

ICS 75.180

CCS E 97

SY

中华人民共和国石油天然气行业标准

P

SY/T 0081—2023

代替 SY/T 0081—2010

原油热化学沉降脱水设计规范

**Specification for design of crude oil thermo-chemical
settling dehydration**

2023—05—26 发布

2023—11—26 实施

国家能源局 发布

中华人民共和国石油天然气行业标准

原油热化学沉降脱水设计规范

Specification for design of crude oil thermo-chemical
settling dehydration

SY/T 0081—2023

主编部门：中国石油天然气集团有限公司

批准部门：国家能源局

实施日期：2023年11月26日

石油工业出版社

2023 北京

国家能源局

公告

2023 年 第 4 号

根据《中华人民共和国标准化法》《能源标准化管理办法》，国家能源局批准《新能源基地送电配置新型储能规划技术导则》等 310 项能源行业标准（附件 1）、《Code for Seismic Design of Hydropower Projects》等 19 项能源行业标准外文版（附件 2），现予以发布。

附件：能源行业标准目录（节选）

国家能源局
2023 年 5 月 26 日

附件

能源行业标准目录（节选）

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	出版机构	批准日期	实施日期
267	SY/T 0069—2023	原油稳定设计规范	SY/T 0069—2008		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
268	SY/T 0071—2023	油气集输管道组成件选用规范	SY/T 0071—2010		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
269	SY/T 0076—2023	天然气脱水设计规范	SY/T 0076—2008		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
270	SY/T 0081—2023	原油热化学沉降脱水设计规范	SY/T 0081—2010		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
271	SY/T 0523—2023	油田水处理过滤器	SY/T 0523—2008		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
272	SY/T 0610—2023	地下水封洞库岩土工程勘察规范	SY/T 0610—2008		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	出版机构	批准日期	实施日期
273	SY/T 4113.10—2023	管道防腐层性能试验方法 第10部分：冲击强度测试	SY/T 0067—1999 SY/T 0040—2013		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
274	SY/T 4113.11—2023	管道防腐层性能试验方法 第11部分：漏点检测	SY/T 0063—1999		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
275	SY/T 4113.12—2023	管道防腐层性能试验方法 第12部分：耐水浸泡	SY/T 0064—2000		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
276	SY/T 4125—2023	钢质管道焊接规程	SY/T 4125—2013		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
277	SY/T 5333—2023	钻井工程设计规范	SY/T 5333—2012		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
278	SY/T 5374.2—2023	固井作业规程 第2部分：特殊固井	SY/T 5374.2—2006		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
279	SY/T 5412—2023	下套管作业规程	SY/T 5412—2016		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	出版机构	批准日期	实施日期
280	SY/T 5585—2023	地震勘探电缆	SY/T 5585—2014		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
281	SY/T 6374—2023	油气田生产系统经济运行规范 机械采油系统	SY/T 6374—2016		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
282	SY/T 6804—2023	海洋平台钻机设施布置要求	SY/T 6804—2010		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
283	SY/T 6841—2023	电法勘探时频电磁仪	SY/T 6841—2011		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
284	SY/T 6848—2023	地下储气库设计规范	SY/T 6848—2012		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
285	SY/T 6966—2023	输油气管道工程安全仪表系统设计规范	SY/T 6966—2013		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
286	SY/T 6967—2023	输气管道数字化系统设计规范	SY/T 6967—2013		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	出版机构	批准日期	实施日期
287	SY/T 7022—2023	油气输送管道工程顶管法隧道穿越设计规范	SY/T 7022—2014		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
288	SY/T 7023—2023	油气输送管道工程盾构法隧道穿越设计规范	SY/T 7023—2014		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
289	SY/T 7319—2023	气田生产系统节能监测规范	SY/T 7319—2016		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
290	SY/T 7675.1—2023	注入气—地层流体相态物性测试方法 第1部分：注气膨胀实验			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
291	SY/T 7676—2023	石油天然气钢质管道全自动超声检测			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
292	SY/T 7677—2023	湿陷性黄土地区石油天然气工程设计规范			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
293	SY/T 7678—2023	二氧化碳驱油田站内工艺管道施工技术规范			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	出版机构	批准日期	实施日期
294	SY/T 7679—2023	二氧化碳驱油田集输管道施工技术规范			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
295	SY/T 7680—2023	石油类污染场地岩土工程勘察与修复技术规范			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
296	SY/T 7681—2023	油气田生产系统经济运行规范 注汽系统			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
297	SY/T 7682—2023	高含水油泥脱水干化及污染控制技术规范			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
298	SY/T 7683—2023	液化天然气带压密封技术规范			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
299	SY/T 7684—2023	大型立式圆筒形钢制焊接储罐检测技术规范			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
300	SY/T 7685—2023	陆地节点地震仪			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	出版机构	批准日期	实施日期
301	SY/T 7686—2023	储气库库存评价技术规范			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
302	SY/T 7687—2023	气藏型储气库动态分析技术规范			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
303	SY/T 7688—2023	气藏型储气库老井封堵技术规范			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
304	SY/T 7689—2023	盐穴储气库腔体设计技术要求			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
305	SY/T 7690—2023	盐穴储气库造腔工程技术要求			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
306	SY/T 7691—2023	盐穴型储气库地面工程设计规范			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
307	SY/T 7692—2023	石油天然气钻采设备海洋钻井隔水管检验、修理与再制造			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	出版机构	批准日期	实施日期
308	SY/T 7693—2023	石油天然气钻采设备 防喷器胶芯			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
309	SY/T 7694—2023	石油天然气钻采设备井口装置和采油树的修理和再制造			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
310	SY/T 7695—2023	石油工业标准化文件的俄文译本通用表述			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26

前 言

根据国家能源局综合司《关于下达 2020 年能源领域行业标准制修订计划及外文版翻译计划的通知》（国能综通科技〔2020〕106 号）的要求，本规范编制组进行了广泛的调查研究，认真总结了多年的原油热化学沉降脱水工程设计经验，参考国内、国外相关标准，并在广泛征求了全国有关单位意见的基础上，修订本规范。

本规范共分 7 章，主要技术内容包括：总则、术语、基本规定、脱水设计参数、脱水工艺和设备设计、卧式热化学沉降脱水器系列和结构、立式热化学沉降脱水器系列和结构。

本规范修订的主要技术内容是：

- 1 按《工程建设标准编写规定》编写。
- 2 适用范围增加了滩海陆采油田和海上油田陆岸终端。
- 3 删除了原“工艺安装设计”“保温与防腐”“附录 A（资料性附录）国内常用破乳剂品种”。
- 4 增加了脱水工艺计算和脱水设备设计的内容。
- 5 修订了原规范的部分条款，使内容更为完善、合理。

本规范由国家能源局负责管理，由石油工业标准化技术委员会石油工程建设专业标准化委员会负责日常管理，由中国石油天然气管道工程有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送至中石化江汉石油工程设计有限公司（地址：武汉市东湖新技术开发区汤逊湖北路 38-2 号，邮政编码：430223）。

本规范起草单位：中石化江汉石油工程设计有限公司
大庆油田设计院有限公司
中石化石油工程设计有限公司

本规范主要起草人：王欣 俞徐林 陶敏峰 谢成杰
罗咏梅 武海瑛 刘成铁 罗明富
李元春 王房杰 吴刚 赵盛华
梁艳 刘龙伟 赵忠山 刘增
李娜 罗能强 徐国栋 刘花蕾
宗华

本规范主要审查人：王智 王小林 李金玲 林冉
庞永莉 周庆林 肖秋涛 张庆刚
邵艳波 蒋旭 王亚林 陈红兵

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	基本规定	4
4	脱水设计参数	6
5	脱水工艺和设备设计	8
5.1	脱水工艺	8
5.2	脱水工艺计算	9
5.3	脱水设备	10
6	卧式热化学沉降脱水器系列和结构	12
6.1	卧式脱水器系列	12
6.2	卧式脱水器结构	12
7	立式热化学沉降脱水器系列和结构	15
	标准用词说明	17
	引用标准名录	18
	附：条文说明	19

Contents

1	General provisions	1
2	Terms	2
3	Basic requirements	4
4	Dehydration design parameters	6
5	Dehydration process & equipment design	8
5.1	Dehydration process	8
5.2	Dehydration process calculation methods	9
5.3	Dehydration equipment	10
6	Horizontal thermo-chemical settling dehydration separator series & configuration	12
6.1	Horizontal dehydration separator series	12
6.2	Horizontal dehydration separator configuration	12
7	Vertical thermo-chemical settling dehydration tank series & configuration	15
	Explanation of wording in this code	17
	List of quoted standards	18
	Addition: Explanation of provisions	19

1 总 则

1.0.1 为了统一原油热化学沉降脱水技术要求，实现原油热化学沉降脱水设备系列化和标准化，做到技术先进、安全可靠、经济合理、节能环保、运行方便，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于陆上油田、滩海陆采油田和海上油田陆岸终端原油热化学沉降脱水工程。

1.0.3 原油热化学沉降脱水设计除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关规范和标准的规定。

2 术 语

2.0.1 原油热化学沉降脱水 **crude oil thermo-chemical settling dehydration**

将原油乳状液加热到一定温度，并在加入原油破乳剂的作用下，经过一定时间的沉降而达到原油与水分离的过程。

2.0.2 立式热化学沉降脱水器 **vertical thermo-chemical settling dehydration tank (vessel)**

用作原油热化学沉降脱水的立式罐（容器），简称立式脱水器。

2.0.3 卧式热化学沉降脱水器 **horizontal thermo-chemical settling dehydration separator**

用作原油热化学沉降脱水的卧式分离器，简称卧式脱水器。

2.0.4 破乳剂 **demulsifier**

能破坏乳状液的油水界面膜，促使水滴聚结和沉降的表面活性剂。

2.0.5 破乳剂筛选 **demulsifier screening process**

对一种原油乳状液选用数种不同型号的破乳剂，在相同工艺条件下逐一进行破乳脱水试验，从而优选出脱水温度低、加药量小、脱水及净水效果优的原油破乳剂的过程。

2.0.6 采出水含油量 **oil content in produced water**

在规定条件下每单位体积油田采出水中所含烃类物质的质量（mg/L）。

2.0.7 原油水含量 **water cut in crude oil**

原油中水占总液量的质量分数（%）。

2.0.8 乳化原油 **emulsified crude oil**

与水呈油包水、水包油等形式的原油。

2.0.9 净化原油 purified crude oil

经脱除游离和（或）乳化状态的水、脱盐、脱酸后，符合产品标准和工艺要求的原油。

2.0.10 轻质原油 light crude oil

在 20℃ 时，密度小于或等于 0.8650g/cm³ 的原油。

2.0.11 中质原油 middle crude oil

在 20℃ 时，密度大于 0.8650g/cm³ 且小于或等于 0.9160g/cm³ 的原油。

2.0.12 重质原油 heavy crude oil

在 20℃ 时，密度大于 0.9160g/cm³ 且小于或等于 0.9960g/cm³ 的原油。

2.0.13 稠油 viscous crude oil

温度在 50℃ 时，动力黏度大于 400mPa·s，且温度为 20℃ 时，密度大于 0.9161g/cm³ 的原油。按黏度大小可分为普通稠油、特稠油、超稠油。

2.0.14 特稠油 extra-viscous crude oil

温度为 50℃ 时，动力黏度大于 10000mPa·s，且小于或等于 50000mPa·s 的稠油。

2.0.15 超稠油 extremely-viscous crude oil

温度为 50℃ 时，动力黏度大于 50000mPa·s 的稠油。

2.0.16 预脱水工艺 free water knock-out process

原油来液不加热脱除游离水的工艺。

3 基本规定

3.0.1 原油热化学沉降脱水设计处理能力应与原油处理站场的设计规模相匹配。热化学沉降脱水器的台数应按总处理液量和单台处理能力通过技术经济比较确定。

3.0.2 原油热化学沉降脱水工艺应根据乳化原油性质、原油脱水指标及操作要求通过技术经济比选确定。

3.0.3 原油热化学沉降脱水后的原油水含量和采出水含油量应符合下列规定：

1 采用原油热化学沉降脱水工艺要求达到净化原油标准时，原油水含量应符合现行国家标准《原油》GB 36170 的规定。

2 采用一段原油热化学沉降脱水、二段电脱水时，一段原油热化学沉降脱水器出口的原油水含量不宜大于 30%。

3 原油热化学沉降脱水器脱出的采出水含油量不应大于 1000mg/L；对于化学驱采出原油，采出水含油量不宜大于 3000mg/L；对于特稠油、超稠油，采出水含油量不宜大于 4000mg/L。

