

《塑性涂层、全塑转鼓类离心分离设备 通用技术规范》 编制说明

初稿

一 工作简况

1、目的和意义

离心分离机械广泛应用于化工、石化、石油、医药、生物、食品、环保、有色、核工业等重要国计民生行业领域，量大面广。随着各种新场景对离心分离设备的需求越来越大，特别是在一些使用工况多为各类中高浓度强酸碱、极性溶剂综合作用下的恶劣环境，常规金属不能适应这类腐蚀性环境，而特种材料如钛材TA2、哈氏合金、锆材等价格昂贵，投入成本极高，成为分离机械产业面临的共性难题。随着技术进步，塑性涂层、全（氟）塑等新兴材料行业以及与其相应的成型技术如热喷涂、模压、增材制造等新工艺新技术发展迅速，已在离心机领域形成规模化应用，成为解决高腐蚀、强极性物料分离的技术方案，同时该类产品相比金属转鼓，质量更低，可以有效减少设备的能耗。

塑性涂层、全塑材料制作的高速旋转转鼓与全金属材料转鼓在材料性能、理化性质、制造工艺、适用范围、维修维护等方面存在根本区别，安装有塑性涂层、全塑材料转鼓的离心机，应用时需要识别材料强度、形变、静电等带来的挤压、碰擦、冲击等危险，另外，塑性涂层或全塑转鼓的应用，因为材料和制造因素，使得离心机等产品性能如动平衡、振动、处理能力和转速等与金属转鼓存在差异，性能达不到金属转鼓的性能。因此，有必要制订国家标准，从该类设备的适用范围、制造要求、性能要求、结构要求等层面予以规范，保证产品质量和安全性，提出针对性的性能指标、给出相应的试验方法。

通过制定本标准，规范塑性涂层、全塑转鼓类离心分离设备的性能指标和制造要求等，统一试验方法和检验规则，为生产企业提供清晰的设计、制造和检验依据，确保此类设备在高腐蚀、强极性物料分离等应用场景下的安全稳定和高效运行，有效规避因材料特性差异可能引发的各类风险，促进塑性涂层和全塑类转鼓离心分离设备的发展，降低能耗，减少排放。同时也为相关监管部门的监督检查提供可靠的技术支撑，促进整个行业的健康、有序和规范化发展。

2、项目来源

根据国标委发【2025】76号批文《国家标准委关于下达2025年第十二批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知》，《塑性涂层、全塑转鼓类离心分离设备 通用技术规范》批准立项，计划编号：20256804-T-604，计划起草单位：合肥通用机械研究院有限公司、国机通用机械科技股份有限公司，项目周期计划下达之日起18个月。

3、主要工作过程

——起草阶段：2025年12月31日，本项目批准立项。由秘书处协调，项目起草单位合肥通用机械研究院有限公司牵头，成立了标准起草工作组，工作组成员单位有：合肥通用机械研究院有限公司、江苏华大离心机制造有限公司、江苏赛德力制药机械制造有限公司、江苏巨能机械有限公司、重庆江北机械有限责任公司、重庆工商大学、天津大学、国机通用机械科技股份有限公司……，起草组成员有：陈崔龙、周进、范匡余、顾逸、牟富君、张剑鸣、龚海峰、汪洋、朱碧肖……。工作组成立后，由牵头单位合肥通用机械研究院有限公司进行了起草工作的分配，起草组各成员在项目草案的基础上，开展了资料搜集、试验验证等工作，2026年5月 日，起草组完成了本标准的初稿，并于2026年5月 日召开了起草组工作讨论会，

对标准初稿进行了讨论。会后，起草组完善了初稿，并编写了编制说明，形成标准征求意见稿。

——征求意见阶段：

——送审阶段：

——报批阶段：

4、主要参加单位和工作组成员及其所做的工作

本标准起草单位：合肥通用机械研究院有限公司、江苏华大离心机制造有限公司、江苏赛德力制药机械制造有限公司、江苏巨能机械有限公司、重庆江北机械有限责任公司、重庆工商大学、天津大学、国机通用机械科技股份有限公司……

本标准起草工作组成员：陈崔龙、周进、范匡余、顾逸、牟富君、张剑鸣、龚海峰、汪洋、朱碧肖……

工作组成员所做的工作：陈崔龙任组长，周进负责标准的编写工作，龚海峰、汪洋负责资料的搜集整理和分析工作，范匡余、顾逸、牟富君、张剑鸣负责标准技术内容的试验验证工作，朱碧肖负责编制说明的编写和文本的审阅工作。

二 标准编制原则、主要内容和依据和解决的主要问题

1、编制原则

本标准在制定工作中遵循“面向市场、服务产业、自主制定、适时推出、及时修订、不断完善”的原则，标准制定与技术创新、试验验证、产业推进、应用推广相结合，统筹推进。

本标准在结构编写和内容编排等方面依据 GBT 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》进行编写。在确定本标准主要技术内容时，综合考虑生产企业的能力和用户的利益，寻求最大的经济效益和社会效益，充分体现了标准在技术上的先进性和技术上的合理性。

2、主要内容和依据

2.1 主要内容

本文件规定了塑性涂层、全塑转鼓类离心分离设备的技术要求，描述了相应的试验方法，给出了使用信息。

本文件适用于转鼓材质为表面喷涂塑性材料或全部利用塑性材料加工的固液分离用离心机、分离机，以及液液分离用离心萃取机。

2.2 依据

2.2.1 主要内容和范围的确定

根据申报立项的标准名称——塑性涂层、全塑转鼓类离心分离设备 通用技术规范——可见，本标准的标准化对象为塑性涂层和全塑转鼓类离心分离设备，标准类别为技术规范。标准内容应针对塑性涂层和全塑转鼓类离心分离设备的设计制造和检验给出技术要求和响应的试验方法。

