宽度 b”标注，单位 mm，写作 **d1 × D × b**。例：**50 × 72 × 8** 表示轴径 50 mm、座孔 72 mm、宽度 8 mm。

GB/T 13871.1 另给出尺寸标识代码（size identification code），用于图纸与订单的简写，其构成顺序为：内径代码 — 外径代码 — 宽度代码 — 结构型式代码。国内图纸与订单普遍直接使用 d1 × D × b，本手册沿用该写法；需要代码时按 GB/T 13871.1 第 10 章生成。

4.2 公称尺寸系列

表 4-1 常用公称尺寸系列 (d1 × D × b, mm)

d1	D	b	d1	D	b	d1	D	b	d1	D	b	d1	D	b
10	22	7	30	47	7	55	80	8	95	120	12	160	190	14
12	24	7	32	52	8	60	85	8	100	125	12	170	200	15
15	30	7	35	52	8	65	90	10	105	130	12	180	210	15
17	30	7	38	58	8	70	90	10	110	140	12	190	220	15
20	35	7	40	55	8	75	100	10	120	150	12	200	230	15
22	40	7	42	62	8	80	100	10	130	160	12			
25	40	7	45	62	8	85	110	12	140	170	14			
28	47	7	50	72	8	90	120	12	150	180	14			

表 4-2 扩展尺寸系列 d1 = 6 ~ 50 mm (d1 × D × b, mm)

d1	D	b	d1	D	b	d1	D	b	d1	D	b	d1	D	b	d1	D	b	d1	D	b
6	16	5	17	28	7	24	35	7	28	47	7	35	45	7	40	55	8	45	62	10
6	16	7	17	29	5	24	37	7	28	52	7	35	47	7	40	56	8	45	65	8
6	22	7	17	30	7	24	40	7	28	52	10	35	50	7	40	58	10	45	65	10
7	22	7	17	32	7	25	35	7	30	40	7	35	50	8	40	60	10	45	72	8
8	22	7	17	35	7	25	37	5	30	42	7	35	50	10	40	62	7	45	72	10
10	19	7	17	40	7	25	37	7	30	42	8	35	52	7	40	62	8	45	75	8
10	22	7	17	40	10	25	38	7	30	45	7	35	52	8	40	62	10	45	75	10
10	24	7	18	28	7	25	40	5	30	45	8	35	52	10	40	65	10	45	80	10
10	26	7	18	30	7	25	40	7	30	46	7	35	55	7	40	68	8	45	85	10
12	19	5	18	32	7	25	40	8	30	47	7	35	55	8	40	68	10	46	65	10
12	22	5	18	35	7	25	40	10	30	47	8	35	55	10	40	72	7	48	62	8
12	22	6	19	30	7	25	42	7	30	47	10	35	56	10	40	72	10	48	65	10
12	22	7	19	32	7	25	42	10	30	50	7	35	58	10	40	80	10	48	72	7
12	24	7	20	30	5	25	45	10	30	50	10	35	62	7	42	55	7	48	72	8
12	28	7	20	30	7	25	47	7	30	52	7	35	62	8	42	55	8	48	72	10
12	30	7	20	32	7	25	47	10	30	52	8	35	62	10	42	60	7	50	62	7
12	32	7	20	35	7	25	50	10	30	52	10	35	72	10	42	62	7	50	65	8
14	24	7	20	35	10	25	52	7	30	55	7	35	72	12	42	62	8	50	65	10

d1	D	b	d1	D	b	d1	D	b	d1	D	b	d1	D	b	d1	D	b	d1	D	b
14	25	5	20	36	7	25	52	8	30	55	10	35	80	12	42	62	10	50	68	8
14	30	7	20	40	7	25	52	10	30	62	7	36	47	7	42	65	10	50	68	10
15	24	7	20	42	7	25	62	7	30	62	10	36	50	7	42	72	8	50	70	10
15	25	5	20	47	7	25	62	10	30	72	10	36	52	7	42	72	10	50	72	8
15	26	7	20	47	10	26	37	7	32	42	7	38	50	7	44	60	10	50	72	10
15	30	7	20	52	7	26	38	5	32	45	7	38	52	7	44	62	10	50	72	12
15	32	7	20	52	10	26	38	7	32	47	7	38	52	8	44	65	10	50	75	10
15	35	7	22	32	7	26	47	7	32	50	8	38	55	7	45	58	7	50	80	8
15	40	10	22	35	7	27	37	7	32	50	10	38	62	10	45	60	7	50	80	10
16	28	7	22	38	8	28	38	7	32	52	7	38	72	10	45	60	8	50	85	10
16	30	7	22	40	7	28	40	7	32	62	10	40	52	7	45	60	10	50	90	10
16	32	7	22	40	10	28	42	7	33	45	7	40	52	8	45	62	7			
16	35	7	22	47	7	28	42	8	34	62	10	40	55	7	45	62	8			

上列尺寸为市场上可直接采购到的常见规格。同一 d1 常有多组 D 与 b 组合，更换时三个尺寸必须全部核对，只比对内经是不够的。d1 > 200 mm 的规格多需定制，按第 9 章流程处理。

4.3 油封公差

表 4-3 油封宽度 b 的公差 (依据 ISO 6194-1 / GB/T 13871.1)

公称宽度 b (mm)	公差 (mm)
b ≤ 10	± 0.30
10 < b ≤ 14	± 0.40
14 < b ≤ 18	± 0.50
18 < b ≤ 25	± 0.60
b > 25	由供需双方商定

表 4-4 油封外径 D 的公差与圆度公差

公称外径 D (mm)	金属骨架外径公差 (mm)	橡胶包覆外径公差 (mm)	金属骨架圆度 (mm)	橡胶包覆圆度 (mm)
D ≤ 50	+0.20 / +0.08	+0.30 / +0.15	0.18	0.25
50 < D ≤ 80	+0.23 / +0.09	+0.35 / +0.20	0.25	0.35
80 < D ≤ 120	+0.25 / +0.10	+0.35 / +0.20	0.30	0.50
120 < D ≤ 180	+0.28 / +0.12	+0.45 / +0.25	0.40	0.65
180 < D ≤ 300	+0.35 / +0.15	+0.45 / +0.25	0.25 % × D	0.80
300 < D ≤ 530	+0.45 / +0.20	+0.55 / +0.30	0.25 % × D	1.00
D > 530	由供需双方商定	由供需双方商定	商定	商定

外径公差全部为正偏差，目的是保证与座孔的过盈。橡胶包覆外径的公差带比金属骨架宽，原因是橡胶外径本身具备补偿能力。圆度超差会造成压装后外径局部失压，形成渗漏通道。

4.4 唇口过盈量

表 4-5 主唇与副唇的过盈量 (单侧径向值，弹簧已装入)

轴径 d1 (mm)	主唇过盈量 (mm)	主唇偏差 (mm)	副唇过盈量 (mm)	副唇偏差 (mm)
d1 ≤ 30	0.70 ~ 1.00	+0.20 / -0.30	0.30	± 0.15
30 < d1 ≤ 60	1.00 ~ 1.20	+0.20 / -0.60	0.40	± 0.20

