



中华人民共和国国家标准

GB/T 27867—2011/ISO 3171:1988

石油液体管线自动取样法

Petroleum liquid—Automatic pipeline sampling

(ISO 3171:1988, IDT)

2011-12-30 发布

2012-06-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 原则	5
5 取样点选择(包括液流调整)	8
6 截面测试	10
7 取样探头设计	15
8 取样器设计和安装	15
9 控制设备	18
10 流量测量	18
11 样品接收器和容器	19
12 样品处理	20
13 安全措施	22
14 操作方法	22
15 取样系统检验	26
16 取样系统总不确定度估算	27
附录 A (规范性附录) 油中水分散度估算	32
附录 B (规范性附录) 原油终端含水率截面测试举例	51
附录 C (规范性附录) 取样位置初选指南	54
参考文献	56

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准使用翻译法等同采用 ISO 3171:1988《石油液体管线自动取样法》(英文版)。

本标准做了下列编辑性修改：

——为适应国内阅读习惯，将原国际标准集中放在标准正文之后的图例改放在标准正文首次引用该图例的文字段落之后。

本标准由全国石油天然气标准化技术委员会(SAC/TC 355)归口。

本标准起草单位：石油工业计量测试研究所。

本标准主要起草人：郑琦、阮增荣、历勇、赵成海。

引 言

采集管线中流动介质的样品,是为了测定其所代表的一定数量介质的平均组成和品质。对管线中一定数量介质的样品进行分析,可以测定其组成、水和沉淀物含量,或密度、黏度、蒸气压等任何其他重要属性。

手工管线取样法适用于均匀液体,其组成和品质不随时间发生明显变化。如果不是这种情况,建议采用自动取样法,因为自动取样是从管线中连续或重复地提取多个小样,由此保证该批量液体的任何组成变化都能反映到所采集的样品中。为了使样品尽可能具有代表性,应满足本标准中有关取样点液体均匀性的要求及小样提取频率的要求。

应考虑采用手工取样法提供备份样品,以备自动取样器不能正常工作时使用,但手工取样会因管线条件改变而增加不确定性(见 ISO 3170)。

本标准所描述的设备和技術通常用于稳定原油的取样,但如果已经考虑有关的安全措施和样品处理的难度,则可用于非稳定原油和炼制产品。

对于密度、水和沉淀物的测定,采集代表性原油样品是一个关键过程。大量研究表明,在输送过程中测定原油具有代表性的参数值,要有下面四个不同的步骤:

- a) 管内介质的流动条件满足要求;
- b) 取样要可靠、有效,确保取样率与管内流量成比例;
- c) 样品保存和运输满足要求;
- d) 样品制备和细分满足实验室精密分析要求。

本标准参考了目前使用的取样方法和设备类型,但并不排除将来使用现在尚未开发的具有工业用途的新型设备,前提是这样的设备能获得代表性样品,并符合本标准的通用要求和方法。

本标准的第 16 章与 JJF 1059—1999《测量不确定度评定与表示》在不确定度分类及其计算方法方面存在差异,采用时需注意区别,避免混淆。

本标准的附录包括有关管内液流混合的理论和截面测试计算方法,还给出了确定取样器安装位置的基本指南。

石油液体管线自动取样法

1 范围

本标准给出了用自动方式采集管输原油和液体石油产品的代表性样品的推荐方法。

注：尽管在整个标准中始终使用原油这一术语，但在技术和设备适用的条件下，本标准同样可用于其他石油液体。

本标准不适用于液化石油气和液化天然气的取样。

本标准的主要用途是为规范、测试、操作、维护和监测原油取样器提供指导。

原油取样操作为以下测定项目提供代表性样品：

- a) 原油组成和品质；
- b) 总含水量；
- c) 不能作为输送原油成分的其他杂质。

如果测定 a)、b)和 c)的取样操作相互抵触，则可要求分别取样。

注：实验室的分析结果可用于输送原油申报油量的调整计算，但本标准不包括该调整方法。

本标准包括样品处理，涉及将所采集样品转送至实验室仪器内的各个方面。

本标准描述了确信为目前可能采集到最具代表性样品的取样方法和操作，因而能准确地进行含水测定。但是，用自动取样器采集的管内样品的含水测定准确度，不仅取决于构成取样系统的各个部件的配置和特性，还取决于后续分析方法的准确性。

第 16 章介绍了评价自动取样系统和分析测试总不确定度的理论方法。第 15 章描述了用于现场的实用测试步骤。

有关各方通常应达成协议，规定某一特定的自动取样系统的允许准确度范围。

在第 15 章的表 4 中，根据实际测试结果的准确度指标，对自动取样系统的性能进行分类。这些指标可作为合格性能的参考和个别协议的基础。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 23256—2009 石油液体管线自动取样 测定石油液体中水含量的自动取样器性能的统计学评估(ISO/TR 9494:1997, IDT)

ISO 3170 石油液体手工取样法(Petroleum liquids—Manual sampling)

ISO 3165 工业用化学产品的取样(Sampling of chemical products for industrial use—Safety in sampling)

ISO 3734 原油和燃料油中水和沉淀物测定(离心法)(Crude petroleum and fuel oils—Determination of water and sediment—Centrifuge method)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

合格(准确度)限 acceptable (accuracy)limits

在该范围内,相对于真值或其他规定值,所测定的样品含水率是可接受的。

3.2

自动取样器 automatic sampler

能够从流过管线的液体中采集代表性样品的系统。该系统由取样探头及分液装置、辅助控制器和样品接收器等组成。

3.2.1

间歇式取样器 intermittent sampler

从液流中提取液体的某一系统。该系统的样品接收器用于接纳从液流中提取的各单位样品,控制装置可改变与流量成比例的取样频率或单位样品的体积,以控制取样量。

3.2.2

连续式取样器 continuous sampler

从液流中提取液体的某一系统。该系统具有连续地从主管线提取与流量成比例液量的分液装置,还包括中间样品接收器和经过二级提取使样品进入最终接收器的控制装置。

3.3

计算样品体积 calculated sample volume

用单位样品体积乘以实际采集的单位样品个数得到的理论样品体积。

3.4

主管人员 competent person

因其受过培训、具有经验,并掌握理论和实际知识,而能够发觉装置和设备中存在的故障或缺欠,并能对其后续适用性作出权威判断的人员。

注:主管人员应有足够的授权,以确保按照其建议采取必要的措施。

3.5

控制器 controller

为提供代表性样品,用以控制自动取样器工作的装置。

3.6

固定速率样品、时间比例样品 fixed-rate sample; time-proportional sample

在一次完整管输作业期间,从管线中以均匀时间间隔采集的、由相等增量组成的样品。

3.7

流量比例样品 flow-proportional sample

在一次完整管输作业期间,以始终正比于管内液体流量的速率,从管线中采集的样品。

3.8

单位样品 grab

通过分液装置单次动作从管线中提取的少量液体。所有这些液体的总和成为一个样品。

3.9

均匀混合物 homogeneous mixture

如果各点液体的组成都相同,则该液体是均匀混合物。当组成变化不超出 4.4 给出的界限时,本标准即认为液体是均匀的。

3.10

样品完整性 integrity of the sample

样品完好和不变的状态,即所保存样品的组成与其从管线中取出时相同。

3.11

等速取样 isokinetic sampling

在该种取样方式下,液体流经取样探头开口处的线速度等于在取样点的管内液体线速度,且与靠近取样探头的管内液体方向相同。

3.12

混合器 mixer

为获得代表性样品,在管线或容器内提供液体均匀混合物的装置。

3.12.1

动力混合器 powered mixer

依赖外部动力混合液体的装置。

3.12.2

静态混合器 static mixer

固定在管内、没有运动部件的混合装置,其依靠流动液体的动能使液体混合。

3.12.3

尺寸结构可变的静态混合器 variable-geometry static mixer

一种在管内具有可动部件的混合装置,能对其进行调整以改善在不同流量下的性能。

3.13

管线 pipeline

用于输送液体的任意管段。对于无阻流件的管线,其内部应没有诸如静态混合器或孔板等任何装置。

3.14

截面测试 profile testing

在沿某一管径的若干点上同时进行取样的技术。与截面测试有关的术语见 3.14.1~3.14.5。

3.14.1

总平均值 overall mean

按点平均值或截面平均值计算方法所得到的平均值(注意,两种计算方法得到的结果相同)。

3.14.2

点 point

截面上的单个取样孔。

3.14.3

点平均值 point average

在所有截面上相同点含水率的平均值(忽略含水率小于1%的点)。

3.14.4

截面分布 profile

沿某一管径的若干点上,同步采集的一组样品。

注:该术语也用来表示一组取样点本身和在这些点取样的得到的一组分析结果。

3.14.5

截面平均值 profile average

同一截面上每点含水率的平均值(忽略含水率小于1%的截面)。

3.15

代表性样品 representative sample

物理和化学性质与其所代表的液体总量的平均性质相同的样品。

注:由于不能精确地量化各项误差,因此只能以不确定度表示,它既能由实际测试获得,也可由理论计算得出。

3.16

样品 sample

从管线中取出,然后送至实验室进行分析的部分液体。

3.17

样品制备 sample conditioning

在处理样品以备分析期间,稳定样品所必要的均匀化操作。

3.18

样品容器 sample container

一种用于贮存、运输和预处理全部样品或部分样品的容器,该样品直接供分析使用或被细分为相同的子样再进行分析。

3.19

样品处理 sample handling

指样品的制备、转送、细分和运输。包括将样品从接收器送到样品容器,再从样品容器送至用于分析的实验室设备。

3.20

样品回路 sample loop

与主管线相连、用于取样的支管路,能代表总流的部分液体由此流过。

3.21

样品接收器 sample receiver; receptacle

与自动取样器相连、在取样操作期间样品被采集到其内部的容器。它可以永久性地与取样器相配,也可以是便携式的。不论哪种情况,其设计都应保持样品的完整性。

注:在某些情况下,采集样品的总量可能超过一个样品接收器的接受能力。在这种情况下,对于每个样品体积,都应保持样品的完整性。

3.22

取样器性能系数(PF) sampler performance factor

累积的样品体积与计算样品体积之比(见 14.6)。

3.23

取样频率 sampling frequency

单位时间内采集的单位样品个数。

3.24

取样间隔 sampling interval

相继单位样品之间的时间间隔。

3.25

取样位置 sampling location

取样探头所处的管截面或推荐的管截面所在的位置。

3.26

取样探头 sampling probe

伸入管线内的取样器元件。

3.27

取样率 sampling ratio

一个单位样品所代表的管内介质的数量。

注:既可以用体积表示为立方米每单位样品,也可以用当量管长表示为米每单位样品。

3.28

分液装置 separating device

一种从批量液体中分离出具有代表性的少量液体的装置。

3.29

液流调整 stream conditioning

在取样位置上游对管内介质进行分配和分散。

3.30

溶解水 dissolved water

通常温度下在油中形成溶液的水。

3.31

悬浮水 suspended water

以细小水滴分散在油中的水。

注：经过一段时间后，悬浮水可能聚集成为游离水，也可能变成溶解水，这取决于所处的温度和压力条件。

3.32

游离水 free water

在油中分层存在，通常位于油品之下的水。

3.33

总含水 total water

一个批量的油品中，全部溶解水、悬浮水和游离水的总和。

3.34

最差条件 worst-case conditions

在取样位置出现的截面含水率最不均匀和最不稳定的取样器操作条件。

注：这种条件通常出现在流量最小、油品密度最小和油品粘度最小的情况下，但也有可能受乳化剂和表面活性剂等其他因素的影响。

4 原则

4.1 目的

本章确定了取样操作期间应遵守的基本原则，以获得符合本标准技术要求的代表性样品，并满足 4.4 中给出的合格性准则。

4.2 守则

为测定某一批量原油的组成、品质和总含水量，应采集和分析能代表该批量原油的样品。无论是装油还是卸油，该批量既可能是指定时间内管线内间歇输送的一部分原油，也可能是油轮载油舱中的全部或某部分原油。

样品的代表性取决于应满足的四个条件，有任何一个条件不满足，都能影响最终结果的质量。

4.2.1 第一个条件是从管线中所取样品的组成，应与取样位置和取样时间内整个管线横截面上的原油平均组成相同。由于在该截面上可能存在可变的含水率梯度，故满足该条件并不容易。

该条件对取样位置有如下要求：

a) 沿该管线横截面，原油含水率或含水分布应是均匀的，应在 4.4 给出的合格限之内；

b) 相对于最大水滴直径，取样探头进口直径应当足够大，在开口部位不应小于 6 mm(见 7.3)。

4.2.2 第二个条件是在输送该批量原油期间，应保持油样的代表性，因为在取样开始和结束之间，样品组成可能会改变。无论是连续取样还是间歇取样，取样速率应与管内流量成比例。在采用间歇式取样

器时,取样频率和单位样品体积都应满足要求,以保证有效的代表性。

此外,在自动取样器中从取样探头至最后的接收器,都应保持样品的代表性。取样所用的设备应参照第7章、第8章、第9章、第10章的建议。

4.2.3 第三个条件是样品应始终保持与取样位置相同的状况,不得出现液体、固体或气体损耗,不能被污染。

应参照第11章的建议进行样品的贮存和转送。

4.2.4 第四个条件是在将样品分离成数个子样的过程中,应确保每个子样与原样具有完全相同的组成。

在第12章中给出了将每个样品分离成子样,并将它们转送至实验室仪器的过程。

注:需要强调的是,满足第四个条件要涉及到一个关键性的分离子样操作,该操作过程所引入的任何误差都能破坏前三个条件所获得的代表性。

4.3 取样允差及其确认

为保证送至实验室进行分析的每一份样品能代表整个批量的油品,样品组成和该批量油品组成的差异不应超过表4中给出的允差值,其用法在15.5中给出。

与4.2中所述各条件的任何偏离,都不应使样品的代表性超过表4中的允差值,因此应按图1所示确认每一步操作。

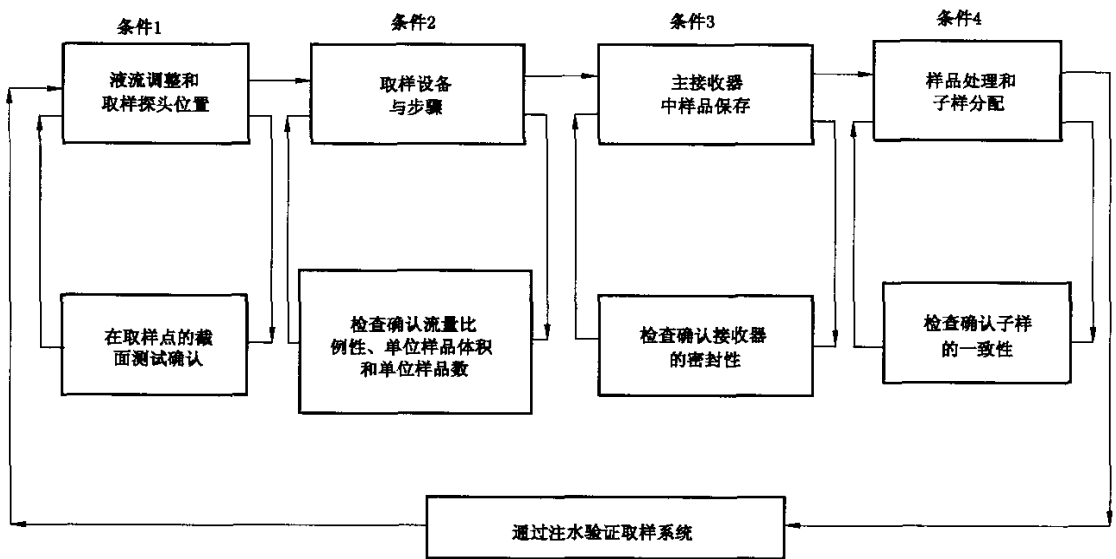


图1 取样系统的首次或周期性确定

4.4 取样一般原则

描述非均匀液体是否在管内混合的水力学定律表明,应为液流提供足够高的能量耗散率,以使水滴和较重的固体颗粒悬浮在原油中。在无阻流件的管线内所需的能量耗散率由流速提供,也可由临近取样位置上游的混合装置提供。

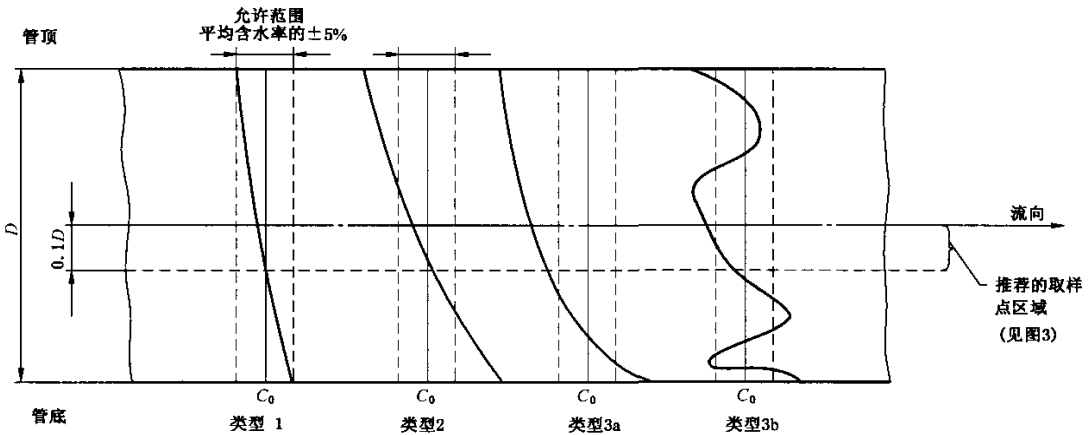
考虑到沿管线横截面的含水分布,在截面测试中所得数值的合格限,应与该截面上的平均含水率有关。对于含水率不超过1 g/100 g的样品,合格限为±0.05%;对于含水率超过1 g/100 g的样品,合格限为±5%(同样见4.4.2中的第2种状况)。

注:尽管上面引用的含水率为质量分数,但同样适用于体积分数。

在水平管线中,可以用3种状况描述不同相液体的浓度沿管线横截面随流动条件(流量、油品密度和粘度、分散相组成、界面张力等)的变化。

4.4.1 第1种状况(见图2,类型1分布):在此状况下,沿整个管线横截面含水率都是相同的,且在如上所定义的合格限内。因为含水率在管线横截面上均匀分布,所以在此状况下可以取样,取样探头可安放在沿管径的任一位置上,其入口处的样品具有代表性。但应注意,为尽量减小管壁影响,取样探头不能太靠近管壁。