3.0.4 原油破乳剂的种类筛选和加药量，应根据温升高低、用量少、出水快、界面清晰、油中含水少、水中含油低的原则，并结合生产特点和要求，经实验室性能检验及评价或现场工业试验后确定。

3.0.5 破乳剂筛选应符合国家现行标准《原油破乳剂通用技术条件》SY/T 5280 的有关规定。化学驱原油破乳剂评价指标宜结合实际情况确定。

3.0.6 防腐保温设计应符合国家现行标准《工业设备及管道绝热工程设计规范》GB 50264、《钢质储罐防腐层技术规范》

SY/T 0319、《钢质储罐、容器内壁阴极保护技术规范》
SY/T 6536、《石油天然气站场管道及设备外防腐层技术规范》
SY/T 7036 的有关规定。

4 脱水设计参数

4.0.1 单台原油热化学沉降脱水器的处理能力应由乳化原油处理的难易程度、在脱水器内的停留时间和脱水器的有效容积确定，宜按 20% 的裕量设计。脱水器的台数应根据脱水处理的总液量和单台脱水器的处理能力确定，可按下式计算：

$$n = \frac{q_v}{q_{vi}} \quad (4.0.1)$$

式中： n ——热化学沉降脱水器的数量（台），向上取整数；
 q_v ——热化学沉降脱水器处理乳化原油的总体积流量（ m^3/h ）；
 q_{vi} ——单台热化学沉降脱水器处理乳化原油的体积流量（ m^3/h ）。

4.0.2 连续生产的脱水器台数不宜少于 2 台。当一台卧式脱水器检修，其余脱水器负荷不大于设计处理能力（额定处理能力）的 120% 时，可不另设备用；若大于 120% 时，可设一台备用。

4.0.3 原油热化学沉降脱水温度应保证对乳化原油稳定膜有足够的破坏性从而进行有效的油水分离，最低脱水温度应由原油脱水试验确定。当缺少试验数据时，轻质、中质原油热化学沉降脱水温度宜为 $20^\circ\text{C} \sim 60^\circ\text{C}$ ，重质原油宜为 $60^\circ\text{C} \sim 120^\circ\text{C}$ 。

4.0.4 原油热化学沉降脱水器的操作压力应根据脱水工艺流程确定。

4.0.5 乳化原油在原油热化学沉降脱水器内的停留时间应根据乳化原油的乳化程度、不同脱水温度下的原油脱水试验确定。乳化原油在热化学沉降脱水器内的停留时间可按下式计算：

$$t = \frac{60V}{Q} \quad (4.0.5)$$

式中： t ——乳化原油在热化学沉降脱水器内的停留时间
(min)；

V ——乳化原油在热化学沉降脱水器沉降脱水段的容积
(m^3)；

Q ——乳化原油进入热化学沉降脱水器的体积流量
(m^3/h)。

4.0.6 破乳剂加药量（按油基计算）应为原油脱水温度下破乳所需的最少用量。对于轻质、中质原油，破乳剂加药量宜为 $10\text{mg/L} \sim 100\text{mg/L}$ ；对于重质原油，加药量不宜大于 200mg/L ；对于化学驱采出的原油、特稠油或超稠油，加药量不宜大于 300mg/L 。

5 脱水工艺和设备设计

5.1 脱水工艺

5.1.1 原油脱水工艺应根据工艺流程、脱水深度和乳化原油特性等因素综合分析确定，宜采用热化学沉降脱水、电化学脱水等方式或不同方式的组合，尚应符合下列规定：

- 1 对高含水原油，宜采用预脱水工艺。
- 2 轻质、中质原油脱水工艺宜采用一段热化学脱水，当一段热化学脱水不能满足脱水要求时，可增设二段电脱水工艺。
- 3 重质原油脱水工艺宜采用一段热化学脱水 + 二段电脱水或预脱水 + 一段热化学脱水 + 二段电脱水工艺。重质原油采用热化学沉降脱水时，脱水操作温度下动力黏度宜控制在 $50\text{mPa}\cdot\text{s} \sim 100\text{mPa}\cdot\text{s}$ ，最大不宜超过 $200\text{mPa}\cdot\text{s}$ 。
- 4 应分析含蜡、含砂、原油起泡、化学驱采出液等因素的影响。

5.1.2 有余热可回收利用时，宜经技术经济比选后确定回收工艺。采用两段脱水工艺时，可采用二段采出水回掺技术，一段脱水处理量应为进站液量与二段采出水回掺量之和。

5.1.3 采用热化学沉降脱水工艺处理重质原油、特稠油、超稠油或有深度脱水要求的原油时宜脱出伴生气，原油中气相体积分率不宜大于 0.85。

5.1.4 破乳剂的加注宜与管道破乳相结合，可设在井口、计量站（接转站）和集中处理站（联合站）进站位置。

5.1.5 破乳剂的加注应操作方便、连续均匀、浓度配制准确，并应设置计量设施。

5.2 脱水工艺计算

5.2.1 计算热化学沉降脱水器尺寸时，宜采用液滴沉降法、停留时间法或分散段模型图解法。

5.2.2 采用液滴沉降法计算时，乳化原油中分散相液滴粒径范围宜为 $50\mu\text{m} \sim 500\mu\text{m}$ ，设计分散相液滴粒径宜为 $150\mu\text{m}$ 。

5.2.3 采用停留时间法计算时，脱水器的直径、脱水段有效长度或有效高度可按下列公式计算，脱水器的气相空间和内构件空间不应计入脱水器的有效容积。

1 立式脱水器：

$$\frac{\pi}{4} D^2 h = q_w t_w + q_o t_o \quad (5.2.3-1)$$

式中： D ——脱水器直径（m）；

h ——立式脱水器沉降段高度（m）；

q_w ——水的体积流量（ m^3/h ）；

t_w ——水在脱水器内的停留时间（h）；

q_o ——油的体积流量（ m^3/h ）；

t_o ——油在脱水器内的停留时间（h）。

2 卧式脱水器：

$$\frac{\pi}{4} D^2 m L_e = q_w t_w + q_o t_o \quad (5.2.3-2)$$

式中： m ——液体占脱水器横截面积分数；

L_e ——卧式脱水器沉降脱水段长度（m）。

5.2.4 乳化原油热化学沉降脱水的油水停留时间，宜按室内实验或现场试验数据确定。易起泡乳化原油热化学沉降脱水停留时间宜增加 $2\text{min} \sim 5\text{min}$ 。

5.3 脱水设备

5.3.1 原油热化学沉降脱水设备按结构形式，可分为卧式脱水器和立式脱水器，其结构宜由初始分离段、重力沉降分离段和油气水出口段等部分组成。

5.3.2 原油热化学沉降脱水设备的材料选择应根据设计温度、设计压力及介质特性等因素确定。

5.3.3 低含气乳化原油进口流量分配器宜采用半开管、分流管、全开管等型式，易起泡原油进口流量分配器宜采用离心式、旋风式等型式。

5.3.4 多台脱水器并行操作时，液体流量宜均匀分配至各脱水器，进口汇管的液体流速不宜大于 1.0m/s。

5.3.5 脱水器分离沉降段液体流动的速度不宜大于 0.015m/s。

5.3.6 脱水器内宜安装高效脱水内件。高效脱水内件可采用金属折板、聚结式丝网及聚结式滤芯等。

5.3.7 处理高凝点、高含蜡乳化原油时，脱水器内部宜设加热、保温设施。

5.3.8 脱水器内部设置加热盘管时，宜位于乳化原油界面过渡层下部，对立式脱水器且应位于乳化原油进口以上。

5.3.9 含砂乳化原油沉降脱水宜增设冲砂装置（图 5.3.9）和反冲洗流程。当采用在线水力冲砂工艺时，供水压力应比脱水器正常工作压力高 0.5MPa，带水喷头的脱水器内部每个水力冲砂喷头喷射水量宜为 18L/min ~ 23L/min。

5.3.10 卧式脱水器的出口位置宜靠近容器筒体端部焊缝。

5.3.11 脱水器原油出口流速不宜大于 1.0m/s，采出水出口流速不宜大于 1.0m/s。液相出口应设置防涡流装置。

5.3.12 脱水器的界面过渡层宜设置抽排设施，送至装置外进行处理。

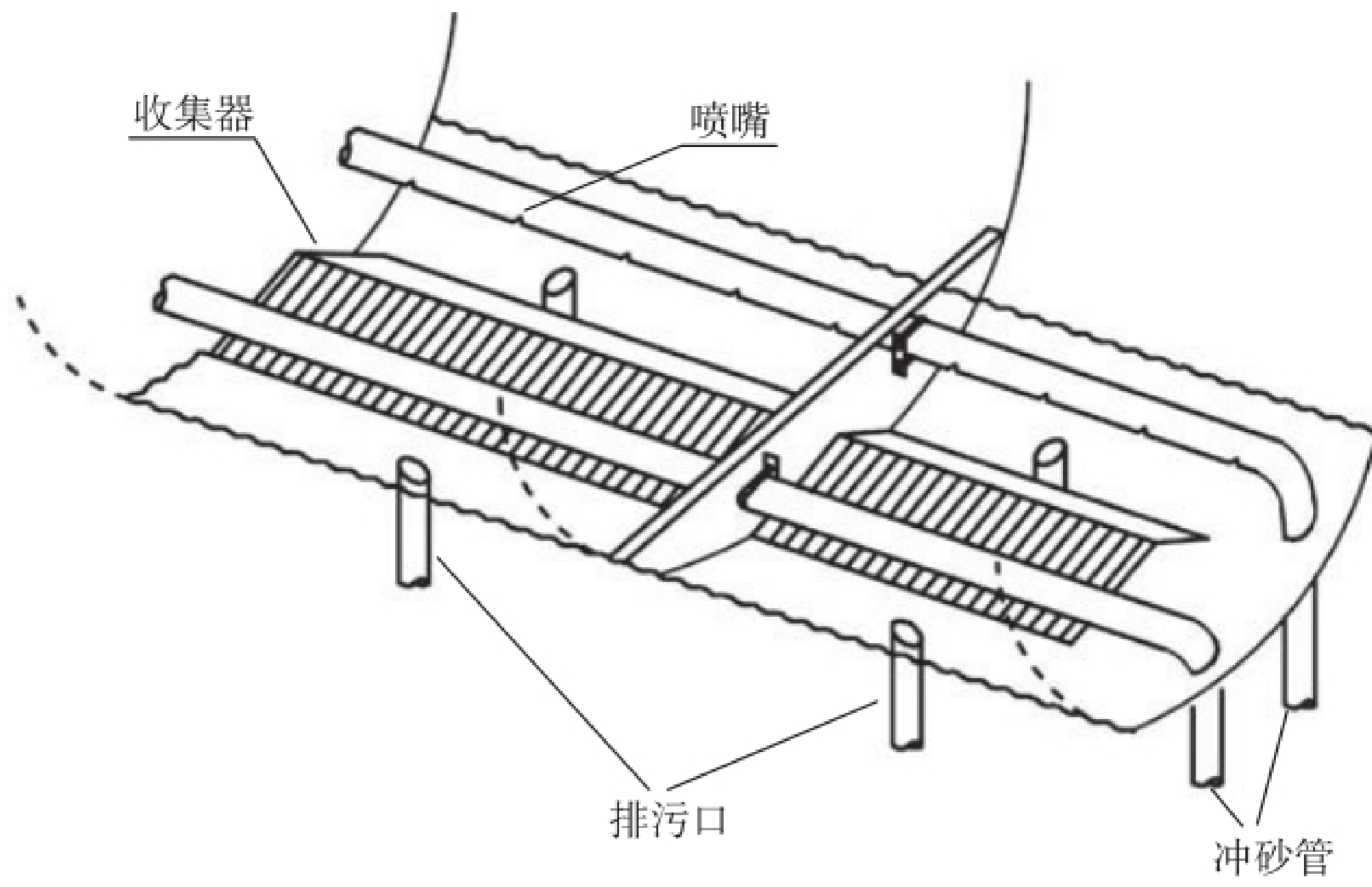


图 5.3.9 冲砂装置示意图

6 卧式热化学沉降脱水器系列和结构

6.1 卧式脱水器系列

6.1.1 卧式脱水器系列可按表 6.1.1 选取。

表 6.1.1 卧式脱水器系列

公称直径 (mm)	长度 (mm)						
	5000	8000	11000	14000	17000	20000	23000
	容积 (m ³)						
2200	22.1	33.5	—	—	—	—	—
2600	31.6	47.6	63.5	—	—	—	—
3000	43.0	64.2	85.4	106.6	127.8	—	—
3600	—	—	125.2	155.7	186.3	216.8	—
4000	—	—	—	—	231.7	269.4	307.1