轴径 d1 (mm)	主唇过盈量 (mm)	主唇偏差 (mm)	副唇过盈量 (mm)	副唇偏差 (mm)
60 < d1 ≤ 80	1.20 ~ 1.40	+0.20 / -0.60	0.50	± 0.25
80 < d1 ≤ 130	1.40 ~ 1.80	+0.20 / -0.80	0.60	± 0.30
130 < d1 ≤ 250	1.80 ~ 2.40	+0.30 / -0.90	0.70	± 0.35
250 < d1 ≤ 400	2.40 ~ 3.00	+0.30 / -1.00	0.90	± 0.40
d1 > 400	由供需双方商定	商定	商定	商定

过盈量是唇型设计的核心参数，由制造方确定；使用方的任务是核对下列三项，而不是自行调整：① 实测过盈是否落在上表区间；② 同一批次过盈是否稳定；③ 更换供应商后新件的唇下温度与接触带宽度是否与原方案相当。

4.5 轴的要求

表 4-6 与油封配合的轴的加工要求

项目	要求	依据 / 说明
直径公差	不超出 h11 ；线速度高或要求高密封性时宜取 h8	GB/T 13871.1 第 7.2 条 / GB/T 1800.2-2020
表面粗糙度	Ra 0.2 ~ 0.8 μm （推荐 0.4 μm），或 Rz 0.8 ~ 3.2 μm ；沿轴向评定	GB/T 13871.1 第 7.3.1 条 / GB/T 1031-2009
加工方法	切入式（plunge）无心磨削， 不得有螺旋磨削纹 ；磨削导程角 ≤ 0.05°；砂轮转速与工件转速之比不得为整数（避免产生振纹）	螺旋纹会把油沿轴向泵出，是最隐蔽的泄漏原因
表面硬度	≥ HRC 30 为最低要求；一般推荐 HRC 45 以上；线速度 ≥ 12 m/s 或环境含颗粒时取 HRC 50 ~ 60 ，淬硬层深度 ≥ 0.3 mm	GB/T 13871.1 第 7.3.2 条 + 工程实践
轴端倒角	15° ~ 30° ，倒角面 Ra ≤ 3.2 μm，圆滑去毛刺，不得有螺旋加工痕迹；d1 - d2 最小值按表 4-7	避免压装时划伤唇口
材质	碳素钢或合金钢；铸铁、不锈钢、镀铬或氮化轴须单独确认兼容性与粗糙度	软质镀层（如镀锡、软铬）会被唇口抛光剥落
表面缺陷	不得有砂眼、划痕、凹坑、锈斑与磕碰；热处理氧化皮须抛光清除	缺陷处破坏油膜连续性
轴向窜动	一般 ≤ 0.1 mm；高速与双向旋转工况取更小值	窜动过大会把唇口推出接触带

表 4-7 轴端倒角的最小直径差 d1 - d2 (mm)

轴径 d1 (mm)	d1 - d2 最小	轴径 d1 (mm)	d1 - d2 最小
d1 ≤ 10	1.5	50 < d1 ≤ 70	4.0
10 < d1 ≤ 20	2.0	70 < d1 ≤ 95	4.5
20 < d1 ≤ 30	2.5	95 < d1 ≤ 130	5.5
30 < d1 ≤ 40	3.0	130 < d1 ≤ 240	7.0
40 < d1 ≤ 50	3.5	240 < d1 ≤ 500	11.0

采用圆角 (R) 倒角时，倒角量不得小于表中数值。倒角处若残留毛刺或螺旋刀痕，压装瞬间就会把唇尖划出缺口，这类损伤在装配后从外部看不见，但会在运行最初的几十小时内表现为渗漏。

4.6 腔体（座孔）的要求

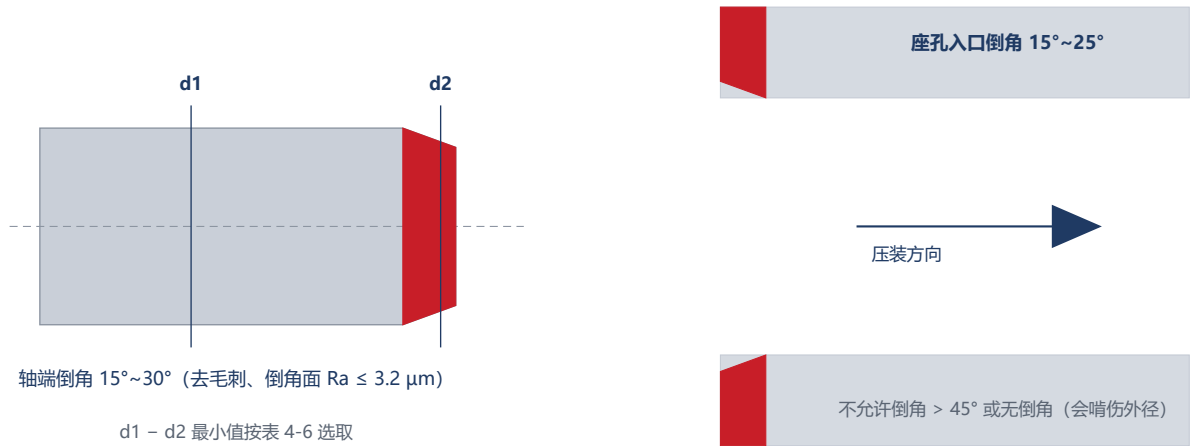


图 4-1 轴端倒角与座孔入口倒角（示意）

表 4-8 座孔的加工要求

项目	要求	依据 / 说明
孔径公差	H8（座孔 ≤ 400 mm）；更大孔径宜 H7	GB/T 13871.1 第 8.2 条 / GB/T 1800.2-2020
孔径粗糙度	配金属裸露外径（B / C 型）：Ra 0.8 ~ 3.2 μm；配橡胶包覆外径（A 型）：Ra 3.2 ~ 6.3 μm	DIN 3760 给出 Ra 1.6 ~ 6.3 μm、Rz 10 ~ 20 μm、R _{max} ≤ 25 μm
孔面加工	不得有纵向（轴向）刀痕与划伤，纵向痕是外径渗漏的直接通道	建议精镗或铰削，车削后不得留有走刀螺旋
入口倒角	15° ~ 25°，去毛刺；倒角面粗糙度与轴径要求一致（Ra ≤ 3.2 μm）	倒角 > 45° 或无倒角会啃伤外径与骨架
轴向定位	必须有挡肩、孔底或定位环；无挡肩时须用专用工装保证压装垂直度	压装歪斜是偏磨与早期泄漏的主因
垂直度	座孔端面与孔轴线垂直度建议控制在 0.05 mm / 10 mm 以内	按 GB/T 1184 选取未注公差等级时可参考此值
壳体材质	钢与铸铁为常规；铝合金、镁合金与工程塑料壳体须复核热膨胀系数差异	铝的热膨胀约为钢的 2 倍，高温下外径过盈会大幅衰减
宽度	座孔宽度应不小于油封宽度 b；需要两端定位时按图纸留装配间隙	—

铝壳体的处理原则：线膨胀系数差异会使高温下外径过盈显著减小。做法是：① 优先选橡胶包覆外径（A / AS 型）；② 座孔公差取 H8 的下半段；③ 在座孔壁上涂一薄层厌氧密封胶或选用带外径涂层（OD coating）的油封；④ 冷装配与高温交变工况须做实机验证。

