



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 33653—XXXX  
代替 GB/T 33653—2017

## 油田生产系统能耗测试和计算方法

Energy consumption test and calculation method for oilfield production system

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 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 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 测试准备 .....	2
4.1 测试对象的确定及资料的收集 .....	2
4.2 测试方案的制订 .....	3
4.3 HSE 要求 .....	3
5 测试仪器要求 .....	3
5.1 总体要求 .....	3
5.2 温度测试 .....	3
5.3 流量测试 .....	3
5.4 压力测试 .....	3
5.5 电参数测试 .....	4
5.6 其他测试 .....	4
6 计算参数基准 .....	4
7 机械采油系统的测试和计算 .....	4
7.1 测试项目及测试方法 .....	4
7.2 计算方法 .....	5
8 原油集输系统的测试和计算 .....	7
8.1 测试项目及测试方法 .....	7
8.2 计算方法 .....	9
9 注入系统的测试和计算 .....	14
9.1 注水系统 .....	14
9.2 配注系统 .....	17
9.3 注气系统 .....	19
9.4 注汽系统 .....	20
10 测试报告 .....	22
参考文献 .....	23

## 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。

本文件代替GB/T 33653—2017《油田生产系统能耗测试和计算方法》。与GB/T 33653—2017相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了范围，将油田生产系统划分为机械采油系统、原油集输系统、注入系统（见第1章，2017年版的第1章）；
- b) 更改了“规范性引用文件”清单（见第2章，2017年版的第2章）；
- c) 更改了术语“原油集输系统”“注水系统”“注汽系统”的定义（见3.2、3.4、3.7，2017年版的3.2、3.3、3.5）；
- d) 增加了术语“注入系统”“注气系统”及其定义（见3.3、3.6）；
- e) 更改了术语“注聚合物系统”及其定义（见3.5，2017年版的3.4）；
- f) 增加了“注气系统”测试准备的相关要求[见4.1.2e)]；
- g) 更改了温度、烟气测试仪器仪表的准确度要求（见5.2、5.6.1，2017年版的5.2、5.6.1）；
- h) 更改了机械采油系统“采出液密度”“有效扬程”“输出功率”“被测区块某类机械采油系统平均系统效率”“被测区块机械采油系统平均系统效率”的计算方法（见7.2.3、7.2.4、7.2.5、7.2.13、7.2.14，2017年版的7.2.3、7.2.4、7.2.5、7.2.12、7.2.13）；
- i) 增加了机械采油系统“吨液百米耗电”的指标和计算方法（见7.2.11）；
- j) 更改了原油集输系统和注入系统中泵机组设备的能耗测试和机组效率计算方法的相关要求（见8.1.1.2、8.1.2.8、8.2.2.1、9.1.2.2.1、9.2.2.2、9.4.2.2.1，2017年版的8.1.1.2、8.1.2.8、8.2.2.1、9.2.2.1、10.2.2）；
- k) 删除了原油集输系统“集中处理站”相关指标的计算方法（见2017年版的8.2.3.2、8.2.3.3、8.2.3.4）；
- l) 增加了原油集输系统“接转站”“脱水站”“采出水处理站”相关指标的计算方法（见8.2.3.1、8.2.3.2、8.2.3.3）；
- m) 更改了原第9章、第10章、第11章的内容设置，与“注气系统”合并为一章“注入系统的测试和计算”（见第9章，2017年版的第9章、第10章、第11章）；
- n) 更改了“离心式注水泵节流损失率”的计算方法（见9.1.2.2，2017年版的9.2.2.2）；
- o) 增加了“增压泵节流损失率”“单位压力注水量电耗”“注水系统泵机组损失率”“注水系统回流损失率”“注水系统站内管网损失率”的指标和计算方法（见9.1.2.2.2、9.1.2.4.6、9.1.2.4.7、9.1.2.4.8、9.1.2.4.9）；
- p) 删除了“注水站效率”的指标和计算方法（见2017年版的9.2.3.2）；
- q) 更改了“注聚合物系统”为“配注系统”，相应更改了各项指标的计算方法（见9.2.2.3、9.2.2.4、9.2.2.5，2017年版的10.2.3、10.2.4、10.2.5）；
- r) 删除了“聚合物配置站效率”“聚合物注入站效率”的指标和计算方法（见2017年版的10.2.3.1、10.2.4.1）；
- s) 增加了“注气系统”的测试项目、测试方法和指标计算方法等相关内容及要求（见9.3）。