4.4.2 第2种状况(见图2,类型2分布):在此状况下,含水率随管线横截面上的位置变化,但具有均匀梯度,即至少有一点的浓度等于整个管线的平均浓度。经理论分析,该点一般位于距水平管线底部0.4倍~0.5倍管径的位置上。



注:1. 标记“ C_0 ”的垂直线代表每种情况的平均含水率。

2. 含水率沿着与管中心线平行的横坐标增加,对于每种类型的分布剖面,横坐标自零开始。

图2 水平管线中含水率截面示意图

如果在最差条件下由该取样点获得的含水率与平均含水率相同,且在如上所定义的合格限内,则在该位置的取样是合格的。

4.4.3 第3种状况(见图2,类型3a分布和类型3b分布):在此状况下,沿管线横截面的含水率是非线性的,呈现分层(类型3a),有时还会遇到不稳定的含水率分布(类型3b)。

由于在管线横截面的不同位置上含水率不同,因此不允许在预定点取样,应安装一个混合装置(见5.3)。

注:假如在管线底部存在游离水,或具有高含水率的乳状液,则不可能取得代表性样品。

4.5 分散相随时间的变化

在一次输送过程中,液体中分散相组分的浓度很可能随时间变化。以从船舱卸原油为例,除基础含水量的变化较为平缓外,当相对较高的含水率峰值沿管线向下传输时,还可能存在着周期性的含水率变化。试验观测表明,该“瞬变过程”的含水率可能超过50%,持续时间可能小于1 min。以瞬变形式排出的水量与卸油方式有关,其相对于所卸原油的基础含水量可能有所变化。

很显然,以这种方式采集的样品的代表性,取决于自动取样系统对所采集样品总体积中这些峰值的累积含水量的反应能力是否准确且成比例。

对于间歇式取样器,其准确度取决于设备类型、与瞬变过程频率和周期有关的操作频率。对于连续式取样器,其准确度取决于外部采集和混合装置以及二级采样速率(如果采用二级采样的话)。对于这

两种取样器,在确定取样准确度时,总的输油时间、含水瞬变过程持续时间、采样频率等都具有统计学意义。

理论分析分散相瞬变对不同类型取样器性能的影响,可得出以下一般性结论:

- a) 在短期输送期间,可能存在频繁的短周期瞬变,此时连续式自动取样器的准确度受瞬变的影响最小;
- b) 在短期输送期间,可能有少量持续时间较长的瞬变,此时间歇式取样器的准确度接近连续式自动取样器;
- c) 对于长期输送,无论使用哪种取样器,由不同周期的瞬变所引入的平均误差,都在本标准规定的合格限内。

4.6 低含水量

应注意的是,假如含水率(质量分数,下同)大约为0.1%,即接近水在原油中的溶解度,则在所有流动条件下含水率分布都将显示良好的含水分布均匀性。

5 取样点选择(包括液流调整)

5.1 概述

正如第4章所强调的,取样探头应位于管线内的部分流动液体中,而这部分液体能代表全部液体。这主要取决于管线内液体的混合程度,而混合程度取决于流量和取样位置上游的管线布置等诸多因素。

在本章中给出了取样点选择的指南,其前提是管线始终充满液体。

5.2 取样探头位置初选

5.2.1 重力有利于加速水平管线内液体的分层,但能使垂直管线内液体分布更加均匀。因此,如果操作条件完全相同,且只能选择垂直安装或水平安装,而输送速度大大高于水和杂质的沉降速度,则应优先在垂直管线上选择安装位置。

应参照附录C对潜在取样位置进行初步筛选,更为详尽的处理方法应优先选择附录A。

5.2.2 在长距离水平管线内自然存在的湍流能够形成充分地混合,但这种湍流并不常见。形成充分混合的最低强度的自然湍流取决于流量、管径、黏度、密度和界面张力。假如自然湍流不足以提供代表性样品,则应靠某些特定的管件另外增强混合效果(见5.3和附录A)。

5.2.3 应确定最小允许流量或混合装置应提供的最低能量,可用附录A中的公式或图表选择适当的方法。

5.3 混合装置

5.3.1 概述:通过加入外部动能或转换管线内的压力能,混合装置使介质达到均匀。

若管件或静态混合器不能产生足够的有效能量耗散率,应考虑采用动力混合器。

应按照附录C初选可能的取样位置。

5.3.2 管件:管件可以用作在线的混合装置,阀门、节流孔、渐缩管和渐扩管、汇管、三通和计量装置等都能起到混合作用。但这些装置的混合效果是不同的,且可能会在下游约20倍管径的范围内产生含水率呈锯齿状分布的区域。

5.3.3 收缩管径:如果流速过低不能达到充分混合,则通常安装一段缩径管以利于混合,但应确保因取样探头造成的截面阻塞不改变含水分布(见7.2)。

5.3.4 垂直回路:一段垂直管路能改进含水分布(见5.2.1),因此可在水平管线内加入一段垂直管线。如果现有管线压力足够,则可将垂直回路的管径减小,使其小于主管管径,从而增加流速。在垂直回路

中,取样探头最好安装在下游,距上游弯管的距离不小于3倍管径,最好大于5倍管径,距下游弯管的最小距离为0.5倍管径。

应当注意,水能积聚在垂直管线底部,当这些积聚物达到一定程度时,将以团状形态被夹带到下游。这种现象会使含水发生瞬变,应对其给予考虑。

5.3.5 静态混合器:静态混合器是一种能够在市场上买到的装置,其专门设计的结构形式分为单级或多级,能在取样前使管内组分达到充分的均匀和分散。应向生产厂家咨询混合器的最小有效流速,以供参考。

混合器的最大流速受到其允许压降的限制,但使用尺寸结构可变的混合器能够提供较宽的流速范围。

5.3.6 动力混合器:动力混合器是静态混合器的动态改型,其搅拌部件由外部动力驱动,可产生较高的剪切力,从而使其接触的介质达到高度分散。另外,安装在取样探头上游的、将部分流体引入管线的泵或高速喷射器,也能起到混合作用。

5.4 取样探头定位

5.4.1 假如管线内的液体已充分混合,则取样探头相对于管壁的位置相对来说并不十分重要。但是,管壁能够影响流速和含水率,为避免这一影响,样品应从管线中心抽取。在水平或垂直管内安装取样探头,使其从图3所示的阴影部分抽取样品。

5.4.2 在某些条件下,弯管部位产生的离心力会导致分散相从被测液体中分离,因此不推荐在取样位置上游过多使用单个弯头以达到混合。

5.4.3 混合器和取样探头之间的距离要适当,以避免受混合器产生的旋涡和不对称流的影响,但距离不能过长以致混合失效。推荐距离为0.5倍~8倍管径,这取决于所用的混合器类型。

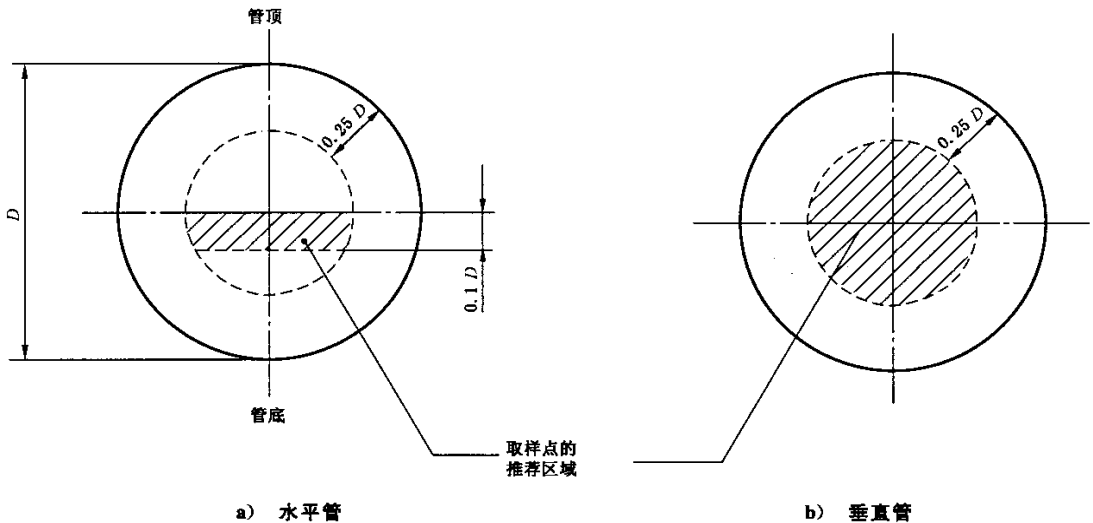


图3 取样点的推荐区域

5.5 取样探头位置验证

无论取样探头处于什么位置或采用何种外加混合方式,都建议在取样位置验证截面含水率。第6章中给出了进行验证的测试步骤。只要能保证采集的样品具有相同的代表性,也可使用其他验证方法。

6 截面测试

6.1 概述

本章介绍在所选择的取样位置上对沿管线含水分布均匀性进行测试的方法。

6.2 原理

截面测试能够确认能否在推荐的或现存的取样位置上获得代表性样品。在沿径向几个点上同时测试取样,并分析其含水量,由此能够确定含水率分层或不均匀程度。与移动式探头不同,要求采用多点探头进行测试,以消除由于非同步取样而产生的不确定度。

尽管证实分层只需三个截面测试,但为了能够对非均匀性分布作出正确判断,至少应作五个截面测试。当采用手工测试时,合格的测试结果是平均含水率应在1%~5%之间。

注:假如采用离心试管测定含水,且含水率大于20%,则由于容积刻度间隔较大,读取数据应特别谨慎。

假如采用自动连续取样法测定含水率,则含水量应在仪器的工作范围之内。为适应含水全部分离的状况,仪器应能在100%含水时正常工作。

6.3 方法

在三种测试方法中选择哪一种,取决于整个测试期间能够保证的含水率及达到可靠和稳定条件的能力。一般来说,对于一次有效测试,含水率至少应达到1%的水平。

第1种方法采用往管线内注入补充水的方式。在测试期间,只要对原油中固有含水率始终大于1%有怀疑,则它是优先选择并应使用的方法。

第2种方法取决于固有含水率,为保证有效性,只有肯定测试期间原油中固有含水率至少为1%时,才能使用该方法。

第3种方法是一种船上使用的替代方法。在某些情况下,可将补充水引入船舱和储罐,使含水率至少增至1%。

注:只要尽可能降低固有测量误差的影响,则1%含水率足以确定系统动力是否能够提供充分混合。

6.4 管线内含水率截面及取样位置有效性确定

6.4.1 设备

6.4.1.1 多点取样探头

用图4所示的多点探头进行测试。探头开口面对上游流动方向,开口为内锥形以减小入口流动阻力。探头应水平地安装在垂直管内或垂直地安装在水平管内。当探头为垂直安装时,建议探头中流体的流动方向应尽可能垂直向下。在水平管线中,应另外安装一根不带弯头的直管,使其入口尽可能地垂直靠近管线底部(见图5),用该点检查沿管线底部有无游离水流动。

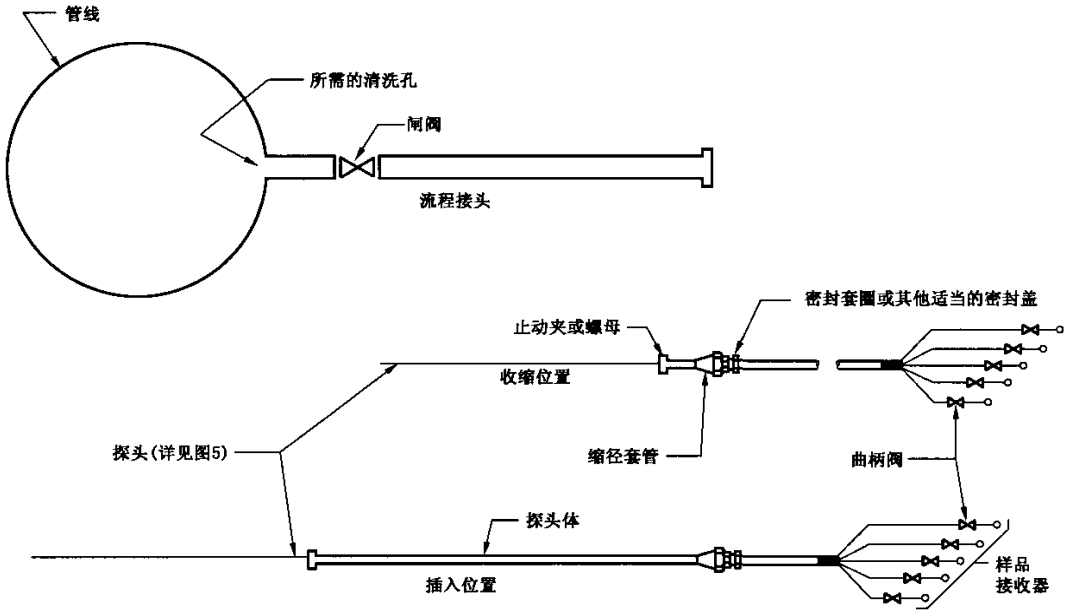


图4 截面取样的多点探头

单位为毫米

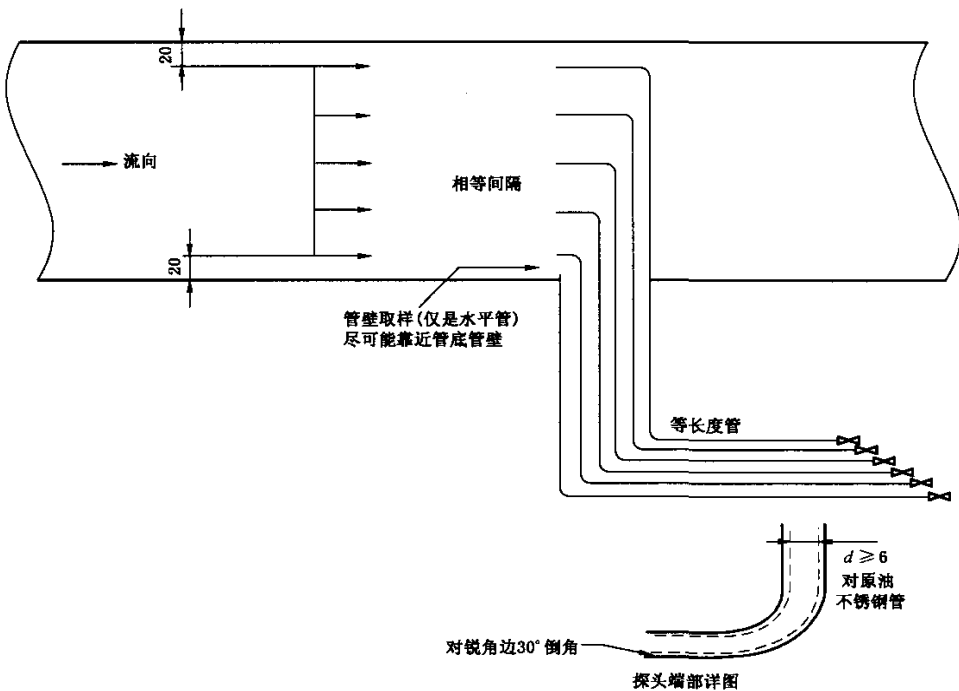


图5 在300 mm及以上直径的水平管线中多点探头的布置

第一取样点和最末取样点的管开口中心应位于距管壁 20 mm 处。至外部阀门处的所有取样管的长度应大致相同,以保证同时取样。

对于 300 mm 以上的管线,建议至少有五个取样点,300 mm 以下的管线应有三个取样点。

注:取样管内径应足够大,以防止阻塞。对于原油,建议取样管最小内径为 6 mm。

作为一项安全措施,探头应在低压条件下安装和拆卸。然而,如果应在操作条件下拆卸探头,则探头应配备安全链和制动销,以防止其突然窜出(见 13)。

6.4.1.2 测量

用手工或自动方式测量管线横截面上每点的含水率。

当在实验室采用手工方法而不是离心法测量时,应按照 6.4.2 中给出的步骤将样品收集到满足试验容积的接收器内。用离心法时,样品可直接收集到离心试管中,但容积的分配精度很难保证。

另一种方法是采用连续监测器(例如电容元件),样品直接通过每个测量元件,每个分布点对应一个元件。此方法具有显著优点,借助于适当的指示和记录仪器,可以观测到发生的截面变化。该种自动方法也避免了在实验室进行大量的重复性试验。

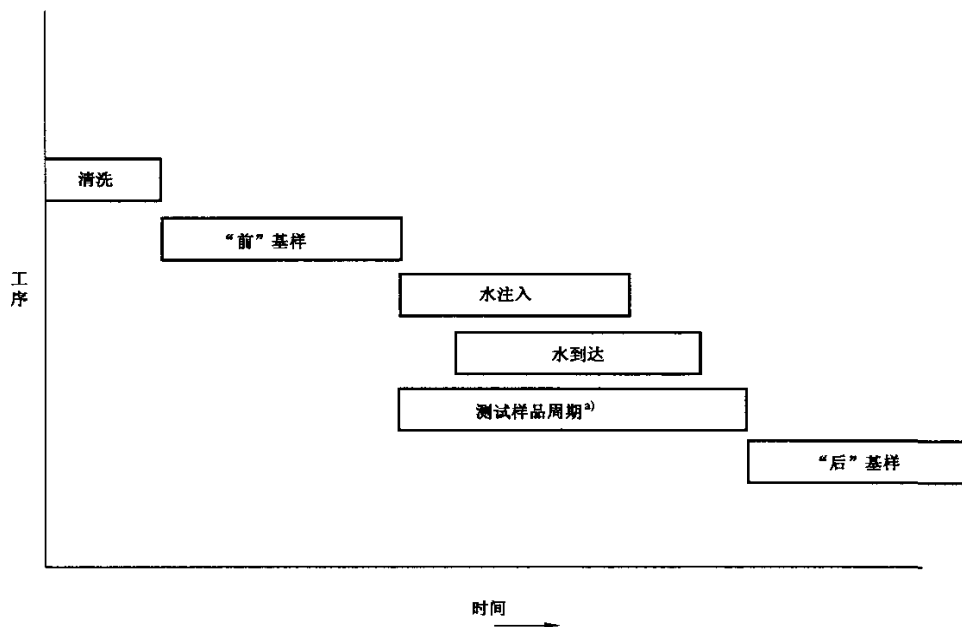
这两种方法都要收集和测试期间通过探头的废弃油品。

6.4.2 操作步骤

如果实际应用中要求采集某一范围的原油样品,则应选择最差条件进行采样。若不可能,则可用附录 A 中的公式将结果外推至其他条件,但应十分慎重地使用这些外推结果。

6.4.2.1 手工测量

- a) 在含水率至少为 1% 的最低流速下,至少做五次截面取样,取样频率应至少达到每 2 min 一个截面。
- b) 如果采用第 1 种方法(见 6.3),则应从多点探头和混合装置的上游且距探头足够远处注入水,以便获得代表性样品,但所产生的能量耗散率不应明显高于实际值[见式(A.18)]。
- c) 注水操作应按照图 6 进行,使用能产生适当流速和压力的注入泵。若有必要,应按原油管输体积流量的 1%、2%、3%、4%、5% 或更高的含水率依次注入。该项操作应在 5 个不同的、具有代表性的流量下重复进行,尤其是在最小流量下。在每次测试周期内,这些流量值应当稳定在 10% 以内。
- d) 假如采用第 3 种方法(见 6.3),应选择垫水船舱,以便在不产生纵倾的情况下进行操作。
- e) 取样之前,取样探头应通油充分运行,以彻底清洗每个探头元件。
- f) 取样之前应调整多点探头中的流速,使每一点的探头入口速度相同,并且最好等于管线中液体的流速。假如不能这样,则应记录任何差异。
- g) 在计算得到的水到达时间之前应开始取样,并在探头内流速不变的条件下持续取样,直到进行了足够数量的截面测试为止,即满足 6.2 最少五个测试截面的要求。
- h) 在注入水通过期间继续取样,要考虑注入水到达取样位置的时间滞后(见图 6)。



a) 每个取样周期至少 1 h。测试样品周期应与“水到达”期的两端重叠。

图 6 取样器系统测试的典型时序图

6.4.2.2 自动测量

- a) 与 6.4.2.1 中 b)~h) 相同。
- b) 采用具有电容元件的截面测试系统,连续地随时验证沿截面的含水均匀度,是一项近期研究出的方法。在原油混合物中,水的电容量随原油组成而改变,也随温度、水滴尺寸及形状而改变。应根据所采集的特定原油,先对构成该自动截面测试系统的各个电容元件调零,并且采取一定措施保证各元件之间的温度和速度差最小。