4.7 偏心与跳动

偏心由两部分组成：静态装配偏心（轴中心相对座孔中心的偏移）与动态径向跳动（TIR）。两者之和不得超过表的允许值，否则唇口无法追随轴表面，表现为周期性渗漏与偏磨。

表 4-9 允许偏心量（静态偏心与动态跳动之和）

轴径 d1 (mm)	允许偏心 (mm)	轴径 d1 (mm)	允许偏心 (mm)
≤ 25	0.08 ~ 0.14	150 ~ 175	0.32 ~ 0.33
25 ~ 50	0.14 ~ 0.20	175 ~ 200	0.33 ~ 0.34
50 ~ 75	0.20 ~ 0.24	200 ~ 225	0.34 ~ 0.35
75 ~ 100	0.24 ~ 0.28	225 ~ 250	0.35 ~ 0.36
100 ~ 125	0.28 ~ 0.30	250 ~ 275	0.36 ~ 0.37
125 ~ 150	0.30 ~ 0.32	> 275	与制造方商定

表 4-10 动态径向跳动（TIR）的建议控制值

转速 n (r/min)	建议 TIR 上限 (mm)	说明
n ≤ 1000	0.25	低速工况唇口有充分时间追随

转速 n (r/min)	建议 TIR 上限 (mm)	说明
1000 < n ≤ 3000	0.15	常规工业转速区间
n > 3000	0.08	高速下唇口追随能力明显下降，须严格控制

跳动与偏心是不可互换的两个指标：跳动可以在偏装很正的情况下因轴弯曲而产生；也可以在跳动合格的情况下因座孔镗偏而偏心超差。现场测量时应分别测：① 用千分表测轴回转时的 TIR；② 用塞尺或百分表测轴与座孔的同轴度。

4.8 常用公差带数值速查

GB/T 13871.1 第 7.2 条和第 8.2 条分别要求轴公差 h11、座孔公差 H8。对设计人员而言，需要具体数值而非只写代号，下面按 GB/T 1800.2-2020 (ISO 286-2) 给出常用区间。

表 4-11 轴公差带 h11 的极限偏差 (单位: mm)

公称尺寸 (mm)	上偏差 ES (mm)	下偏差 EI (mm)	公差带
> 0 ~ 3	0	-0.060	0 / -0.060
> 3 ~ 6	0	-0.075	0 / -0.075
> 6 ~ 10	0	-0.090	0 / -0.090
> 10 ~ 18	0	-0.110	0 / -0.110
> 18 ~ 30	0	-0.130	0 / -0.130
> 30 ~ 50	0	-0.160	0 / -0.160
> 50 ~ 80	0	-0.190	0 / -0.190
> 80 ~ 120	0	-0.220	0 / -0.220
> 120 ~ 180	0	-0.250	0 / -0.250
> 180 ~ 250	0	-0.290	0 / -0.290
> 250 ~ 315	0	-0.320	0 / -0.320
> 315 ~ 400	0	-0.360	0 / -0.360

表 4-12 座孔公差带 H8 的极限偏差 (单位: mm)

公称尺寸 (mm)	上偏差 ES (mm)	下偏差 EI (mm)	公差带
> 0 ~ 3	+0.014	0	+0.014 / 0
> 3 ~ 6	+0.018	0	+0.018 / 0
> 6 ~ 10	+0.022	0	+0.022 / 0
> 10 ~ 18	+0.027	0	+0.027 / 0
> 18 ~ 30	+0.033	0	+0.033 / 0
> 30 ~ 50	+0.039	0	+0.039 / 0
> 50 ~ 80	+0.046	0	+0.046 / 0
> 80 ~ 120	+0.054	0	+0.054 / 0
> 120 ~ 180	+0.063	0	+0.063 / 0
> 180 ~ 250	+0.072	0	+0.072 / 0
> 250 ~ 315	+0.081	0	+0.081 / 0
> 315 ~ 400	+0.089	0	+0.089 / 0

上表仅列出 h11 与 H8 的数值。若设备对密封要求更高，可取 h8（更窄）或 H7（更紧），但加工成本相应上升；油封本体与座的过盈量也须重新核算。

4.9 轴套与轴修复

当轴表面已磨出沟槽、局部硬度不足或材质不适合直接作密封面时，可通过加装轴套（耐磨衬套）恢复配合面。轴套本身成为新的密封面，接触带位于轴套表面。

项目	要求与说明
材料	中碳钢 45#、40Cr、GCr15 或不锈钢；常规工况可选 45# 调质后表面淬火；腐蚀环境用不锈钢或镀硬铬
硬度	≥ HRC 55，优选 HRC 58 ~ 62；淬硬层深度 ≥ 0.5 mm
表面粗糙度	Ra 0.2 ~ 0.8 μm，推荐 0.4 μm；加工要求与轴本体相同
壁厚	视轴径而定，一般 2 ~ 4 mm；大规格可适当加厚，但过厚影响轴刚度
配合	轴套与轴为过盈或紧配合，轴套外径即为油封内径 d1；压装后轴套内径不得被撑大，否则与轴松动
端部	轴套两端做 15° ~ 30° 倒角，去毛刺；外侧端面不得凸出台阶，以免唇口通过时被割伤
应用	沟槽深度 > 0.05 mm；软质轴；需频繁更换且希望不损伤原轴；盒式油封（Cassette）自带耐磨轴套
盒式油封说明： 盒式油封把耐磨轴套、油封与迷宫做成一体，出厂时已经过动平衡。安装时把整套装在座孔内即可，轴套内径与轴的配合通常是滑配或轻压配。适用于工程机械、农机、重卡轮毂等强污染、高维护成本的场合。	

第 5 章 工况参数与选型

5.1 压力

按 GB/T 13871.1 第 6.1 条，标准结构的油封用于空气侧为大气压、介质侧表压为 0 ~ 50 kPa (0 ~ 0.05 MPa) 的场合。超过此范围应与制造方协商。

压力区间	结构对策	说明
≤ 0.05 MPa	标准结构 (A / AS / B / BS / C / CS)	GB/T 13871.1 的适用范围
0.05 ~ 0.3 MPa	压紧唇 + 支撑环 (耐压型, BAD / B1D / BABSL 类)	唇口在压力下被推向轴, 摩擦与温升上升, 须校核线速度
0.3 ~ 1.5 MPa	专用耐压油封; 同时要求轴硬度 ≥ HRC 50、座孔精度提高一级	需做台架验证, 不建议直接替换
> 1.5 MPa	改用机械密封或其他密封形式	唇形油封不适用

压力对油封的作用是把唇口压向轴, 接触应力随压力上升。压力升高时允许的线速度必须下调, 两者不能同时取上限。

5.2 线速度

线速度按下式计算, 式中 d1 取 mm、n 取 r/min:

$$v = \pi \cdot d1 \cdot n / 60000 \text{ (m/s)}$$
 例: d1 = 80 mm、n = 1500 r/min → v = 6.28 m/s

表 5-1 不同胶料的线速度界限 (常温、矿物油润滑、轴与粗糙度达标)