6.1.2 卧式脱水器的设计压力宜为 0.25MPa、0.4MPa、0.6MPa、0.8MPa、1.0MPa 和 1.6MPa。

6.2 卧式脱水器结构

6.2.1 卧式脱水器结构宜采用空筒式、三相分离式和聚结床型式。

6.2.2 空筒式脱水器内部结构设计应符合下列规定：

- 1 进油汇管应设置在油水界面附近。
- 2 出油汇管宜设置在顶部，应使油流均匀流出。
- 3 出水汇管宜设置在底部，应使水均匀流出。

4 油水界面控制宜采用界面检测仪表自动控制。

6.2.3 三相分离式脱水器内部结构设计应符合下列规定：

1 初始分离段应满足气、液预分离要求。

2 气体出口应设置丝网或折板捕雾器。

3 油水沉降分离段宜设置油水界面检测仪表。

4 油水界面控制宜采用界面检测仪表自动控制，也可采用机械控制。油水界面机械控制采用 U 型管原理（图 6.2.3），U 型管高度可按下列公式计算：

$$h_u = \frac{h_o \rho_o + h_w \rho_w}{\rho_w} \quad (6.2.3-1)$$

$$h_o = H_b - h_w \quad (6.2.3-2)$$

式中： h_u ——以容器底为基准的 U 型管设计高度（mm）；

h_o ——油层高度（mm）；

h_w ——设定的水位高度（mm）；

ρ_o ——油的密度（ kg/m^3 ）；

ρ_w ——水的密度（ kg/m^3 ）；

H_b ——以容器底为基准的溢油堰板高度（mm）。

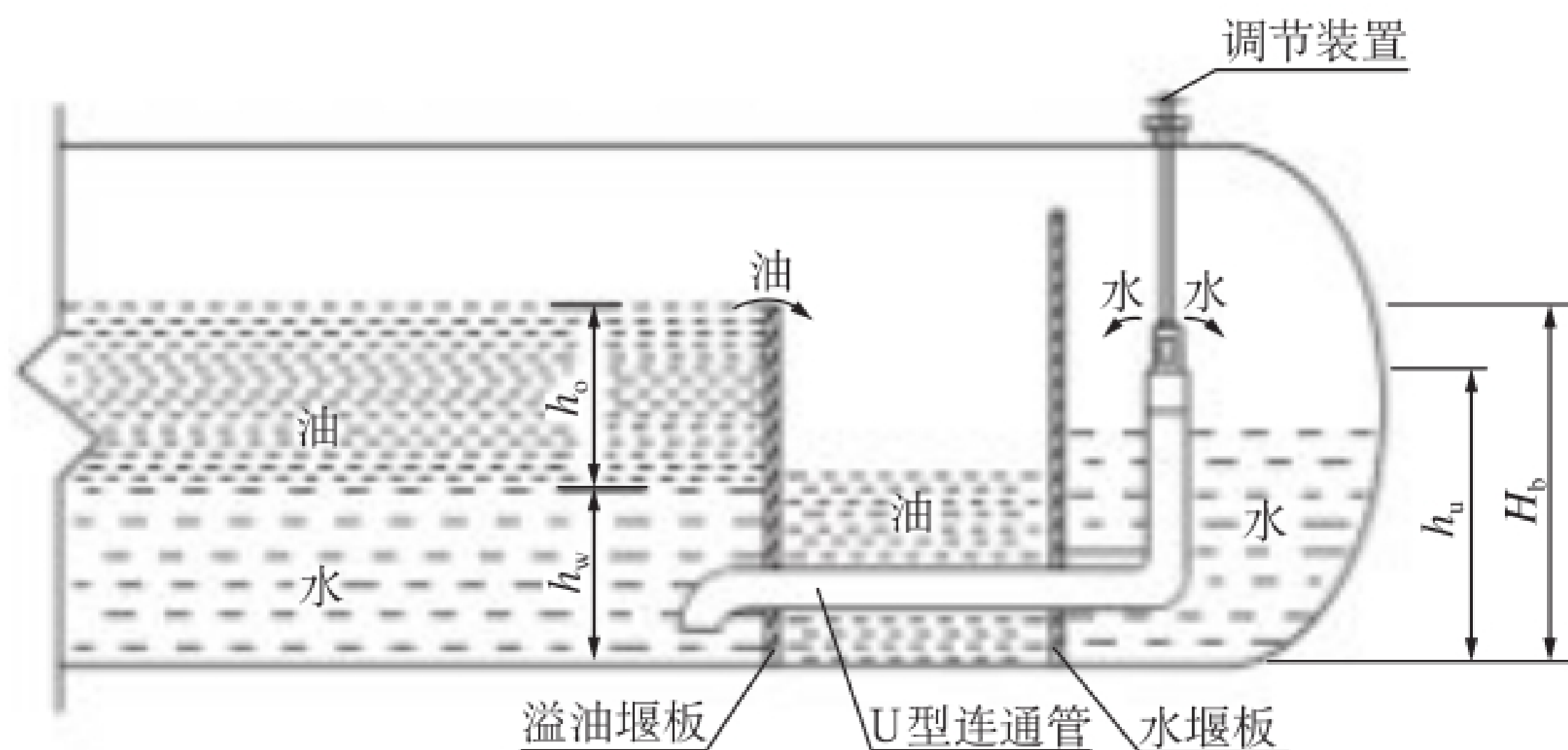


图 6.2.3 U 型管计算示意图

6.2.4 聚结床式脱水器内部结构设计应符合下列要求：

1 进油管的末端与出油管的末端应分别设置在聚结床的两端，应使含水油均匀流向聚结床，脱水后原油均匀流向出油管(槽)。

2 聚结床应采用机械强度大、重量轻、外形尺寸均匀、流线性好、憎油亲水性强、有效表面积大、空隙率高的填料。

3 聚结床宜选用规整填料，填料应具有良好的润湿性、耐用性，并对油、水无危害影响。

4 油水界面控制宜采用界面检测仪表自动控制。

6.2.5 卧式脱水器应采用椭圆形封头，双鞍式支座支承型式。

6.2.6 卧式脱水器的筒体长度与公称直径之比宜为 1.5 ~ 6。

7 立式热化学沉降脱水器系列和结构

7.0.1 立式脱水器宜采用钢制固定顶罐，其系列宜按表 7.0.1 选取。

表 7.0.1 立式脱水器系列

公称容积 (m ³)	计算容积 (m ³)	储罐内径 (m)	罐壁高度 (m)	水平截面积 (m ²)
100	110	5.20	5.20	21
200	221	6.55	6.55	34
300	331	7.50	7.50	44
400	441	8.25	8.25	53
500	557	8.92	8.92	62
600	660	9.50	9.32	71
700	770	10.20	9.43	82
800	880	10.50	10.17	87
1000	1106	11.50	10.65	104
1500	1646	13.50	11.50	143
2000	2224	15.78	11.37	196
3000	3299	18.90	11.76	281
5000	5528	23.70	12.53	441
10000	11005	31.00	14.58	755
20000	23553	42.00	17.00	1385

注：本表中计算容积为根据储罐内径和罐壁高度计算的圆筒的几何容积。

7.0.2 立式脱水器的设计应符合现行国家标准《立式圆筒形钢制焊接油罐设计规范》GB 50341 的有关规定。

7.0.3 立式脱水器结构设计应符合下列规定：

1 进油分配管应设置在油水界面以下，应使液体均衡分布到罐体周边。液体分布主管和支管流速分别不宜大于 0.5m/s 和 0.2m/s。

2 集油汇管（槽）宜设置在油罐设计高液位 200mm 以下，应使油流均匀地流出。

3 集水汇管宜设置在距罐底 0.5m ~ 1m 处，应使水均匀地流出。

4 油水界面控制宜采用 U 型管原理设计，U 型管高度可按本规范公式（6.2.3-1）计算。

5 油水界面至原油液面之间宜设置多个取样口，取样口之间高度间隔宜为 200mm。

标准用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 本规范中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《原油》 GB 36170
《工业设备及管道绝热工程设计规范》 GB 50264
《立式圆筒形钢制焊接油罐设计规范》 GB 50341
《钢质储罐防腐层技术规范》 SY/T 0319
《原油破乳剂通用技术条件》 SY/T 5280
《钢质储罐、容器内壁阴极保护技术规范》 SY/T 6536
《石油天然气站场管道及设备外防腐层技术规范》
SY/T 7036

中华人民共和国石油天然气行业标准

原油热化学沉降脱水设计规范

SY/T 0081—2023

条文说明

修 订 说 明

《原油热化学沉降脱水设计规范》SY/T 0081—2023，经国家能源局2023年5月26日以第4号公告批准发布，2023年11月26日起实施。

本规范是在《原油热化学沉降脱水设计规范》SY/T 0081—2010的基础上修订而成。上一版的编制单位是中石化江汉石油管理局勘察设计研究院，主要起草人是杨芳圃、李永杰、文海力、刘红。

本规范修订过程中，编制组进行了广泛的调查研究，认真总结了多年的原油热化学沉降脱水设计经验，吸收了近年来全国各油田原油热化学沉降脱水技术科研成果和生产管理经验，参考了国内、国外相关标准和设计手册，并广泛征求了全国有关单位的意见。

为了便于广大设计单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定，本规范编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明，对条文规定的目的、依据及执行中需要注意的有关事项进行了说明。但是本条文说明不具备与本规范正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握本规范规定的参考。

目 次

1	总则	22
2	术语	23
3	基本规定	24
4	脱水设计参数	27
5	脱水工艺和设备设计	29
5.1	脱水工艺	29
5.2	脱水工艺计算	30
5.3	脱水设备	44
6	卧式热化学沉降脱水器系列和结构	48
6.1	卧式脱水器系列	48
6.2	卧式脱水器结构	48
7	立式热化学沉降脱水器系列和结构	51

1 总 则

1.0.1 本条说明了本规范编制的目的。

1.0.2 本条说明了本规范的适用范围。本次修订增加了滩海陆采油田和海上油田陆岸终端。

2 术 语

本次修订更正和补充了部分术语，参照了《石油天然气工业术语 第3部分：油气地面工程》GB/T 8423.3—2018和《油田油气集输设计规范》GB 50350—2015。

3 基本规定

3.0.1 原油热化学沉降脱水作为石油天然气站场工艺流程的一个重要组成部分，其设计处理能力应与油气处理站场的设计规模相一致，并能处理十年内开发指标预测的最大产油量和最大产液量。

3.0.2 原油热化学沉降脱水工艺的选择是根据总工艺流程、乳化原油特性、脱水深度及空间位置和操作原则等因素来确定的。乳化原油一般具有含水、含砂、含蜡、乳化和起泡等特性。脱水深度、脱水设备空间要求及操作要求等也对脱水工艺的选择有重要的影响。

3.0.3 与二段电脱水配套的一段原油热化学沉降脱水深度，需与电脱水进口原油水含量技术要求一致。电脱水进口乳化原油水含量低，有利于二段脱水降低电耗、减少设施、节省投资。

国内各大油田的原油脱水调研情况：对普通原油（轻质、中质原油），原油热化学沉降脱水装置脱出的采出水含油量一般不大于 1000mg/L，平均值约为 500mg/L；对化学驱采出原油，采出水含油量一般不大于 3000mg/L；对特稠油、超稠油，采出水含油量一般不大于 4000mg/L。国外普通原油采出水含油量一般不大于 1000mg/L，化学驱一般不大于 2000mg/L。

3.0.4 原油热化学沉降脱水对破乳剂的选择是很重要的。破乳剂实验室性能检验或现场采用乳化原油与不同破乳剂试样混合的瓶装工业试验，是原油破乳剂的种类筛选和确定加药量的重要设计依据。

3.0.5 《原油破乳剂通用技术条件》SY/T 5280—2018 的规定不适用于聚合物驱产出液的原油破乳剂评价，各企业在评价原油破乳剂时需制订该企业的评价技术要求。国内常用破乳剂类型