——塑性涂层

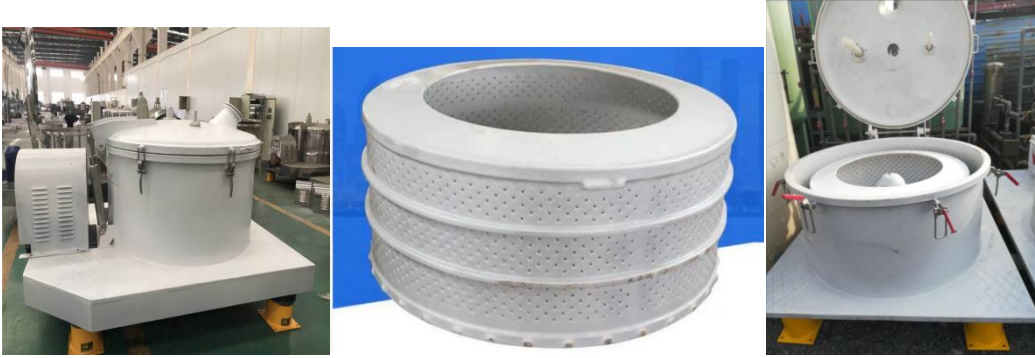
塑性涂层转鼓的出现主要是源于离心机、萃取机等设备被广泛应用于化工、医药、环保、冶金等可能存在酸碱腐蚀的场合，这类场合对于设备材料的耐腐蚀性提出了高要求，除却采用钛材、哈氏合金或锆材等特种材料外，在转鼓等与物料接触部分材料表面附着一层耐腐蚀材料，由于其低成本，高适应性的特点，成为越来越广泛的离心机萃取机耐腐蚀方案。

早期的耐腐蚀方案主要是通过衬包如衬胶、衬塑或树脂玻璃钢工艺：

衬胶是利用软橡胶或硬橡胶的弹性与耐腐蚀性，通过硫化工艺粘贴在转鼓内壁，适合处理含固体颗粒的腐蚀性物料，能有效缓冲颗粒对金属壁的冲击和磨损。但是，衬胶不耐高温，一般不高于65℃，也不适用于强氧化性介质（如浓硝酸）。

衬树脂玻璃钢是由玻璃纤维和树脂复合而成，通过分层结构设计和手糊成型，将玻璃纤维与树脂在模具上逐层构建成一个完整的、具有足够强度的转鼓。密度仅为不锈钢的约1/4，适用于**中等转速、处理量大、腐蚀性强（尤其是含氯离子介质）** 的场合，但存在耐温性差，长期使用温度不能高于100℃，抗冲击性差，容易老化等缺点。

衬塑一般采用滚塑，将粉末状PE树脂加入转鼓，经旋转、加热使其熔融后均匀附着内壁，一次成型，在金属转鼓内壁形成一层3-5毫米甚至更厚的无缝、致密的塑料防腐层。有时候，根据需要，还可以采用贴片的工艺进行衬塑，通过将将预制成型的片材（如PTFE板），通过粘接剂逐一粘贴在转鼓内表面。相比而言，前者具有结构完整性好、强度高、厚度均匀性好的优点，适合大多数酸碱盐腐蚀场合，而贴片主要是为了在滚塑工艺无法满足的特殊工况下（如需要PTFE的极高耐腐蚀性）提供解决方案。由于存在拼接缝，它通常要求更精细的施工和更严格的维护。



衬塑材料主要有PTFE（聚四氟乙烯）、PE（改性聚乙烯）、PP（聚丙烯）和PVDF（聚偏氟乙烯）等。主要性能对比如下表：

对比项目	改性聚乙烯 (PE)	聚丙烯 (PP)	聚偏氟乙烯 (PVDF)	聚四氟乙烯 (PTFE)
核心特点	性价比之王，最常用的衬塑材料，工艺成熟	耐温性和刚性优于 PE	机械强度高，耐候性和抗老化性能好	性能之王，耐腐蚀性、耐高低温、不粘性均极佳
耐腐蚀性	优异，耐大多数酸、碱、盐	良好，耐化学性优于 PE	优异，尤其耐氯离子和强氧化剂	最优，几乎耐所有化学品（除熔融碱金属等）
最高使用温度	约 60-65℃	约 100℃	约 120-150℃	约 260℃
最低使用温度	约 0℃	/	/	约-250℃
工艺方式	以滚塑为主，可带“龟甲”增强	滚塑或板材焊接	滚塑或注塑	多为板材贴片焊接（因熔融粘度高，难滚塑）

近年来，一种新的耐腐蚀方案被广泛应用在离心机萃取机等离心分离设备上——静电喷涂氟材料，其本质上是一种涂装工艺。将氟树脂粉末通过静电吸附在金属表面，再经高温烧结固化，形成仅0.3mm-1.8mm厚的致密涂层。常用的氟材料有PFA、ETFE和ECTFE等。



相比衬塑，具有耐温性更强，可在 -193°C 到 $+260^{\circ}\text{C}$ 的宽温域下工作；耐腐蚀性更好，涂层更致密，无空隙，兼具无粘性，耐正负压等特点。

同时，由于涂层厚度小，对于离心机萃取机等高转速设备，对于装配机设备的密封性、运转干涉等影响也较低。当然，喷涂氟材料的价格相比也高于衬塑，适用于高温、强腐蚀等衬塑材料无法应对的场合。