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。

本文件由全国能源基础与管理标准化技术委员会（SAC/TC20）和全国石油天然气标准化技术委员会（SAC/TC355）归口。

本文件起草单位：东北石油大学、中国石油天然气股份有限公司规划总院、中国石油化工股份有限公司油田勘探开发事业部、中国石油天然气集团公司节能技术监测评价中心、中国石油天然气集团公司西北油田节能监测中心、中国石油天然气集团公司东北油田节能监测中心、中国石油化工股份有限公司健康安全环保管理部、中国石化胜利油田分公司技术检测中心、中国海洋石油集团有限公司节能减排监测中心、烟台杰瑞石油装备技术有限公司、中国石油集团昆仑制造有限公司、中国石油天然气股份有限公司长庆油田分公司、大庆油田有限责任公司。

本文件主要起草人：曹莹、朱英如、张向农、周胜利、葛永广、谭宁、张贺、王晓东、马永涛、吴义朋、马建国、王林平、王钦胜、宋涛、徐秀芬、陈衍飞、田春雨、魏立军、张玉峰、马坤、李欣、王宁、李辉、李泓霏。

本文件及其所替代文件的历次版本发布情况为：

——2017年首次发布；

——本次为第一次修订。

# 油田生产系统能耗测试和计算方法

## 1 范围

本文件规定了油田生产系统中的机械采油系统、原油集输系统、注入系统（注水系统、配注系统、注气系统、注汽系统）的主要耗能设备、耗能单元以及系统的能耗测试和计算的要求及方法。

本文件适用于油田生产系统中的机械采油系统、原油集输系统、注入系统的主要耗能设备、耗能单元以及系统的能耗测试和计算。

## 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 1884 原油和液体石油产品密度实验室测定法（密度计法）
- GB/T 2589—2020 综合能耗计算通则
- GB/T 3214 水泵流量的测定方法
- GB/T 4756 石油液体手工取样法
- GB/T 8929 原油水含量的测定 蒸馏法
- GB/T 9109.5 石油和液体石油产品动态计量 第5部分：油量计算
- GB/T 10180 工业锅炉热工性能试验规程
- GB/T 16666—2012 泵类液体输送系统节能监测
- GB/T 17357 设备及管道绝热层表面热损失现场测定 热流计法和表面温度法
- SN/T 2998 石油及产品水分测定 卡式炉法
- SY/T 6381 石油工业用加热炉热工测定

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**机械采油系统** artificial-lift system

由井下泵、油管柱、电动机、传动及辅助装置组成，用以将油井产出液从井下举升至地面的采油设备总体和油井所组成的系统。

注：机械采油系统主要包括抽油机采油系统、电动潜油离心泵采油系统和地面驱动螺杆泵采油系统等类型。

### 3.2

**原油集输系统** crude oil gathering and transferring system

在油田内，将油井采出物汇集、处理和输送的整个工艺处理系统。

注：原油集输系统范围是从油井井口到商品原油（产品气）外输首站。

### 3.3

#### 注入系统 injection system

在油田内，将驱油介质注入地层用于驱油以提高原油采收率的系统。

注：注入系统主要包括注水系统、配注系统、注气（天然气、二氧化碳、氮气、空气）系统、注汽系统等。

### 3.4

#### 注水系统 water injection system

由注水泵站、增压泵站、注水管网（包括配水间）和注水井组成的注入系统。

注：注水管网是指注水站出口至注水井口之间的管线及阀组等。

### 3.5

#### 配注系统 injection distribution system

由配制站、配注管网和注入站等组成，用于将配注溶液输送至注水井口的注入系统。

### 3.6

#### 注气系统 gas injection system

由增压设备、注气管网和注气井口等组成，用于输送驱油介质（天然气、二氧化碳气体或液体、氮气、空气）至注气井口的注入系统。

### 3.7

#### 注汽系统 vapor injection system

由注汽锅炉、注汽管网和注汽井口等组成，用于产生、输送蒸汽至注汽井口的注入系统。

## 4 测试准备

### 4.1 测试对象的确定及资料的收集

4.1.1 应确定测试对象，划定被测系统的范围。

4.1.2 应收集与测试有关的基础资料，所需收集的基础资料如下：

- a) 机械采油系统：包括被测机械采油井的井号、采油设备型号、泵挂深度等，斜井（定向井、水平井、斜直井、各种侧钻井）宜有井身轨迹数据；
- b) 原油集输系统：包括被测系统的工艺流程、主要运行参数、设计生产能力、实际运行情况、主要设备的档案等与测试有关的资料；
- c) 注水系统：包括被测系统注水井、注水管网和注水站的布置图、注水站工艺流程图、注水站设计注水能力、实际运行情况、主要耗能设备档案等与测试有关的资料；
- d) 配注系统：包括被测系统中配制站、注入站的工艺流程图、设计配注能力、实际运行情况、主要耗能设备档案等与测试有关的资料；
- e) 注气系统：包括被测系统注气井、注气管线和注气站的布置图、注气站工艺流程图、注气站设计注气能力、实际运行情况、注入泵、注气压缩机设备档案等与测试有关的资料。
- f) 注汽系统：包括被测系统注汽井、注汽管线和注汽站的布置图、注汽站工艺流程图、注汽站设计注汽能力、实际运行情况、注汽锅炉设备档案等与测试有关的资料。