胶料 / 唇型	连续线速度上限 (m/s)	说明
NBR (标准唇)	≤ 14	最常用的区间; 超过后唇下温升急剧上升
NBR (波形唇 / 回流线)	≤ 18	唇下油膜更新快, 温升较低
HNBR	≤ 16	耐热优于 NBR, 允许更高的唇下温度
ACM	≤ 14	耐热好, 但低温与耐磨性弱于 HNBR
FKM	≤ 25 ~ 30	高速工况的首选弹性体; 须同时校核温度
VMQ	≤ 10	耐磨性差, 动密封慎用
PTFE 唇 (ISO 16589)	≤ 30 ~ 40	允许短时干运转; 轴硬度与粗糙度要求更高
无弹簧结构 (AO / BO)	≤ 6	脂润滑、低速辅助密封

按转速划分: 低速油封指 $v < 6 \text{ m/s}$, 高速油封指 $v > 6 \text{ m/s}$ 。线速度超过上表界限时, 可行做法是: ① 换用 PTFE 唇; ② 加装轴套并改善轴表面; ③ 降低轴径处的线速度 (如改支承方式); ④ 改用非接触式密封 (迷宫 + 甩油环)。

5.3 温度

选胶料的依据不是介质温度, 而是唇口实际温度。唇口温度通常高于介质温度 20 ~ 40 K, 在高速、高粘度或润滑不良时可高出更多。

唇口温度估算: $T_{唇} \approx T_{介质} + (20 \sim 40) \text{ K}$; 高速 ($v > 10 \text{ m/s}$) 或高粘度油取上限; 带回流线或波形唇且润滑充分时可取下限。

表 5-2 温度影响的定量表现

温度效应	表现	对策
超过上限	橡胶硬化、龟裂、失去弹性, 唇口出现轴向裂纹	换耐热胶料 (HNBR / ACM / FKM / PTFE); 改善散热; 降低线速度
低于下限	橡胶玻璃化、唇口失去追随性, 冷启动瞬间大量泄漏	换低温胶料 (低温型 NBR、VMQ、FVMQ); 核查 TR10 与脆性温度
频繁交变	热疲劳与应力松弛加速, 弹簧补偿量被消耗	选用压缩永久变形小的胶料, 缩短更换周期

温度效应	表现	对策
局部高温（干摩擦）	唇口烧伤、轴表面出现蓝黑色氧化膜与沟槽	保证起动前的预润滑；检查油位与供油路径

低温侧不能只看脆化温度。**TR10**（回缩 10 % 的温度，GB/T 7758 / ASTM D1329）更接近实际密封能力：唇口在 TR10 以下已基本失去追随性。

5.4 选型流程



图 5-1 油封选型流程

5.5 典型应用推荐

表 5-3 典型工业应用的配置推荐

应用	典型工况	推荐型式	推荐胶料	要点
齿轮箱 / 减速机	v 2 ~ 8 m/s, 油温 60 ~ 90 °C, 含 EP 添加剂	AS (TC) 或带回流线	NBR 70 (油温 > 90 °C 用 HNBR / ACM)	高速轴端优先带回流线；注意通气塞，避免箱内升压
离心泵 / 水泵	v 3 ~ 12 m/s, 介质含颗粒或水	AS 或 CS	NBR 70; 热水用 EPDM	含颗粒时加轴套；禁止干运转
电机 / 风机轴承座	v 5 ~ 15 m/s, 脂润滑或稀油	AS (TC)	NBR 70; 高温用 FKM	脂润滑时唇口必须预涂脂；注意轴电流腐蚀
螺杆压缩机	v 8 ~ 20 m/s, 油温 80 ~ 100 °C	带回流线或 PTFE 唇	FKM 或 PTFE	喷油螺杆介质的化学兼容性必须单独确认
工程机械行走 / 回转减速机	低速大扭矩，强粉尘与泥浆	CS 或组合式 (CO MBI)	NBR 70 / HNBR	副唇必选；建议加防尘迷宫与轴套
农业机械	低速，粉尘、秸秆、水洗	CS / 盒式 (Cassette)	NBR 70	优先盒式密封（自带轴套与迷宫）
商用车轮毂 / 车桥	v 3 ~ 10 m/s, 重载、涉水	CS (TA)	NBR 70 / HNBR	大规格必须带加强盖；座孔粗糙度控制更严
机床主轴	v 10 ~ 30 m/s, 精密、低发热	PTFE 唇	PTFE + FKM 弹性体	轴硬度 ≥ HRC 55、Ra ≤ 0.4 μm；粗糙度要求高于弹性体唇

应用	典型工况	推荐型式	推荐胶料	要点
轧机 / 冶金辊系	低速重载，高温与氧化皮	C / CS 或专用结构	FKM / HNBR / PTFE	外部需水冷与挡渣；唇口区必须通水冷却
食品 / 制药设备	清洗剂与蒸汽，温度交变	A / AS，外露不锈钢骨架	VMQ / EPDM / PTFE（按介质与法规）	介质接触合规性须单独确认

表中为起始配置。批量使用前应按第 8.3 节做台架验证，或先装样机跑合 200 ~ 500 h 再确认。

5.6 选型输入清单

向供应商询价或申请选型时，提供下列信息可避免多轮来回：

类别	需提供的项目
尺寸	轴径 d1、座孔 D、宽度 b（或安装空间限制）；图纸优于文字描述
运动	转速范围（最低 / 最高）、是否正反转、起动停止频次、轴向窜动量
介质	介质牌号与类型（矿物油 / 合成油 / 脂 / 水 / 乳化液）、粘度等级
温度	介质常态温度、峰值温度、环境温度、冷起动温度
压力	常态压力与峰值压力，是否有压力脉动
环境	粉尘、水、泥浆、化学清洗、盐雾、太阳直射
轴	材质、表面硬度（HRC）、表面粗糙度 Ra / Rz、加工方法、实测径向跳动
座孔	壳体材质、孔径公差、孔径粗糙度、有无挡肩
期望	目标寿命（h 或 km）、允许渗漏等级、更换周期与维护窗口
商务	数量、是否定制、是否需要样品与台架报告

第 6 章 失效模式与分析

6.1 失效判据

出现下列任一情况即判为失效，需要拆检：① 下方出现油滴或成片油迹；② 每 24 h 的渗漏量超出设备维护规程的允许值；③ 拆检发现唇口接触带宽度超出 0.2 ~ 0.5 mm 的正常区间；④ 唇口出现裂纹、缺口、翻转或烧焦痕迹。

