

中华人民共和国海洋行业标准

HY/T XXX—XXXX

中空纤维纳滤膜组件

Hollow fiber nanofiltration membrane module

(报批稿)

本稿完成日期：2022-02-06

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中华人民共和国自然资源部 发布

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这些专利的责任。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

本文件由全国海洋标准化技术委员会海水淡化与综合利用分技术委员会（SAC/TC 283/SC 4）归口。

本文件起草单位：德蓝水技术股份有限公司、清华大学、天津工业大学、深圳德蓝生态环境有限公司、天津科技大学、自然资源部天津海水淡化与综合利用研究所、杭州水处理技术研究开发中心有限公司、江苏泷膜环境科技有限公司、中山图微新材料研究有限公司、中国石油天然气股份有限公司兰州化工研究中心、天津市蓝十字膜技术有限公司、天津大学。

本文件主要起草人：曾凡付、左剑恶、程博闻、王薇、许白羽、赵楠、潘献辉、郑宏林、沈涓、周云斌、李福崇、久岚颖、刘欢、荣波、李树鑫。

中空纤维纳滤膜组件

1 范围

本文件规定了中空纤维纳滤膜组件（以下简称“组件”）的分类与型号、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于中空纤维纳滤膜组件的设计、制造与检验。

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 191 包装储运图示标志

GB/T 2828.1 计算抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划

GB/T 6682 分析实验室用水规格和试验方法

GB/T 6908 锅炉用水和冷却水分析方法 电导率的测定

GB/T 9174 一般货物运输包装通用技术条件

GB/T 19249 反渗透水处理设备

GB/T 20103 膜分离技术术语

GB/T 36137 中空纤维超滤膜和微滤膜组件完整性检验方法

3 术语和定义

GB/T 19249 和 GB/T 20103 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

中空纤维纳滤膜 hollow fiber nanofiltration membrane

具有纳滤功能的中空纤维膜。

注：按进水方式的不同，中空纤维纳滤膜分为内压式和外压式两种。

3.2

中空纤维纳滤膜组件 hollow fiber nanofiltration module

具有纳滤功能的中空纤维膜组件。

注：按进水方式的不同，中空纤维纳滤膜组件分为内压式和外压式两种。

3.3

堵孔率 blocked ratio

中空纤维膜组件切割端面被堵塞的中空纤维膜总数量占组件内中空纤维膜总数量的百分比（%）。

4 分类与型号

4.1 分类

中空纤维纳滤膜组件可分为外压式和内压式，见表1。

表 1 中空纤维纳滤膜组件的类型

进水方式	代号
外压	O
内压	I

4.2 型号

4.2.1 中空纤维纳滤膜组件的型号由英文字母和阿拉伯数字组成，包括组件的组件代号、组件尺寸、组件类型和有效膜面积四部分，各部分之间以连字符“-”连接，并按照下列规则排列。

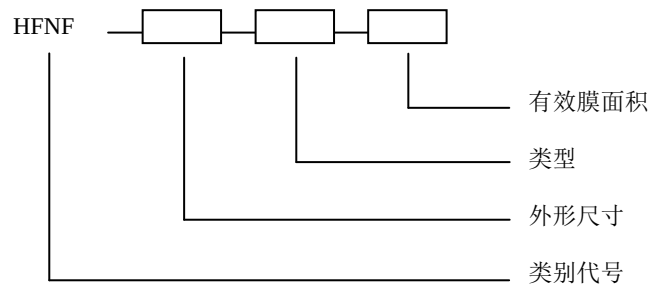


图 1 中空纤维纳滤膜组件型号示意图

4.2.2 中空纤维纳滤膜组件的类别代号由中空纤维纳滤（hollow fiber nanofiltration）的英文大写字母的缩写组成，为 HFNF。

4.2.3 中空纤维纳滤膜组件的外形尺寸以组件长度和膜壳外径的数值按顺序组合表示，单位为英寸（inch）。

4.2.4 中空纤维纳滤膜组件的类型，指组件的进水方式，其中外压式组件（outside）标记为“O”、内压式组件（inside）标记为“I”。

4.2.5 中空纤维纳滤膜组件的有效膜面积，单位为平方米（m²）。

型号示例：

HFNF-O-4010-30，表示组件长度为 40 英寸（1016 mm）、膜壳外径为 10 英寸（254 mm）、有效膜面积为 30 平方米（m²）的外压式中空纤维纳滤膜组件。