本标准中的塑性涂层包括了衬塑和静电喷涂氟材料两种耐腐蚀方案。

——全塑转鼓

除了以上的使用衬包和静电喷涂外，近年来还出现了采用全塑材料来制作转鼓的方案，通常是用在低载荷小直径如离心萃取机等液液分离设备上。全塑转鼓的制造方式通常有三种，焊接、模压和整体车削。

对比项目	全塑转鼓	衬塑（滚塑）	静电喷涂氟塑料
结构设计	整体塑料，转鼓本身就是 PVDF 等塑料制成	金属基体+塑料内衬，钢壳提供强度，PE 层防腐	金属基体+薄涂层，涂层仅 0.3-1.8mm 厚
防腐机理	材料本体耐腐蚀	物理隔绝，衬层起到隔离作用	致密涂层隔离腐蚀介质
优点	1. 彻底无腐蚀风险：无金属裸露，不存在衬层脱落问题 2. 轻量化显著：密度仅为钢的 1/4-1/5，运行功耗低 3. 表面不粘：氟塑料表面张力低，物料易清洁 4. 耐温范围宽：PVDF 可达 $-40^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$	1. 机械强度高：钢制转鼓承载能力强，转速可达 1200rpm 以上 2. 工艺成熟：“龟甲”增强结构使衬层不脱落、不龟裂 3. 性价比高：改性 PE 材料成本低，适合常规防腐 4. 衬层厚实：3-5mm 厚度，耐磨性好	1. 附着力极强：涂层与金属基体结合强度高 2. 涂层致密无孔：防腐性能优异 3. 耐温性优：PTFE/PFA 涂层可达 260°C 4. 不粘性：表面光滑，物料不易粘附

缺点	1. 分离能力受限:塑料强度低于金属, 转速和分离因数较低 2. 不适用于重相分离:更适合易分离体系 3. 材料成本高: PVDF 等氟塑料价格昂贵	1. 耐温性差: PE 衬层仅适用于 0~60℃, 高温易软化 2. 有脱落风险: 虽工艺改进, 但仍有起层可能 3. 需定期检查维修: 每周至少检查一次衬里是否破碎	1. 涂层较薄: 耐磨性不及厚衬层 2. 对基材处理要求高: 喷砂、清洁不到位会影响附着力 3. 施工复杂: 需多次喷涂烧结, 工艺控制严格 4. 成本较高: 氟涂料及工艺成本不菲
----	--	---	---

相比涂层和衬塑方案，优点是：彻底摆脱了腐蚀风险、显著减小转鼓质量，降低能耗、表面张力小，物料不宜粘黏，易清洗；耐温性能好，缺点是：强度受限材质，转速和分离因数低；仅适用于低载荷小直径转鼓；材料成本较高。下表给出了全塑转鼓、衬塑和静电喷涂氟材料三种方案的差异性和优缺点对比。



全塑转鼓在实际应用中，主要有三种材料，分别是PVDF（聚偏氟乙烯）、PTFE（聚四氟乙烯）和PP聚丙烯等塑料，这三种材料各有优缺点，具体如下表所示：

对比项目	PVDF 转鼓方案	PTFE 转鼓方案	工程塑料转鼓方案
核心材料	聚偏氟乙烯（多用德国进口料）	聚四氟乙烯	聚丙烯(PP)等
长期耐温	-40℃ ~ 150℃	-250℃ ~ 260℃	通常 ≤ 100℃
机械强度	较高（氟塑料中最佳）	低（需复合增强）	一般（多用于复合结构）
密度 (g/cm³)	1.17 ~ 1.79	约 2.1 ~ 2.3	约 0.9 ~ 1.2
耐腐蚀性	优异（耐强酸、碱、氯离子）	最优（几乎万能）	良好（耐特定介质）
典型转速/分离因数	3000-8000 rpm / Fr 70-1800	较低，用于外壳或衬层	较低，用于低速设备
主要应用	湿法冶金、核工业、稀土萃取等高速、强腐工况	强腐蚀、高纯度要求的外壳或内衬	化纤脱水、制革等中低端或特定物料

从制造工艺上来说，全塑转鼓的制造工艺主要有注塑模压成型工艺、焊接成型工艺和机加工车削工艺。

注塑/模压成型工艺是将熔融的塑料原料高速注入精密磨具中，在高压下快速冷却成型。特点是尺寸精度高、表面光洁，可以实现复杂的一体化结构。转鼓材料致密、动平衡性能较好。缺点是无法制造超大型转鼓，模具成本高。这种一般是PVDF会常用。

焊接成型工艺通过将塑料板材采用热风焊接或热熔焊接组装焊接为转鼓，优点是工艺简单、转鼓尺寸可以灵活。确定是焊缝强度无法保证。

机加工车削工艺是利用塑料管材或棒材使用车床等机加工设备进行车削加工来制造转鼓，优点是材料性能可以保证，尺寸精度高，转鼓尺寸可以灵活控制。确定是效率低、材料浪费率高、尺寸较小，无法制造大直径转鼓，机加工时可能产生裂纹或内应力，影响材料强度。这种工艺一般是PTFE材质会常用。

事实上，用于全塑转鼓也好、塑性涂层或衬塑转鼓也好，塑性材料的材质由很多种方案，本标准在第4章中给出了现阶段市场上出现的可能用于离心机转鼓的各类材料的那酸碱特性和温度耐受范围。