和特点详见表 1。

表 1 国内常用破乳剂

序号	类型	特点
1	多乙烯多胺聚氧乙烯聚氧丙烯醚（所用的胺主要有多乙烯多胺、乙二胺等）、以胺类为起始剂的嵌段聚醚	此类产品具有水溶性、脱水速度快、耐低温等特点；AP 型结构破乳剂适用于原油水含量高于 20% 的石蜡基原油的破乳，并能在低温条件下达到快速破乳的效果，效果好于 SP 型破乳剂。AE 型结构破乳剂适用于沥青质乳化原油的破乳，也是较好的防蜡降黏剂
2	以醇类为起始剂的嵌段聚醚	对石蜡基原油具有较好的破乳效果，能较好地解决水包油问题
3	酚醛树脂或烷基酚醛树脂聚氧乙烯聚氧丙烯醚（合成起始剂时常用的烷基酚为壬基酚或以含九个碳为主的混合烷基酚）、烷基酚醛树脂嵌段聚醚	依实际要求可做成油溶型，也可做成水溶型，在破乳的同时兼具降黏、防蜡的作用。AR 型结构破乳剂适用于高含水原油低温快速脱水
4	酚胺醛树脂聚氧乙烯聚氧丙烯醚（以烷基酚、乙烯胺类化合物和甲醛的缩合产物为起始剂）、酚胺醛树脂嵌段聚醚	此类产品适用于低温脱水，破乳效果好，适应性较广，具有降黏、防蜡的作用
5	含硅破乳剂	适应性广，耐低温
6	超高相对分子质量破乳剂	破乳速度快，低温性能好，净化油质量高
7	聚氧乙烯聚氧丙烯磷酸酯类（聚氧烯烃醚与三氯磷酰 POCl_3 、五氧化二磷 P_2O_5 的反应产、聚磷酸酯物）	在油、水两相均有良好的分散性，对该界面也有较好的润湿性，破乳速度快，是很好的混合型原油破乳剂
8	聚醚与甲苯异氰酸酯交联生成的高分子聚氨酯类	适用于稠油破乳脱水

续表 1

序号	类型	特点
9	嵌段聚醚的改性产物	针对油品的具体情况研制，专用性较强
10	复配破乳剂	采用两种或以上的破乳剂组合，运用破乳剂的协同作用将其性能提升，减少使用量，促使其脱水速度提高
11	其他功能破乳剂	包括协同破乳剂、预破乳剂、反向破乳剂及咪唑啉破乳剂等，用于解决与原油脱水有关的各种问题

4 脱水设计参数

4.0.1 单台原油热化学沉降脱水器的处理能力除满足油气生产需求外，还需考虑一定的设计裕量。20%设计裕量主要是考虑来液的波动幅度大，造成液位变动大，原油分离沉降段过渡层厚度变化显著，影响脱水质量。国外油气处理工程一般考虑20%~50%的波动系数（可参考API PR 14E）。

4.0.2 本条参考了《油田油气集输设计规范》GB 50350—2015。乳化原油总处理液量一定时，脱水器台数与单台脱水器的处理能力有关，是否设置备用取决于脱水器备用原则。通常在不影响脱水设备操作、维修和检修时，脱水器可不设备用。对于卧式脱水器，多台脱水器并行操作，一台脱水器检修时，其余单台脱水器脱水负荷大于120%时，可设一台备用。

4.0.3 脱水温度对乳化原油的稳定性有重要影响，最佳脱水温度需根据室内脱水评价实验或现场试验确定。脱水温度一般稍低于原油处理系统操作温度较好。脱水温度的合理提高，有利于降低原油黏度，增加油水密度差，增加破乳剂的分子活性和弥散度，有助于水滴聚结作用。一般认为在脱水温度下，原油黏度小于 $50\text{mm}^2/\text{s}$ 时有利于乳化原油沉降脱水。但是，原油脱水温度的升高，也增加了脱水能耗和原油的挥发损耗。

原油脱水温度参数范围主要参考了国内外油田乳化原油热化学沉降脱水工程现状，调研情况如下：

1 胜利油田：进站含水较高的原油，各联合站内脱水设备的工作温度、沉降时间各不相同，工作温度超过 60°C 的并不多，大部分在 50°C 左右。进站含水较低的轻质、中质原油，进站后升温到 60°C 左右。

2 大庆油田：脱水温度为 40°C ~ 55°C ，老化油脱水温度

不低于 70℃。

3 长庆油田：热化学沉降脱水温度为 50℃ ~ 60℃。

4 新疆油田：轻质、中质原油脱水温度为 20℃ ~ 60℃，重质原油脱水温度为 70℃ ~ 160℃。

5 国外油田乳化原油脱水温度一般为 38℃ ~ 71℃ (100°F ~ 160°F)，重质原油脱水温度不高于 148.8℃ (300°F)。

4.0.4 卧式脱水器的操作压力需根据工艺系统水力模拟计算确定，立式脱水器的操作压力通常为常压。当操作温度高于水沸点时，脱水器的最高操作压力一般比操作温度下的饱和蒸气压高 0.15MPa ~ 0.2MPa。

4.0.5 原油热化学沉降脱水装置的停留时间主要受脱水温度、原油乳化程度及乳化原油特性（主要为脱水温度下油水密度差和黏度）和原油中其他化学组成等因素的影响，一般由室内脱水评价实验或现场试验确定。

4.0.6 根据国内各油田调研结果，轻质、中质原油在脱水温度下破乳剂加药量大多数为 20mg/L ~ 50mg/L，其中大庆油田大多为 10mg/L ~ 20mg/L。部分普通稠油的破乳剂加药量也不大于 100mg/L，大多数稠油不大于 200mg/L。

5 脱水工艺和设备设计

5.1 脱水工艺

5.1.1 国内油田常用于原油脱水的工艺主要有一段热化学脱水、两段热化学脱水、一段热化学脱水 + 二段电脱水、预脱水 + 一段热化学脱水 + 二段电脱水。根据调研情况，国内油田原油热化学沉降脱水工艺的发展方向是节能降耗、提高脱水效率，因此，本条增加了常用的节能降耗、提高分离效率的脱水工艺，使用本规范时可结合各油田实际情况采用。

1 结合油田实际情况，对高含水原油推广应用预脱水工艺。

2 根据油田原油物性特点，国内长庆、大庆、胜利和新疆等油田的轻质、中质原油，一般采用一段热化学沉降脱水工艺，可将原油处理到水含量 0.5% 以下，脱水器既有卧式压力脱水器，也有立式常压脱水器。高含水油田区块（水含量达 90% 以上），也可结合实际情况，推广应用一段热化学沉降脱水工艺。

3 重质原油也可以只采用热化学沉降脱水工艺，如辽河油田采用二级热化学沉降脱水罐取得了较好的脱水效果。根据原油热化学沉降脱水设计实践经验和国内外资料，轻中质原油黏度控制在 $2\text{mPa}\cdot\text{s} \sim 50\text{mPa}\cdot\text{s}$ ，重质原油一般加热后黏度降至 $50\text{mPa}\cdot\text{s} \sim 100\text{mPa}\cdot\text{s}$ 时，脱水效果较好。脱水温度下，原油黏度一般不大于 $200\text{mPa}\cdot\text{s}$ 。

4 含蜡、含砂、起泡及化学驱等因素对原油沉降脱水工艺的关键参数（脱水温度、停留时间、破乳剂加注等）和脱水设备的结构都有影响。

采用三相分离式脱水器处理不含气或低含气原油时，为防

止系统压力过低影响设备正常操作运行，一般设置补气措施。

5.1.2 采用采出水回掺技术，可以降低脱水能耗和节省破乳剂加药量，对一段原油热化学沉降脱水有利。但回收的采出水不能大量掺入热化学沉降脱水系统，特殊情况下需单独处理。

5.1.3 油中气泡的释放会对乳化原油的沉降脱水有较大的影响，气体会干扰水滴沉降的速度和运动方向，延长脱水时间，特别是会对液位检测和控制增加难度。对超稠油、特稠油和有深度脱水要求的原油，需控制进脱水器的气体含量，参考国外壳牌公司的脱水设计手册，脱水器中原油含气体积分率不大于 0.85。对轻质、中质原油可以油气水同时分离操作，同时需考虑原油进口初级分离段设置整流、分流措施或设施，使乳化原油沉降脱水尽可能控制在层流区操作，以保证脱水效果。

5.1.4 从各大油田原油热化学沉降脱水的调研结果看，破乳剂的加注方式有井口加注、管道加注和进站加注等。破乳剂的加注位置，既要充分发挥破乳剂的效能，又要考虑管理操作方便。为了发挥药剂效能，以井口加注最好，可以抑制油包水型乳化原油的形成，在计量站或接转站加注破乳剂则可起破乳降黏作用。而从管理角度考虑，在集中处理站加注最便于管理。本次修订取消了加注点最小距离 50m 的要求。

5.2 脱水工艺计算

5.2.1 计算脱水器尺寸时，国内通常采用液滴沉降法、停留时间法这两种方法，国外近年来多采用分散段模型图解法计算。

1 液滴沉降法的原理：任意尺寸液滴沉降的最终速度是由重力和沉降阻力平衡确定的。参考国内外原油脱水有关资料，液滴沉降法计算液滴沉降速度时做了假设推导，即液滴为刚性球体，液滴与液滴、脱水器壁或其他内部构件没有作用力，液滴在沉降区内的流动是稳定的，任一点流速不随时间变化。当作用在液滴上的合力为零时，液滴以不变的速度（沉降终速）

匀速沉降。计算液滴沉降速度的方法主要有曳力系数法、按流态分区公式法、图解法和阿基米德准数法等。工程上常用的是前两种方法，为便于计算机程序计算，参考 GPSA 设计手册，下面列出了按流态分区计算液滴沉降速度的公式。

液滴沉降法估算脱水器尺寸是按照从乳化原油连续相中分离出水滴（如除去大于 150 μm 分散相水滴）的要求，计算分离最小水滴的自由沉降速度和停留时间。然后根据分散相的停留时间计算连续相流经的有效容积和长度（或高度），并依据推荐的长径比和脱水器系列尺寸，初步确定原油脱水器的直径和长度（或高度）。具体可按照下列步骤计算。

第一步：按分散系数（表 2）判断法则确定乳化原油的分散相。分散系数可按下式计算：

$$\psi = \frac{q_o}{q_w} \left(\frac{\rho_o \mu_w}{\rho_w \mu_o} \right)^{0.3} \quad (1)$$

式中： ψ ——分散系数，无量纲；

μ_w ——水的动力黏度（Pa·s）；

μ_o ——原油的动力黏度（Pa·s）。

表 2 分散系数 ψ 判断法则

分散系数 ψ	判断结果
< 0.3	油为分散相
0.3 ~ 0.5	油可能为分散相
> 0.5 ~ < 2.0	可能转相，最坏设计情况
2.0 ~ 3.3	水可能为分散相
> 3.3	水为分散相

第二步：计算分散相液滴沉降速度。

分散相液滴粒径为 10 μm ~ < 100 μm ，雷诺数 $Re < 0.3$ 时，

沉降速度按下式计算：

$$v_t = 5.45 \times 10^{-4} \frac{d^2 (\rho_w - \rho_o)}{\mu} \quad (2)$$

式中： v_t ——分散相在连续相中的沉降 / 上升速度 (m/s)；

d ——分散相液滴直径 (mm)；

μ ——连续相动力黏度 (mPa·s)。

分散相液滴粒径为 $100\mu\text{m} \sim < 1000\mu\text{m}$ ，雷诺数 Re 在 $0.3 \sim < 500$ 时，沉降速度按下式计算：

$$v_t = 5.74 \times 10^{-3} \frac{d^{1.14} (\rho_w - \rho_o)^{0.71}}{\rho^{0.29} \mu^{0.43}} \quad (3)$$