渗漏等级本身要事先约定。多数工业齿轮箱的通用口径是：允许唇口外侧有油膜与轻微湿润，不允许成滴。精密设备与食品设备的要求更严，需要在图纸上写明。

6.2 失效模式对照表

现象	直接原因	检查方法	处理措施
唇口均匀磨损、接触带过宽（> 0.5 mm）	轴表面粗糙度过大；润滑不足或干摩擦；唇下温度过高	测轴 Ra；看接触带宽度与颜色；测唇下温度	轴重磨至 Ra 0.4；保证供油；换耐热胶料
唇口硬化、出现轴向龟裂	唇口温度超过胶料上限；油液氧化结焦	核对介质温度与线速度；取油样做老化分析	换耐热胶料；改善散热；缩短换油周期
唇口偏磨（一侧磨损重）	压装歪斜；座孔端面与轴不垂直；轴弯曲	检查压装后端面跳动；测轴 TIR；看座孔镗偏	重新压装并用工装定位；校正座孔；校直轴
弹簧脱落	轴端倒角毛刺或螺旋刀痕划伤；压装偏斜；锤击安装	拆下检查弹簧是否在槽内；查倒角面	修倒角去毛刺；用压装工装；换新件
外径渗漏（沿座孔外圈渗油）	座孔粗糙度过大或纵向划伤；铝壳体热膨胀；外径尺寸偏小；压装歪斜	测孔径与 Ra；检查孔壁有无纵向痕；测外径尺寸	提高孔加工精度；改橡胶包覆外径或涂外径密封胶
唇口翻转（翻唇）	反向压力；装配时唇口被顶入；起动瞬间冲击压力	检查通气塞是否堵塞；查箱内压力	疏通通气；改用带支撑环的耐压结构
装机后立即泄漏	唇口被键槽 / 花键 / 台阶划伤；带回流线的油封装反；弹簧缺失	查轴通过路径；核对端面箭头与转向	用保护套装配；按箭头方向重装；换新件
运转一段时间后突然大量泄漏	弹簧脱落或断裂；唇口撕裂	拆检弹簧与唇口	换新件并查装配工艺
轴表面出现沟槽	磨粒进入唇下；轴硬度不足（< HRC 30）；油液污染严重	测轴硬度与沟槽深度；做油液颗粒度检测	轴淬硬至 HRC 50 ~ 60 或加轴套；改善过滤与密封防尘
橡胶溶胀、发软、起泡	胶料与介质不相容（选错材料）	核对介质牌号；按 GB/T 1690 做浸液试验	换相容胶料（见表 3-5）
唇下结焦、积碳	唇下温度过高；油劣化；局部干摩擦	看唇口与轴表面颜色；测油温	降线速度；换耐热胶料；改善供油与散热
橡胶与骨架脱胶	骨架预处理不良；介质侵蚀粘接层；压装受力在橡胶侧	看脱胶面是否有底涂残留	压装力必须作用在骨架侧；换新批次

6.3 唇口接触带的判读

接触带是拆检时信息量最大的部位。观察前不要擦拭轴表面。

接触带状态	判读
宽度 0.2 ~ 0.5 mm，均匀连续、呈光亮抛光状	正常
宽度 > 0.5 mm	径向力过大或轴太粗糙；唇下发热高，寿命下降
宽度 < 0.2 mm 或不连续	过盈不足、弹簧失效或轴跳动超差
偏向一侧、宽度沿圆周变化	偏心或压装歪斜；检查座孔同轴度
带内可见轴向划痕	磨粒进入；检查防尘与油液清洁度

接触带状态	判读
轴表面呈蓝黑色或棕色氧化膜	唇下高温；降速或换耐热胶料
接触带位置偏离唇尖（跑到唇背）	唇口翻转或装反

6.4 现场检查步骤

- 1) 记录渗漏位置：是唇口处、外径处，还是壳体结合面。外径渗漏与唇口渗漏的处理完全不同。
- 2) 测轴的直径、圆度、径向跳动与表面粗糙度（沿轴向测 Ra）。
- 3) 测座孔直径、圆度与粗糙度，检查孔壁有无纵向划痕。
- 4) 检查轴端与座孔入口倒角：角度、毛刺、有无螺旋刀痕。
- 5) 测轴表面硬度（HRC），观察接触带的宽度、位置与颜色。
- 6) 核对介质牌号与胶料，必要时取样做浸液试验。
- 7) 核对线速度与唇下温度，算出实际唇口温度并与胶料上限比较。
- 8) 检查通气塞、回油孔是否堵塞（箱内压力升高会直接顶开唇口）。
- 9) 确认装配记录：是否用压装工装、是否敲击、回流线方向、弹簧状态。

排查顺序建议：先查配合件（轴与座孔），再查装配，最后才怀疑油封本身。现场统计中，轴表面粗糙度与加工纹路、装配损伤这两类原因合计占早期失效的多数，胶料本身的问题占少数。

第 7 章 安装、拆换与贮存

7.1 安装前检查

- 1) 核对型号：d1 × D × b 三个尺寸全部核对，并核对结构型式与胶料。
- 2) 检查油封本体：唇口不得有缺口、裂纹、飞边；外径不得有影响压装的毛刺与磕碰；骨架不得锈蚀变形；橡胶与骨架不得脱胶。
- 3) 检查弹簧：应完全嵌在槽内，接口旋合到位，轻拉唇口不脱出。
- 4) 检查轴：直径、粗糙度（Ra 0.2 ~ 0.8 μm）、硬度（≥ HRC 30）、轴端倒角（15° ~ 30°）、无毛刺与螺旋刀痕。
- 5) 检查座孔：孔径公差 H8、粗糙度、入口倒角 15° ~ 25°、无纵向划痕。
- 6) 确认方向：主唇朝向被密封介质（油侧）；带回流线的油封，端面箭头方向必须与轴转向一致。
- 7) 准备润滑剂：在唇口与外径涂一层与系统同牌号的润滑油或润滑脂。

7.2 安装工装与压装

要点	要求
定位基准	压装力必须作用在油封的金属骨架侧，禁止压在橡胶唇部或副唇上
工装	使用专用压装套筒，套筒外径略小于座孔（间隙 0.1 ~ 0.3 mm），端面平整且与轴线垂直
压装方式	液压或气动匀速压入；速度均匀，避免冲击
压装深度	油封外端面与座孔端面齐平，或按图纸沉入；定位面必须是机械加工面，未经加工的面不得作定位基准
垂直度	压装后端面与轴线的垂直度建议控制在 0.05 mm / 10 mm 以内
润滑	外径与唇口装配前涂一层润滑油或脂；带副唇时在两唇之间也涂脂
禁止	禁止用锤子直接敲击油封；禁止用冲子顶在唇口或骨架边缘

7.3 通过键槽、花键与台阶的保护

唇口经过键槽、花键、螺纹、油孔或轴台阶时，是最容易被划伤环节。必须采用弹头式保护套（或锥形过渡套）：

- 保护套外表面粗糙度 Ra ≤ 3.2 μm，不得有碰伤、划痕与毛刺；
- 保护套外径略大于轴径，形成连续过渡，避免唇口落入键槽；
- 保护套与轴端之间不得有台阶与间隙；
- 装配前在保护套表面涂润滑油；
- 油封通过保护套时应匀速推入，不得强行拉扯。

7.4 安装方向

结构	方向要求
标准油封（A / AS / B / BS / C / CS）	主唇（带弹簧一侧）朝向被密封介质，即油侧；副唇朝外（空气侧）
单向回流线油封	端面箭头方向必须与轴的旋转方向一致；装反必然泄漏
双向回流线 / 波形唇	按制造方标注安装，多数无方向要求，须核对图纸
双唇隔离型（AD / BD）	两唇之间加注润滑脂；注意两侧介质不能装反
PTFE 唇油封	多数为单向，按箭头安装；装配时对唇片的保护要求高于弹性体唇