用户和制造企业在进行选型的时候，需要根据物料的物理化学性质等，选择合适的方案来制造离心机萃取机等离心分离设备的转鼓，在满足分离效果的情况下保障设备的安全可靠和长期运行。

2.2.2 术语和定义

本标准中的术语和定义基本上都根据GB/T 4774-2013《过滤与分离 名词术语》的定义，除此之外，本标准还对塑性涂层转鼓和全塑转鼓进行了定义。

——塑性涂层转鼓

关于塑性涂层转鼓的定义，前文已经就塑性涂层转鼓的技术应用和发展进行了详述，基于前文的叙述，本标准中塑性涂层的定义是：**钢基材料表面衬包或喷涂塑性材料的转鼓。**这里限定了塑性涂层的范围仅为转鼓钢基材料表面衬包塑性和喷涂塑性材料两种。主要是因为这两种是目前应用最为广泛的两种，置于其他诸如衬胶和树脂玻璃钢等工艺已经基本被淘汰。

——全塑转鼓

前文也对全塑转鼓材料和制造工艺进行详细的介绍，本标准中全塑转鼓的定义是基于现阶段塑性材料在离心机萃取机分离机等设备上的应用情况而给予的定义：**全部使用塑性材料来加工制造的转鼓，且筒体部分不含任何金属。**

2.2.3 技术要求

——4.1 塑性材料基本特性

标准正文中以表格的形式分别给出了各种塑性涂层材料和全塑转鼓材料的耐酸碱特性和温度耐受范围的参考值。本标准中覆盖的各类离心分离设备转鼓，包括塑性涂层转鼓和全塑转鼓所使用的材料材质基本都列举在表1和表2中。并且，这些材料材质的耐酸碱特性和温度耐受范围也应该分别符合表1和表2给出的参考值。

事实上，对于离心分离设备来说，转鼓材料还需要考虑转鼓的强度、表面硬度等。但是，起草组通过研究发现，转鼓的强度：对于塑性涂层来说，转鼓强度主要和基材有关，全塑转鼓的强度，除了和材料本身有关外，还和制造工艺有关。而表面硬度，无论塑性涂层还是全塑转鼓，除了和材质有关外，也和制造工艺有关，比如，塑性涂层，温度的控制是十分重要的。又比如全塑转鼓，注塑和机加工或焊接，得到的硬度也是有一些差别的。

因此，表1和表2中为给出材料强度和硬度的参考值。

关于上述材料的耐酸碱特性和温度耐受范围的参考值的来源，主要是相关材料的国家标准和行业标准以及国外标准，部分是参考的团体标准。具体参数值来源如下：

表 1 塑性涂层材料

涂层材料的名称	代号	耐酸碱特性 pH 值	温度耐受范围（连续使用） ℃	来源
改性聚乙烯	PE	2~12	0~60	GB/T 11547、HG/T 4375、GB/T 21461-2008 、ASTM D4976-12a (2020)
聚丙烯	PP	4~9	-10~80℃	GB/T 11547、ISO 175:2010、ASTM D543-21
聚四氟乙烯（特氟龙）	PTFE	0~14	-200~260℃	HG/T 2902/2903/3028-2024 系列
全氟烷氧基树脂	PFA	0~14	-200~260	ASTM D3307-21、ISO 20568-1 / -2
乙烯-四氟乙烯共聚物	ETFE	1~13	-60~180	T/SHPTA 120-2025
乙烯-三氟氯乙烯共聚物，Halar	ECTFE	0~14	-50~150	ASTM D3275-18(2023)
聚偏氟乙烯	PVDF	2~12	-30~150	GB/T 24695-2009、HG/T 3793-2019、ASTM D3222-21
尼龙（聚酰胺）	PA	4~9	-40~120	ASTM D4894-19(2024)、ASTM D4441:20(2025)

表 2 全塑转鼓材料

转鼓材料的名称	代号	耐酸碱特性 pH 值	温度耐受范围（连续使用） ℃	来源
高密度聚乙烯	HDPE	1~13	-20~80	ASTM F3034-21
改性聚丙烯	PP	1~13	-10~100℃	GB/T 11547、ISO 175:2010、ASTM D543-21
氯化聚醚	PCE	0~13	-30~150℃	HG/T 2704-2010
聚偏氟乙烯	PVDF	2~12	-20~130℃	GB/T 24695-2009、HG/T 3793-2019、ASTM D3222-21
乙烯-四氟乙烯共聚物	ETFE	1~13	-60~180	T/SHPTA 120-2025
乙烯-三氟氯乙烯共聚物/HALAR	ECTFE	0~14	-40~170	ASTM D3275-18(2023)

——4.2 性能要求

4.2.1条，该条规定了塑性涂层或者全塑转鼓类离心分离设备——离心机、分离机或者离心萃取机产品的过滤或分离性能应该要满足设计要求。

4.2.2条，该条规定了设备的能耗需要符合设计要求，同时还规定了对于全塑转鼓类离心分离设备，其能耗还应该低于金属转鼓类设备的能耗。主要是因为全塑转鼓的质量是低于金属转鼓的，所以其能耗也应该低于金属转鼓，这也是全塑转鼓相比于金属转鼓的一大优势。

4.2.3条，该条分别规定了塑性涂层转鼓和全塑转鼓的强度要求。

对于塑性涂层类转鼓，其转鼓强度需要按照GB/T 28695规定的计算方法进行转鼓强度的校核，本条针对塑性涂层转鼓还强调，过滤式转鼓在开孔后，在保证转鼓强度的情况下，不能影响转鼓过滤的流量。