## 4.2 测试方案的制订

4.2.1 测试人员应经过培训。测试负责人应由熟悉本文件并有测试经验的专业人员担任。测试过程中测试人员不宜变动。

4.2.2 应根据本文件的有关规定，结合具体情况制订测试方案，并在测试前将测试方案提交被测单位。测试方案的内容应包括：

- a) 测试任务和要求；
- b) 测试项目；
- c) 测点布置与所需仪器；
- d) 人员组织与分工；
- e) 测试进度安排等。

4.2.3 全面检查被测系统的运行工况是否正常，如有不正常现象应排除。

4.2.4 按测试方案中测点布置的要求配置和安装测试仪器。

4.2.5 宜进行预备性测试，检查测试仪器是否正常工作，熟悉测试操作程序。

## 4.3 HSE 要求

测试人员在测试期间应遵守以下 HSE 要求：

- a) 进入测试现场前应接受被测单位的入厂（站）安全教育；
- b) 必须穿戴劳保工服、安全帽，正确使用安全防护用品；
- c) 测试前应熟悉测试现场工作环境和条件，进行作业风险和危害识别，制订防范控制措施和应急预案，并确保测试人员熟知；
- d) 测试过程中应严格遵守本单位及被测单位 HSE 相关规定、测试方案中有关测试安全要求、仪器操作安全规程、被测系统与设备的运行管理制度。

## 5 测试仪器要求

### 5.1 总体要求

测试所用仪器仪表应能满足项目测试的要求，仪器仪表应检定/校准合格并在检定周期以内。

### 5.2 温度测试

温度测试仪器仪表的准确度要求如下：

- a) 介质温度测试仪器仪表的准确度不应低于  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 其他温度（包括烟气温度、表面温度、环境温度等，但不包含散热损失所测的各种温度）测试仪器仪表的准确度不应低于  $\pm 2.0^{\circ}\text{C}$ 。

### 5.3 流量测试

流量测试仪器仪表的准确度等级要求如下：

- a) 液体流量测试仪器仪表的准确度等级不应低于 1.5 级；
- b) 气体流量测试仪器仪表的准确度等级不应低于 2.0 级。

### 5.4 压力测试

压力测试仪器的准确度等级要求如下：

- a) 燃料气压力测试仪器的准确度等级不应低于 0.4 级；

b) 其他压力测试仪器的准确度等级不应低于 1.6 级。

## 5.5 电参数测试

5.5.1 电参数测试仪器的准确度等级要求如下：

- a) 电流测试仪器的准确度等级不应低于 1.0 级；
- b) 电压测试仪器的准确度等级不应低于 1.0 级；
- c) 功率因数测试仪器的准确度等级不应低于 1.5 级；
- d) 功率测试仪器的准确度等级不应低于 1.5 级。

5.5.2 对于抽油机采油系统的测试，应采用能计负功的仪器。

## 5.6 其他测试

5.6.1 烟气测试时，测试  $O_2$  含量仪器仪表的准确度不应低于  $\pm 1.0\%$ ，测试 CO 含量仪器仪表的准确度不应低于  $\pm 5.0\%$ 。

5.6.2 测试时间的秒表的准确度不应低于  $\pm 0.1$  s，宜选用电子秒表。

5.6.3 抽油机井测试用的动力示功仪的准确度等级不应低于 1.0 级，回声仪的准确度等级不应低于 0.5 级。

5.6.4 散热损失测试仪器仪表的准确度等级应按 GB/T 17357 的要求确定。

## 6 计算参数基准

计算参数基准如下：

- a) 基准温度为环境温度；
- b) 基准压力为当地大气压力；
- c) 燃料发热量为燃料收到基低位发热量。

## 7 机械采油系统的测试和计算

### 7.1 测试项目及测试方法

#### 7.1.1 测试项目

机械采油系统的测试项目如下：

- a) 电参数：电流、电压、功率因数和输入功率等；
- b) 井口参数：油管压力、套管压力、产液量及含水率；
- c) 井下参数：动液面深度、井底流压；
- d) 光杆参数：示功图面积、示功图力比、示功图减程比及光杆冲次。