式中： ρ ——连续相密度 (kg/m^3)。

分散相液滴粒径为 $1000\mu\text{m} \sim < 10000\mu\text{m}$ ，雷诺数 Re 在 $500 \sim < 100000$ 时，沉降速度按下式计算：

$$v_t = 0.172 \sqrt{\frac{d(\rho_w - \rho_o)}{\rho}} \quad (4)$$

雷诺数 Re 按下式计算：

$$Re = \frac{D_e v \rho}{\mu} \quad (5)$$

式中： v ——平均流速 (m/s)；

D_e ——流体通过横截面的当量直径 (m)。

第三步：计算分散相液滴在脱水器内的停留时间。

$$t = \frac{H_L}{v_t} \quad (6)$$

式中： t ——停留时间 (s)；

H_L ——液位高度 (m)。

第四步：计算连续相平均流速（表观速度）。

$$v_c = \frac{q}{A_1} \quad (7)$$

式中： v_c ——连续相平均流速 (m/s)；

q ——连续相流量 (m³/s)；

A_1 ——液体通过的横截面积 (m²)。

第五步：计算连续相流经距离。

$$L_c = v_c t \quad (8)$$

式中： L_c ——连续相流经距离 (m)。

脱水器计算长度 L 不小于连续相的流经距离，一般取 $L=4L_c/3$ ，脱水器尺寸可按本规范表 6.1.1 初步确定。

2 停留时间法的原理：脱水器的脱水有效容积与乳化原油处理量的比值应满足：足够能从油中脱出水，足够能从水中除去油。停留时间法是根据停留时间值，计算在给定时间内处理乳化原油所需要的有效容积，并根据推荐的脱水器长径比，初步确定脱水器的直径和长度（或高度）。

1) 卧式脱水器尺寸估算示例。

计算条件：在操作条件 0.4MPa、50℃ 时，进料原油中油体积流量为 0.005m³/s，水体积流量为 0.005m³/s，原油密度为 867kg/m³，运动黏度为 19cSt。

第一步：确定原油脱水的停留时间。假定室内实验油水停留时间均为 30min。

第二步：计算处理液量的有效容积。按本规范公式 (5.2.3—

2) 计算脱水器有效容积。假设液位高度为 0.75D (D 为脱水器直径)，液体占脱水器横截面积分数 m 为 0.8045，有效容积计算为： $D^2L_c=0.95t$ (m³)。

第三步：参照卧式脱水器系列化尺寸，计算脱水器在 30min 停留时间内的脱水器直径 D 、长度 L 和 L/D 值，计算结果见表 3。

表 3 卧式脱水器尺寸估算结果

脱水器直径 D m	停留时间 t min	有效长度 L_e m	计算长度 $L=4L_e/3$ m	长径比 L/D
2.2	30	5.9	7.9	3.6
2.6	30	4.2	5.6	2.2
2.8	30	3.6	4.9	1.7
3.0	30	3.2	4.2	1.4

第四步：按照长径比 L/D 推荐值和脱水器系列化尺寸，初步确定脱水器的尺寸为 2200mm (D) × 8000mm (L)。

2) 立式脱水器尺寸估算示例。

计算条件：立式脱水器采用常压钢制拱顶罐，设计温度为 93℃，操作温度为 75℃。操作条件时进料原油中含油体积流量为 0.075m³/s，含水体积流量为 0.075m³/s。75℃时原油密度为 886kg/m³，水密度为 968.5kg/m³。75℃时原油运动黏度为 184cSt。

第一步：确定原油脱水的停留时间。假定室内实验油水停留时间均为 10h。

第二步：按本规范公式 (5.2.3-1) 计算有效容积为 $D^2h=687.57t$ (m³)。

第三步：参照本规范表 7.0.1 的系列化尺寸，计算脱水器在 10h 停留时间时的直径 D 、计算液位高度 h 和 H/D 值 (H 为脱水器设计高度)，计算结果见表 4。

第四步：参照本规范表 7.0.1 的系列化尺寸，初步确定脱水器的尺寸为 31.00m (D) × 14.58m (H)。

3 分散段模型法的原理：液滴沉降分离发生在油水混合段，沉降前顶部小水滴沉降速度刚好大于油滴上升速度，小水滴聚结成大液滴混入水相。分散段厚度（高度）与处理量、进料物性和操作条件有关。

表 4 立式脱水器尺寸估算结果

脱水器直径 D m	停留时间 t h	计算液位高度 h m	脱水器设计高度 H m	高径比 H/D
15.78	10	27.6	31.1	2.0
18.9	10	19.3	22.8	1.2
23.7	10	12.2	15.7	0.7
27	10	9.4	12.9	0.5
31	10	7.2	10.7	0.3

注：1 立式压力容器高 H ，按公式 $H=h+1.95m$ 或 $H=h+D+1m$ ，取两者较大值；立式常压罐高 H ，按公式 $H=h+3.5m$ ，其中出油口距离罐壁边缘线约为 $1m$ 。

2 立式压力容器 H/D 一般为 $1.5 \sim 3.0$ ，立式常压罐 H/D 一般为 $0.3 \sim 1.1$ 。

国外在原油脱水工程设计过程中，根据分散段模型理论方法，由大量的试验数据和油田操作数据，绘制了原油脱水器（包括立式脱水器和卧式脱水器）液体最大允许流速计算图，分别为图 1 液体允许流速图、图 2 起泡原油液体允许流速图和图 3 气体允许表观流速图。图 1 中四边形上边界线对应易破乳不稳定的乳化原油，下边界线对应稳定的乳化原油。参照壳牌公司脱水设计手册，下面列出了分散段模型图解法的计算公式。

对含气体积分率小于 0.85 的乳化原油，脱水器分离段最小横截面积可按下式计算：

$$A_{hmin} = \frac{q_1}{q_1/A_h} \quad (9)$$

式中： A_{hmin} ——脱水器分离段最小横截面积（ m^2 ）；

q_l/A_h ——液体最大允许流速 (m/s)；

q_l ——液体体积流量 (m³/s)；

A_h ——分离段横截面积 (m²)。

对含气体积分率大于 0.85 的乳化原油，脱水器分离段脱水需要的最小横截面积可按公式 (9) 计算。分离段液位以上气体流动需要的最小纵截面积可按下式计算：

$$A_{gmin} = \frac{q_g}{q_g/A_g} \quad (10)$$

式中： A_{gmin} ——气体流动最小纵截面积 (m²)；

q_g/A_g ——气体最大允许表观流速 (m/s)；

q_g ——气体体积流量 (m³/s)；

A_g ——气体捕集需要的纵截面积 (m²)。

分散段理论认为乳化原油脱水过程中总有一段油水分离中间过渡层，其上层为油层，下层为水层。对卧式脱水器，这一过渡层厚度最大约为 0.4m ~ 0.6m，立式脱水器为 3.0m 以内。该理论认为当乳化原油黏度一定时，脱水器的最大允许流速只取决于进料乳化原油的稳定性，而其稳定性可以由实验常数 a 、 b 来定量确定。参考壳牌公司脱水设计手册，分散段厚度（高度）可按下式计算：

$$H_D = \frac{a(q_l/A_h)}{1-b(q_l/A_h)} \quad (11)$$

式中： H_D ——乳化原油沉降脱水段的油水分散段厚度（高度）(m)；

a 、 b ——与原油运动黏度和乳化原油稳定性相关的实验常数，按表 5 选取。

4 初步确定脱水器尺寸后，需对脱水器处理能力、液位设置、停留时间、沉降分离截面积等进行校核，参考壳牌公司设

计手册，校核方法如下。

表 5 分散段公式实验常数 a 、 b 值

连续相运动黏度 (cSt)	a	b
1	0.050	0.032
2	0.091	0.052
5	0.198	0.101
10	0.359	0.166
20	0.649	0.273
50	1.421	0.529
100	2.570	0.871
150	3.635	1.166
200	4.649	1.435
250	5.627	1.685
300	6.576	1.921
350	7.502	2.146
400	8.409	2.363
450	9.300	2.572
500	10.177	2.775