对于全塑转鼓，由于GB/T 28695没有覆盖塑性转鼓，因此在进行全塑转鼓的强度校核时，我们推荐参照GB/T 28695的规定进行强度校核，同时，还需要注意，温度、酸碱性以及有机溶剂对于塑性材料的强度的不利影响，在计算时应该予以考虑。

4.2.4条-4.2.6条，规定了设备的振动、噪声和温度温升，指标与金属转鼓的基本一致，不一致的地方主要是不同离心分离设备的产品标准规定的指标有差异，本标准中都进行了统一。

表3 离心机分离机等产品标准中振动噪声和温度温升指标值

设备名称	标准编号	振动指标 mm/s	噪声指标 dB(A)	温度指标 空、负 ℃	温升指标 ℃
立式离心机	JB/T 10769	4.5	85	70、80	30、40
活塞推料离心机	JB/T 447	4.5、11.2	92	70、75	30、35
螺旋卸料沉降离心机	JB/T 502	4.5、7.1	90	70、75	30、35
上悬式离心机	JB/T 4064	4.5、11.2	85	65、70	30、35
隔爆型刮刀卸料离心机	JB/T 5284	4.4	90	75、80	40、45
刮刀卸料离心机	JB/T 7220	4.0	90	65、75	30、40
进动卸料离心机	JB/T 7241	7.1	85	70、75	30、40
离心卸料离心机	JB/T 8101	4.5、11.2	80、90	立式70、80 卧式65、75	立式30、40 卧式25、35
碟式分离机	JB/T 8103	4.5	90	85	50
螺旋卸料过滤离心机	JB/T 8652	4.5、11.2	90	70、75	35、40
管式分离机	JB/T 9098	4.5	88	/	35
离心萃取机	JB/T 11095	4.5、7.1	80、85	75、80	40、45
可控排渣碟式分离机	JB/T 11714	2.8、4.5	90(≤55kw)、 93(>55kw)	85	50
翻袋式自动卸料离心机	JB/T 12819	4.5、11.2	85、90	75、80	40、45

注：1、表格中蓝色加粗字体的离心分离设备存在衬塑或全塑转鼓机型；

2、表格中存在两个数值，分别表示空运转和符合运转。

4.2.7 条，塑性涂层具有一定的厚度，衬塑类通常厚度在 3-5mm，静电喷涂氟材料的厚度为 0.3-1.8mm，离心分离设备都是高速旋转的动设备，静电喷涂或者衬包后的转鼓以及其他部件的涂层厚度有可能会影响设备的装配精度或密闭性。因此，该条规定涂层的厚度不应対设备装配、密封和运作造成干涉和影响。

4.2.8 条，全塑材料的刚性相比金属材料来说要差一些，如下表所列金属材料 and 塑性材料的抗拉强度和弯曲（弹性）模量对比：

表 4 不同材料抗拉强度和弯曲模量

材料名称	抗拉强度 (MPa)	弹性/弯曲模量 (MPa)
304/316 不锈钢	~520	190,000 - 210,000
Q235 (普通碳素结构钢)	370 - 500	200,000 - 210,000
45 号钢 (优质碳素结构钢)	~600	~200,000- 210,000
高密度聚乙烯 (HDPE)	19 - 26	918 - 1,370
改性聚丙烯 (PP)	65 - 90	3,000 - 4,500
氯化聚醚 (PCE)	43 - 55	/
聚偏氟乙烯 (PVDF)	46 - 56	1,700 - 2,500
乙烯-四氟乙烯共聚物 (ETFE)	45 - 62	800 - 1,400
乙烯-三氟氯乙烯共聚物 (ECTFE)	49 - 55	1,650 - 1,690
TA1 (工业纯钛)	~350 - 550	~105,000 - 108,000

材料名称	抗拉强度 (MPa)	弹性/弯曲模量 (MPa)
TA2 (工业纯钛)	≥400 (常见 450-550)	~105,000
TC4 (Ti-6Al-4V) 退火态	930 - 980	110,000 - 120,000
6061 (中强度铝合金)	115 - 310 (状态差异)	68,000 - 72,000
6061-T6 (经热处理)	~ 310	~68,900
2xxx/7xxx 系 (高强度航空铝)	可超过 500	70000 - 75,000
纯铜 (C11000/H04 硬态)	~250 - 350	115,000 - 130,000
黄铜 (如 H62)	330 - 400	~100,000 - 110,000
青铜 (如 QSn4-3)	350 - 550	~100,000 - 120,000

由上表可知，不锈钢等金属材料的抗拉强度和弯曲（弹性）模量远超过集中塑性材料的值。因此在高速旋转的离心机等设备上使用塑性材料转鼓时，除了需要考虑强度意外，还应该考虑在离心力作用下，塑性转鼓的形变，以及形变对设备装配和密闭性能的影响。

4.2.9 条，离心机通常为固液分离设备，固体颗粒会对转鼓内表面产生磨损，因此，无论是塑性涂层还是全塑转鼓的表面硬度必须满足转鼓可以长期使用或使用寿命满足一定年限要求。由于各类材料表面的硬度都不同，要求也不同，因此本标仅规定表面硬度满足设计要求。