7.5 拆卸与更换

- 油封为一次性零件，拆卸后不得重复使用。即使外观完好，唇口与弹簧的状态也已改变。
- 拆卸时使用专用拉拔器或在骨架上钻孔后撬出，避免损伤座孔与轴表面。

- 拆下后检查轴表面：若已磨出沟槽（深度一般 > 0.05 mm 即需处理），应修轴、加轴套或更换轴，不能直接装新油封。
- 沟槽处理方案：① 磨小轴径并配相应内径的油封（需重新核尺寸）；② 加热装轴套（最常见）；③ 采用带轴套的盒式油封，把接触带移到新表面。
- 装机后先盘车数圈，确认无卡滞再启动；启动后最初数小时允许极微量湿润。

7.6 贮存与搬运 (ISO 2230)

项目	要求
温度	贮存温度宜 5 ~ 25 °C，不得超过 25 °C；远离热源
湿度	相对湿度 ≤ 70 %；不得结露
光照	避光保存，尤其避免阳光直射与紫外线
臭氧	不得与产生臭氧的设备（电机、高压电器、焊接设备）同室存放
变形	平放，不得悬挂、不得重压堆叠；大规格油封尤其注意外径失圆
包装	保持原包装完好，开封后尽快使用；散件用塑料袋封存
接触	不得接触溶剂、油类、酸碱、金属屑；不得与铜、锰及其化合物接触（会加速橡胶老化）
先进先出	按生产批次先进先出；不同批次分开标识
贮存期与复检	弹性体的性能随时间衰减。常用参考：NBR 约 4 ~ 5 年、HNBR 约 4 ~ 5 年、EPDM 约 6 年、FKM 与 VMQ 约 10 年（自生产之日算起）。超过上述期限或储存条件不明时，须按第 8 章复检合格后方可使用

贮存期数值为行业常见参考，随胶料配方与包装方式变化，最终以制造方在包装或数据单上标注的期限为准。

7.7 安装禁忌清单

禁止	后果
锤子直接敲击油封	骨架变形、唇口变形、弹簧脱落、外径啃伤
压装力作用在橡胶侧或副唇上	脱胶、副唇翻卷
无挡肩又无工装强行压装	压装歪斜、偏磨、早期泄漏
唇口通过键槽 / 花键不加保护套	唇尖划出缺口，装机即漏
单向回流线装反	泵吸方向反转，必然泄漏
干装（不涂润滑剂）	启动瞬间干摩擦，唇口烧伤
用螺丝刀、尖嘴钳拨动弹簧	弹簧变形或脱落
旧件重复使用	唇口与弹簧状态已改变，寿命不可控
座孔入口倒角 > 45° 或无倒角	啃伤外径与骨架，压装倾斜
在有沟槽的轴面上直接换新油封	接触带被沟槽打断，短期内再次泄漏

第 8 章 检验与试验

8.1 尺寸检验

表 8-1 尺寸与外观的检验项目

检验项	量具 / 方法	判定
内径 d1 (唇口)	投影仪或光学测量; 禁用卡尺直接夹唇口 (会压变形)	按 4.4 过盈量核算后的唇口直径
外径 D	外径千分尺或气动量仪, 测三点互成 120°	落在表 4-4 公差带内
圆度	圆度仪或两点法测多截面	不超过表 4-4 限值
宽度 b	高度尺或卡尺 (测骨架端面, 不压橡胶)	落在表 4-3 公差带内
骨架厚度与外观	目检 + 卡尺	无裂纹、分层、锈蚀; 厚度符合图纸
弹簧	目检 + 手拉	在槽内到位, 不脱出
唇口外观	10 倍放大目检	无缺口、裂纹、气泡、飞边 (见 8.4)

8.2 胶料物理性能试验

进货检验与型式检验按下列方法执行。表中“常见约定值”为工业油封胶料（以 NBR 70 为例）的常用验收区间，实际指标须写入采购技术协议。

表 8-2 胶料性能试验项目与常见约定值

项目	试验方法	条件	常见约定值 (NBR 70 参考)
硬度	GB/T 531.1 / ISO 48 / ASTM D2240	23 ± 2 °C, 邵氏 A	70 ± 5 Shore A
拉伸强度	GB/T 528 / ISO 37 / ASTM D412	23 °C, 哑铃状试样	≥ 10 MPa
拉断伸长率	GB/T 528 / ISO 37 / ASTM D412	23 °C	≥ 250 %
100 % 定伸应力	GB/T 528 / ISO 37 / ASTM D412	23 °C	≥ 3 MPa
撕裂强度	GB/T 529 / ISO 34-1 / ASTM D624	23 °C, 裤形或直角试样	≥ 25 kN/m
压缩永久变形	GB/T 7759 / ISO 815-1 / ASTM D395	方法 B, 100 °C × 70 h	≤ 30 %
热空气老化	GB/T 3512 / ISO 188 / ASTM D573	100 °C × 70 h	硬度变化 ≤ +10; 拉伸强度变化率 ≥ -25 %; 伸长率变化率 ≥ -30 %
耐液体 (IRM 903 油)	GB/T 1690 / ISO 1817 / ASTM D471	100 °C × 70 h	体积变化 -5 % ~ +15 %; 硬度变化 ±10
耐液体 (1 号标准油)	GB/T 1690 / ISO 1817 / ASTM D471	100 °C × 70 h	体积变化 -10 % ~ +5 %
低温脆性	GB/T 1682 / ISO 812 / ASTM D2137	单试样法	≤ -30 °C (低温型更低)
TR10	GB/T 7758 / ISO 2921 / ASTM D1329	回缩 10 %	按协议, 一般 ≤ -20 °C
磨耗量	GB/T 1689 / ISO 4649 / ASTM D5963	旋转辊筒法	≤ 0.4 cm³
密度	GB/T 533 / ISO 2781 / ASTM D297	23 °C	按胶料配方给定值 ±0.03 g/cm³
回弹性	GB/T 1681 / ISO 4662	23 °C	≥ 30 %

试样制备与状态调节按 GB/T 2941 执行; 试验必须在硫化后放置不少于 16 h、并在 23 ± 2 °C 下调节不少于 3 h 后进行, 否则硬度与拉伸数据会明显偏离。

8.3 台架性能试验

台架试验按 GB/T 13871.4（对应 ISO 6194-4）规定的程序执行。标准给出试验装置、工况设置与结果评定方法，具体参数由供需双方按实际工况约定。

要素	内容与通用做法
试验装置	专用油封试验台：轴由精密主轴驱动，座孔可更换，可测泄漏量与唇下温度
试样数量	同批次不少于 3 件；对比试验不少于 5 件
轴与座孔	按第 4 章加工，Ra 0.4 μm、HRC ≥ 45、h11；座孔 H8
试验介质	与实际应用同牌号的润滑油或按协议规定的标准油
工况设置	至少覆盖：额定转速连续运行、冷启动、最高介质温度、起停循环（含停机静置）、以及按协议的偏心 / 跳动条件
监测项	泄漏量（称重法或集油法）、唇下温度（轴表面热电偶或红外）、摩擦力矩（扭矩法）、轴与唇口的磨损量
判定	在约定的运行时间或循环次数内，累积泄漏量不超过约定值，且唇口无裂纹、无翻转、无弹簧脱落；拆检接触带宽度落在 0.2 ~ 0.5 mm
记录	试验报告须含：试样型号与批次、轴与座孔实测值、工况曲线、泄漏量与温度随时间曲线、拆检照片与结论