1) 气体处理能力校核。

最大允许气体处理能力按下式计算：

$$Q_{g\max} = v_a A_g \quad (12)$$

$$v_a = K \sqrt{\frac{\rho_l - \rho_g}{\rho_g}} \quad (13)$$

式中： $Q_{g\max}$ ——最大允许气体处理能力 (m³/s)；

v_a ——气体最大允许表观速度 (m/s)；

K ——用于确定最大允许表观速度的气体负荷系数；

ρ_l ——液体密度 (kg/m^3)。

参考《油气分离器规范》SY/T 0515—2014，用于确定最大允许表观速度的系数 K 见表 6。

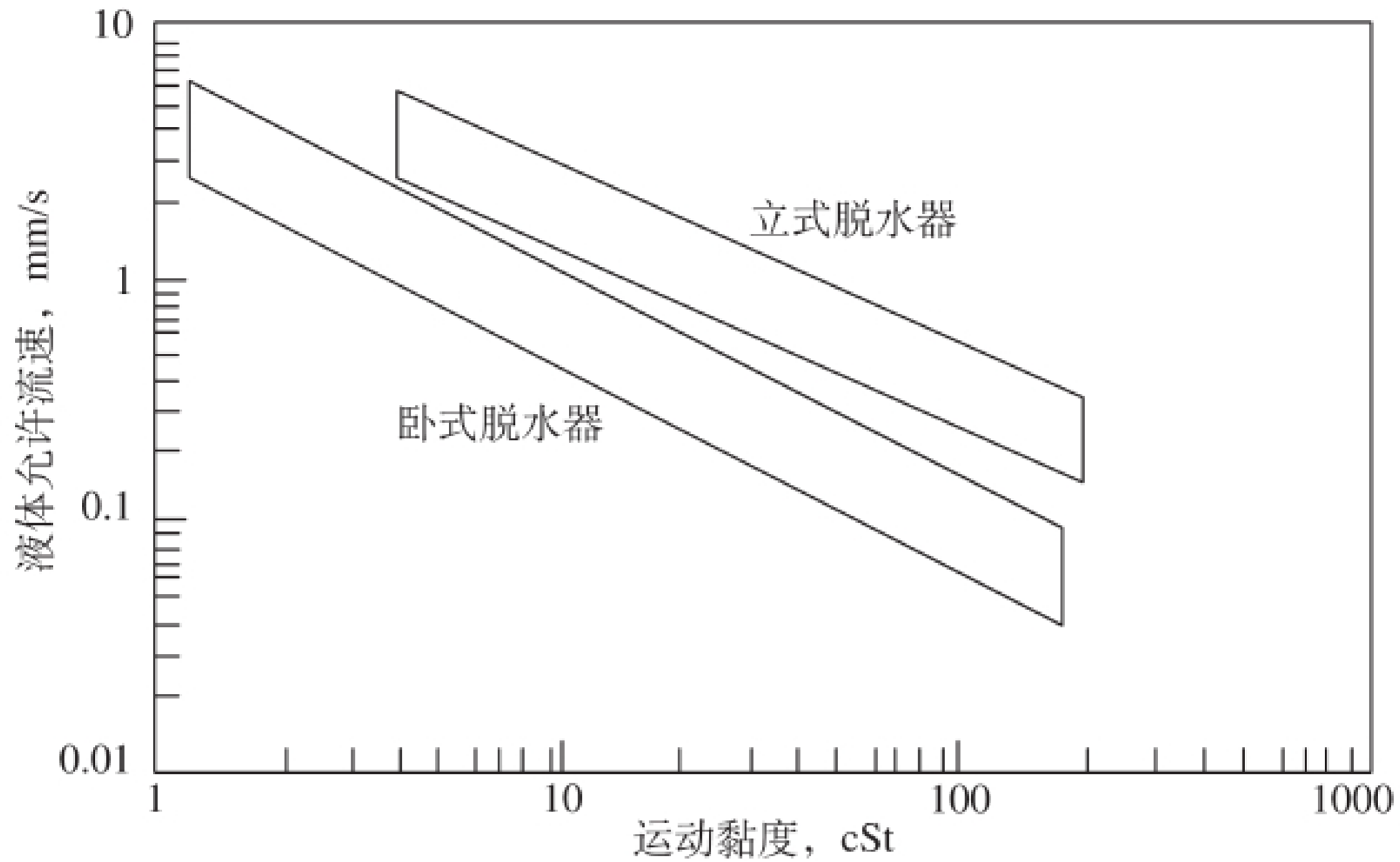


图 1 液体允许流速图

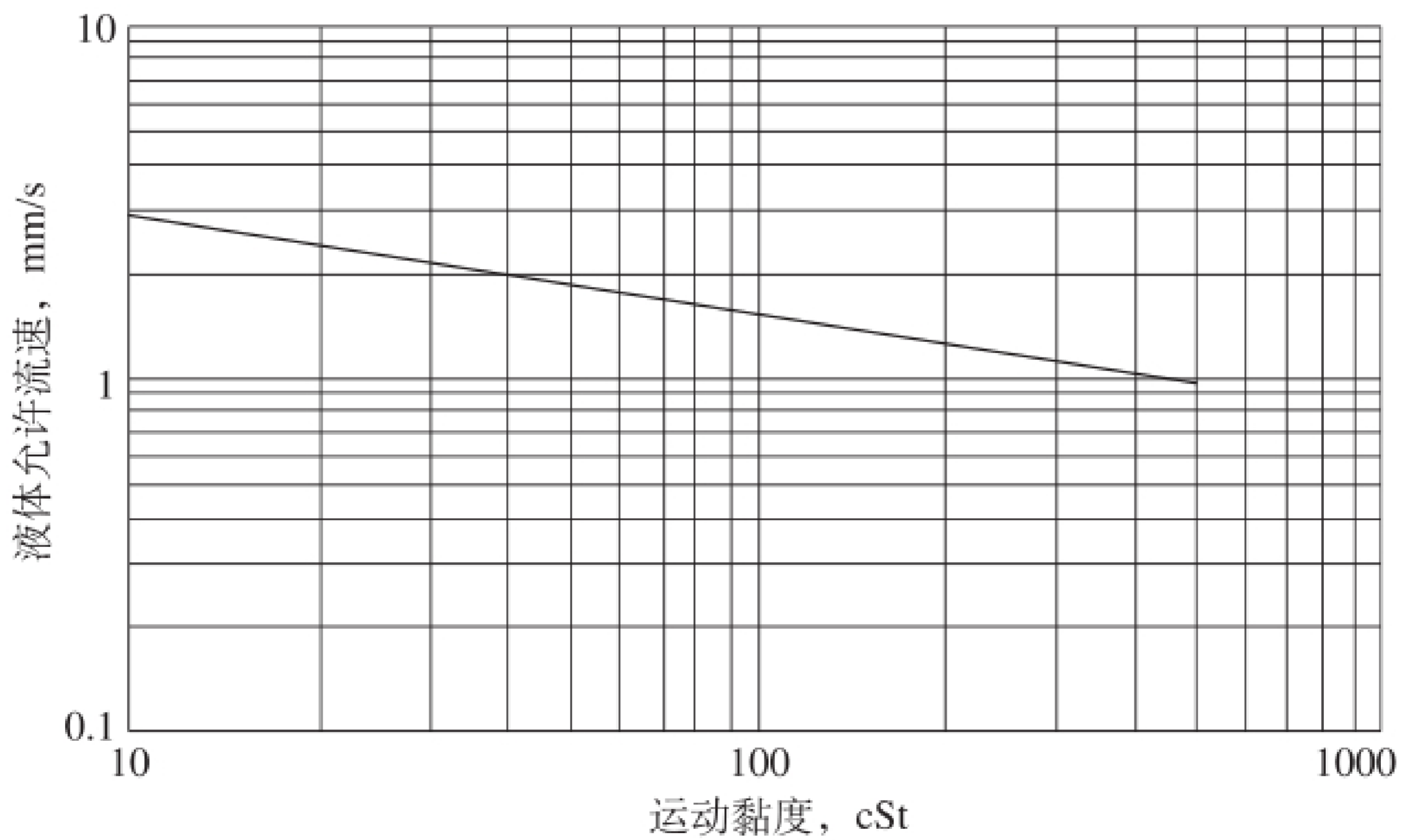


图 2 起泡原油液体允许流速图

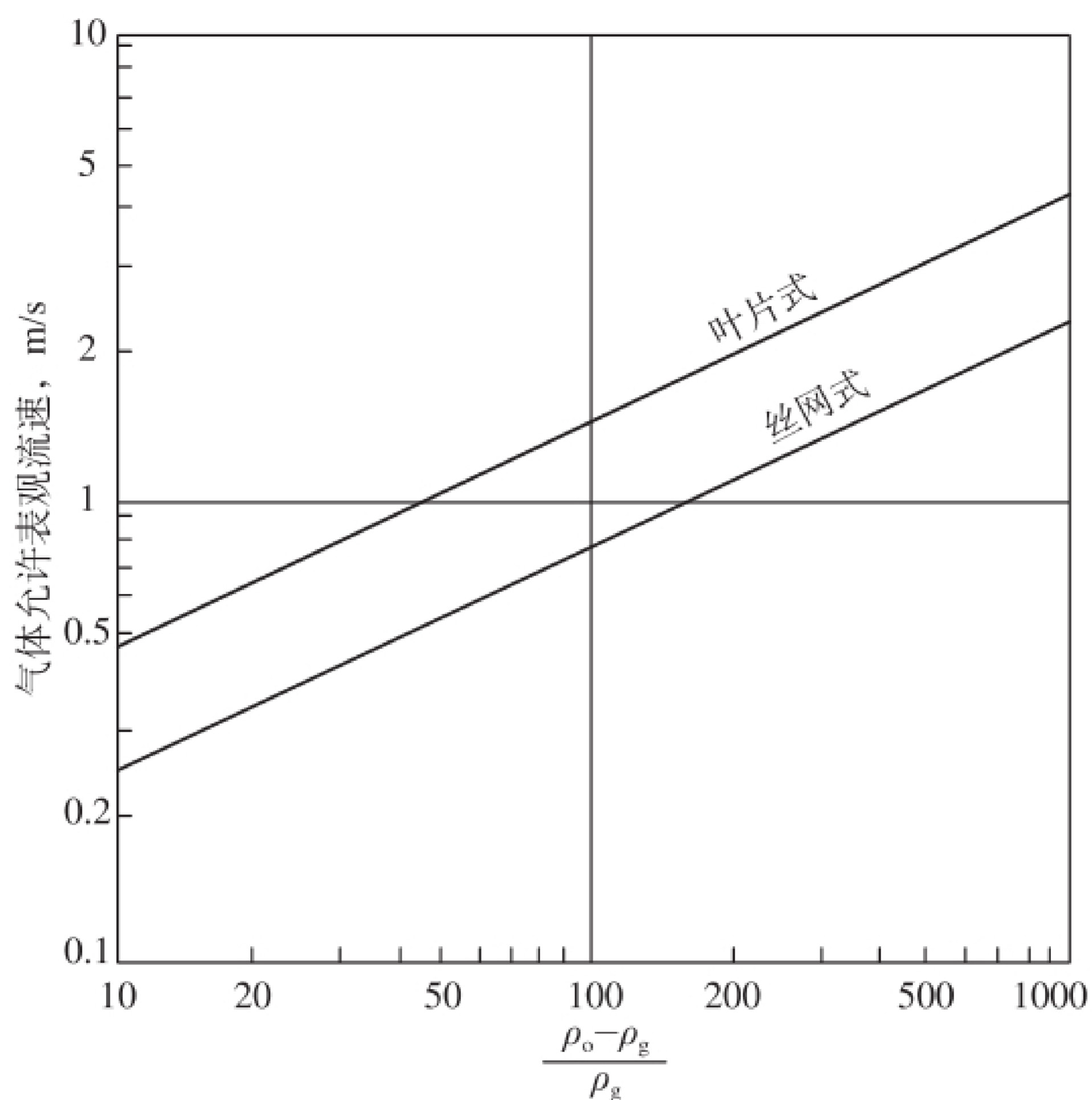


图 3 气体允许表观流速图

注： ρ_g —气体的密度 (kg/m^3)。

表 6 用于确定最大允许表观速度的气体负荷系数 K

脱水器形式	高度或长度 L (mm)	典型的系数 K 范围
立式	1524	0.037 ~ 0.073
	3048	0.055 ~ 0.107
卧式	3048	0.122 ~ 0.152
	其他长度	$0.122 \sim 0.152 \times (L/3048)^{0.56}$

注：脱水器沉降分离段气相空间增设丝网捕雾器或除雾填料时，参考捕集器 / 填料厂家资料或有关设计标准，并考虑液体黏度和进口气液流量参数的折减计算。

2) 液体脱气能力校核。

脱水器满足液体脱气要求的液滴沉降速度可按下式计算。

$$v_1 = 2.2 \times 10^{-8} \left(\frac{\rho_1 - \rho_g}{\mu_1} \right) \quad (14)$$

$$v_1 \leq \frac{Q_{lmax}}{A_1} \quad (15)$$

式中： v_1 ——液滴沉降速度（m/s）；

Q_{lmax} ——液体最大流量（m³/s）；

μ_1 ——液体的黏度（Pa·s）。

3) 液体消泡能力校核。

处理起泡原油时，脱水器满足液体消泡要求的液滴沉降速度可按下式计算。

$$v_1 = 1.4 \times 10^{-4} \left(\frac{\rho_1 - \rho_g}{\mu_1} \right)^{0.27} \quad (16)$$

$$v_1 \leq \frac{Q_{lmax}}{A_1} \quad (17)$$

4) 不同液位设定值的液体停留时间可按本规范公式（5.2.3-2）校核。

5) 不同停留时间的脱水器设计处理能力可按本规范公式（5.2.3-2）校核。

6) 气体除液能力的校核。

气体处理空间截面积占脱水器截面积 20% 以上的脱水器可不校核气体除液能力。

液滴沉降分离时间可按下式计算：

$$t_s = \frac{D - H_L}{v_L} \quad (18)$$

式中： t_s ——液滴从气相中沉降分离时间（s）；

D ——脱水器直径（m）；

v_L ——液滴沉降速度（m/s）。

液滴最小沉降分离长度可按下式计算：

$$L_s = v_g t_s + 0.3 \quad (19)$$

式中： L_s ——最小沉降分离长度（m）；

v_g ——气相流速（m/s）。

7) 油水分离沉降截面积校核。

液体允许流速可按图 1、图 2 计算，也可按公式（20）和公式（21）计算。

液体最大允许流速：

$$\left(\frac{Q_l}{A}\right)_{\max} = 1.25 \times 10^{-8} \left(\frac{\rho_w - \rho_o}{\mu_w}\right) \quad (20)$$

油最大允许流速：

$$\left(\frac{Q_o}{A}\right)_{\max} = 1.4 \times 10^{-6} \left(\frac{\rho_w - \rho_o}{\mu_o}\right)^{0.6} \quad (21)$$

式中： Q_o ——油的体积流量（m³/s）；

Q_l ——液体的体积流量（m³/s）；

A ——有效沉降分离截面积（m²）。

卧式脱水器处理液体的最小横截面积可按公式（22）和公式（23）计算，并取较大值。

$$A_{\min} = Q_l / (Q_l / A)_{\max} \quad (22)$$

$$A_{\min} = Q_o / (Q_o / A)_{\max} \quad (23)$$

式中： A_{\min} ——卧式脱水器处理液体的最小横截面积（m²）。

8) 油水分离停留时间校核。

初步确定脱水器尺寸后，液滴上升和沉降速度可按公式

(2) 至公式 (4) 计算。油滴在水中上升至油界面液位所需时间应小于或等于水滴从最高液位沉降至脱水器底部所需的时间。

9) 管口尺寸计算。

脱水器进出管口尺寸按最大气液处理量计算，并有一定的设计裕量。脱水器进出管口尺寸需满足以下要求且不小于 50mm。

无进口分配器时：

$$\rho_m v_m^2 \leq 1400 \text{ (Pa)} \quad (24)$$

$$v_m = \frac{4(Q_g + Q_l)}{\pi d_s^2} \quad (25)$$

$$\rho_m = \frac{M_g + M_l}{Q_g + Q_l} \quad (26)$$

式中： v_m ——进口混合物速度 (m/s)；

ρ_m ——进口混合物平均密度 (kg/m³)；

d_s ——进口管口直径 (m)；

Q_g ——气体体积流量 (m³/s)；

M_g ——气体质量流量 (kg/s)；

M_l ——液体质量流量 (kg/s)。

进口分配器为半开管型式时：

$$\rho_m v_m^2 \leq 2100 \text{ (Pa)} \quad (27)$$

进口分配器为翅片型进料装置时：

$$\rho_m v_m^2 \leq 8000 \text{ (Pa)} \quad (28)$$

气体出口管口尺寸根据下式确定：

$$\rho_g v_g^2 \leq 4500 \text{ (Pa)} \quad (29)$$

$$v_g = \frac{4Q_g}{\pi d_g^2} \quad (30)$$

式中： d_g ——气体出口管口直径（m）；

10) 脱水器压降计算。

气液进口至气体出口之间压力降可按下式计算。

$$p_{in} - p_{out} = 0.5\rho_m v_m^2 + 0.22\rho_g v_g^2 + \Delta p \quad (31)$$

式中： p_{in} ——脱水器进口压力（Pa）；

p_{out} ——脱水器出口压力（Pa）；

Δp ——脱水器沉降分离段填料或丝网压力降（Pa）。

11) 气体出口捕雾器计算。

通过捕雾器的允许气体流速可按下式计算。

$$v_d = K_d \sqrt{\frac{\rho_l - \rho_g}{\rho_g}} \quad (32)$$

式中： v_d ——气体流过捕雾器的允许气体流速（m/s）；

K_d ——捕雾器分离性能常数（m/s），对丝网捕雾器 K_d 可取 0.067m/s ~ 0.12m/s；对折板式捕雾器，气体水平流动时 K_d 可取 0.27m/s ~ 0.30m/s，气体垂直流动时 K_d 可取 0.12m/s ~ 0.15m/s。