5 技术要求

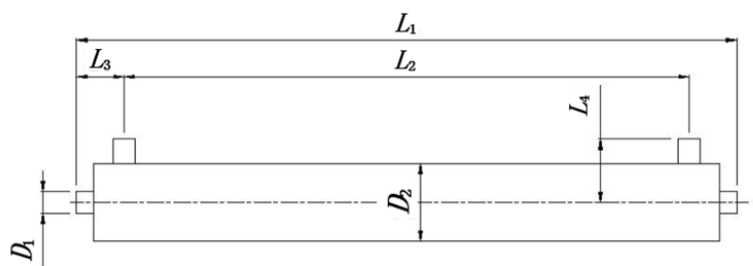
5.1 外观要求

5.1.1 中空纤维纳滤膜组件的外表面及切割端面应光洁平整，无形变，无毛刺、污染物、划痕和裂痕等明显缺陷。

5.1.2 每支中空纤维纳滤膜组件的堵孔率应低于 0.5%。

5.2 尺寸要求

中空纤维纳滤膜组件结构如图 2 所示。组件的尺寸公差应符合表 2 规定。



标引序号说明：

- L_1 ——组件长度，单位为毫米（mm）；
- L_2 ——侧口中心间距，单位为毫米（mm）；
- L_3 ——侧口中心至两端接口端面间距，单位为毫米（mm）；
- L_4 ——侧口至两端接口端面中心间距，单位为毫米（mm）；
- D_1 ——接口外径，单位为毫米（mm）；
- D_2 ——膜壳外径，单位为毫米（mm）。

图 2 中空纤维纳滤膜组件结构示意图

表 2 中空纤维纳滤膜组件尺寸公差

尺寸代号	尺寸公差（mm）
L_1	± 3.0
L_2	± 2.0
L_3	± 1.0
L_4	± 1.0
D_1	± 0.5
D_2	± 0.5

5.3 截留性能要求

5.3.1 中空纤维纳滤膜组件的脱盐率不应低于 50.0%，水通量不应低于 20.0 L/(m²·h)。

5.3.2 测试条件：测试溶液为 2000 mg/L 硫酸镁（MgSO₄）溶液；pH 值为 7.5±0.5；测试温度为（25.0±0.5）℃，测试压力为（0.50±0.02）MPa。

5.4 组件完整性要求

中空纤维纳滤膜组件的完整性应符合 GB/T 36137 的要求。

6 试验方法

6.1 外观检测

6.1.1 用目视方法检测中空纤维纳滤膜组件的外观，结果应符合 5.1.1 的要求。

6.1.2 用目视方法计数中空纤维纳滤膜组件切割端面被堵塞中空纤维膜的总数量（ n_b ）和组件内中空纤维膜的总数量（ n_0 ），按式（1）计算中空纤维纳滤膜组件的堵孔率（ P ），计算结果应符合 5.1.2 的要求。

$$P = \frac{n_b}{n_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中：

P ——堵孔率，%；

n_b ——中空纤维膜组件切割端面被堵塞中空纤维膜的数量，单位为根；

n_0 ——中空纤维膜的总数量，单位为根。

6.2 外形尺寸检测

6.2.1 用精度为 0.02 mm 的游标卡尺测量膜壳和接口外径（见图 2），测量方法如下：

a) 沿膜壳长度的方向均匀取三个待测圆周，沿三个圆周均匀测量膜壳外径（ D_2 ）3 次，取每个圆周 3 次测量值的算术平均值作为该点直径检测的最终数据。三个圆周的外径公差均应符合 5.2 的要求。

b) 沿接口的圆周方向均匀测量外径（ D_1 ）3 次，取 3 次测量值的算术平均值作为接口外径检测的最终数据。尺寸公差应符合 5.2 的要求。

6.2.2 用精度为 0.1 mm 的钢卷尺测量不同部位长度（ L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 ），沿组件一端向另一端均匀测量 3 次，取 3 次测量值的算术平均值作为不同部位长度的最终数据。尺寸公差应符合 5.2 的要求。