台架结果只代表试验条件下的表现。现场寿命受装配质量、轴状态、油液清洁度与维护水平的影响，通常比台架结果分散得多。

8.4 外观缺陷（ISO 6194-5）

ISO 6194-5 用图谱方式定义典型外观缺陷，供供需双方讨论缺陷可接受程度时参照。下列为通用判定原则。

部位	缺陷类型	通用判定
主唇口（唇尖与唇面）	缺口、裂纹、裂口、气泡、飞边、缺胶	影响密封的缺陷一律不接受；唇尖区（唇口 1 mm 范围内）不允许任何可见缺陷
副唇	缺口、翻卷、缺胶	影响防尘功能的缺陷不接受
外径面	毛刺、磕碰变形、锈蚀、缺胶（橡胶包覆型）	影响压装与外径密封的缺陷不接受；外露骨架允许轻微防锈层不均
弹簧与弹簧槽	弹簧脱落、错位、锈蚀、断裂	一律不接受
骨架	裂纹、分层、变形、锈蚀	一律不接受
橡胶与骨架粘接	脱胶、气泡、粘接面裸露	一律不接受
表面污染	油污、脱模剂残留、粉尘、金属屑	清理后可接受，但不得有嵌入性异物

缺陷的可接受程度取决于应用。通用工业与精密设备、食品设备应采用不同的判定等级，建议在采购协议中明确等级而不是笼统写“外观良好”。

8.5 抽样与判定

环节	做法
抽样标准	按 GB/T 2828.1 (ISO 2859-1) 一次抽样方案，一般检验水平 II
接收质量限 AQL	常用取值：尺寸与外观 AQL 1.0 ~ 2.5；关键尺寸（D、d1 唇口）可单独取 AQL 0.65
型式检验	新产品、更换胶料配方、更换骨架供应商、或停产半年以上恢复生产时必须做；项目覆盖 8.1 ~ 8.3 全部
出厂检验	每批做尺寸与外观抽检；胶料物理性能按批次留样，按月或按协议频次送检
留样	每批留样不少于 5 件，保存至该批产品交付后 12 个月，用于质量追溯
不合格处置	单件不合格判该件不合格；批次不合格时整批退回或全检，不允许挑选后直接放行

第 9 章 标识、包装与订货

9.1 型号标注方法

油封的型号由尺寸段与结构段组成。推荐在图纸与订单中按下列完整格式标注，避免只写尺寸导致结构或材料被默认替代：

d1 × D × b — 结构型式 — 材料 — 硬度
示例：50 × 72 × 8 — AS (TC) — NBR — 70 Shore A
示例：80 × 100 × 10 — CS (TA) — FKM — 75 Shore A，带双向回流线

表 9-1 型号各段位的写法

段位	内容与写法
尺寸段	按 d1 × D × b 顺序，单位 mm，不加单位符号
结构段	优先写 DIN 3760 / ISO 6194-1 型式代号（A / AS / B / BS / C / CS / AD / AO 等）；括号中可附市场代号（TC / TB / TA 等）便于对照
材料段	写 ISO 1629 代号（NBR / HNBR / FKM / VMQ / ACM / EPDM / PTFE）；不得只写商品名
硬度段	写邵氏 A 数值与公差，如 “70 ± 5 Shore A”
附加要求	回流线方向、耐压结构、外径涂层、弹簧材质、是否需要轴套或盒式结构等，单独成行写明

外径结构（橡胶包覆还是金属裸露）必须明确。同一尺寸下 A 型与 B 型不能互换：A 型在粗糙座孔中可密封，B 型在同样座孔中会沿外径渗漏。

9.2 包装与标识

表 9-2 包装与标识要求

项目	做法
内包装	塑料袋或防锈纸单件封装；大规格多件一袋，件间用纸隔开防止唇口互压
外包装	瓦楞纸箱，箱内填充防压；单箱重量一般不超过 25 kg
标签内容	型号（含完整标注）、材料、数量、生产批次、生产日期、执行标准号、制造商名称
防护	箱内不得有金属屑、粉尘；不得与溶剂、酸碱同箱运输
防潮	海运时箱内加干燥剂与防潮膜；不得使用含铜、锰的防锈纸
追溯	批次号须可在留样与检验记录中追溯

9.3 供货与交付

表 9-3 现行供货与交付条件

项目	现行条件
最小订货量 (MOQ)	100 件起（按同一型号计）
常供材料	NBR 为常规备货；FKM、VMQ 按订单安排
现货交货期	3 ~ 15 天（自然日，自订单确认起算）
定制交货期	25 ~ 40 天（自然日，自图纸确认起算，含模具与样品周期）
贸易条款	FOB 天津 / 青岛
付款方式	T/T, 30 % 定金，余款发货前付清
样品	常规规格可提供样品；定制规格按图纸先做样品确认
技术文件	可提供尺寸检验报告；胶料数据单与台架报告按需求单独约定

交货期中的“天”指自然日，不含法定节假日。定制件的时间自图纸与样品确认完成起算，图纸反复修改会相应顺延。

9.4 OEM 号与交叉参考的说明

本手册及公司产品资料中出现的 OEM 零件号，仅用于帮助用户确认尺寸与安装位置，作为**交叉参考**使用。本公司产品为**售后市场替代件**，非原厂配套件，与原厂零件号的权利人无任何隶属或授权关系。用户应自行核对尺寸、材料与使用条件后再行安装。

9.5 询价与技术数据单模板

下表可直接复制到询价邮件或采购技术协议中填写。

表 9-4 询价与技术数据单模板

项目	填写内容
型号 / 尺寸	d1 × D × b = ____ × ____ × ____ mm
结构型式	☐ A ☐ AS ☐ B ☐ BS ☐ C ☐ CS ☐ 其他 ____
材料 / 硬度	☐ NBR ☐ HNBR ☐ FKM ☐ VMQ ☐ ACM ☐ EPDM ☐ PTFE 硬度 ____ Shore A
设备与应用	_____
转速	最低 ____ r/min, 最高 ____ r/min; ☐ 正反转
线速度	v = ____ m/s
介质	牌号 / 类型 _____, 粘度等级 ____
温度	介质常态 ____ °C, 峰值 ____ °C; 环境最低 ____ °C
压力	常态 ____ MPa, 峰值 ____ MPa
轴	材质 _____, 硬度 ____ HRC, Ra ____ μm, 加工方法 _____, TIR ____ mm
座孔	壳体材质 _____, 孔径公差 _____, Ra ____ μm
环境	☐ 粉尘 ☐ 水 / 泥浆 ☐ 化学清洗 ☐ 户外 ☐ 其他 ____
目标寿命	____ h 或 ____ km
数量	首批 ____ 件, 年度预估 ____ 件
附件要求	☐ 检验报告 ☐ 胶料数据单 ☐ 台架报告 ☐ 样品