捕雾器的面积可按下式计算。

$$A_d = \frac{Q_g}{v_d} \quad (33)$$

式中： A_d ——捕雾器的面积（m²）。

5.2.2 国内外文献表明，乳化原油的分散相水滴粒径一般为 0.2 μ m ~ 50 μ m。严格地说，对于水液滴粒径为 50 μ m ~ 150 μ m 的分散相的状态可以认为是分散水相而不是乳化，因为粒径的增大加速了油水的分离，水液滴粒径大于 500 μ m 时油水分离就要容易得多。参考壳牌公司脱水设计手册，推荐乳化原油中分离出的最小水滴粒径为 150 μ m。

5.2.3 按停留时间法确定热化学沉降脱水器尺寸时，需确定两

个停留时间，即油从水中分离的停留时间和水从油中分离的停留时间。原油在脱水器有效空间内除了要有足够的停留时间分离出液体中的气泡外，还要使油中的水滴有足够时间聚结、沉降至油水界面。水在脱水器内也需要一定时间，使水中携带的较大油滴上浮至油水界面并进入油层。

5.2.4 油水所需的停留时间由室内实验或现场试验确定，对易起泡乳化原油脱水尚要考虑增加消泡时间。表 7 为国内主要油田原油热化学沉降脱水停留时间的调查结果。在无可靠实验数据时，可参考以下推荐经验值。

对卧式脱水器，轻质油的油停留时间为 20min ~ 35min，水停留时间为 8min ~ 30min；中质油的油停留时间为 1h 以内，水停留时间为 1h 以内；重质油的油停留时间为 1h ~ 4h，水停留时间为 4h 以内；稠油的油停留时间为 1h ~ 4h，水停留时间为 30min ~ 1h；化学驱采出液的油停留时间为 4h 以内，水停留时间为 25min ~ 40min。

对立式脱水器，轻质油的油停留时间为 5h ~ 8h，水停留时间为 2h 以内；中质油的油停留时间为 8h ~ 12h，水停留时间为 3h 以内；重质油的油停留时间为 12h ~ 24h，水停留时间为 6h ~ 12h；稠油的油停留时间为 12h ~ 24h，水停留时间为 2h 以内；特、超稠油的油停留时间不小于 24h，水停留时间不小于 4h；化学驱采出液的油停留时间为 12h ~ 20h，水停留时间为 2h 以内。

5.3 脱水设备

5.3.1 国内外原油脱水器结构形式主要有卧式脱水器、立式脱水器、球形脱水器和其他形式脱水器，常见的是卧式压力脱水器和立式常压脱水器。一般来说原油脱水器结构主要由进口初始分离段、重力沉降分离段、油气水出口段等几个关键部分组成，对于卧式脱水器各段界面比较清晰，各段长度可参考壳牌公司脱水设计手册。

表7 国内主要油田原油热化学沉降脱水停留时间调查数据

脱水器类型	原油类型	停留时间											
		大港油田		胜利油田		中原油田		华北油田		新疆油田			
		油	水	油	水	油	水	油	水	油	水		
立式脱水器	轻质油	5h	2h	—	—	1h	20min	30h~50h	无数据	6h	2h	—	—
	中质油	7h	3h	2h~12h	无数据	2h	30min	4h~54h	无数据	10h	2h	—	—
	重质油	22h	6h	6h~40h	6~12h	4h	1h	—	—	—	—	—	—
	稠油	—	—	>30h	15min~2h	12h	2h	—	—	16h~22h	4h~6h	—	—
	特、超稠油	—	—	—	—	24h	4h	—	—	24h~30h	6h~8h	—	—
	化学驱	—	—	20h	无数据	12h	2h	—	—	—	—	—	—
	轻质油	35min	10min	—	—	30min	8min	3h	无数据	30min	30min	—	—
	中质油	45min	15min	1h	1h	1h	10min	4h~6h	无数据	45min	30min	—	—
	重质油	50min	20min	1h~4h	1h~4h	1.5h	15min	—	—	—	—	—	—
	稠油	—	—	1h	1h	4h	30min	—	—	3h~6h	1h~2h	—	—
化学驱	—	—	—	—	4h	30min	—	—	—	—	—	—	

5.3.2 原油热化学沉降脱水设备的材料选择需要考虑操作条件、介质腐蚀性（ CO_2 、 H_2S 等）、矿化度等因素。

5.3.3 脱水器进口需根据原油物性和含气量合理选择适当的进口流量分配器。常用的进口流量分配器有半开管式、分流管式（翅片式）和全开管式（图 4）。原油气相体积分率小于 0.15 时，脱水器进口装置可选用全开管式；原油气相体积分率为 0.15 ~ 0.7 时，进口装置可选用半开管式；原油气相体积分率大于 0.7 时，进口装置可选用分流管式（翅片式）。

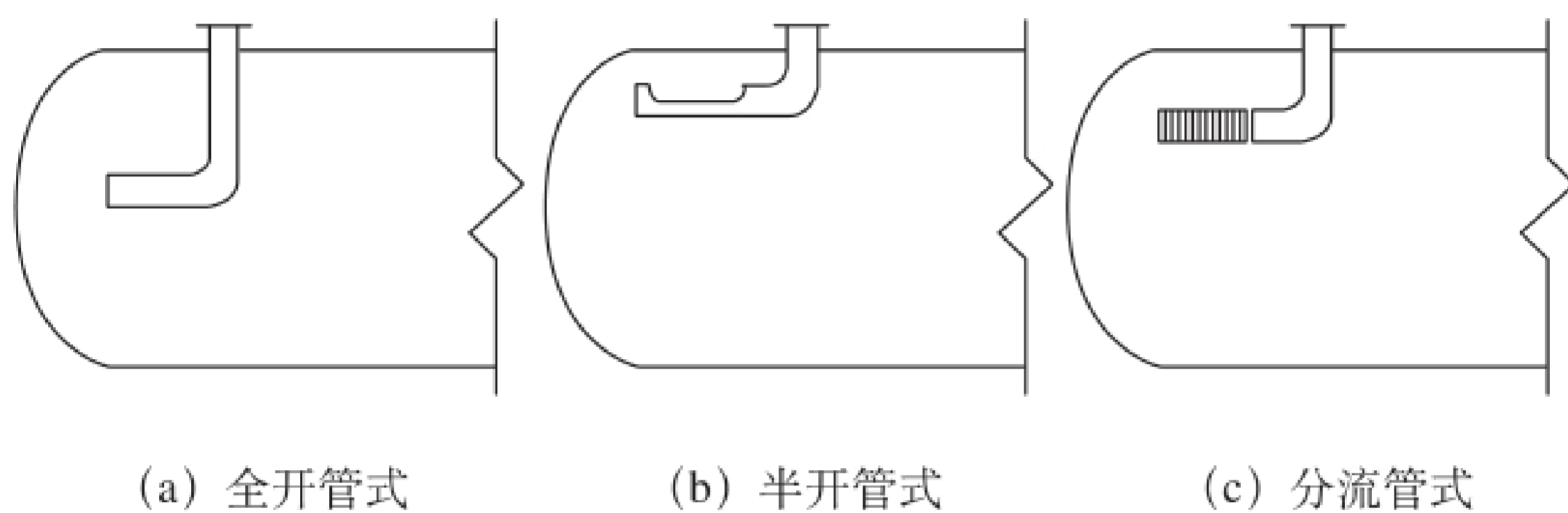


图 4 脱水器进口流量分配器示意图

5.3.4 脱水器三台及以上并行操作时，流量分配不均匀会造成每台脱水器的液位、压力不均衡，严重时脱水器油、水、气处理量差异非常大，不仅降低了总体脱水能力，而且影响脱水效果。因此，多台脱水器并行操作时需考虑流量分配，尤其是大规模脱水设施。本条参考国内外设计和实践经验，对脱水器进口汇管的流速提出要求。

5.3.5 参考国内外工程实践经验，乳化原油在脱水器沉降脱水段的流态宜为层流，且速度越低脱水效果越好，一般乳化原油流动速度（轴向流动）控制在 0.015m/s 以下。

5.3.7 高凝点、高含蜡乳化原油脱水时，需考虑在脱水器内增设加热和维温措施，防止脱水器在停产维修维护时发生凝固堵塞。

5.3.8 脱水器检修、维修或维持脱水温度时，需在脱水器内部设置加热盘管。加热盘管的设置需避免因热流或油气分离释放

的气体产生紊流而影响脱水效果。

5.3.9 乳化原油中的砂砾，在脱水过程中会沉积在脱水器底部，造成设备的有效容积减少，甚至会堵塞流体管路、仪表等。同时，对有加热盘管的脱水器，砂砾沉积在加热面上还会引起过热，破坏加热装置。为避免这些危害，原油热化学沉降脱水器设计时应考虑增设除砂设施，如排砂孔、排砂坑或排砂管。采用排砂管时，容器内部用斜面代替平（曲）面，同时设置水力喷头与排砂管配套使用。水力喷头是由带喷嘴的内部管道构成，喷嘴的方向正对砂砾集中的区域，供水压力至少要高于容器操作压力 0.5MPa，每个喷嘴每分钟的喷水量一般为 18L ~ 23L。

5.3.11 为避免液体流量大幅波动对脱水产生不利影响，参考国内外设计资料，对脱水器油水出口速度提出要求。

5.3.12 轻质、中质原油过渡层老化油对脱水的影响较小，重质原油影响较大，一般在脱水器乳化原油过渡层位置设置排（抽）液设施。过渡层老化油有的送至事故油罐，加热后送回系统再处理；有的单独建设老化油处理设施进行处理，避免影响原油处理系统。

6 卧式热化学沉降脱水器系列和结构

6.1 卧式脱水器系列

6.1.1 卧式压力脱水器是热化学沉降脱水的主要设备，在油田上被广泛应用。经调查各油田现有的卧式脱水器直径有 2.2m、2.6m、3.0m、3.6m、3.8m 和 4.0m 六种，直径 3.0m 的占大多数。长度为 6.0m ~ 17.6m，其中 8.0m ~ 14.0m 占大多数。直径 4.0m 的脱水器在大庆油田使用较多，直径 1.6m 的脱水器在长庆油田也有使用。

卧式脱水器的公称直径系列参考了《压力容器公称直径》GB/T 9019—2015。本规范表 6.1.1 中所列的筒体直径与长度系列，可以满足各油田卧式脱水器不同处理量的要求，但本规范不限定其他筒体直径和长度的使用。