在截面测试中,所关注的是测量沿管线截面各点的相对含水率。因此,假如采用具有相似性能的电容元件,可不必针对不同类型的原油调节电容间距。

- c) 与手工测量所要求的稳定状态相比,自动测试的计时已不重要。直观显示能指示所出现的截面条件,并能识别出最差或最好状况。
- d) 图 7 给出一个基于试验的典型的棒状分布图,它是沿管线三个不同取样位置的截面测试结果。

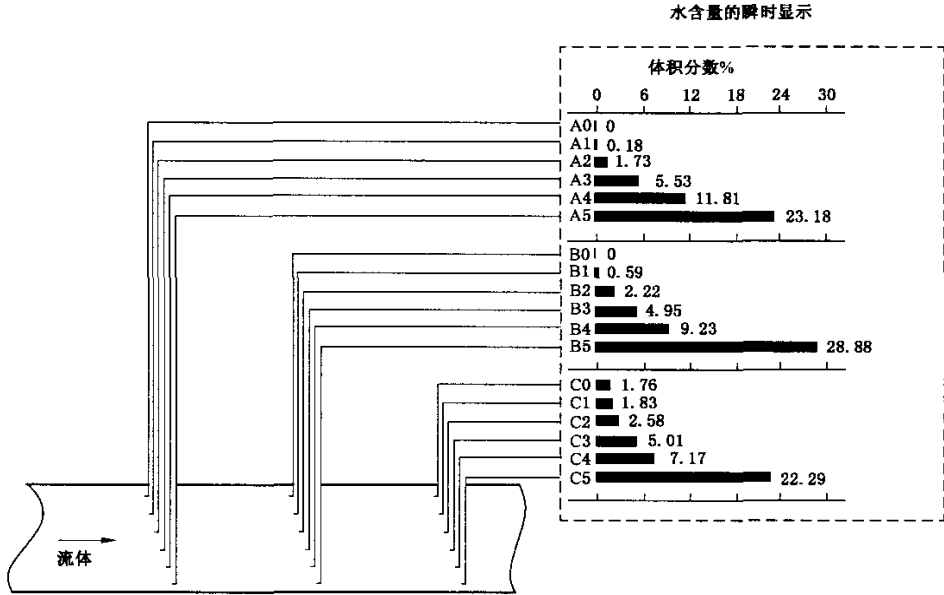


图7 三个位置的自动截面测试的棒状图

6.4.3 典型测试数据

6.4.3.1 手工测试

附录 B 给出了某一原油输送终端的特定截面测试数据。测试在两种流速下进行,在每一流速下进行六个截面测试,其中每个截面有八个点。

在剔除含水率小于 1% 的全部截面后,计算点平均值、截面平均值和总平均值,然后计算每点平均值对应总平均值的百分比偏差。截面含水率见附录 B。

6.4.3.2 自动连续测量

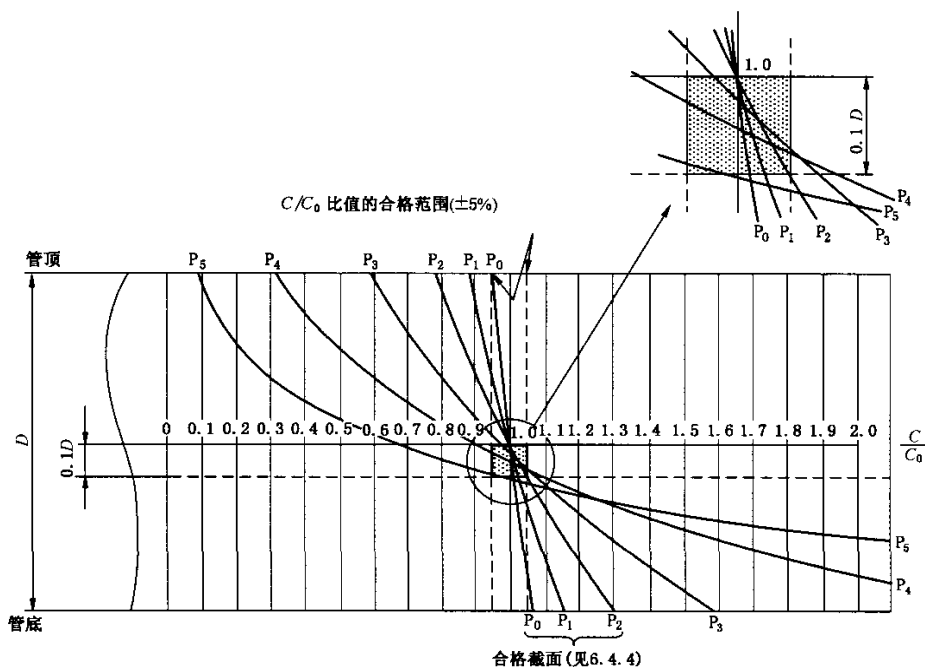
对于自动截面测试设备,使用连接至微处理器的连续含水监测仪,能够以任何适当的形式显示和记录截面含水,以观测所出现的因流量变化而引起的含水变化或注入水百分比含量的变化,同样能够观测能量可变的混合装置的效果。

类似地,它还能同时计算沿管线截面各点的含水量中值、平均值以及百分比偏差,并能与截面测试及其他测试数据一起显示和记录这些结果。

6.4.4 测试结果的表示和说明

每个截面可能出现如图 8 所示的一种常见状态,它是 $P_0 \sim P_5$ 六种类型中的一种。

- a) P_0 表示最理想的分布,原因是截面上任何一点的含水率都在准确度合格限之内。
- b) P_1 和 P_2 表示可接受的分布,前提是取样探头要按照第 4.4.2 和 5.4.1 的建议安装。
- c) $P_3 \sim P_5$ 表示不可接受的分布,其含水率超出了合格限。



注：C/C₀ 比值是在一个取样点的含水率与该取样位置平均含水率之比。至少在图 2 和图 3 中推荐的取样点区域内，截面 P₃、P₄ 和 P₅ 是不合格的，原因是 C/C₀ 比值已超出 0.95~1.05 的范围。

图 8 截面测试结果(典型截面)

任何超出准确度合格限的截面都表明取样结果没有达到预期的代表性。为得到可接受的分布，应提高流速或采用混合装置。

附录 A 既给出了经简化的流速与原油特性的理论关系，也给出了流速与截面分布的理论关系。

7 取样探头设计

7.1 取样探头和分液装置应具有足够的强度，以抵抗主管线内因最大流速而引起的弯矩，并承受因涡流而引发的震动。尽管很难实际测定其强度，但采用悬壁梁处理该部件可作为一种保守的方法。

7.2 取样探头结构对主管线内流体的扰动应最小。采用具有倾角的皮托管式探头入口是一种解决方法，其入口应面对上游流体流动方向。

7.3 建议取样探头的开口直径不小于 6 mm。

8 取样器设计和安装

8.1 设计

8.1.1 自动取样器的设计应能够从管线内流动液体中取得代表性样品，且能用一个或数个接收器贮存这些样品。取样器可以是连续式的，也可以是间歇式的。

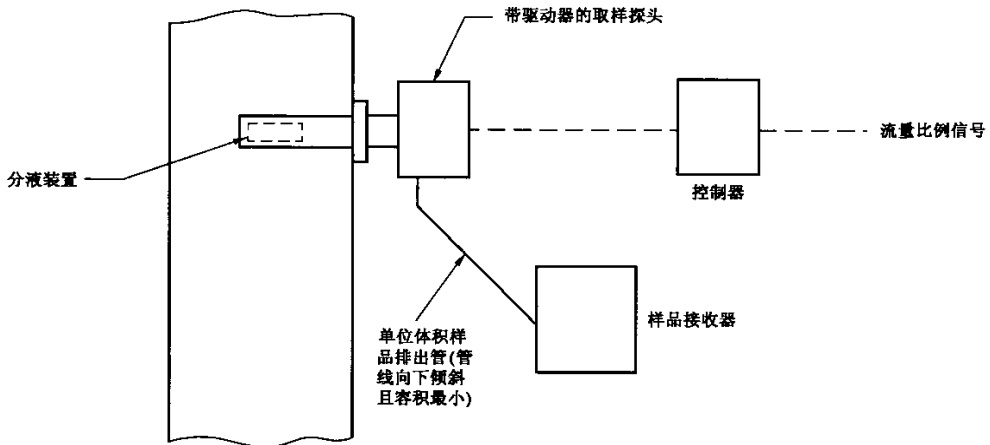
注：有两种间歇式自动取样系统。一种是分液装置直接安装在主管线内(见图 9a)，另一种是分液装置安装在取样回路内(见图 9b)。

8.1.2 要取样的石油液体可能含有石蜡、磨蚀性颗粒和腐蚀性成分，例如含有硫化物和水。在某些情

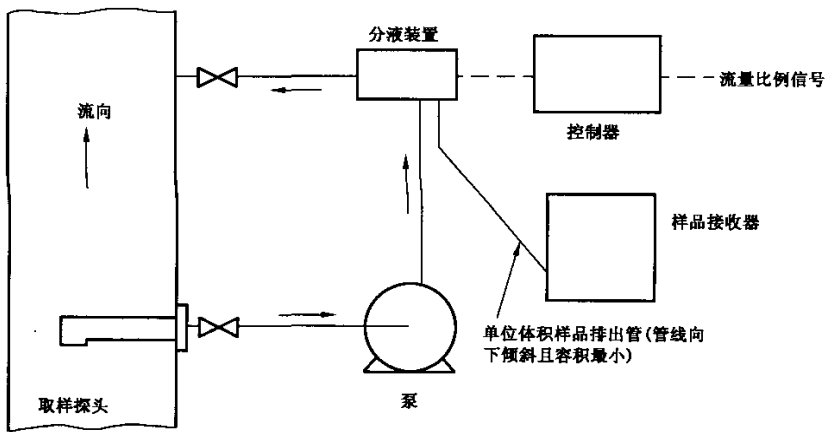
况下,石油液体的润滑性能较差。在设计一个精密、可靠和耐用的取样系统时,应考虑这些因素。

8.1.3 在进行分液装置和接收器之间的管线和阀门安装设计时,应保证任意一点不出现组分分离,例如水和原油的分离,并要求其间的容积保持最小。

8.1.4 取样回路通常由循环管路、适用的泵和分液装置组成(见图9)。环路和分液装置之间的所有连接都应保持最小容积。



a) 在线自动取样器



b) 具有外部取样环路的自动取样器

• 箭头不表示管线走向。

图9 典型取样系统

8.1.5 取样回路的入口流速应尽可能接近所预计的主管线内的最大流速。若分液装置不十分靠近取样探头,则应注意确保回路内的流速足够高,以产生充分的湍流,避免水的沉降。

8.1.6 建议安装一种能指示取样回路中是否有介质流动的装置。如果取样回路内没有循环,但还在继续取样,则将导致错误的取样结果。

8.2 安装

8.2.1 为减小无效容积,分液装置和样品接收器应尽可能靠近。所有连接均采用符合要求的短管,弯头数量应保持最少。只要可能,样品接收器应位于系统的最低点。

8.2.2 出于实际原因,有时分液装置和样品接收器不能靠近安装,建议采用取样回路。但要采取预防措施,确保取样回路内的样品和取自取样回路的样品具有代表性。

8.2.3 自动取样器应采用合适的阀门和连接件进行安装,以便能够用取样液体或适当的溶剂自动或手工冲洗设备,结构布置应适当,便于处理所用的冲洗液和溶剂。应从接收器和循环管线中除去所有溶剂,以避免污染下一个样品。

8.2.4 如果必要,应在取样管线上安装止回阀或相应装置,以防止样品可能从取样位置倒流进入管线,但不应阻碍进入接收器的自由通道。

8.2.5 自动管线取样器的安装方式应为其维护和清洗提供方便,在不关断管线的情况下进行维护和清洗最为重要。

8.2.6 取样探头(如皮托管形式)应安装在带有短管的全通阀上,且应提供适当的插入和取出机构。如果探头应在管线不泄压的条件下取出,则应提供安全链等防止探头因管线带压而射出的措施。如果安装这样的系统,则应留出足够的空间,以便于机构装配和探头取出。

8.3 预防措施

8.3.1 在连续取样过程中,水或重颗粒会沉降在取样管和其他部件内,并进入样品接收器。为减少这种现象,系统不应有死区或扩张段,应沿接收器方向朝下倾斜。还应注意不出现集存蒸气和水的死区。

8.3.2 为防止高倾点原油或石油产品的凝固,应对分液装置及相关配管和部件进行伴热和保温。尽管温度应足够高以保持介质为液态,才能确保自动取样系统正常运行,但不应使液体样品过热。如果不用自限热式伴热带,则可以采用自动温度控制。

8.3.3 如果取样管线和取样系统不处于使用状态,可能因冷却和蜡析出造成阻塞,此时应用清洗油充满管线和系统。

8.4 特殊要求

对于原油自动取样器的一般要求,同样适用于炼制产品。但某些产品具有特殊性质,可能要求特殊的取样条件。表1给出一些实例。在这些条件下,应改进自动取样器,使之满足所要求的取样条件。

表1 根据原油和炼制产品推荐的取样器性能

管线内液体 ^a	自动取样器的特殊性能		
	取样系统是否置于加热箱内	是否采取措施使样品与大气环境相隔离	接收器是否保持在±4℃
原油	是 ^b	是 ^b	否
石脑油	否	是	否
汽油	否	是	否
喷气燃料	否	是	是 ^d
粗柴油/民用燃料油	否 ^c	否	否
1号和2号重质燃料	是	否	否

^a 对于均匀的管内液体,不需要管线调整。
^b 只有在必要的条件下才需要,取决于原油种类和操作要求。
^c 在恶劣的气候条件下除外。
^d 只有在必要的条件下才需要(含银腐蚀特性)。

9 控制设备

9.1 功能

自动取样器控制设备的功能是控制分液装置,采集流量比例样品或固定比例样品,它可能还包括一个具有如下功能的系统:

- a) 连续监测单位样品个数和采集的样品容积;
- b) 如果按流量比例模式运行,则在取样期间能随时验证采样速率和管线流量的比例。

注:密度和含水量的连续监测可作为附加功能。

9.2 控制设备

9.2.1 控制设备可远离取样器安装在控制中心内,也可以靠近取样器安装,但应考虑其所处危险区域的电气安全等级。

9.2.2 操作者利用控制设备应能实现如下操作:

- a) 根据预期的装载量或批量,或根据满足操作准则要求所应的取样率,对设备进行设置(见14.2);
- b) 使取样器启停。

9.2.3 应提供监测下列运行参数的功能:

- a) 主管线中的流量;
- b) 样品接收器所采集的样品体积与主管线内的累积流量成比例;
- c) 单位样品数目。

9.2.4 如果流量计显示流量值,但取样器不进行采样,或者情况相反,则设备应报警。

9.2.5 在下述情况下应报警:

- a) 样品接收器上限液位;
- b) 主管线内流量过低;
- c) 取样回路内流量过低;
- d) 电源故障;
- e) 取样探头故障。

10 流量测量

10.1 准确度和范围度

流量比例取样器要用流量信号确定取样速率。流量变送器应具有足够的范围度(量程),以便在预期的管线流量范围内准确地发出信号。流量信号的准确度的不应降低样品的代表性,以至超出分析方法的允差值(见第16章)。在运行流量范围内,实际流量的准确度应优于 $\pm 10\%$ 。当低流量下的含水率较高时,流量计在最小流量下能产生足够准确的信号特别重要。

10.2 用交接流量计取样

如果现场用流量计进行交接计量,应用交接流量计的信号确定取样速率。如果管线总流量由几台流量计计量,则可以用电子合成的总流量信号确定取样速率,或每台流量计都单独配备一台取样器。

10.3 用专用流量计取样

10.3.1 在大口径管线中常采用插入式涡轮流量计,其信号是能简化电子控制器设计的脉冲串。被测

液体的黏度变化能严重影响流量计的准确度,并能限制其范围度。油中的纤维物质或其他杂质可能卡死插入式涡轮流量计,因此应考虑安装备用流量计。

10.3.2 经常使用超声流量计,其信号是能简化电子控制器设计的脉冲串和电流。超声流量计不受黏度影响,其最小流速通常为 0.09 m/s。

10.3.3 可以使用孔板流量计,为尽可能减小固有的压力损失,还可使用文丘利流量计或皮托管。用差压变送器测量节流元件两端的压降,变送器提供的输出量与被测量值的平方根成正比。配备单个变送器的装置具有 4:1 的量程比,采用两个具有高低不同量程的差压变送器可以拓宽测量范围。但装置具有两个变送器时控制设计比较复杂,且可能出现问题。