表 5 塑性涂层材料表面硬度

材料名称 (代号)	邵氏 D 硬度 (Shore D)	说明
聚四氟乙烯 (PTFE)	50 - 60	非常软，表面极易被划伤。常用于需要极低摩擦系数的工况（如密封件），而非耐磨环境。
改性聚乙烯 (PE)	58 - 62	偏软，耐磨性一般。适用于对防腐有要求，但对耐磨和表面硬度要求不高的场合，例如作为常规酸碱盐溶液的储罐内衬。
全氟烷氧基树脂 (PFA)	60	软，和改性聚乙烯相当。性能上可视为 PTFE 的升级版，常在高纯度和强腐蚀性介质中替代 PTFE，但同样表面偏软。
乙烯-四氟乙烯共聚物 (ETFE)	63 - 75	中等偏硬，韧性好。适用于要求较好的抗磨损和抗辐射性能，且需要一定结构强度的化工衬里或零部件。
聚丙烯 (PP)	65 - 78	中等，通用性较强。常用于需要较高刚性和耐热性的部件，如酸洗槽、风机叶轮等。
乙烯-三氟氯乙烯共聚物 (ECTFE)	75 - 80	较硬，表面机械性能佳。适用于需要兼顾高硬度、出色耐腐蚀性且易于清洁的严苛环境，例如在化工厂的罐体及管道衬里中，能有效抵抗固体颗粒的磨损。
聚偏氟乙烯 (PVDF)	74 - 80	较硬，硬度上限高。适用于对纯度、机械强度和耐候性要求都很高的高端应用，如半导体行业的高纯水管路、建筑外层的防护涂层等。
尼龙 (PA)	70 - 85	硬，耐磨性突出，是这些材料中最硬的。适用于高耐磨、高强度的机械零件，如齿轮、轴承等。

表 6 全塑转鼓材料表面硬度

材料名称 (代号)	典型表面硬度 (邵氏 D)	说明
乙烯-三氟氯乙烯共聚物 (ECTFE)	75	PVDF、ETFE 和 ECTFE 提供了较高的硬度 (约 70-80 Shore D)。其中 PVDF 的机械强度在氟塑料中尤为突出，牺牲了一定化学惰性（相比 PTFE），换取了更好的抗刮擦和结构承载能力。
乙烯-四氟乙烯共聚物 (ETFE)	70 - 75	
聚偏氟乙烯 (PVDF)	70 - 80	
改性聚丙烯 (PP)	65 - 74	PP 的硬度和刚性普遍高于 HDPE。它们在中性或弱腐蚀、且对成本敏感的工况中是首选。
聚丙烯 (PP)	50 - 70	

材料名称（代号）	典型表面硬度 (邵氏 D)	说明
高密度聚乙烯（HDPE）	55 - 69	
氯化聚醚（PCE）	/	化聚醚（氯化聚醚，英文缩写 CPE）是较早期的热塑性塑料，曾用于化工防腐领域。但近年来随着新型材料的普及，其应用已相对边缘化，相关的表面硬度等机械性能数据也较少公开披露。

4.2.10 条，塑性涂层多为高分子材料，在作为离心机等设备的转鼓涂层时，接触的物料各种各样，有些小分子可能会通过涂层渗透至基材上，并对基材造成腐蚀，从而影响转鼓的使用寿命。因此，我们规定：**塑性涂层应具备抗渗透性，在设计温度和转速下，与物料接触部分涂层不应发生液体介质渗透现象。**

4.2.11 条，无论是塑性涂层还是塑性转鼓，都是为了在酸碱腐蚀等环境下提高离心分离设备转鼓等材料的耐腐蚀性能。不同的温度、PH 值和固体颗粒硬度等物料条件下，同样的塑性材料，其使用性能也会变得不同。因此，需要提前取样进行浸泡试验，且浸泡后的试验应满足以下要求：

- a) 试样表面无裂纹、鼓泡、分层、溶解等现象；参考 ISO 175。
- b) 试样质量和外形尺寸无变化，且不影响设备的装配精度、密封性和运转；参考 ISO 175、ASTM D543。
- c) 试用抗拉强度保留率不低于 75%，弯曲模量保留率不低于 70%，并符合转鼓强度设计要求；参考国内外相关研究资料（网络公开渠道获得）。
- d) 试样表面硬度保留率不低于 85%，并符合设计要求。ASTM D2240 及 ISO 868。

4.2.12 条，塑性材料是良好的电绝缘体，塑性转鼓在高速旋转时，会与物料产生摩擦，使电荷积聚，在处理易燃易爆材料时极易产生火花导致爆炸燃烧等危险的发生。相关调查显示，化工、制药等行业的事故中，因静电防护失效引发点火的占比高达 60%。为了避免安全事故的发生，在使用塑性材料转鼓离心分离设备处理易燃易爆物料时，应配备静电接地装置，经可能采用抗静电材质的材料，设备密闭壳体内应充惰性气体（通常用氮气）。同时，GB/T 3836.1 对于爆炸性环境下电气设备也给出了具体的规定，此类设备还需要符合该标准的规定。

4.2.13 条，离心分离设备广泛应用于食品医药等相关行业，这些行业的设备需要满足 GMP 规范的要求，对于离心机等产品，需要从结构、材质以及表面处理等方面符合 GMP 规范的要求，同样，塑性涂层和全塑转鼓类离心分离设备在这些行业也需要满足 GMP 规范的要求。