第 10 章 附录

附录 A 常用单位换算

物理量	换算关系
压力	1 MPa = 10 bar = 1000 kPa = 145.0 psi; 1 bar = 100 kPa = 14.50 psi; 0.05 MPa = 0.5 bar = 50 kPa = 7.25 psi
线速度	1 m/s = 196.85 ft/min; 1 ft/min = 0.00508 m/s
长度	1 mm = 0.03937 in; 1 in = 25.4 mm
力	1 N = 0.2248 lbf
运动粘度	1 cSt = 1 mm²/s
温度	°C = (°F - 32) / 1.8
硬度	在 30 ~ 90 区间内, 邵氏 A 与 IRHD 的读数近似相等, 允许偏差约 ±2; 超出该区间两者偏差增大, 不宜直接换算

附录 B 线速度速查表

按 $v = \pi \cdot d_1 \cdot n / 60000$ 计算, v 单位 m/s, d_1 单位 mm, n 单位 r/min。查表时先取轴径行, 再取转速列。

轴径 d1 (mm)	300	500	750	1000	1500	2000	3000
10	0.16	0.26	0.39	0.52	0.79	1.05	1.57
15	0.24	0.39	0.59	0.79	1.18	1.57	2.36
20	0.31	0.52	0.79	1.05	1.57	2.09	3.14
25	0.39	0.65	0.98	1.31	1.96	2.62	3.93
30	0.47	0.79	1.18	1.57	2.36	3.14	4.71
35	0.55	0.92	1.37	1.83	2.75	3.67	5.50
40	0.63	1.05	1.57	2.09	3.14	4.19	6.28
45	0.71	1.18	1.77	2.36	3.53	4.71	7.07
50	0.79	1.31	1.96	2.62	3.93	5.24	7.85
60	0.94	1.57	2.36	3.14	4.71	6.28	9.42
70	1.10	1.83	2.75	3.67	5.50	7.33	11.00
80	1.26	2.09	3.14	4.19	6.28	8.38	12.57
90	1.41	2.36	3.53	4.71	7.07	9.42	14.14
100	1.57	2.62	3.93	5.24	7.85	10.47	15.71
120	1.88	3.14	4.71	6.28	9.42	12.57	18.85
140	2.20	3.67	5.50	7.33	11.00	14.66	21.99
160	2.51	4.19	6.28	8.38	12.57	16.76	25.13
180	2.83	4.71	7.07	9.42	14.14	18.85	28.27
200	3.14	5.24	7.85	10.47	15.71	20.94	31.42
250	3.93	6.54	9.82	13.09	19.63	26.18	39.27
300	4.71	7.85	11.78	15.71	23.56	31.42	47.12

读法示例: $d_1 = 80\text{ mm}$ 、 $n = 1500\text{ r/min}$ 时 $v = 6.28\text{ m/s}$, 落在 NBR 的常用区间 ($\leq 14\text{ m/s}$) 内。

附录 C 中外标准对照

内容	中国 GB/T	国际 ISO	德国 DIN	日本 JIS	美国 ASTM
尺寸与公差	GB/T 13871.1-2022; GB/T 9877-2008	ISO 6194-1:2007	DIN 3760	JIS B 2402	—

内容	中国 GB/T	国际 ISO	德国 DIN	日本 JIS	美国 ASTM
词汇	GB/T 13871.2	ISO 6194-2	—	—	—
贮存、搬运与安装	GB/T 13871.3	ISO 6194-3	—	—	—
性能试验程序	GB/T 13871.4-2023	ISO 6194-4	—	—	—
外观缺陷识别	GB/T 13871.5	ISO 6194-5:2008	—	—	—
PTFE 唇油封	— (参照 ISO 系列)	ISO 16589 全系列	—	—	—
尺寸公差体系	GB/T 1800.2-2020	ISO 286-2	—	JIS B 0401	—
表面粗糙度	GB/T 1031-2009	ISO 21920 (替代 ISO 4287 / 1302)	—	JIS B 0601	ASME B46.1
材料命名	—	ISO 1629	—	—	ASTM D1418
材料分级	—	—	—	—	ASTM D2000 / SAE J200
硬度	GB/T 531.1	ISO 48	DIN ISO 48	JIS K 6253	ASTM D2240
拉伸	GB/T 528	ISO 37	DIN 53504	JIS K 6251	ASTM D412
压缩永久变形	GB/T 7759	ISO 815-1	—	JIS K 6262	ASTM D395
热空气老化	GB/T 3512	ISO 188	—	JIS K 6257	ASTM D573
耐液体	GB/T 1690	ISO 1817	—	JIS K 6258	ASTM D471
低温脆性	GB/T 1682	ISO 812	—	JIS K 6261	ASTM D2137
TR 试验	GB/T 7758	ISO 2921	—	—	ASTM D1329
磨损	GB/T 1689	ISO 4649	DIN 53516	JIS K 6264	ASTM D5963
抽样	GB/T 2828.1-2012	ISO 2859-1	—	JIS Z 9015	—
橡胶贮存	—	ISO 2230:2010	DIN 7716	—	—

附录 D 英制轴径对照

英制设备与进口设备上常见的轴径。换用公制油封时，先按 mm 值查尺寸表，再核对座孔与宽度，不能只按英寸近似选取。

英寸 (分数)	英寸 (小数)	mm	英寸 (分数)	英寸 (小数)	mm
1/2	0.500	12.70	2-3/8	2.375	60.32
5/8	0.625	15.88	2-1/2	2.500	63.50
3/4	0.750	19.05	2-5/8	2.625	66.67
7/8	0.875	22.22	2-3/4	2.750	69.85
1	1.000	25.40	2-7/8	2.875	73.02
1-1/8	1.125	28.57	3	3.000	76.20
1-1/4	1.250	31.75	3-1/4	3.250	82.55
1-3/8	1.375	34.92	3-1/2	3.500	88.90
1-1/2	1.500	38.10	3-3/4	3.750	95.25
1-5/8	1.625	41.27	4	4.000	101.60
1-3/4	1.750	44.45	4-1/2	4.500	114.30
1-7/8	1.875	47.62	5	5.000	127.00
2	2.000	50.80	5-1/2	5.500	139.70
2-1/8	2.125	53.97	6	6.000	152.40
2-1/4	2.250	57.15			

附录 E 修订记录

版本	日期	修订内容	编制 / 审核
V 1.0	2026-09	首次发布。依据 GB/T 13871.1-2022 / ISO 6194-1:2007 / DIN 3760 / GB/T 9877-2008 编制，共 10 章。	技术部

附录 F 联系信息

项目	内容
品牌	VKEFOT Precision Sealing
公司	邢台汉驰智能科技有限公司 (Xingtai Hanchi Intelligent Technology Co., Ltd.)
网址	www.vkefot-seals.com
邮箱	info@vkefot-seals.com
电话 / WhatsApp	+86 158 1031 8261
常供材料	NBR (常规备货) ; FKM、VMQ 按订单安排
MOQ	100 件起
贸易条款	FOB 天津 / 青岛; T/T 30 % 定金

本手册所列的尺寸、公差、材料性能与工况界限为选型与设计参考，不构成对任何具体产品的性能保证。产品最终技术状态以供需双方确认的图纸、胶料数据单（TDS）与检验规范为准。手册中引用的标准请以现行有效版本为准。