10.3.4 对于小流量,可采用与管线相同口径的容积式流量计或涡轮流量计。因不必达到交接计量的准确度,故流量计系统较为简单,也不需要检定或校准装置。

10.3.5 也可使用诸如涡街流量计等其他类型的流量仪表。

10.3.6 如果能达到 10.1 中所推荐的流量计准确度范围,则可以使用从油罐液位计引出的信号。

10.4 注意事项

任何流量计都应在高含水率和存在颗粒状物质或气泡的条件下运行。

油轮卸油操作的最后阶段通常是清舱,应考虑此阶段可能有大量不确定的气体被吸入卸油管线,这会造成有液流通过流量计的假象,也会使其运转过快而损坏机械式流量计。

11 样品接收器和容器

11.1 样品接收器

样品接收器应配备用于监测的液位指示计或相应装置,例如称重系统,同时应配备高液位关断或报警装置。应具备混合其内部液体的措施,以保证代表性样品转送至实验室仪器或其他容器。

目前使用两类样品接收器。

11.1.1 固定容积的样品接收器:此类接收器容纳样品的容积是固定的,样品与其内的大气相接触。

11.1.2 可变容积的样品接收器:此类接收器的结构能避免原油与空气接触,这样能防止轻组分和水蒸汽损失。此类接收器可用适当的柔性材料制成,以便被完全压扁,或者容器内具有活塞或隔膜,能预先充入氮气或氩气,后者特别适用于蒸气压较高的液体石油产品和原油。

11.2 样品容器

样品容器可安装一个内部搅拌器,或备有与外部混合系统连接的必要接头(见 12.2.3)。

11.3 样品接收器和容器共性

11.3.1 固定容积接收器的结构应能提供足够的空间,以便在取样结束时液面上保持一定气隙(即无油空间)。应提供某种泄压方式,以便随时降低因膨胀升高的压力。因加热会产生介质膨胀,容器设计应保证容器加热至最高承受温度时不超过工作压力。

容器应采用耐油材料。应注意用塑料制成的接收器或容器可能不适于长期贮存样品,塑料的渗透性可能导致某些样品组分出现不同程度损失。

应能通过适当设定的压力控制阀放空容器,以尽可能减少低沸点组分的损失。

11.3.2 应根据当地法规进行压力试验和其他检验工作,每隔一定时间应进行清洗和泄漏试验。

11.3.3 结构和材料应保证与液体接触的内表面是光滑的,在取出介质进行分析时,内表层应能抑制水的滞留。结构设计还应易于清洗。

11.3.4 应配备必要的接头,使样品在没有污染和损失的条件下从接收器导入容器中,再从容器进入实

验室仪器中。

除泄压阀外,所有接头都应配备丝堵或端盖。应避免玻璃管液位计和排液阀内存在台阶,不允许有盲支管。

如果必要,样品接收器及其连接件应保温或伴热,防止样品凝固,并便于排放液体(见 8.4)。

11.3.5 供分析和留作参考用的样品体积应满足特定的使用要求。此外,还应满足国家或地方贸易计量机构的最少样品量要求。

上述要求决定了样品接收器和容器的最小容积。在确定接收器尺寸时,还要同时考虑取样持续周期、单位取样量、取样频率和充分混合(均匀)的有关要求。

如果总样盛装在两个或多个接收器或容器中,无论是对分析结果进行合成,例如总样品体积中的平均含水率,还是根据需要为其他分析制备复合样品,都应特别认真地考虑连续充入每个接收器或容器中的体积量是有所不同的。

11.4 样品标签

11.4.1 应给样品容器配备标签,最好是线扎或金属丝扎的耐油标签,且应有永久性标记。

11.4.2 建议在标签上提供下列信息:

- a) 抽取样品的地点;
- b) 开始取样的日期和时间;
- c) 结束取样的日期和时间;
- d) 样品标签号或容器鉴别号;
- e) 取样液体种类;
- f) 样品所代表的液体量;
- g) 罐号及罐型、船名、输送管线标记等;
- h) 样品目的地;
- i) 取样负责人签字。

12 样品处理

12.1 一般要求

12.1.1 为保证样品品质和完整性保持不变,针对不同的样品有不同的处理方法,分别处理从取样位置到实验室试验仪器之间的所有样品。

12.1.2 样品处理方法取决于取样的目的,所采用的实验室分析方法也要求与之相适应的特殊处理步骤。因此,应议定合适的试验方法,以便给取样者提供有关样品处理的必要说明。如果所采用的诸分析方法的技术要求相互矛盾,则应对每个样品单独取样,并采取相应的处理步骤。

12.1.3 应特别注意以下几种液体:

- a) 含有易挥发物质的液体,因为蒸发可能造成损失;
- b) 含有水和沉淀物的液体,因为在样品容器中可能出现分离;
- c) 具有潜在蜡析出的液体,因为如果不保持足够的温度,可能出现沉积。

12.1.4 在制备合成样品时,应格外谨慎,不应让轻组分从挥发性液体中损失掉,而且不应改变水和沉淀物的含量。该项操作难度很大,如可能应尽量避免。

12.1.5 不应在取样位置将挥发性液体的样品倒换到其他容器。如果必要,可以在冷却和倒置的条件下,用原样品容器将样品转送到实验室。如果样品中既含有挥发性组分又含有游离水,则更应谨慎处理。

12.2 样品均匀化

12.2.1 概述:从容器倒换到小容器,或送入实验室试验仪器内之前,对可能含有水和沉淀物的样品或以任何非均匀形态存在的样品,都应用规定的方法均匀化。在 12.3 中规定了转送前验证样品是否充分混合的步骤。

手工摇动含有水和沉淀物的液体样品,不可能使水和沉淀物充分分散在样品内。为使样品均匀,在转送和细分样品前,有效的机械和水力混合是必要的。

可以采用多种均匀化方法,但无论采用什么方法,都建议该均匀系统所产生的水滴不应超过 50 μm ,且也不应小于 1 μm 。1 μm 以下的水滴将变成稳定的乳状液,且此时的含水量不能用离心法测定。

12.2.2 用高剪切机械搅拌器均匀化:将一台高剪切机械搅拌器插入样品容器中,使旋转部件达到距底部 30 mm 的范围内。使用的搅拌器通常具有与旋转方向相反的叶片,转速为 3 000 r/min。但只要满足性能要求,也可使用其他结构。

为尽可能减少原油中的轻组分损失或其他含有挥发性物质的样品的损失,可通过密封结构使搅拌器在封闭的样品容器内运转,将样品搅拌至完全均匀。有时只需搅拌 5 min,但容器尺寸和样品性质会影响均匀化的时间。应验证样品确实已达到均匀(见 12.3)。

注:高剪切的搅拌器经常产生稳定的乳状液,且搅拌后的乳状液不能用离心法测定(见 ISO 3734)。

12.2.3 用外部混合器循环:固定安装的样品容器和便携式容器都可应用此方法,但后者应采用快速装卸接头。在外部采用小型泵,使容器中的样品通过安装在小口径管线上的静态混合器并循环。有多种适用结构形式可供选用,应遵循生产厂家的操作说明。

采用的循环流量应足以使样品每分钟至少循环一次。典型的混合时间为 15 min,但随含水量、烃的种类和系统结构有所改变。当全部样品完全混合时,在不停泵的条件下在循环管线阀门处定量地放出所要求的子样。然后排空容器,用泵输送溶剂清洗整个系统,除去烃和水的痕迹。

12.3 混合效果验证

12.3.1 无论选择哪种方法从非均匀混合物中获得子样,都应对混合技术的适用性及其获得适用混合样品所需的时间进行验证。

12.3.2 如果混合后样品保持均匀和稳定(即组分完全混溶,如已调和的润滑油添加剂),则应继续混合过程,直到由主容器内连续取出的样品给出稳定的结果,并由此确定最短的混合时间。

注:在此时间之后,由于样品已达到且会保持均匀,因此可以从主容器转换样品,不再需要进一步混合。

12.3.3 如果混合后的样品不能在较长时间内保持均匀性(例如,水和沉淀物是混合物的一部分),则应采用 12.3.4 中所述的特殊方法验证混合状况。

注:鉴于液态烃的特性,应在混合进行过程中制备子样。

12.3.4 应确保抽取的样品充满至容器容积的四分之三,在已知时间内使样品均匀化,同时记录该时间。在此期间,每隔一定时间抽取少量样品,并立即用标准方法(见 12.3.5)测试其含水量。当测试结果取得一致时,记录所得值作为空白含水量。

加入一定量经准确测定的水,其量在 1%~2%之间,在与空白测试相同的时间内均匀化,并按前述方式取样。在考虑空白含水量的条件下,如果测定的含水量与加入的水量取得较好的一致性,则再加入一定量经准确测定的水,其量仍在 1%~2%之间。如果结果继续呈现较好的一致性,则可假定该搅拌时间是足够的。

假如结果不能给出较好的一致性(在方法的重复性内),则放弃测试,并返回到开始步骤,采用更长的搅拌时间。

12.3.5 对混合系统进行这种验证时,不能通过离心法测定含水量,因为用该方法不能得到总含水量。

12.4 样品转送

12.4.1 如果样品容器不是便携式的,或者不便于直接将样品从容器送至实验室试验仪器中,则应将具有代表性的样品倒换至便携式容器,以便送至实验室。

12.4.2 在样品转送的各个阶段,应按照 12.2 中规定的方法之一,使容器中的样品达到均匀。

12.4.3 应按照 12.3 中规定的方法之一,验证每种容器和混合器组合的搅拌时间。

12.4.4 应在已知混合物为均匀和稳定的时间周期内完成样品的转送。该周期较短,完成一次转送不应超过 20 min。

13 安全措施

13.1 本章所规定的安全措施作为安全操作的最低要求,应严格执行。这些措施应与相应的国家法规、国际安全规范结合使用。还应严格遵守地方法规,但如果地方法规低于本章的要求,则应考虑本安全措施(也可参考 ISO 3165)。

13.2 应按照使用或后续处理期间可能承受的压力,设计取样设备、样品接收器和容器。在投入使用之前,至少应按 1.5 倍的最大操作压力试压,其后应按照设备种类和压力范围所要求的固定周期进行检验。每个容器应标记最后一次压力试验的日期、在环境温度下的最大允许工作压力和空重。标记应蚀刻在容器上或印在标签上,标签应牢固地挂在容器上。

13.3 即使是管线中出现的或取样器本身产生的非正常压力,也应确保其不超过取样系统的最大设计压力,采取的防护措施是安装适当的减压阀。

13.4 在充装样品接收器或容器时,应留有足够气体空间以便膨胀。建议安装一个安全装置,当达到安全极限时给出报警。应遵守的安全措施还包括:

- a) 接收器应配备一个泄压装置,能将容器内的压力限制在给定的最大压力范围内。
- b) 所制造的便携式接收器或容器应检验合格,能经受住 1.5 倍最大工作压力及使用期间可能遇到的极限温度。

13.5 用于制造接收器的材料与液体样品接触时,不应受液体组分的侵蚀。

13.6 使用接收器或容器时,应确保不发生易燃或有毒物质溢出或蒸气泄漏。

13.7 取样操作时应避免吸入石油蒸气。应戴上防护手套,制造手套的材料应不溶于烃类。如果存在喷溅危险,应戴上眼罩或面罩。当处理含硫化氢的原油时,要采取其他必要措施。

13.8 所有用于连接防爆等级区域内自动取样装置电子元件,都应适合该区域的防爆等级,且应符合相应的国家安全规范。

13.9 处理加铅燃料时,应认真执行国家安全标准和规范。

13.10 运输样品时,应考虑运输便携式接收器和容器的危险性,特别是空运的危险性。如有必要,应参照有关易燃样品或带压样品容器海陆空运输的国家和国际安全规范。

13.11 在排放易挥发烃类的过程中,为消除可能产生的静电,整个取样系统应接地。对于带压样品容器,只要排放高压液体或气体,例如放空,就应接地。

14 操作方法

14.1 通用措施

14.1.1 所选择的自动取样器应符合本标准给出的设计原则,并应正确地安装和操作。

14.1.2 样品内不应包含不属于所取样品的任何其他物质。如果应将样品从接收器倒换至容器,应采取相应措施保证样品的完整性。取样过程不应使样品产生任何变化,例如,易挥发组分的蒸发、氧化和

外来物质的意外引入等。

14.1.3 使用或重新使用取样系统时,或怀疑取样系统被污染时,应在开始取样前冲洗整个自动取样器和连接管线。用所取样品作为介质,冲洗后排入废料容器或安全排放系统。绝对不允许将有毒物质排入大气或敞口排放系统。

14.1.4 如果容器是专用的,分别用于不同类别的产品,则可大幅度简化容器清洗规定。

14.1.5 在取样过程中,应避免所取样品受大气环境条件的影响。在允许使用敞口容器的场合,应在取完样品后立即密闭容器。

14.1.6 在样品的后续处理中,应避免升温过高。

14.2 操作准则

14.2.1 固定单位样品容积的间歇式取样器

14.2.1.1 概述:在考虑固定单位样品容积的间歇式取样器的操作准则时,应注意以下因素:

- a) 从实用出发,样品容积应在 5 L~20 L 之间,但具体数量取决于特定的应用场合(见 11.3.5)。
- b) 对于操作周期超过几天的连续性输送,可将取样分成几个统计区间,在每个统计区间取得 5 L~20 L 样品。另一种方法是使用较大的接收器,并从中获取子样,但也要遵循第 12 章中所述的适当的混合步骤。

14.2.1.2 实际考虑事项:下面给出表 2 所列固定单位样品容积的间歇式取样系统采用的工作参数:

- a) 要求的样品体积:5 L~20 L;
- b) 单位样品体积:1 mL~1.5 mL;
- c) 最高工作频率:30 个/min。

要进一步考虑的参数是流量范围,连续输送管线的典型值为 10:1,船运的典型值为 30:1。

表 2 固定单位样品容积的间歇式取样器的典型运行参数

应用	输送时间	单位样品总数	单位样品容积 mL	样品体积 L	平均取样间隔 s	平均取样比例 (用管道长度表示) m/单位样品	流速 (线性) m/s
连续管道输送(CP)	30 d	10 000	1	10	260	260	1
CP 和船运	7 d	10 000	1	10	60	60	1
CP 和船运	24 h	10 000	1	10	8.6	25	3
船运	6 h	10 000	1	10	2.15	6.45	3
船运	3 h	5 000	1	5	2.15	6.45	3
船运	1.5 h	2 500	1	2.5	2.15	6.45	3

注 1:长输管道的输送流量可以减小。
 注 2:对于短期输送(例如小于 3 h),表 2 表明样品体积不可能到 5 L,应考虑给出较大的单位样品容积(例如 4 mL),以提供 20 L 样品。
 注 3:每次取样操作应使单位样品数目最大,并在最大采集频率和接收器容积的实际范围内。

14.2.2 可变单位样品容积的间歇式取样器:尽管采集的样品总体积大致相同,但可变单位样品容积的取样器的操作要求不同于固定单位样品容积的取样器。可变单位样品容积的取样器按固定的时间比例采集样品,每次采集的体积与管道流量成比例。应通过计算和检查确保下列条件:

- a) 不超出取样器的最高运行频率。

- b) 每个单位样品要求的样品容积不超过取样器在最大和最小流量下的范围度。
- c) 采集的样品总体积不超过样品接收器的容积。

14.2.3 连续式取样器,尽管目前正在开发连续式取样器,但还没有广泛应用,因此其操作准则也尚未制定。

14.3 操作检查

14.3.1 控制设备运行期间应定期检查下列内容:

- a) 流量计运转正常。
- b) 采样计数器运转正常。
- c) 主管线中未出现低流量报警。
- d) 未出现接收器高位报警。
- e) 采集的样品容积和管道累积流量成比例。

14.3.2 取样器运行期间应定期检查下列内容:

- a) 样品正进入取样器。
- b) 系统中无渗漏。
- c) 如有必要,启动伴热。
- d) 如果使用循环管路,管内应为满管流动。

14.4 记录表格

每次取样操作都应有一个完整的记录表,表3是一个典型例子。如果一个批量的原油分几次取样,则每次取样都应有记录。记录表副本应送交实验室和管道运行责任部门。

记录中应包括以下信息:

- a) 取样位置和日期。
- b) 船运或管输的识别标记。
- c) 原油种类和批量。
- d) 取样期间的流量记录。
- e) 单位样品数量和体积(如果适用)。
- f) 计算样品体积。
- g) 累积样品体积(如果已知)。
- h) 取样期间出现的自动取样器故障。
- i) 有关取样流量和主管道流量之间比例关系的数据。

14.5 取样器维护

14.5.1 应定期断开自动取样器,将取样探头从管道中抽出,然后对设备进行清洗,并对过度磨损或损坏情况进行检验。只要所收集的样品体积与预期体积不一致,就建议对自动取样器进行检查。

14.5.2 管道内杂物的冲击或缠绕易使流量计损坏(特别是测量原油时),因此要求进行高级维护。

14.5.3 应使用溶剂,对从自动取样器至样品接收器及容器的连接管线进行清洗,并吹扫干净或用所取样品冲洗干净。

14.5.4 应保存有关流量计、取样器和相关设备发生故障及其原因和采取相应措施的全部记录,并作为调整维护周期和发现主要问题的一种手段。

14.6 样品合格性检查

14.6.1 要确认取样操作过程中获得样品的合格性,例如一次卸船操作或一次管道输送过程中的取样,取样应符合下列要求:

- a) 取样器性能系数(见 3.22)应在 0.9~1.1 之间。
 b) 应核查并确认取样操作中取样流量和主管线流量的比例。
 c) 在取样操作中,不应发生导致性能系数超出 0.9~1.1 范围的中断。

14.6.2 如果不能满足 14.6.1 中的任何一项要求,则样品不合格,除非能令人满意地解释存在偏差的原因。
 如果样品不合格,则应使用备用样品,且应按照 ISO 3170 规定的手工取样方法采集备用样品。

表 3 典型间歇式取样器维护和性能报告

取样器识别号:

位置:

日期:

名称	单位	符号	数值
原油装运识别号			
原油种类			
批量或分量	m ³	V	
最大装载流量	m ³ /h	Q _{max}	
取样比例	m ³ /单位样品	B	
单位样品数量		N	
计算样品体积 ^a	L	C	
累积样品体积	L	A	
性能系数 A/C		PF	
无故障 ^b		S	
有故障 ^c		F	
出现如下情况的原因: ——无效 ——没有使用 ——故障			
维护	预防维护		P
	故障检修		c