——4.3 制造要求

4.3.1 条，塑性涂层和塑性材料的原材料在制造加工为离心机转鼓或涂层时，其材料的各项性能应符合材料标准的要求：

- 塑性涂层：
- 改性聚乙烯(PE)：GB/T 11547、HG/T 4375、GB/T 21461-2008 、ASTM D4976-12a (2020)
- 聚丙烯（PP）：GB/T 11547、ISO 175:2010、ASTM D543-21
- 聚四氟乙烯（特氟龙）PTFE：HG/T 2902/2903/3028-2024 系列
- 全氟烷氧基树脂（PFA）：ASTM D3307-21、ISO 20568-1 / -2
- 乙烯-四氟乙烯共聚物（ETFE）：T/SHPTA 120-2025
- 乙烯-三氟氯乙烯共聚物，Halar（ECTFE）：ASTM D3275-18(2023)
- 聚偏氟乙烯（PVDF）：GB/T 24695-2009、HG/T 3793-2019、ASTM D3222-21
- 尼龙（聚酰胺）PA：ASTM D4894-19(2024)、ASTM D4441:20(2025)

全塑材料：

高密度聚乙烯（HDPE）：ASTM F3034-21

改性聚乙烯(PE)：GB/T 11547、ISO 175:2010、ASTM D543-21

氯化聚醚（PCE）：HG/T 2704-2010

聚偏氟乙烯（PVDF）：GB/T 24695-2009、HG/T 3793-2019、ASTM D3222-21

乙烯-四氟乙烯共聚物（ETFE）：T/SHPTA 120-2025

乙烯-三氟氯乙烯共聚物，Halar（ECTFE）：ASTM D3275-18(2023)

以上为搜集的相关材料的标准，各种类别的标准都有，以国标、行标和美国标准为主，也有团体标准。搜集的有些是材料标准，也有方法标准，这里仅作为参考。特定行业可能也有特定的标准，可以根据需要进行采用。

4.3.2 条，根据涂层的方式，塑性涂层工艺目前有两种较为主流，静电喷涂和衬塑（滚塑或热塑），为了保证喷涂后的涂层质量满足离心分离设备的使用要求，需要对涂层的质量进行检验。

牵头起草单位合肥通用机械研究院有限公司于 2023 年起草了一项中国机械工程学会的团体标准 T/CMES 20013—2024《分离机械氟塑料防腐喷涂技术规范》，这个标准主要是规范了静电喷涂氟塑料的技术规范（包括技术要求、试验方法和检验规则等），适用于以钢为基材的分离机械，与物料接触表面喷涂氟塑料的分离机械设备的喷涂和检验。其中所述氟塑料包括乙烯和三氟氯乙烯共聚物（E-CTFE，商品名 HALAR 或 F30）、乙烯和四氟乙烯共聚物（ETFE，商品名 F40）、聚全氟乙丙烯（FEP，商品名 F46）和可熔性聚四氟乙烯（PFA）。

该标准中给出了静电喷涂的质量要求：

——喷涂表面不得有气泡、鼓起等缺陷。

——涂层的厚度必须符合设计要求，其误差范围不得超过 ± 0.2 毫米。

——喷涂表面不得有遗漏的喷涂点。

——喷涂完成后必须进行附着力测试。测试时，需用老虎钳拉动宽度为 10 米的涂层，此时涂层应被撕断。

——喷涂材料的密度必须符合设计要求。

本标准对于静电喷涂的质量要求参考了该团体标准的内容，并再次基础上进行了修改。

工信部 2025 年颁布实施的化工行业标准 HG/T 4088《塑料衬里设备 通用技术条件》，规定了化工用塑料衬里设备的术语和定义、原材料、设计、制造、要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输和贮存。适用于以聚四氟乙烯（PTFE）、可熔性聚四氟乙烯（PFA）、乙烯-四氟乙烯共聚物（ETFE）、聚全氟乙丙烯（FEP）、聚偏氟乙烯（PVDF）、聚氯乙烯（PVC）、聚丙烯（PP）、聚乙烯（PE）、聚烯烃（PO）为内衬层的化工用热塑性塑料衬里设备。

该标准中也对衬层的质量提出了要求，其中部分要求与静电喷涂的基本相同，在参考了该标准的内容后，增加了关于抗渗透性，材料的纯度等内容。具体内容见标准正文。

材料的抗渗透性在本编制说明的前文中已经说明。

塑性材料的纯度直接决定了涂层的耐腐蚀性能。材料的纯度取决于原材料的纯度以及涂层在静电喷涂或衬塑时的工艺。主要分为以下三种：

微观缺陷：涂层中的孔隙、针孔或夹杂物等缺陷通常是腐蚀的起点。腐蚀性介质可直接穿透这些缺陷接触金属基体，引发电化学腐蚀，并在涂层下快速蔓延导致剥离。

这一点主要是工艺的质量问题，可以通过电火花试验进行检测。

化学成分：聚合物材料的内部空隙会为介质渗透提供通道。涂层的纯度会影响其交联密度，高纯度杂质少，交联更则完整，能更有效地阻止水、氧等腐蚀介质的渗透。

杂质本身：涂层中的杂质，尤其是金属杂质，会与金属基材因电极电位不同而形成“腐蚀电池”，这会极大加速局部腐蚀。特别是对于高纯电子级应用，杂质还会泄漏污染下游产

品，这在半导体制造中是明确避免的。

后两点主要是基于材料本身的纯度问题，需要在喷涂前对涂层材料进行理化分析，确认其材料纯度符合要求。

4.3.3 条，关于全塑转鼓，其制造方式通常由焊接、模压和整体车削三种方式，三种方式各有优缺点：

——模压工艺

将熔融的塑料原料高速注入精密模具，在高压下快速冷却成型。

特点：自动化程度高，制品尺寸精度高、表面光洁，且能实现复杂的一体化结构。由于成型压力大，材料致密，转鼓的动平衡性能较好。但受限于注塑机吨位，通常无法制造超大型转鼓，且模具成本较高。