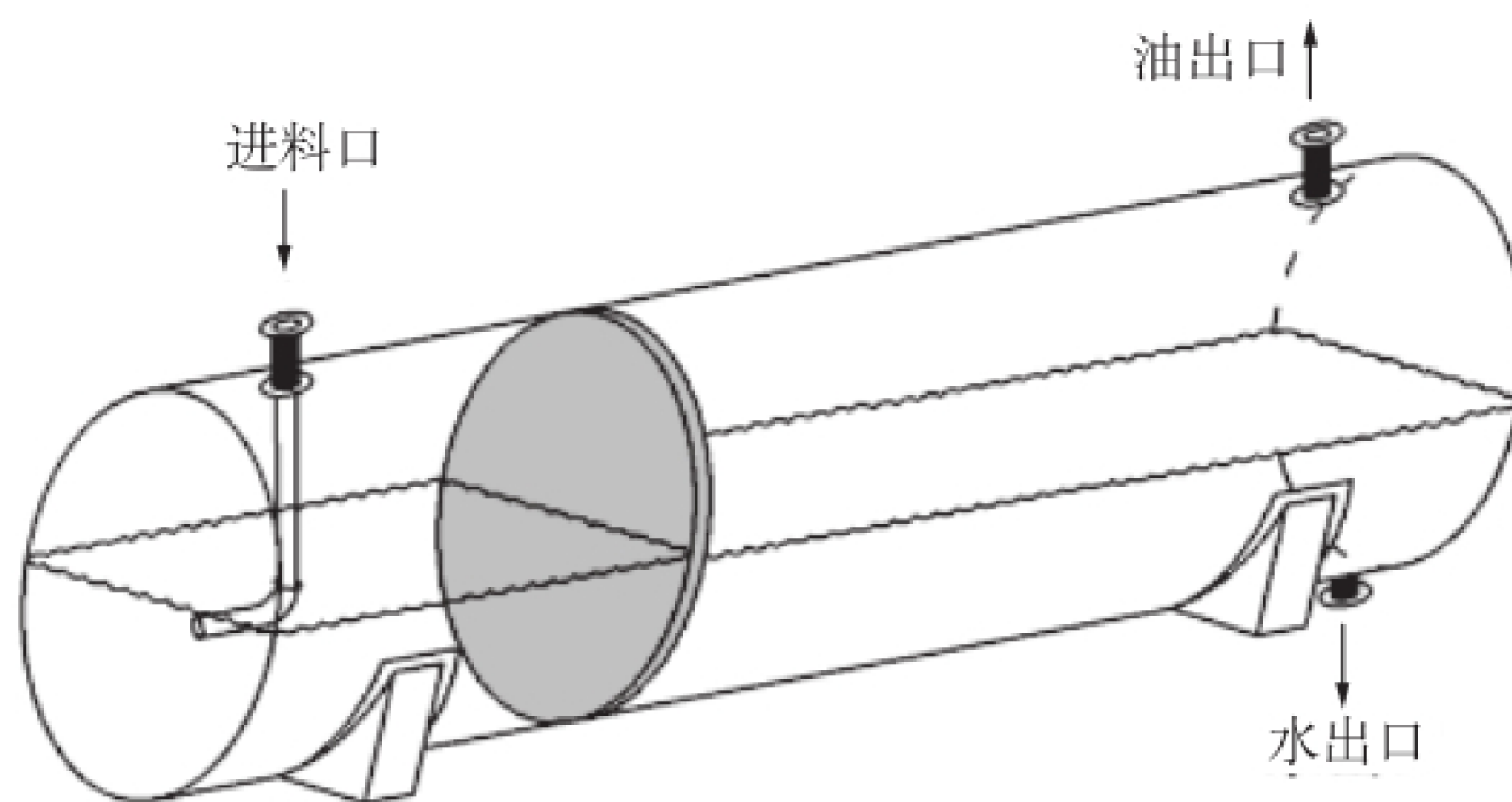
6.1.2 各油田使用的卧式脱水器工作压力大多小于 0.6MPa。随着重质原油和密闭脱水工艺流程的需要，要求热化学沉降脱水器能承受较高的工作压力，因此，本规范压力系列中最高设计压力为 1.6MPa。

6.2 卧式脱水器结构

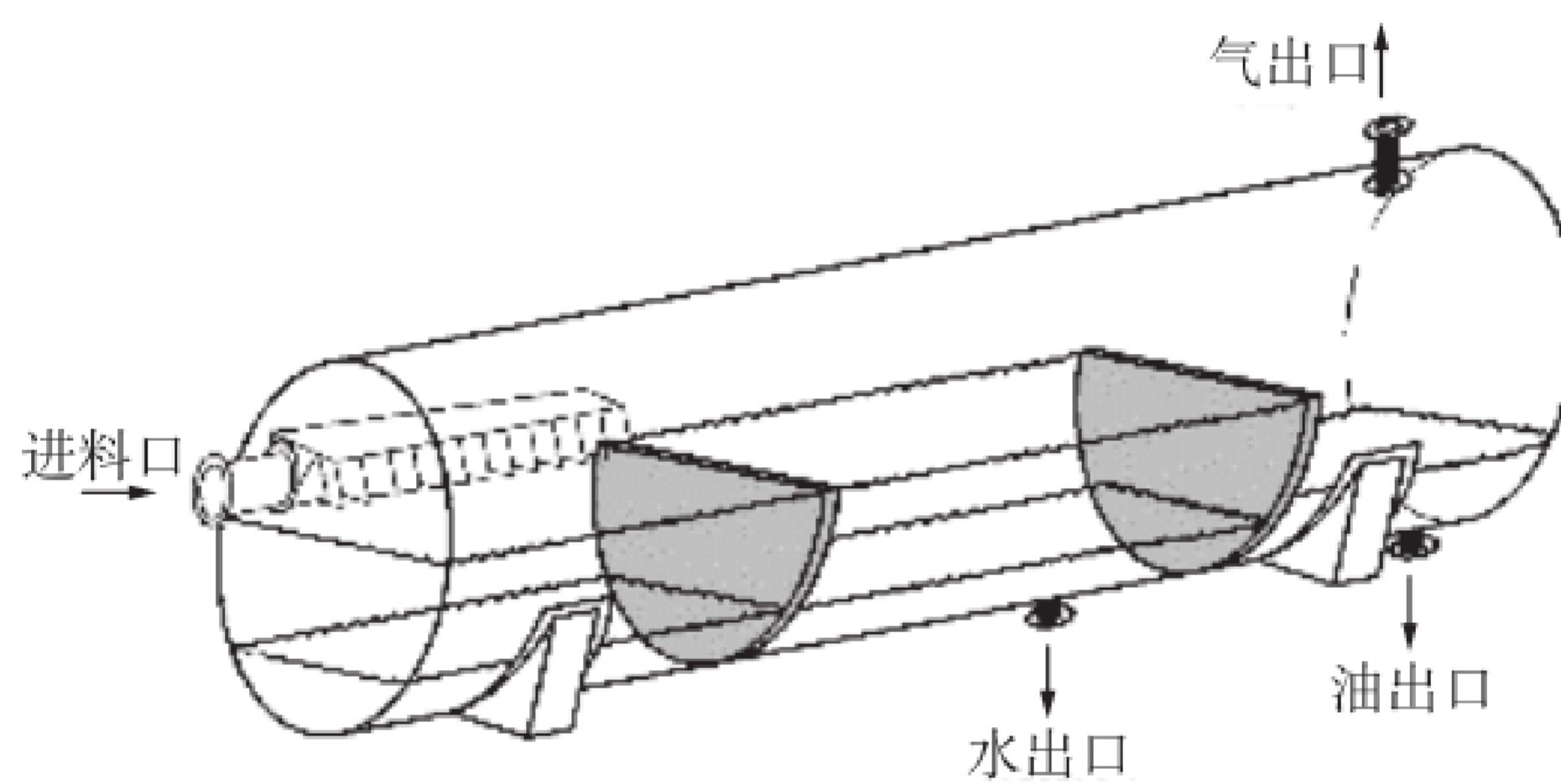
6.2.1 卧式脱水器的结构型式有多种，主要结构型式示意图如图 5 所示。

空筒式脱水器主要适用于油水两相分离，结构简单，操作控制方便。三相分离式脱水器结构形式适用于油气水三相分离，应用广泛，特别是中、小油田高含水区块，采用一段热化学沉降脱水后，就能达到外输净化原油的质量指标，可以大大简化脱水工艺流程。聚结床式脱水器应用也较多，脱水器内设置聚

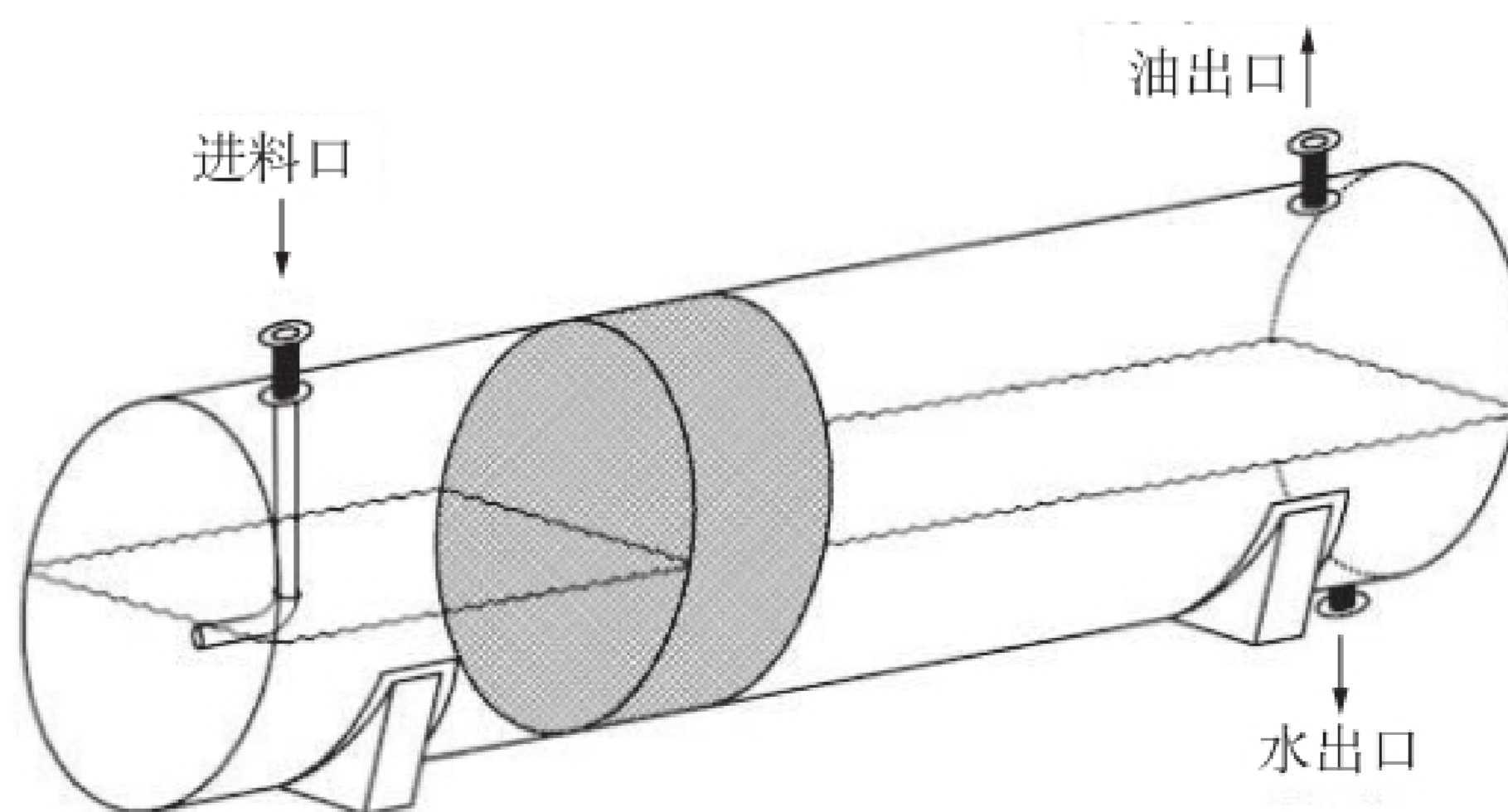
结床可以强化小水滴聚结，加速油水分离，提高脱水效果。



(a) 空筒式



(b) 三相分离式



(c) 聚结床式

图 5 卧式脱水器结构型式示意图

6.2.4 聚结床多选用规整填料，如不锈钢波纹板、陶瓷波纹板或不锈钢波纹板 / 陶瓷波纹板的组合，这些规整填料易于装填、清洗和更换。

6.2.6 考虑制造成本、油水返混和分离效率，卧式脱水器长径比一般为 1.5 ~ 6，最佳比例为 3 ~ 5。

7 立式热化学沉降脱水器系列和结构

7.0.1 立式脱水器只考虑常压固定顶罐系列，该系列尺寸参考了《钢制立式圆筒形固定顶储罐系列》HG 21502.1—1992，但不限定本系列外其他尺寸的应用。

7.0.3 立式脱水器附件的设置和安装要求可参考《石油化工储运系统罐区设计规范》SH/T 3007—2014 和《石油储罐附件》SY/T 0511—2010。