^a 样品体积的计算:

① 流量比例样品:

$$C = (V \times b) / (B \times 1\,000)$$

式中:

V——批量或分量, m³;

b——由试验确定的单位样品容积, mL;

B——取样比例, m³/单位样品

② 固定速率样品:

$$C = f \times T \times b / 1\,000$$

式中:

f——取样频率, s⁻¹;

T——总取样时间, s。

^b “无故障”取样:性能系数(PF)在 0.9~1.1 范围内,原油取样系统的所有机械构件(流量计、控制器、取样阀、计数器等)在无机故障的情况下运转。取样流量和主管道流量成比例。

^c “有故障”取样:性能系数(PF)不在 0.9~1.1 范围内,或原油取样系统中任一机械构件失灵,取样流量和主管道流量不成比例。

15 取样系统检验

15.1 概述

在新自动取样器安装完成后,应进行现场测试以检验取样系统。要对整个取样系统进行测试,所采用的方法是在一定时间内注入一定体积的水,然后确认采集样品所代表的注入水和原有水的总体积。该过程即为体积平衡测试。

15.2 注水设施

应按下述方式配置注水系统:

- a) 在测试期间,为了向取样器上游的输油管线内注入已知量的水,需要连接阀门、过滤器、压力表、管线、泵和流量计。
- b) 将注水点尽可能布置在预期产生混合作用的管件的上游足够远处。
- c) 在测试期间,注水流量应为原油流量的 1.0%~5.0%。

注:如果由于操作原因,注水流量应小于 1.0%,则在取样系统合格性评价中,注水量测量和实验室分析方法的准确度将起决定作用。

- d) 为了累积经过适当混合的样品体积,注水时间至少应 1 h 或足够长。
- e) 在不产生任何显著的附加混合作用的流速下,应将水注入到管道底部或侧面。通过弯头或弯管可产生注入水流,使注水流速平行于主流速(且方向相同),以达到上述效果。
- f) 注水量的测量准确度应优于 $\pm 2\%$ 。

15.3 测试步骤

注:通常要求在最差条件下测试取样系统,但考虑到所输送物质的重要性(即总价值),测试应结合实际。有时,最差条件不易确定,在这种情况下,为了证明取样器在全部工作条件范围内都能正常运行,需要更多次的测试。

推荐的测试步骤如下:

- a) 当管道运行条件保持稳定时,选择测试周期。
- b) 在操作条件下,根据正常的石油取样范围选择具有最低粘度和最低密度的油品。
- c) 调整油品流量,给出管线中常用的最低流速。测试期间油品体积测量的准确度应优于 $\pm 2\%$ 。
- d) 采集三个独立的样品,即“测试前”、“测试中”和“测试后”样品。为使样品尽可能有效均匀,应采用小容量的测试接收器并增加取样频率,以获得足够的容积。使取样器至少工作 1 h,采集“测试前”样品,更换接收器,并按 15.2 的要求至少注水 1 h。当注水全部通过取样器时,再次更换接收器,采集“测试后”样品 1 h。测定采集的“测试前”和“测试后”样品的含水量(见图 6)。“测试前”和“测试后”样品的含水量之差不应超过 0.1%。
- e) 在注水通过的整个时间间隔内,用取样器采集测试样品。应考虑水从注入点到取样位置的时间滞后(见图 6)。在低流量下,注水流速可能低于原油流速,因此在预计注水通过时,用一定时间连续地取样至测试接收器。完成取样后,应采用常规的程序进行样品处理、混合和含水量分析。
- f) 因为取样频率可能影响某些取样设备的性能,因此应对每种取样器的结构和安装进行下列性能验证:
 - 1) 对于单位容积固定的取样器,在最小和最大两个取样频率下测量由 100 个单位样品给出的样品容积。
 - 2) 对于单位容积可变的取样器,在最小和最大两个流量下测量样品体积与批量体积的比例。对于 1)和 2),在上述最小和最大条件下得到的数值都应在计算值的 $\pm 5\%$ 以内。

15.4 计算

应按式(1)~式(3)计算测试样品中的平均含水量与基础含水量之差、平均注水量:

$$W_{dev} = (W_{test} - W_{base}) - W_{inj} \dots\dots\dots(1)$$

$$W_{inj} = \frac{V_1}{V_2} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

$$W_{base} = \frac{W_{bef} + W_{aft}}{2} \cdot \frac{(V_2 - V_1)}{V_2} \dots\dots\dots(3)$$

式中:

W_{dev} ——“测试中”样品含水量与平均注水量(含允许的基础含水)的百分比偏差;

W_{test} ——“测试中”样品含水百分比[见 15.3 中 e)];

W_{base} ——“测试前”(W_{bef})和“测试后”(W_{aft})基础样品[见 15.3 中 d)]的含水百分比,但用式(3)调整到“测试”条件;

W_{inj} ——油品中注水百分数;

V_1 ——注水总体积,单位为立方米(m^3);

V_2 ——在取样器采集“测试中”样品期间,通过取样位置的油水总体积,单位为立方米(m^3);

计算比率 $W_{dev}/(W_{inj} + W_{base})$,并根据表 4,得到测试条件下取样系统的额定参数。

表 4 注水量等于或大于 1%时取样测试额定参数

额定等级	$ W_{dev}/(W_{inj} + W_{base}) $
A	不大于 0.05
B	大于 0.05,但不大于 0.10
C	大于 0.10,但不大于 0.15
D	大于 0.15

15.5 结果评价

其性能符合表 4 中 A 级的取样系统,满足本标准的最高要求。假如其性能只达到较低的 B、C 和 D 级,则应考虑对结构和操作参数进行改进,以使其达到较高的等级。假如没有可能,或者因经济原因认为不合理,则可根据环境和实际应用情况确认该取样系统已满足要求。

15.6 校正措施

如果取样系统需要改进,则首要的校正措施应是对测试步骤进行彻底检查,并确认取样、样品混合、样品处理和实验室程序。

如果这些都令人满意,则下一步工作就是重新核查截面和性能系数,以及流量计和取样系统的所有部件。

16 取样系统总不确定度估算

16.1 概述

本章提供了通过考虑每一取样环节和分析步骤的不确定度,对取样系统总不确定度进行估算的数学方法。该方法采用了在多数情况下能够应用的近似公式(见 16.3)。

在最初阶段,设计者可以采用该公式获得与取样系统总不确定度有关的信息及每个环节对最终结果的影响,为技术和经济优化提供了可能。

大多数系数可由系统的结构特性确定,而这些系数不是变量。变量是采集的单位样品数 N 和分析次数 n 。

注 1: 应注意误差和不确定度的主要不同,根据定义,前者是未知的,而后者是可以估计的。

注 2: 有关公式推导的详细内容在 GB/T 23256—2009 中给出。

16.2 取样系统特性

在一次输送过程中,用自动取样器获得的样品的代表性,取决于取样过程不同阶段所使用的各部件的配置和特性。

16.3 不确定度计算公式

与 16.1 有关的公式见式(4):

$$D = \frac{1}{N} + \omega(S + L) + 2\sqrt{\frac{1}{N}(1.2 \times 10^{-2} + \sqrt{\omega R})^2 + \omega^2\left(\frac{h_r^2}{4} + P\right)} \dots\dots\dots(4)$$

式中:

- ω ——以体积表示的含水量;
- D ——与 ω 的随机误差、系统误差有关的综合不确定度(95%的置信度);
- N ——单位样品数;
- S, R, L 和 P ——导出系数(见 16.3.1)。

16.3.1 导出系数如下,见式(5)~式(8):

取样:

$$S = a_s + b_s + h_s \dots\dots\dots(5)$$

$$R = \frac{1}{4}(a_r^2 + b_r^2 + c_r^2 + d_r^2) \dots\dots\dots(6)$$

实验室:

$$L = f_s + g_s \dots\dots\dots(7)$$

$$P = \frac{1}{4}\left(f_r^2 + \frac{g_r^2}{n}\right) \dots\dots\dots(8)$$

式中:

- S ——相对系统不确定度;
- R ——相对随机不确定度;
- L ——相对系统不确定度;
- P ——相对随机不确定度;
- $a_s, b_s, \dots, g_s, h_s$ ——影响测量值 ω 的各系数相对系统不确定度(见 16.3.2);
- $a_r, b_r, \dots, g_r, h_r$ ——影响测量值 ω 的各系数的相对随机不确定度。
- N ——分析次数。

注: x 的相对不确定度是 x 的不确定度与 x 值之比。

16.3.2 影响测量值 ω 的各因素如下

- a) 在 5 和附录 A 中所描述的含水量的不均匀性(例如分散性较差):
- 相对系统不确定度 a_s ;
- 相对随机不确定度 a_r 。

- b) 在第 8 章中描述的由取样系统引起的含水量改变(例如非均匀动力);
 相对系统不确定度 b_s ;
 相对随机不确定度 b_r 。
- c) 每个单位样品体积的不确定度;
 相对系统不确定度 d_s (不用,仅见 16.4);
 相对随机不确定度 d_r 。
- d) 在第 10 章中描述的由流量计(非比例性程度)引起的流量不确定度,例如涡轮流量计系数变化;
 相对系统不确定度 c_s (不用,仅见 16.4);
 相对随机不确定度 c_r 。
- e) 在第 11 章中所描述的取样过程中的含水量变化(例如污染或水蒸发损失);
 相对系统不确定度 h_s ;
 相对随机不确定度 h_r 。
- f) 在第 12 章中所描述的因样品处理和混合造成的含水量变化(例如在实验室中均匀性不好);
 相对系统不确定度 f_s ;
 相对随机不确定度 f_r 。
- g) 因实验室玻璃器皿转换和分析造成的含水量变化(例如离心管误差);
 相对系统不确定度 g_s ;
 相对随机不确定度 g_r 。

16.4 公式使用范围

在下列条件下使用式(4)才是有效的:

- a) 单位样品数(N)大于 1 000;
 b) 在工作范围内,流量计的相对系统不确定度 c_s 不大于 ± 0.1 (即小于或等于 10%);
 c) 单位样品体积的相对系统不确定度 d_s 不大于 ± 0.1 (即小于或等于 10%)。

16.5 举例

设计以下例子有助于应用式(4),所用数据取自常规工业实践中的特定数据。

示例 1

a) 已知数值:

$N=10\ 000$	$c_s=10\%=0.10$
$\omega=1\%=0.01$	$c_r=2\%=0.02$
$n=2$	$h_s=2\%=0.02$
$a_s=1\%=0.01$	$h_r=2\%=0.02$
$a_r=5\%=0.05$	$f_s=1\%=0.01$
$b_s=1\%=0.01$	$f_r=1\%=0.01$
$b_r=2\%=0.02$	$g_s=1\%=0.01$
$d_s=10\%=0.10$	$g_r=8\%=0.08$
$d_r=10\%=0.10$	

b) 计算过程:

$$S = a_s + b_s + h_s = 0.01 + 0.01 + 0.02 = 0.04$$

$$R = \frac{1}{4}(a_s^2 + b_s^2 + c_s^2 + d_s^2) = \frac{1}{4}(0.002\ 5 + 0.000\ 4 + 0.000\ 4 + 0.01) = 0.003\ 3$$

$$P = \frac{1}{4} \left(f_r^2 + \frac{g_r^2}{n} \right) = \frac{1}{4} \left(0.0001 + \frac{0.0064}{2} \right) = 0.0008$$

$$L = f_s + g_s = 0.01 + 0.01 = 0.02$$

$$D = \frac{1}{10\,000} + 0.01(0.04 + 0.02) + 2\sqrt{\frac{1}{10\,000}(0.012 + 0.0057)^2 + 0.0001(0.0001 + 0.0008)} = 14 \times 10^{-4}$$

$$D = 0.14\%$$

c) 结果:

$$\omega = (1 \pm 0.14)\%$$

示例 2

a) 已知数值

$$N=20\,000$$

$$c_s=10\%=0.10$$

$$\omega=2\%=0.02$$

$$c_r=4\%=0.04$$

$$n=2$$

$$h_s=1\%=0.01$$

$$a_s=1\%=0.01$$

$$h_r=1\%=0.01$$

$$a_r=5\%=0.05$$

$$f_s=0.5\%=0.005$$

$$b_s=1\%=0.01$$

$$f_r=1\%=0.01$$

$$b_r=4\%=0.04$$

$$g_s=0.5\%=0.005$$

$$d_s=10\%=0.10$$

$$g_r=4\%=0.04$$

$$d_r=10\%=0.10$$

b) 计算过程:

$$S = a_s + b_s + h_s = 0.01 + 0.01 + 0.01 = 0.03$$

$$R = \frac{1}{4}(a_r^2 + b_r^2 + c_r^2 + d_r^2) = \frac{1}{4}(0.0025 + 0.0016 + 0.0016 + 0.01) = 0.0039$$

$$P = \frac{1}{4} \left(f_r^2 + \frac{g_r^2}{n} \right) = \frac{1}{4} \left(0.0001 + \frac{0.0016}{2} \right) = 0.0002$$

$$L = f_s + g_s = 0.005 + 0.005 = 0.01$$

$$D = \frac{1}{20\,000} + 0.02(0.03 + 0.01) + 2\sqrt{0.00005(0.012 + 0.0088)^2 + 0.0004(0.00025 + 0.0002)} = 15.2 \times 10^{-4}$$

$$D = 0.15\%$$

c) 结果:

$$\omega = (2 \pm 0.15)\%$$

示例 3

a) 已知数值

$$N=1\,000(N \text{ 的边界值})$$

$$c_s=10\%=0.10$$

$$\omega=0.5\%=0.005$$

$$c_r=4\%=0.01$$

$$n=2$$

$$h_s=1\%=0.01$$

$$a_s=1\%=0.01$$

$$h_r=1\%=0.01$$

$$a_r=5\%=0.05$$

$$f_s=0.5\%=0.005$$

$$b_s=1\%=0.01$$

$$f_r=1\%=0.01$$

$$b_r=2\%=0.02$$

$$g_s=0.5\%=0.005$$

$$d_s=10\%=0.10$$

$$g_r=4\%=0.04$$

$$d_r=5\%=0.05$$

b) 计算过程:

$$S = a_s + b_s + h_s = 0.01 + 0.01 + 0.01 = 0.03$$

$$R = \frac{1}{4}(a_r^2 + b_r^2 + c_r^2 + d_r^2) = \frac{1}{4}(0.0025 + 0.0004 + 0.0001 + 0.0025) = 0.0014$$

$$P = \frac{1}{4} \left(f_r^2 + \frac{g_r^2}{n} \right) = \frac{1}{4} \left(0.0001 + \frac{0.0016}{2} \right) = 0.0002$$

$$L = f_s + g_s = 0.005 + 0.005 = 0.01$$

$$D = \frac{1}{1\,000} + 0.005(0.03 + 0.01) + 2\sqrt{\frac{1}{1\,000}(0.012 + 0.002\,6)^2 + 0.000\,025(0.000\,025 + 0.000\,225)} = 2.1 \times 10^{-3}$$

$$D = 0.21\%$$

c) 结果:

$$\omega = (0.5 \pm 0.21)\%$$

附录 A
(规范性附录)
油中水分散度估算

A.1 引言

本附录描述了以简化理论为基础的计算方法,以说明在推荐或实际取样位置的油中水分散度。在实际应用时,应十分谨慎地使用这些方法。

在 A.3 中,以简化模型给出了这些步骤的理论基础。

由于以下原因,计算结果与某些实验值的偏差可能很大。

- a) 由于实验数据不足,很难确定某些常数值。特别是 ΔX 值[式(A.11)等],其在许多条件下是未知的。
- b) 计算中使用的一些主要公式有局限性(见 A.3),因此,在估算分散度的合格限时,特别强调采用逼近方法。

A.2 概述

在取样位置,油和水分散度应足以给出代表性样品,即在取样探头入口处的含水率应在 4.4 给出的合格限内。

A.2.1 水平管

A.2.1.1 对于代表性样品,油和水充分混合用均匀分布来表征(在 A2.1.2 中, $C_1 = C_2$)。通过采用大流量、高黏度油品、高密度油品、小管径和上游混合等,加速油水分散。

油和水分层由水分散度来表征,即具有相对高的沉降速率 W 的大直径水滴会导致含水率沿管底方向增加,沿管顶方向减小。最低限度的上游混合、小流量、低黏度油品、低密度油品和大管径等都有助于形成此状态。

A.2.1.2 用式(A.1)估算水平管道中的分散程度

$$\frac{C_1}{C_2} = \exp\left(\frac{-W}{\epsilon/D}\right) \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

- C_1/C_2 ——顶部(C_1)对底部(C_2)的含水率比值;
- W ——水滴的沉降速率;
- ϵ ——湍流扩散率
- D ——管径;

C_1/C_2 在 0.9~1.0 之间表示分散非常好,0.4 及其以下表示分散不好,分层潜在性较高。

A.2.1.3 提供四个计算方法:

- 方法 1:指明分散度是否足以满足取样要求(见 A.4);
- 方法 2:指明是否具备正常取样的足够能量(见 A.5);
- 方法 3:选择适当的取样位置(见 A.6);
- 方法 4:根据截面测试数据确定系统常数(见 A.7)。

A.2.1.4 除了 A.3 中讨论的假定和限制外,还应注意以下几点:

- a) 该分析是以充分发展的含水截面的假设为基础的,因此,对于所取截面,若非常靠近混合部件(此处,涡旋影响会改变分散)或位于下游非常远(此处,沉降会占支配地位,特别是低流速时),不可能采用该分析方法进行准确描述。
- b) 在截面测试或验证测试期间,注水可产生附加混合作用,因此预期系统内的分散情况会更好。注水产生的混合能量应当小于取样位置上游最关键混合部件所产生能量的一半[见 A. 3 和 A. 4 中的方法 1,式(A. 11)~式(A. 15)]。
- c) 原油中含水量高低对截面分布有一些影响。假如该含水率随时间变化,并达到 10%~20%,则不应当使用此方法。
- d) 作为分析截面测试数据和评价可疑性能的诊断工具,这些计算步骤的主要用途是筛选潜在取样位置,以评价运行条件改变是否能对分散度产生不利影响,估算提高分散度所需的附加混合能量。
- e) 为了对取样系统位置进行确认或提出质疑,建议进行取样器验证测试或截面测试。这些计算有助于评价不合格系统的改进情况(见 A. 5 方法 2)。
- f) 在评价给定系统的分散度是否足够时,建议使用预期的最差条件,例如最低流量、最低油粘度或最低油密度。
- g) 当计算能量耗散率(E)时应注意,对于耗散而言,不同管件耗散能量是不可叠加的,即当存在一系列管件时,只考虑管件中能量耗散最大的一个。在方法 3 中给出了确定最关键管件的方法(见 A. 6)。