——焊接工艺

对于结构复杂的部件，则采用热风焊接或热熔焊接将各个组件组合起来。

该工艺能突破设备尺寸限制，灵活性高，适合单件定制。但此工艺对焊接技术的要求极高，焊缝处是质量控制的关键点，若处理不当会成为腐蚀的薄弱环节。

——机加工

通过车削、铣削等方法从实心的氟塑料（如 PTFE、PVDF）棒材或管材上“雕刻”出转鼓。

机加工是纯粹的物理塑形，不涉及高温熔化。因此，材料的分子量不会降解，保持了原生的高洁净度、极低摩擦系数和超强的耐腐蚀性。金属切削机床的精度远高于注塑或焊接，可以轻松实现微米级的尺寸公差和极高的同心度/动平衡。对于 PTFE（无法注塑且难焊接）来说，机加工是制造整体转鼓的唯一可靠方式。对于 PVDF，它也避免了焊接处可能存在的薄弱点（如气泡、裂纹）

缺点：1、材料利用率低，车削时，大量材料变成了碎屑，利用率通常不足 50%，导致单件成本极高。2、尺寸受限，受限于棒材/管材外径（通常最大 300-400mm），难以制造大直径（如超过 500mm）的转鼓。3、容易产生内应力，PTFE 等材料在机加工切削力下仍可能产生表层微裂纹或内应力，在离心力下存在开裂风险（需后续热处理消除）。

三种工艺需要根据转鼓的尺寸，材料的特性来决定选择哪一种。

针对以上三种工艺的特点，本标准给出了制造时的一些要求：

- a) 转鼓制造时的温度不应超过材料允许的最高温度；
- b) 焊接转鼓应进行焊缝无损检测和耐腐蚀检验；
- c) 较大尺寸的转鼓应采用模压或整体车削的方式制造；

本标准给出了全塑转鼓在制造加工过程中需要满足的一些要求，主要从加工时的温度、焊接以及车削的转鼓的制造工艺三方面提出了要求。

关于温度的规定，由于塑性材料对于温度比较敏感，温度超过塑性材料允许的温度极限，会导致材料物理性能降低，甚至导致材料的分子结构发生变化。因此，对于塑性转鼓的制造，制造时的温度不应超过材料允许的温度（见本标准的表 2 的规定）。

对于采用焊接工艺制造的转鼓，为了保证全塑转鼓的强度和焊缝区的耐腐蚀性能，焊缝区域应进行无损检测以及耐腐蚀性能的检验。

对于车削类转鼓，通常转鼓尺寸不会太大，但是在加工时，诸如 PTFE 等塑性材料可能会产生裂纹或轻微的内应力，因此在车削加工完成后，需要对可能产生裂纹或内应力的区域进行热处理消除裂纹或内应力，通常出现在两个加工面交汇的区域。

4.3.4 和 4.3.5 条，这两条规定了转鼓的动平衡问题。本标准按照转鼓的制造方式的不同，分为了两条。

4.3.4 条针对全塑转鼓的动平衡，全塑转鼓的动平衡与金属转鼓的基本一样，只不过对于塑性转鼓的平衡校正需要采用去重的方式。主要有三点考虑：

——塑料都是热敏性材料，采用加重需要通过焊接，高温会融化材料，破坏材料的结构和性能。

——离心机、萃取机等属于高速旋转设备，焊接上的加重在离心力下有脱落的可能性。

——如果通过螺栓等方式加重，也会破坏塑料转鼓的结构完整性，并使该部位成为腐蚀点。

4.3.5 条针对塑性涂层类转鼓的平衡，关于这条内容，在 GB/T 28696 中也有提及，一些离心机产品标准中有提及。考虑到塑性涂层转鼓的特殊性，转鼓平衡需要分两次进行，喷涂（衬塑）前和喷涂（衬塑）后。对于喷涂（衬塑）后的平衡，如果需要校正，可以通过加重或去重的方式，但在平衡校正后还需要重新喷涂或衬塑。

喷涂作业时的温度最高可以达到 380℃，这对于焊接转鼓来说，可能会由于存在残余应力，在喷涂时，380 度的高温等于又一次的退火热处理，消除了残余应力，从而导致转鼓发生形变。因此为了避免喷涂后的再平衡，需要转鼓焊接后充分消除焊接应力，然后再平衡。这样喷涂后的转鼓可以有效避免焊接转鼓在喷涂时的形变。

衬塑也和喷涂一样。

另外，喷涂或衬塑因为工艺的问题，表面喷涂或衬塑的塑性材料的厚度均匀性无法保证，特别是在高温和重力的作用下，厚度有差异。分布在整个转鼓上，可能会导致转鼓的不平衡。衬塑的转鼓相比较而言可以通过去重的方式进行平衡校正，但喷涂的由于本身厚度薄（1mm 左右），很难通过去重的方式来平衡校正，通常，在实际工作中可以打孔的方式进行去重，然后再重新喷涂。

4.3.6 条，这条的内容主要是规定具体产品标准对于离心分离设备的要求，塑性涂层或全塑转鼓的离心分离设备也应遵循。

——4.4 安全要求

4.4.1 条，GB 19814 和 GB 19815 两个强制性国家标准都分别对分离机和离心机产品的安全性能进行了详细的规定，本标准设计的离心分离设备也应分别符合这两个强制性国家标准的规定。

4.4.2 条，所有离心分离设备都应有可靠的接地装置，设备的电源接地电阻值应不大于 4 欧姆，根据 GB/T 36522 对于分离机械的接地给出了具体的规定。