6.3 水通量和脱盐率检测

6.3.1 主要试剂和仪器如下：

- 水，符合 GB/T 6682 三级水的要求；
- 硫酸镁，分析纯；
- 量筒，精度为 1 mL；
- 温度计，量程 0℃～100℃，准确度 0.1℃；
- 秒表，精度 1/100 s；
- 压力表，精度等级 2.5，压力范围 0～1.5 MPa；
- 电子天平，准确度 0.01 g；
- 电导率仪，精度±1%；
- 中空纤维纳滤膜组件测试装置，测试压力（0.50±0.02）MPa。

6.3.2 中空纤维纳滤膜组件水通量和脱盐率的测试步骤如下：

- a) 将待测组件与测试装置相连接，将水加入原水罐中，测试装置见图 A.1；
- b) 阀门 7 置于全开状态，接通电源，启动增压泵 3，运行 2 min～5 min，清洗并将系统管路和组件中的气体排出，关闭电源，排出清洗液；
- c) 配置 2000 mg/L 硫酸镁（ $MgSO_4$ ）溶液作为测试溶液；用盐酸或氢氧化钠调节溶液 pH 值为 7.5±0.5；
- d) 开启增压泵 3，缓慢调节阀门 7，将压力调至（0.50±0.02）MPa；测试温度为（25.0±0.5）℃；
- e) 在恒温恒压下稳定运行 10 min 后，记录产水流量（ Q ）；同时收集一定量的原水和透过液，按照 GB/T 6908 的规定分别测量电导率值（ k_f 和 k_p ）。连续测量 3 次；
- f) 测试完成后，缓慢调节阀门 7，将压力降至 0.01 MPa 以下，关闭增压泵 3。

6.3.3 结果计算：

组件水通量（ F ）按式（2）计算，取 3 次计算值的平均值作为最终测试数据，计算结果应符合 5.3 的要求。

$$F = \frac{60Q}{A} \dots\dots\dots(2)$$

式中：

F —水通量，单位为升每平方米每小时[L/(m² h)]；

Q —产水流量，单位为升每分钟（L/min）；

A —有效膜面积，单位为平方米（m²），按式（3）计算。

计算结果数据保留到小数点后 1 位。

$$A=\frac{n\pi DL}{1000}$$

.....(3)

式中：

A—有效膜面积，单位为平方米（m²）；

n—中空纤维纳滤膜数量，单位为根；

π—3.14；

D—中空纤维纳滤膜的直径（内压膜为内径，外压膜为外径），单位为毫米（mm）；

L—中空纤维纳滤膜的有效长度，单位为米（m）。

计算结果数据保留到小数点后 1 位。

组件脱盐率（R）按式（4）计算，取 3 次计算值的平均值作为最终测试数据，计算结果应符合 5.3 的要求：

$$R=\frac{k_f-k_p}{k_f}\times100\%$$

.....(4)

式中：

R—脱盐率，%；

k_f—原水电导率值，单位为微西门子每厘米（μS/cm）；

k_p—透过液电导率值，单位为微西门子每厘米（μS/cm）。

计算结果数据保留到小数点后 1 位。

6.4 组件完整性检验

按 GB/T 36137 的规定检验中空纤维纳滤膜组件的完整性。

7 检验规则

7.1 组批原则

同一批中空纤维纳滤膜组装成型的中空纤维纳滤膜组件为一批。

7.2 出厂检验

7.2.1 每批中空纤维纳滤膜组件均应进行出厂检验，检验合格后方可出厂。

7.2.2 出厂检验项目应符合表 3 的规定。

表 3 检验项目

项目名称	要求的章条号	检验方法的章条号
外观	5.1	6.1
尺寸	5.2	6.2
水通量	5.3	6.3
脱盐率	5.3	6.3
组件完整性	5.4	6.4

7.2.3 检验结果符合第 5 章规定的判定为本批合格。外观、外形尺寸和组件完整性检测结果不合格，应进行修复，修复后复检；复检结果合格则判定为本批合格，复检结果不合格