A. 2.2 垂直管

在垂直管线中,由于地心引力不会象水平管线中那样加速沉降,因此,其分散程度通常比水平管线好。然而,假如水滴的沉降速率大于原油流速的 5%,则向上流动时含水率将显著高于平均含水率,向下流动时含水率将显著地低于平均含水率。

注:水滴沉降速率可以用图 A. 2 或式(A. 7)估算。

取样探头安放位置离上游弯管的最短距离为 3 倍管径,但最好大于 5 倍管径,离任一弯管的最短距离为 0.5 倍管径,以避免截面分布失真。

A. 2.3 单位

本附录中涉及的参数,一般用 SI 单位表示。当使用其他单位时,在所涉及公式后面专门给予说明。

A. 2.4 符号

在表 A. 1 中,给出了本附录所用符号的名称或说明及单位。

表 A. 1 符号

符 号	名称或说明	单位符号
C	含水率(水和油比率)	1
D	管径	m
d	水滴平均直径	m
E	能量耗散率	W/kg
E_s	关键管件的有效能量耗散	W/kg
E_o	直管中的能量耗散	W/kg

表 A.1 (续)

符 号	名称或说明	单 位 符 号
E_r	所需的能量耗散	W/kg
f	范宁(Fanning)摩擦系数	1
G	在式(A.26)中定义的参数	1
g	重力加速度($g=9.81$)	m/s ²
K	阻力系数	1
ΔP	压降	Pa ^a
Q	体积流量	m ³ /s
R	管半径	m
Re	雷诺数	1
U^*	摩擦速度	m/s
v	线流速	m/s
\bar{V}	容积	m ³
W	水滴沉降速率	m/s
ΔX	损耗距离	m
Y	顶部和底部截面探头之间的距离	m
β	在式(A.20)中定义的参数	1
γ	在管径变化处小管径和大管径之比	1
λ	布莱塞斯(Blasius)摩擦系数($\lambda=4f$)	1
ϵ	湍流扩散率	m ² /s
ζ	湍流扩散常数	1
θ	运动黏度	mm ² /s ^b
ρ	原油密度	kg/m ³
ρ_w	水密度	kg/m ³
σ	表面张力	N/m ^c
τ	在式(A.15)中定义的系统常数	m ⁻¹

^a 1 Pa=10⁻⁵ bar。
^b 1 m²/s=10⁶ cSt=10⁶ mm²/s。
^c 1 N/m=10³ dyn/cm。

A.3 原理

在下列公式中,许多公式都不是绝对适用于这些情况,但由于它们对复杂问题提供了简化处理,因此又是可用的。

如 A. 2. 1. 2 中所述,水平管顶部的含水率(C_1)与底部的含水率(C_2)之间的关系,按式(A.2)计算:

$$\frac{C_1}{C_2} = \exp\left(\frac{-W}{\varepsilon/D}\right) \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

该公式仅适用于 $\frac{W}{\varepsilon/D} < 1$ 时。

ε 表征管线湍流特性,按式(A.3)计算:

$$\varepsilon = \zeta R U^* \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

ζ 的充分估计值是 0.36。

U^* 与范宁摩擦系数 f 和管内平均流速 v 有关,按式(A.4)计算:

$$U^* = v \left(\frac{f}{2}\right)^{1/2} \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

对于光滑管,范宁摩擦系数按公式(A.5)计算:

$$f = \frac{0.079}{R_e^{0.25}} \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

布莱塞斯摩擦系数 λ 与 f 有关,由公式 $\lambda = 4f$ 确定,能等效地用于后面的公式中。

将式(A.4)和式(A.5)代入式(A.3)中,取 $\zeta = 0.36$,得:

$$\frac{\varepsilon}{D} = 6.313 \times 10^{-3} \theta^{0.125} v^{0.875} D^{-0.125} \quad \dots\dots\dots (A.6)$$

式(A.6)既可以用数字法解,也可以用诺谟图(图 A.3)所示的图解法。

式(A.2)另一个重要参数是具有平均粒度的颗粒的沉降速率。按照 Stokes 定律,沉降速率可用式(A.7)描述:

$$W = \frac{g}{18} \left(\frac{\rho_d - \rho}{\rho}\right) \frac{d^2}{\theta} 10^6 \quad \dots\dots\dots (A.7)$$

水滴平均直径 d 由式(A.8)给出或按图 A.1 中的序数 E, ρ, d 给出。

$$d = 0.3625 \left(\frac{\sigma}{\rho}\right)^{0.6} E^{-0.4} \quad \dots\dots\dots (A.8)$$

将式(A.8)代入式(A.7),假设 $\sigma = 0.025$ N/m,得:

$$W = 855 \left(\frac{\rho_d - \rho}{\theta \rho^{2.2}}\right) E^{-0.8} \quad \dots\dots\dots (A.9)$$

式(A.9)既可以用数字法解,也可以用诺谟图(图 A.2)求解(见本章注 1)。

能量耗散率与压降 Δp 的相关式为:

$$E = \frac{\Delta p Q}{\rho V} \quad \dots\dots\dots (A.10)$$

\bar{V} ——发生分散作用的体积。

因此

$$E = \frac{\Delta p v}{\Delta X \rho} \quad \dots\dots\dots (A.11)$$

ΔX ——特征长度,代表能量发生耗散的距离,即原油中水相分裂为小滴状的名义长度。

在多数情况下, ΔX 是未知的。在任何可能的地方,其数值应以实验数据为基础。对于专门设计的高效静态混合器, ΔX 值较小,应向设计人员索取。

对于某些管件(例如,阀门、泵等),通常已知压降,可较方便地使用式(A.11)。对 Δp 未知的场合,可用式(A.12)计算 Δp :

$$\Delta p = \frac{K \rho v^2}{2} \quad \dots\dots\dots (A.12)$$

式(A.11)因此变为式(A.13):

$$E = \frac{K v^3}{2 \Delta X} \quad \dots\dots\dots (A.13)$$

为便于截面数据分析(见 A.7 方法 4),将式(A.13)改写成如下形式:

$$E = \tau^3 \dots\dots\dots (A.14)$$

τ 为系统常数,定义为:

$$\tau = \frac{K}{2\Delta X} \dots\dots\dots (A.15)$$

在无阻流件的长直管的特殊情况下,压力梯度由式(A.16)计算:

$$\frac{\Delta p}{\Delta X} = \frac{2f\rho v^2}{D} \dots\dots\dots (A.16)$$

式中 f 由式(A.5)计算。

将式(A.16)代入式(A.11),得出管线能量耗散率 E_0 (见式(A.17));

$$E_0 = \frac{2f^3}{D} \dots\dots\dots (A.17)$$

或用式(A.5)代替 f ,得式(A.18):

$$E_0 = 0.005\theta^{0.25} D^{-1.25} v^{2.75} \dots\dots\dots (A.18)$$

式中 θ 的单位为 $\text{mm}^2/\text{s}(\text{cSt})$

由式(A.16)和式(A.17)可知,式(A.13)中的 E 也可以表示为式(A.19)~(A.20):

$$E = \beta E_0 \dots\dots\dots (A.19)$$

式中:

$$\beta = \frac{KD}{4\Delta X f} \dots\dots\dots (A.20)$$

为推导一个更简单、快捷的计算方法,这一可供选择的表达式是有用的[见 A.4 方法 1 中的 A.4.2.2 方法 b)及本章注 2]。

注 1: 内表面张力值可能受到添加剂和杂质的显著影响。假如已知表面张力值不等于 0.025 N/m ,则应对公式(A.9)给出的沉降速率加以修正,修正方法是将公式(A.9)右边乘以 $\left(\frac{\sigma}{0.025}\right)^{1.2}$ 。

注 2: 只有假设水滴的粒度分布可以用平均值近似描述时,上述计算才是可用的。假如实际的液滴粒度分布宽,则含水率比值的预测可能与实际值不一致。原因是小于平均粒度的液滴更易于分散,大于平均粒度的液滴沉降较快。

另外,由测试确定的实际截面可能也与预测的含水率比值不相一致,原因是 ΔX 和 f 等参数不能被测量。出于该原因,应根据给出的系统常数 τ 和混合部件 β 的特性参数来预测给定系统在不同流动条件(v, ρ, θ)下的含水率比值。

A.4 方法 1

A.4.1 目的

说明在具有给定管件的系统中,分散度是否足以满足取样要求。

A.4.2 第一步

按 A.4.2.1 或 A.4.2.2 中给出的方法,估算所考虑的管件中用于分散的能量 E_r 。

A.4.2.1 方法 a)

用式(A.11)计算 E :

$$E = \frac{\Delta p v}{\Delta X \rho} \dots\dots\dots (A.11)$$

注 1: 假如 ΔX 是未知的,可以采用替代值 $\Delta X=10D$ 作为较低混合效率装置的一个粗略的近似值,例如表 A.2 中的数值。

注 2: 假如 ΔP 未知, 则按下式计算:

$$\Delta p = \frac{K \rho v^2}{2} \dots\dots\dots (A. 12)$$

式中 K 为所考虑管件的阻力系数。不同管件 K 值的推荐值在表 A. 2 中给出。

注 3: E 也可用式(A. 14)描述:

$$E = \tau^3 \dots\dots\dots (A. 14)$$

式中 τ 为一个系统常数。假如一组截面测试数据有效, 则由 A. 7 方法 4 求出给定系统的 τ 值。

表 A. 2 推荐的阻力系数

名 称	公 式	取 值 区 间
收缩管	$K=0.5(1-r^2)$	$0 \leq K \leq 0.5$
扩张管	$K=(1-r^2)^2$	$0 \leq K \leq 1.0$
孔板	$K=2.8(1-r^2) \left[\left(\frac{1}{r} \right)^4 - 1 \right]$	
斜接圆弯管	$K=1.2(1-\cos\theta)$ 式中 θ 为转角	$0 \leq K \leq 1.2$
旋开止回阀	$K=2$	
角接阀	$K=2$	
球阀	$K=6$	
闸阀	$K=0.15$	
注: r 是小管直径与大管直径之比; K 以小口径管中的流速为基础。		

A. 4. 2. 2 方法 b)

可采用一种代替方法计算 E 。与方法 a) 相比, 该方法既简单又快, 但精度低。该方法以式(A. 19)为基础:

$$E = \beta E_0 \dots\dots\dots (A. 19)$$

式中:

β ——混合部件的特性参数;

E_0 ——光滑直管段中的能量耗散率, 可由图 A. 1 或式(A. 18)计算。

$$E_0 = 0.005 \theta^{0.25} D^{-1.25} v^{2.75} \dots\dots\dots (A. 18)$$

其中 θ 的单位为 $\text{mm}^2/\text{s}(\text{cSt})$ 。

注: 对于特定的管件, 推荐采用下列试用关系式(A. 19)、式(A. 23)~式(A. 25)计算 E :

a) 弯头:

$$E = \beta E_0 \dots\dots\dots (A. 19)$$

式中 β 在表 A. 3 中给出。

弯头之间的管段可能影响分散度。对于表 A. 3 中列出的值, 弯头之间的距离应不超过 30 倍管径。

b) 变径管:

$$E = \beta E_0 \dots\dots\dots (A. 19)$$

式中 β 计算公式见式(A. 21)~(A. 22)

1) 收缩管:

$$\beta = 2.5(1-r^2) \dots\dots\dots (A. 21)$$

2) 扩张管:

$$\beta = 5(1 - \gamma^2)^2 \dots\dots\dots(A. 22)$$

式中 γ 为小管直径与大管直径之比。

表 A.3 弯头的 β 值

弯头个数 n	弯头半径与管线直径之比(γ/D)						
	1	1.5	2	3	4	5	10
$n^* = 1$	1.27	1.25	1.23	1.22	1.18	1.15	1.07
$n = 2$	1.55	1.50	1.48	1.45	1.38	1.30	1.13
$n = 3$	1.90	1.80	1.75	1.70	1.56	1.44	1.18
$n = 4$	2.20	2.10	2.00	1.93	1.72	1.56	1.23
$n = 5$	2.60	2.40	2.30	2.20	1.90	1.70	1.28

* n 是在直径为 D 的管线中,半径为 γ 的弯头个数。

c) 离心泵:

$$E = 0.0125 \frac{\Delta PQ}{\rho D^3} \dots\dots\dots(A. 23)$$

式中 D 为泵的出口直径。

d) 节流阀:

$$E = \frac{\Delta PV}{20\rho D} \dots\dots\dots(A. 24)$$

e) 流量喷嘴

$$E = 0.022 \frac{v_1^3}{\phi} \dots\dots\dots(A. 25)$$

式中:

- ϕ —— 喷嘴直径;
- v_1 —— 喷嘴出口流速。

A.4.3 第二步

根据图 A.2 或式(A.9),计算平均粒度液滴的沉降速率:

$$W = 855 \left(\frac{\rho_a - \rho}{\theta \rho^{2.2}} \right) E^{-0.8} \dots\dots\dots(A. 9)$$

式中:

- E —— 在第一步中所获得数据中的最高值;
- ρ_a —— 水密度。对于盐水(来自油井或油轮),假如实际值不能得到,则建议值是 $1\ 025\ \text{kg/m}^3$ 。
- 假如 C_1 和 C_2 的平均值高于 5%,则将 W 乘以 1.2。

A.4.4 第三步

根据图 A.3 或式(A.6),计算湍流特性:

$$\frac{\epsilon}{D} = 6.313 \times 10^{-3} \theta^{0.125} v^{0.875} D^{-0.125} \dots\dots\dots(A. 6)$$

A.4.5 第四步

按式(A.26)计算参数 G :

$$G = \frac{\epsilon/D}{W} \dots\dots\dots (A.26)$$

可按表 A.4 确定所预测的含水率比值。

注：因为计算的不确定性，G 的误差可能超过 20%。这些较大误差发生在 G 值较低的情况下，因此，当在式(A.26)中获得的 G 值小于 2 时，则不推荐取样。

表 A.4 预期的含水率比值

G	C ₁ /C ₂	C ₂ /C ₁
10	0.90	1.11
8	0.88	1.14
6	0.85	1.18
4	0.78	1.28
3	0.71	1.41
2	0.61	1.64
1.5	0.51	1.96
1	0.37	2.70

A.5 方法 2

A.5.1 目的

说明在给定流动条件下的某一给定管件，是否能提供取得合格样品的足够能量 E_r。

A.5.2 第一步

根据表 A.4 确定所需截面的 G 值。例如，如果要求具有 C₁/C₂ 为 0.90 的截面，则相应的 G 值是 10。

A.5.3 第二步

根据图 A.3 或式(A.6)，计算湍流特性：

$$\frac{\epsilon}{D} = 6.313 \times 10^{-3} \theta^{0.125} \nu^{0.875} D^{-0.125} \dots\dots\dots (A.6)$$

A.5.4 第三步

按式(A.27)计算所需的沉降速率：

$$W = \frac{\epsilon/D}{G} \dots\dots\dots (A.27)$$

A.5.5 第四步

根据图 A.2 或式(A.28)，计算合格截面所需的能量：

$$E_r = 4630 \left(\frac{\rho_a - \rho}{\theta W} \right)^{1.25} \rho^{-2.75} \dots\dots\dots (A.28)$$

A. 5.6 第五步

按照 A. 4 中方法 1 的第一步,计算有效分散所需的能量 E_a 。假如 $E_a < E_r$,则得到的能量不足以取得合格样品。

A. 5.7 第六步

采用下列任一种替代方法,以增加有效能量;

- a) 另加一个上游混合管件;
- b) 减小上游管径(即增加流速);
- c) 研究确定取样探头的替代位置(见 A. 6 方法 3)。

A. 6 方法 3

A. 6.1 目的

选择合适的取样位置。

A. 6.2 第一步

筛选出最差条件,确定所需的含水率比值 C_1/C_2 ,并根据表 A. 4 找到相应的 G 值。

A. 6.3 第二步

根据图 12 或式(A. 6),计算 ϵ/D :

$$\frac{\epsilon}{D} = 6.313 \times 10^{-3} \theta^{0.125} \nu^{0.875} D^{-0.125} \dots\dots\dots (A. 6)$$

A. 6.4 第三步

按式(A. 27)计算 W :

$$W = \frac{\epsilon/D}{G} \dots\dots\dots (A. 27)$$

A. 6.5 第四步

根据图 A. 2 或式(A. 28),计算预期截面所需的能量:

$$E_r = 4\,630 \left(\frac{\rho_d - \rho}{\theta W} \right)^{1.25} \rho^{-2.75} \dots\dots\dots (A. 28)$$

A. 6.6 第五步

根据 A. 4 中方法 1 的第一步,计算系统中每个管件的能量耗散 E ,并确定哪个管件的能量耗散率最大。该管件就是最关键管件,与其相关的能量是有效耗散能量 E_a 。

A. 6.7 第六步

比较 E_a 和 E_r ,由表 A. 5 确定所得截面是否合格。

表 A.5 截面的合格性

条 件	结 论	措 施
$E_s \geq E_r$	截面满足要求	不需要采取措施
$E_s < E_r$	截面不满足要求	增加流速(通过在取样位置上游至少 10 倍管径处缩小管径),或新增加一个混合管件。进行第七步。

A.6.8 第七步

假如通过减小管径已经增大流速,则重复第二步到第六步,确定新 E_s 值是否大于新 E_r 值。

假如新混合管件在不改变流速的情况下已安装在系统中,则根据 A.4 中方法 1 的第一步,检查其能量耗散 E 是否大于 E_s 。如果 $E \geq E_s$,则用 E 取代 E_s ,并进行第六步。如果 $E < E_s$,则对另一个管件重复第七步。

A.7 方法 4

A.7.1 目的

由截面测试数据确定系统常数 τ 。

A.7.2 第一步

确定顶部探头位置(C_A)和底部探头位置(C_B)的含水率,并确定这两个探头位置之间的距离(Y)和用于截面测试的 θ 、 V 和 D 值。

A.7.3 第二步

根据图 A.3 或下式,计算湍流特性:

$$\frac{\varepsilon}{D} = 6.313 \times 10^{-3} \theta^{0.125} \nu^{0.875} D^{-0.125} \dots\dots\dots (A.6)$$

A.7.4 第三步

按式(A.29)计算沉降速率:

$$W = \frac{\varepsilon}{D} \left(\frac{D}{Y} \right) \ln \left(\frac{C_B}{C_A} \right) \dots\dots\dots (A.29)$$

注: $C_B > C_A$ 。

A.7.5 第四步

根据图 A.2 或式(A.28),计算 E :

$$E = 4630 \left(\frac{\rho_d - \rho}{\theta W} \right)^{1.25} \rho^{-2.75} \dots\dots\dots (A.28)$$

A.7.6 第五步

用式(A.30)[重新调整的式(A.14)]计算 τ :

$$\tau = \frac{E}{\nu^3} \dots\dots\dots (A.30)$$

注: 对于一个给定系统,由此计算的 τ 值仅适用于该特定系统,一般不能应用于其他管路配置。

A.8 举例

A.8.1 方法 1 的例子

使用与参数 G(见表 A.4)相关的指南,确定一个系统中的分散度是否足以取样。该系统包含一个从直径 1.0 m~0.5 m 的收缩管。利用以下附加信息:

$$v = 1.0 \text{ m/s (在小口径管中)}$$

$$\rho = 840 \text{ kg/m}^3$$

$$\theta = 12 \text{ mm}^2/\text{s} (12 \text{ cSt})$$

$$\rho_d = 1\,025 \text{ kg/m}^3$$

A.8.1.1 第一步

估算有效分散能量。

A.8.1.1.1 方法 a)

a) ΔX 的省缺值是 10D。

b) 计算 K(见表 A.2):

$$K = 0.5(1 - \gamma^2) = 0.5[1 - (0.5/1.0)^2] = 0.375$$

c) 计算 Δp :

$$\Delta p = \frac{K\rho v^2}{2} = \frac{0.375(840)(1.0)^2}{2} = 157.5 \text{ (Pa)}$$

d) 计算 E:

$$E = \frac{\Delta p V}{\Delta X \rho} = \frac{157.5(1.0)}{10(0.5)(840)} = 0.0375 \text{ (W/kg)}$$

A.8.1.1.2 方法 b)

a) 计算 E_0 。(见图 A.1 中例 1):

$$\begin{aligned} E_0 &= 0.005\theta^{0.25}D^{-1.25}v^{2.75} \\ &= 0.005(12)^{0.25}(0.5)^{-1.25}(1.0)^{2.75} \\ &= 0.022 \text{ (W/kg)} \end{aligned}$$

b) 计算 β :

$$\beta = 2.5(1 - \gamma^2) = 2.5[1 - (0.5/1.0)^2] = 1.875$$

c) 计算 E:

$$E = \beta E_0 = 1.875(0.022) = 0.04 \text{ (W/kg)}$$

A.8.1.2 第二步

使用由方法 a) (因为它是较精确的方法)计算的 E 值,计算沉降速率:

$$\begin{aligned} W &= 855 \left(\frac{\rho_d - \rho}{\theta \rho^{2.2}} \right) E^{-0.8} \\ &= 855 \left(\frac{1\,025 - 840}{12 \times 840^{2.2}} \right) 0.0375^{-0.8} \\ &= 0.0672 \text{ (m/s)} \text{ (见图 A.1 中例 1)} \end{aligned}$$

按下式计算液滴直径:

$$\begin{aligned}
 d &= 0.3625 \left(\frac{\sigma}{\rho} \right)^{0.6} E^{-0.4} \\
 &= 0.3625 \left(\frac{0.025}{840} \right)^{0.6} (0.0375)^{-0.4} \\
 &= 0.00259 \text{ (m)} \\
 d &= 2.59 \text{ (mm)} \text{ (见图 A.1 中例 1)}
 \end{aligned}$$

A.8.1.3 第三步

计算湍流特性(见图 A.3 中的例子)。

$$\begin{aligned}
 \frac{\epsilon}{D} &= 6.313 \times 10^{-3} \theta^{0.125} \nu^{0.875} D^{-0.125} \\
 &= 6.313 \times 10^{-3} (12)^{0.125} (1.0)^{0.875} (0.5)^{-0.125} \\
 &= 0.0094 \text{ (m/s)}
 \end{aligned}$$

A.8.1.4 第四步

计算 G 值:

$$G = \frac{\epsilon/D}{W} = \frac{0.0094}{0.0672} = 0.14$$

该值表明含水率比值 C_1/C_2 小于 0.30(表 A.4), 因此, 在给定条件下分散度不足以取得合格样品。

A.8.2 方法 2 的例子

对于 A.8.1 所描述的条件, 确定正确取样所需的附加能量。

A.8.2.1 第一步

根据表 A.4 确定所需的 G 值。例如, $C_1/C_2 = 0.90$, 则所需的 $G = 10$ 。

A.8.2.2 第二步

计算 ϵ/D :

$$\begin{aligned}
 \frac{\epsilon}{D} &= 6.313 \times 10^{-3} \theta^{0.125} \nu^{0.875} D^{-0.125} \\
 &= 6.313 \times 10^{-3} (12)^{0.125} (1.0)^{0.875} (0.5)^{-0.125} \\
 &= 0.0094 \text{ (m/s)}
 \end{aligned}$$

A.8.2.3 第三步

计算所需的沉降速率:

$$W = \frac{\epsilon/D}{G} = \frac{0.0094}{10} = 0.00094 \text{ (m/s)}$$

A.8.2.4 第四步

确定所需能量 E_r (也可见图 A.2 中例 2):

$$\begin{aligned}
 E_r &= 4630 \left(\frac{\rho_d - \rho}{\theta W} \right)^{1.25} \rho^{-2.75} \\
 &= 4630 \times \left(\frac{1025 - 840}{12 \times 0.00094} \right)^{1.25} 840^{-2.75} \\
 &= 7.80 \text{ (W/kg)}
 \end{aligned}$$

按 A. 8. 1. 2 计算液滴直径: $d=0.3 \text{ mm}$ (见图 A. 1 中例 2)。

A. 8. 2. 5 第五步

按照 A. 8. 1, 有效能量 $E_s=0.0375 \text{ W/kg}$ 。由于 $E_s \ll E_r$, 因此, 要增加有效混合能量。

A. 8. 2. 6 第六步

假如管径被减至 0.25 m , 则流速变成 4.0 m/s , 按下式得出:

$$\frac{\epsilon}{D} = 6.313 \times 10^{-3} \theta^{0.125} \nu^{0.875} D^{-0.125} = 0.0344 \text{ (m/s)}$$

$$W = \frac{\epsilon/D}{G} = 0.00344 \text{ (m/s)}$$

对于这些新条件, 所需的能量是:

$$E_r = 4630 \left(\frac{\rho_d - \rho}{\theta W} \right)^{1.25} \rho^{-2.75} = 1.54 \text{ (W/kg)}$$

$$K = 0.5(1 - \gamma^2) = 0.469$$

$$\Delta p = \frac{K \rho \nu^2}{2} = 3152 \text{ (Pa)}$$

$$E_s = \frac{\Delta p \nu}{\Delta X \rho} = 6.00 \text{ (W/kg)}$$

因此, $E_s > E_r$ ($6.00 > 1.54$), 表明在新系统中分散度满足要求(即 $C_1/C_2 > 0.90$)。

A. 8. 3 方法 3 的例子

在管线系统中选择适当的取样位置, 该管线系统包括一个具有四个弯头($r/D=2$)的环路、一个球阀、一个测量压降为 20 kPa (0.2 bar)的节流阀和一个离心泵 [$\Delta p=80 \text{ kPa}$ (0.8 bar)]。预计最极端的流动条件是:

$$V = 2.0 \text{ m/s}$$

$$\rho = 840 \text{ kg/m}^3$$

$$\theta = 12 \text{ mm}^2/\text{s} (12 \text{ cSt})$$

$$\rho_d = 1025 \text{ kg/m}^3$$

$$D = 0.5 \text{ m}$$

A. 8. 3. 1 第一步

例如, 如果选择 $C_1/C_2=0.90$, 则从表 A. 4 得 $G=10$ 。

A. 8. 3. 2 第二步

计算 ϵ/D :

$$\begin{aligned} \frac{\epsilon}{D} &= 6.313 \times 10^{-3} \theta^{0.125} V^{0.875} D^{-0.125} \\ &= 6.313 \times 10^{-3} (12)^{0.125} (2.0)^{0.875} (0.5)^{-0.125} \\ &= 0.0172 \text{ (m/s)} \end{aligned}$$

A. 8. 3. 3 第三步

计算 W :

$$W = \frac{\epsilon/D}{G} = \frac{0.0172}{10} = 0.00172 \text{ (m/s)}$$

A. 8.3.4 第四步

计算 E_r :

$$\begin{aligned} E_r &= 4\,630 \left(\frac{\rho_a - \rho}{\theta W} \right)^{1.25} \rho^{-2.75} \\ &= 4\,630 \times \left(\frac{1\,025 - 840}{12 \times 0.001\,72} \right)^{1.25} 840^{-2.75} \\ &= 3.67 \text{ (W/kg)} \end{aligned}$$

A. 8.3.5 第五步

根据步骤 1 的第一步(见 A. 4. 2), 计算出系统中每一管件的能量耗散 E 。

A. 8.3.5.1 直管

按式(A. 18)计算:

$$\begin{aligned} E_o &= 0.005 \theta^{0.25} D^{-1.25} \nu^{2.75} \\ &= 0.005 (12)^{0.25} (0.5)^{-1.25} (2.0)^{2.75} \\ &= 0.149 \text{ (W/kg)} \end{aligned}$$

A. 8.3.5.2 具有四个弯头的环路

按式(A. 19)计算

$$E = \beta E_o$$

式中 β 由表 A. 3 计算($n=4$; $r/D=2$), $\beta=2.00$ 。

因此

$$E = 2.00(0.149) = 0.298$$

A. 8.3.5.3 球阀

按式(A. 12)和式(A. 11), 取 $\Delta X=10 D$ 和 $K=6$

$$\begin{aligned} \Delta p &= \frac{K \rho \nu^2}{2} = \frac{6(840)(2)^2}{2} = 10\,080 \text{ (Pa)} \\ E &= \frac{\Delta p \nu}{\Delta X \rho} = \frac{10\,080(2)}{10(0.5)(840)} = 4.8 \text{ (W/kg)} \end{aligned}$$

A. 8.3.5.4 节流阀

按式(A. 24)计算

$$E = \frac{\Delta p \nu}{20 \rho D} = \frac{20\,000(2)}{20(840)(0.5)} = 4.76 \text{ (W/kg)}$$

A. 8.3.5.5 离心泵

按式(A. 23)计算

$$E = 0.25 \frac{\Delta p Q}{\rho D^3}$$

$$\text{取 } D=0.5 \text{ m } \quad Q = \nu \frac{\pi D^2}{4} = 0.393 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$E = \frac{0.0125(80\,000)(0.393)}{840(0.5)^3} = 3.74(\text{W/kg})$$

A.8.3.5.6 结果汇总

计算的能量值(W/kg)为:

——直管:0.149;

——四弯头环路:0.298;

——球阀:4.8;

——节流阀:4.76;

——离心泵:3.74;

这样,最关键管件是球阀,其有效耗散能量 $E_a = 4.8 \text{ W/kg}$ 。

A.8.3.6 第六步

这样, $E_a > E_r$ ($4.8 > 3.67$), 表明在球阀下游取样分散度是满足要求的。

注: 在给定系统中, 由节流阀和离心泵提供的能量超过了所需的能量, 因此, 这些管件也能用作合格的混合器。

A.8.4 方法4的例子

截面测试结果表明, 截面顶部含水率是2.0%, 底部含水率是2.5%。顶部和底部探头之间距离为0.45 m。在截面测试期间的流动条件是:

$$V = 2 \text{ m/s}$$

$$\rho = 840 \text{ kg/m}^3$$

$$\theta = 12 \text{ mm}^2/\text{s} (12 \text{ cSt})$$

$$\rho_d = 1\,025 \text{ kg/m}^3$$

$$D = 0.5 \text{ m}$$

假如原油黏度 $\theta = 50 \text{ mm}^2/\text{s}$ (50 cSt), 测试流速为1.5 m/s, 则要确定系统常数 τ 并求截面偏差值。

A.8.4.1 第一步

$$C_A = 2.0$$

$$C_B = 2.5$$

$$Y = 0.45$$

A.8.4.2 第二步

计算 ϵ/D

$$\frac{\epsilon}{D} = 6.313 \times 10^{-3} \theta^{0.125} \nu^{0.875} D^{-0.125} = 6.313 \times 10^{-3} (12)^{0.125} (2.0)^{0.875} (0.5)^{-0.125} = 0.0172 (\text{m/s})$$

A.8.4.3 第三步

计算沉降速率:

$$W = \left(\frac{\epsilon}{D}\right) \times \left(\frac{D}{Y}\right) \ln\left(\frac{C_B}{C_A}\right) = 0.0172 \left(\frac{0.50}{0.45}\right) \ln\left(\frac{2.5}{2.0}\right) = 0.0043 (\text{m/s})$$

A.8.4.4 第四步

计算 E :

$$E = 4\,630 \left(\frac{\rho_d - \rho}{\theta W} \right)^{1.25} \rho^{-2.75} = 4\,630 \left(\frac{1\,025 - 840}{12 \times 0.004\,3} \right)^{1.25} 840^{-2.75} = 1.167 \text{ (W/kg)}$$

A. 8. 4. 5 第五步

计算 τ

$$\tau = \frac{E}{v^3} = \frac{1.167}{2^3} = 0.146 \text{ (m}^{-1}\text{)}$$

A. 8. 4. 6 第六步

按方法 1 中如下顺序,计算增加黏度和减小流量所需的 G 值。

a) 计算 E :

$$E = \tau v^3 = 0.146(1.5)^3 = 0.49 \text{ (W/kg)}$$

b) 计算 W :

$$W = 855 \left(\frac{\rho_d - \rho}{\theta \rho^{2.2}} \right) E^{-0.8} = 855 \left(\frac{1\,025 - 840}{50 \times 840^{2.2}} \right) \times 0.49^{-0.8} = 0.002\,1 \text{ (m/s)}$$

c) 计算湍流特性:

$$\frac{\epsilon}{D} = 6.313 \times 10^{-3} \theta^{0.125} v^{0.875} D^{-0.125} = 6.313 \times 10^{-3} (50)^{0.125} (1.5)^{0.875} (0.5)^{-0.125} = 0.016 \text{ (m/s)}$$

d) 计算 G 值:

$$G = \frac{\epsilon/D}{W} = \frac{0.016}{0.002\,1} = 7.62$$

因此,在新的操作条件下,根据表 A. 4, C_1/C_2 变成 0.87,而在原条件下 C_A/C_B 为 0.80。

A. 8. 5 应用测试数据的例子

测试数据取自附录 B 中的表 B. 1 和表 B. 2,分别是第 7 号到第 12 号(第一组)截面测试和第 13 号到第 18 号(第二组)截面测试。

上游混合条件是未知的,因此,由测试获得的截面分布不能由计算预测,但通过方法 1 和方法 4 所述的计算能够用一组数据预测另一组数据。

A. 8. 5. 1 第一步

用式(A. 14)比较耗散能量 E :

已给定 $v_1 = 1.84 \text{ m/s}$ (第一组)和 $v_2 = 2.38 \text{ m/s}$ (第二组)

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\tau \times v_1^3}{\tau \times v_2^3} = \left(\frac{1.84}{2.38} \right)^3 = 0.462$$

A. 8. 5. 2 第二步

用式(A. 9)比较沉降速率,除 E 之外的所有变量,对第一组和第二组是相同的:

$$\frac{W_1}{W_2} = \left(\frac{E_1}{E_2} \right)^{-0.8} = (0.462)^{-0.8} = 1.85$$

A. 8. 5. 3 第三步

计算第一组比值 C'_A/C'_B :

$$\frac{C'_A}{C'_B} = \frac{4.06}{\frac{4.7}{5.38}} = \frac{4.06}{4.7} = 0.75$$

式中：

C'_A ——以顶部取样探头的点平均值相对第一组的平均值表示的含水率；

C'_B ——以底部取样探头的点平均值(且在图 B. 1 中加标记 H)相对第一组的平均值表示的含水率。

该比值对应于 A. 7. 2 和 A. 7. 4 中的 C_A/C_B ，且能用在式(A. 29)给出：

$$W_1 = \left(\frac{\epsilon}{D}\right) \left(\frac{D}{Y}\right) \ln\left(\frac{1}{0.75}\right) = \left(\frac{\epsilon}{Y}\right) \times 0.288$$

因此，对于第二组，它能够用第二步计算的比值来估算：

$$W_2 = \left(\frac{\epsilon}{Y}\right) \times 0.288 \times \frac{1}{1.85} = \left(\frac{\epsilon}{Y}\right) \times 0.156$$

因此，对于第二组条件，用式(A. 2)：

$$\frac{C''_A}{C''_B} = \exp\left[-\frac{\left(\frac{\epsilon}{Y}\right)0.156}{\frac{\epsilon}{Y}}\right] = 0.86$$