则判定为本批不合格。水通量或脱盐率不合格的，应从同一批产品中再抽样复检；复检结果合格则判定为本批合格，复检结果不合格则判定为本批不合格。

7.2.4 每批中空纤维纳滤膜组件应按 GB/T 2828.1 规定的方法进行抽样检验。

7.3 型式检验

7.3.1 有下列情况之一应对中空纤维纳滤膜组件进行型式检验，检验合格后方可批量生产：

- 新产品定型鉴定或老产品转产鉴定；
- 产品的结构、材料或工艺有较大改变；
- 停产 1 年以上恢复生产；
- 出厂检验结果与上次型式检验结果相比有较大差异；
- 正常生产时每隔 3 年进行一次；
- 国家市场监督管理总局提出型式检验要求。

7.3.2 型式检验项目应符合表 3 的规定。

7.3.3 检验结果符合第 5 章规定的判定为本批合格。任一中空纤维纳滤膜组件的外观、尺寸和组件完整性检测结果不合格的，应进行修复，修复后复检；复检结果合格则判定为本批合格，复检结果不合格则判定为本批不合格。任一中空纤维纳滤膜组件的水通量或脱盐率检测结果不合格则判定为本批不合格。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

中空纤维纳滤膜组件出厂时应有标志，标志内容包括：

- 产品名称；
- 规格型号；
- 生产日期；
- 产品执行标准号；
- 生产企业的名称和地址。

8.2 包装

8.2.1 中空纤维纳滤膜组件的包装应符合 GB/T 9174 的要求，注意外壳及各接口处应给予保护性包扎，且应用木箱或其他牢固的包装箱包装，并有防潮保护措施。

8.2.2 中空纤维纳滤膜组件内包装为密封包装。

8.2.3 包装箱外表应清晰标明：产品名称、商标、规格型号、生产日期、生产企业的名称、地址。

8.2.4 中空纤维纳滤膜组件的包装储运标志应符合 GB/T 191 的规定。

8.3 运输

8.3.1 运输过程中应固定牢靠，运输、装卸过程中避免碰撞、跌落，防雨防潮，不应重压，不应与有毒有害物质混运。

8.3.2 在运输过程中，中空纤维纳滤膜组件的环境温度应为：湿态膜组件 4℃～45℃；干态膜组件不高于 45℃。

8.4 贮存

8.4.1 中空纤维纳滤膜组件贮存温度应为：湿态膜组件 5℃～35℃；干态膜组件不高于 35℃。

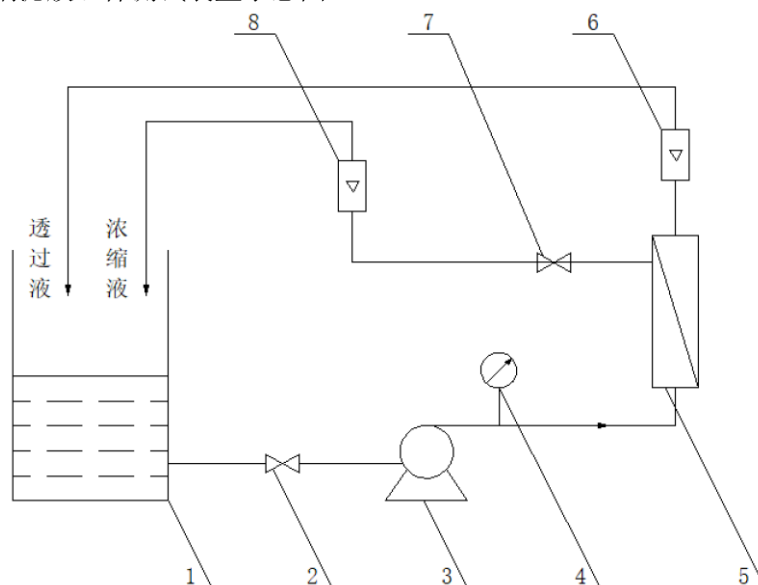
8.4.2 湿态膜组件贮存时应加入保护液，并应定期更换保护液。

8.4.3 膜组件应放置在室内，放置场地应清洁、平整，无腐蚀，无污染，远离冷、热源，避光。

附 录 A
(资料性)
中空纤维纳滤膜组件测试装置示意图

A. 1 中空纤维纳滤膜组件测试装置

中空纤维纳滤膜组件测试装置示意图 (A.1)。



标引序号说明：
1——恒温原水罐；
2、7——阀门；
3——增压泵；
4——压力表；
5——中空纤维纳滤膜组件；
6、8——流量计。

图 A. 1 中空纤维纳滤膜组件测试装置示意图