A. 8. 5. 4 比较

将 A. 8. 5. 3 中的预测值 C''_A/C''_B 与测量含水率获得的相应值进行比较：

$$\frac{C''_A}{C''_B} = \frac{\frac{4.10}{4.23}}{\frac{4.58}{4.23}} = 0.89$$

式中：

C''_A ——以顶部取样探头的点平均值相对第二组的平均值表示的含水率；

C''_B ——以底部取样探头的点平均值(在图 B. 2 中加标记 H)相对第二组的平均值表示的含水率。

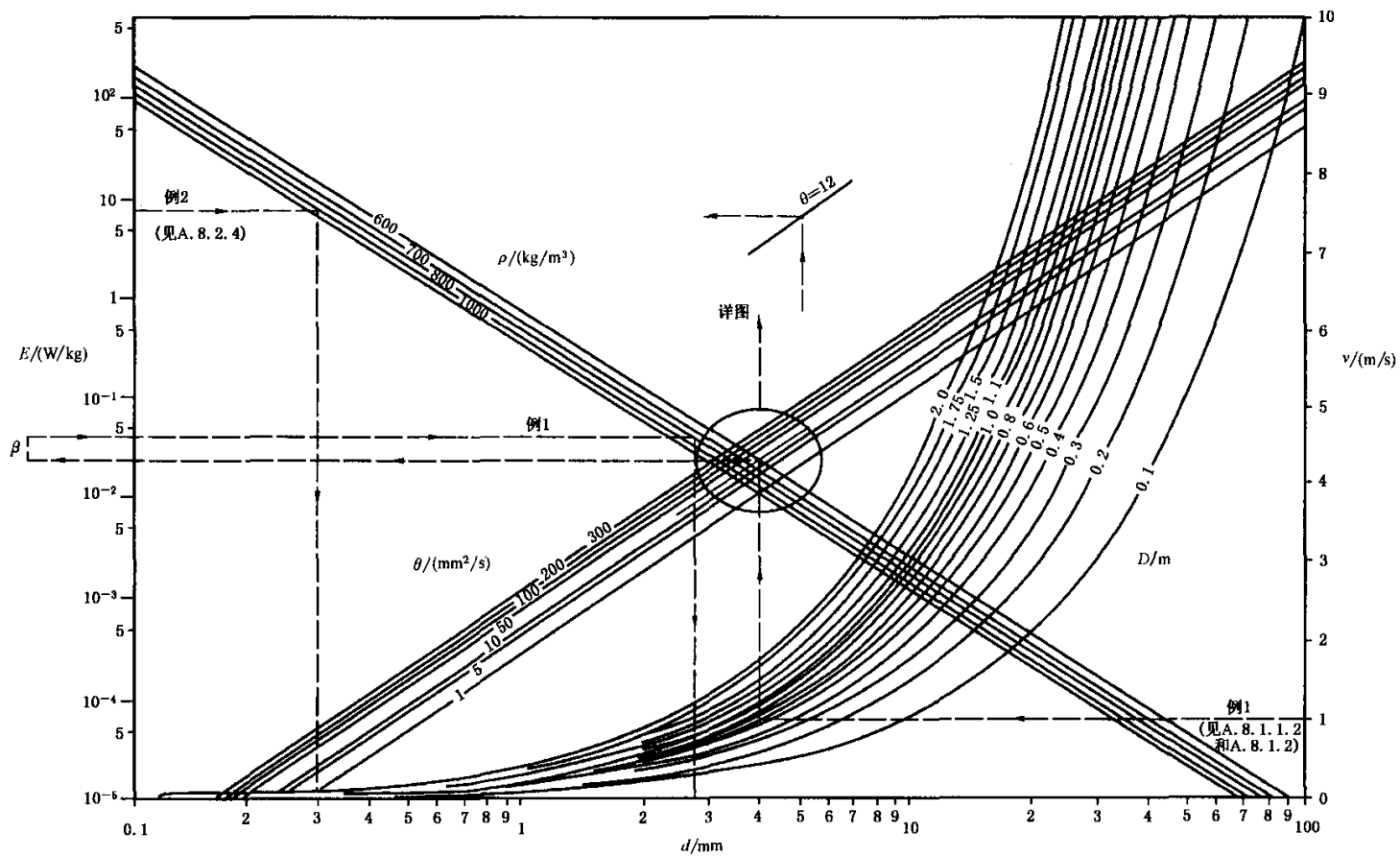


图 A. 1 能量损耗率和液滴尺寸[见式(A. 8)和式(A. 18)]

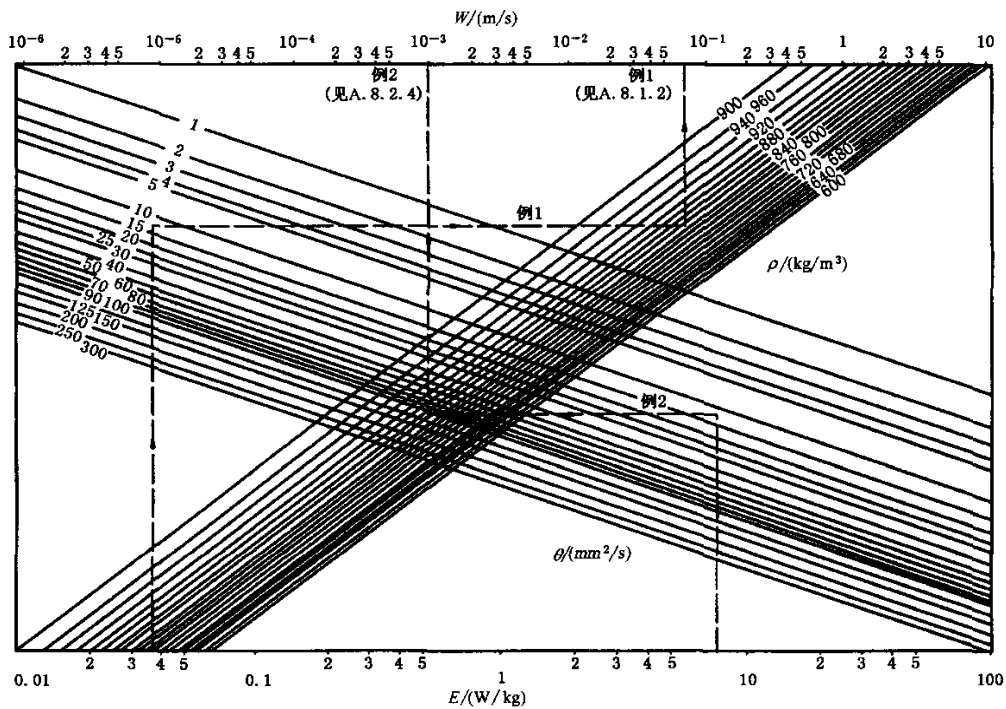


图 A.2 沉降速率[见式(A.9)]

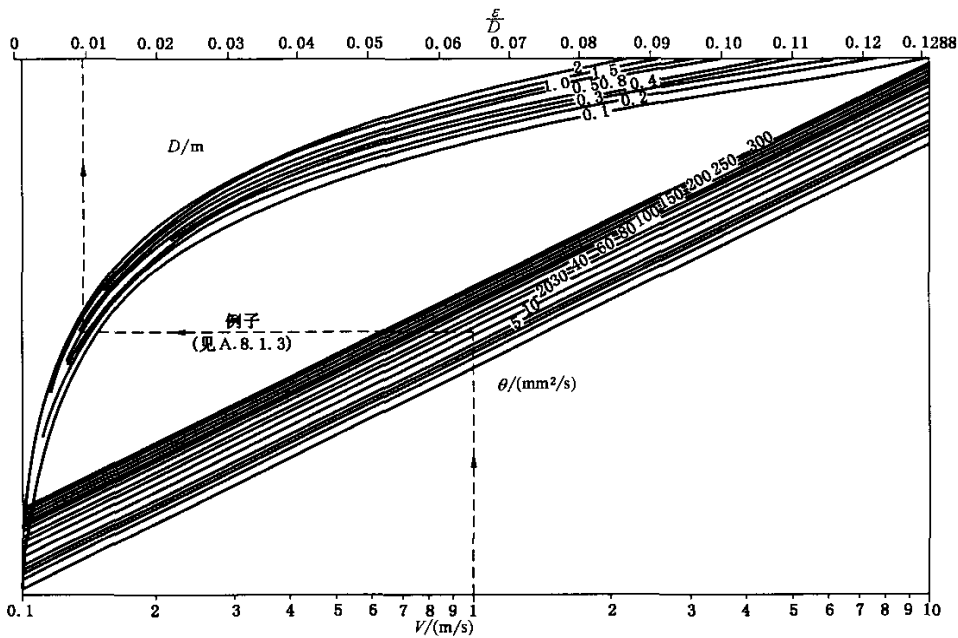


图 A.3 湍流(扩散性)[见式(A.6)]

附录 B

(规范性附录)

原油终端含水率截面测试举例

B.1 这些数据涉及到 6.4.3, 所举例子给出了对截面测试结果进行列表和绘图的方法(见表 B.1 和表 B.2、图 B.1 和图 B.2)。

表 B.1 原油终端的含水率截面测试

原油种类:阿拉伯轻油 密度:839.8 kg/m³ 15 °C粘度:12.3 mm²/s
 试验温度:13 °C 管线内径:747 mm
 原油流量:2 900 m³/h 测试线速度:1.84 m/s

管线布局	参比点	截面测试编号						点平均值	与平均值的偏差/%
		7	8	9	10	11	12		
		含水率							
管顶	A	0.10	3.6	3.2	3.6	4.6	5.3	4.06	-13.6
水平 管线	B	0.15	3.4	3.7	3.8	5.0	5.7	4.32	-8.1
	C	0.05	3.8	3.8	3.8	5.4	6.1	4.58	-2.6
	D	0.10	3.2	3.8	4.0	5.3	6.6	4.58	-2.6
	E	0.15	3.8	3.8	3.8	5.9	6.7	4.80	+2.1
	F	0.15	3.4	3.8	4.4	5.7	7.0	4.86	+3.4
	G	0.10	3.8	3.8	4.4	5.9	6.8	4.94	+5.1
管底	H	0.10	4.4	4.5	4.4	6.4	7.2	5.38	+14.5
截面平均值		0.11	3.68	3.80	4.03	5.53	6.50	4.70 总平均值	
注入水		0	3.1	3.1	5.17	5.17	7.24		

表 B.2 原油终端的含水率截面测试(第二组)

原油流量:3 700 m³/h
 (其他参数见第一组) 测试线速度:2.38 m/s

管线布局	参比点	截面测试编号						点平均值	与平均值的偏差/%
		13	14	15	16	17	18		
		含水率							
管顶	A	0.15	3.4	3.6	3.3	5.2	5.0	4.10	-3.1
水平 管线	B	0.10	2.9	3.0	3.2	5.2	5.3	3.92	-7.3
	C	0.15	3.4	3.6	3.3	5.7	5.4	4.28	+1.2
	D	0.05	3.0	3.0	3.4	5.4	5.4	4.04	-4.5
	E	0.10	3.4	3.6	3.4	5.7	5.5	4.32	+2.1
	F	0.10	3.2	3.2	3.4	5.4	5.8	4.20	-0.7
	G	0.10	3.6	3.6	3.5	5.7	5.6	4.40	+4.0

表 B.2 (续)

管线布局	参比点	截面测试编号						点平均值	与平均值的偏差/%
		13	14	15	16	17	18		
		含水率							
管底	H	0.15	3.6	3.3	3.4	6.4	6.2	4.58	+8.3
截面平均值		0.11	3.31	3.36	3.36	5.59	5.51	4.23 总平均值	
注入水		0	3.2	3.2	3.2	5.11	5.11		

B.2 在管内径为 747 mm 的原油终端获得两组测试数据。原油为阿拉伯轻质油, 15 °C 时密度为 840 kg/m³, 黏度为 12.3 mm²/s(12.3 cSt)。试验输送温度为 13 °C。

在第一组测试中, 测试数据是第 7 号到第 12 号, 体积流量为 2 900 m³/h, 对应流速为 1.84 m/s; 在第二组测试中, 测试数据是第 13 号到第 18 号, 体积流量为 3 700 m³/h, 对应流速为 2.38 m/s。

B.3 在第一组测试中, 注水率体积分数由 0 变为 7.24%, 在第二组测试中, 注水率体积分数由 0 变为 5.11%。应当注意, 尽管记录了注水百分比数据, 但没有用于以后的计算。另外, 按照规定, 含水率体积分数低于 1% 的截面应忽略, 所以没有使用第 7 号和第 13 号截面测试数据。

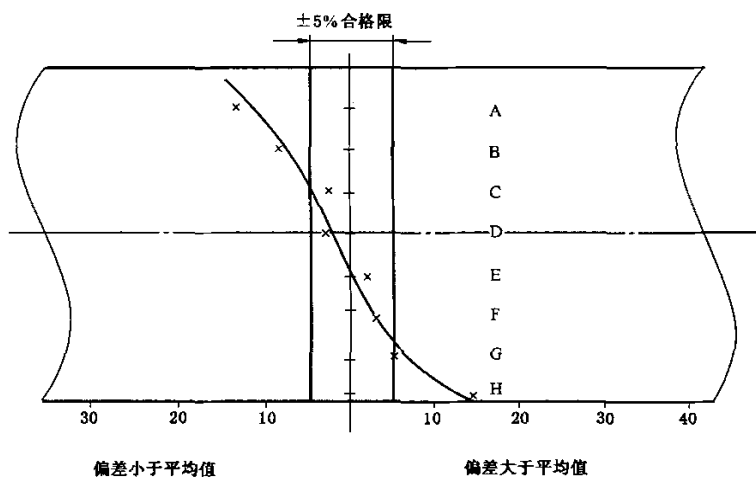


图 B.1 原油终端的含水率截面测试(第一组)

B.4 每八个点计算一次点平均值, 在第一组中, 用五个截面的第 8、9、10、11 和 12 号测试数据计算, 得到 A 点的特有数值是 4.06%; 在第二组中, 用五个截面的第 14、15、16、17 和 18 号测试数据计算, 得到 A 点的特有数值是 4.10%。

然后, 计算总的点平均值, 第一组是 4.70%, 第二组是 4.23%。

应注意, 截面平均值也要计算, 但只是用于检查总的截面平均值是否等于总的点平均值。此后, 不再使用截面平均值。

B.5 计算出每个点平均值对总的点平均值的偏差, 其中在第一组中对参考点 A 为 -13.6%, 在第二组中对参考点 A 为 -3.1%。

B.6 根据每个点平均值及其相应的探头位置绘图, 见图 B.1 和图 B.2, 并与准确度合格限相比较。

在第一组中,A,B,G和H点在合格限之外;在第二组中,B和H点在合格限之外。

B.7 对于这两组测试,截面分布与图8中显示的 P_1 和 P_2 近似。因此,假如取样探头按5.4.1所要求的位置安装,而且测试能代表最差条件,则两组测试都是可接受的。

B.8 为了使截面与图8中的 P_0 相似,应考虑使用足够的混合装置。如果原油流量可能小于试验中的 $2\ 900\text{ m}^3/\text{h}$,或者操作条件下的密度和粘度可能不同于记录值,则这一点是特别要求的。

注:尽管数据是从水平管线中的取样器得到的,但不应当设想为在测试位置的混合程度仅由管线中自然湍流的作用产生。水平管线上游的其他管件可能已对测试位置的综合混合程度造成了影响。

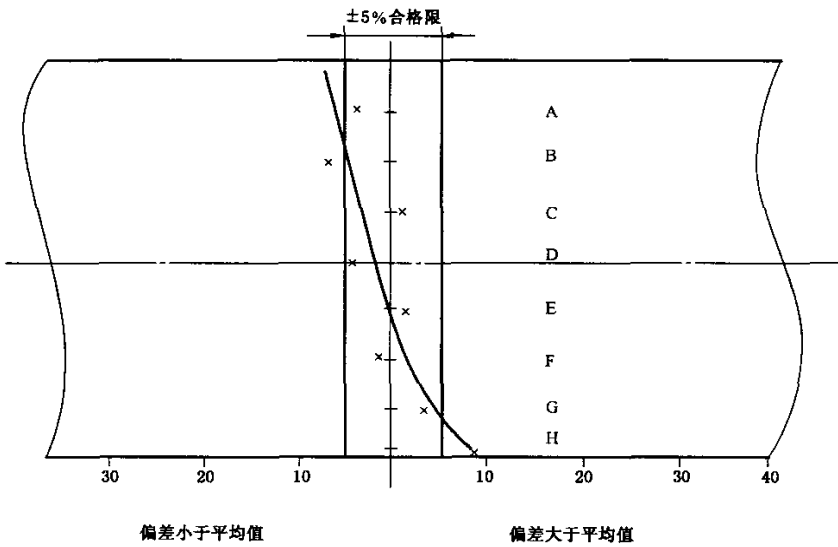


图 B.2 原油终端的含水率截面测试(第二组)

附录 C
(规范性附录)
取样位置初选指南

C.1 说明

表 C.1 是初选可能取样位置的有用指南。应注意,表 C.1 建立在流速的基础上,没有考虑诸如黏度、管线口径、密度和含水率等其他参数,这些参数也可能影响该预测表。因此,当已选定潜在在取样位置时,建议采用附录 A 中的计算步骤估算水分散的充分程度,以确定位置选择的有效性。

注:已根据 API 石油测量手册第 8.2 章,对表 C.1、C.2 中的概述和 C.3 中的例子进行了修改。

C.2 概述

- a) 当增加混合部件时(例如静态混合器),应考虑它们在最小和最大流速下的压降。
- b) 目前几乎没有有关原油和大口径管线动力混合器性能的数据。
- c) 离心泵可以提高分散度,也可引起分层,取决于泵的布置方式和安装位置。
- d) 某些管件,例如三通、90°弯头和限流歧管等,可以提供显著的混合效果。其他管件,如 45°弯头和全开闸阀,同样有混合作用,但作用较小。
- e) 现场测试已表明,流速在 2.4 m/s 以上时,直管线才具有足够的分散作用,但在“无法预测”区域,其数据是不一致的。

其他一系列现场测试已表明,在流速为 2.4 m/s 以上时预测分散度,具有某些不确定性,特别是在上游混合作用最小的水平管线中。一些试验显示具有较好分散度的合格截面,而另一些试验则显示分散度不够的不均匀截面。不均匀截面既表明要向水平管线底部增加水浓度,也指出了波动超过了良好分散的界限参数。要特别注意后者,因为不良分散可能导致采集非代表性样品。

在大口径水平管线中,对 15℃ 密度范围大约为 875 kg/m³~849 kg/m³ 的原油所作的一系列现场测试表明,即便有足够的流速,也不是都能消除管线底部和顶部的浓度差,但在管线中部取样点可能提供某一平均浓度值,在该位置取样能代表整个液流。

表 C.1 与混合部件对应的推荐最小流速

混合部件	配管走向	最小管线流速/(m/s)							
		0	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1
动力搅拌器	水平或垂直	任何流速都满足							
静态搅拌器	垂直	分层	无法预测	足够分散					
静态搅拌器	水平	分层		无法预测			足够分散		
管件	垂直	分层		无法预测			足够分散		
管件	水平	分层			无法预测			足够分散	
管线	水平或垂直	分层或无法预测							见 C.2 中 e)

C.3 例子

在为海上卸油终端设计取样系统时,设计者面临以下情况:

- a) 从 610 mm(24 in)的水平管线中取样。
- b) 最小管流量为 442 L/s。
- c) 最小管流速为 1.6 m/s。
- d) 有增压泵和汇管进行上游混合,即水平管线加管件。

该项设计的临界范围是 1.2 m/s ~2.1 m/s,1.6 m/s(最小线流速)落在该区域内。

设计者有三个选择方案:

- a) 在水平管线中安装取样器,并且由现场测试确定分散度是否足够。
- b) 安装混合器,对于加有混合器的水平管线,1.6 m/s 大于(0.6~1.2)m/s 的临界范围,沉淀物和水的分散度将是足够的;
- c) 安装一个垂直环路。

参 考 文 献

- [1] ISO 3534:1993 Statistics—Vocabulary and symbols
 - [2] ISO 3733:1999 Petroleum products and bituminous materials—Determination of water—Distillation method
 - [3] ISO 3735:1999 Crude petroleum and fuel oils—Determination of sediment—Extraction method
 - [4] ISO/TR 5168:1998 Measurement of fluid flow—Estimation of uncertainty of a flow-rate measurement
-