#### 7.1.2 测试方法

7.1.2.1 检查测试仪器连接无误后，应按机械采油系统的操作规定及程序进行启动，启动 10 min 后方可进行测试。

7.1.2.2 应同步测试输入功率、产液量等主要参数；若无法同步测试产液量，可采用当日油井产量。

7.1.2.3 测试时间应不少于 15 min，测算数值的取值应具有代表性。

7.1.2.4 对于采用变频器控制的电动机，应在变频器前端测试电参数。

7.1.2.5 采用电流法测平衡度时，应在电动机输入端测试电流。

- 7.1.2.6 使用满足 5.5 要求的仪器仪表按其相序对应接入配电箱电源输入端，测试机械采油系统的电流、电压、功率因数和输入功率。
- 7.1.2.7 应按 GB/T 4756 规定的方法进行井口取样，应按 SN/T 2998 或 GB/T 8929 的规定进行含水率测定。
- 7.1.2.8 在油井井口油管和套管上分别安装满足 5.4 要求的压力表测试油管压力和套管压力。
- 7.1.2.9 在井口安装满足 5.6.3 要求的回声仪，测试油套环空的动液面深度。
- 7.1.2.10 井底流压可采用油井资料数据或使用符合准确度要求的在线仪器仪表进行测试。
- 7.1.2.11 在抽油机悬绳器处安装满足 5.6.3 要求的动力示功仪，测试抽油机井的示功图面积、示功图力比、示功图减程比及光杆冲次。

## 7.2 计算方法

7.2.1 表 1 中列出的符号适用于本文件。

表 1 机械采油系统有关符号和单位

序号	符号	名称	单位
1	$A_7$	示功图面积	$\text{mm}^2$
2	$B$	平衡度	%
3	$E_7$	机械采油系统吨液百米耗电	$\text{kW}\cdot\text{h}/(\text{t}\cdot 100\text{m})$
3	$f_{7,w}$	油井产出液体的体积含水率	%
4	$F_7$	示功图力比	$\text{N}/\text{mm}$
5	$g$	重力加速度, $g=9.81$	$\text{m}/\text{s}^2$
6	$G_7$	油井产液量	$\text{t}/\text{d}$
7	$H_7$	有效扬程	$\text{m}$
8	$H_{7,d}$	油井动液面深度(斜井应为垂直深度)	$\text{m}$
9	$I_{7,Dmax}$	抽油机采油系统运行时下冲程最大电流	A
10	$I_{7,Umax}$	抽油机采油系统运行时上冲程最大电流	A
11	$L_{7,Hf}$	油层中部深度	$\text{m}$
12	$m_7$	被测机械采油方式总数	
13	$n_7$	被测区块某类被测机械采油系统总数	
14	$n_{7,S}$	光杆实测平均冲次	$\text{min}^{-1}$
15	$p_{7,o}$	井口油管压力	MPa
16	$p_{7,i}$	井口套管压力	MPa
17	$p_{7,wf}$	井底流压	MPa
18	$P_{7,1}$	机械采油系统输入功率	kW
19	$P_{7,2}$	机械采油系统输出功率	kW
20	$P_{7,3}$	抽油机采油系统光杆功率	kW
21	$P_{7,Dmax}$	抽油机采油系统运行时下冲程最大功率	kW
22	$P_{7,Umax}$	抽油机采油系统运行时上冲程最大功率	kW
23	$S_7$	示功图减程比	$\text{m}/\text{mm}$

24	$t$	机械采油系统当日运行时间	h
25	$T_7$	电量测试累积时间	s
26	$W_7$	累积消耗有功电量	kW·h
27	$W_{7,iv}$	被测区块某类机械采油系统总输入功	kW·h
28	$W_{7,ov}$	被测区块某类机械采油系统总输出功	kW·h
29	$\eta_7$	机械采油系统效率	%
30	$\eta_{7,a}$	被测区块某类机械采油系统平均系统效率	%
31	$\eta_{7,av}$	被测区块机械采油系统平均系统效率	%
32	$\eta_{7,s}$	抽油机采油系统地面效率	%
33	$\eta_{7,sub}$	抽油机采油系统井下效率	%
34	$\rho_{7,l}$	油井采出液密度	kg/m <sup>3</sup>
35	$\rho_{7,o}$	原油密度	kg/m <sup>3</sup>
36	$\rho_w$	水的密度	kg/m <sup>3</sup>

7.2.2 机械采油系统输入功率为拖动机械采油设备的电动机输入功率，按公式（1）计算：

$$P_{7,1} = \frac{3600W_7}{T_7} \dots\dots\dots (1)$$

7.2.3 当油井采出液密度未能实际测得时，可按公式（2）计算：

$$\rho_{7,l} = (1 - f_{7,w}/100) \cdot \rho_{7,o} + (f_{7,w}/100) \cdot \rho_w \dots\dots\dots (2)$$

7.2.4 有效扬程的计算方法如下：

a) 当动液面深度、井口油管压力、套管压力可测得时，有效扬程可按公式（3）计算：

$$H_7 = H_{7,d} + \frac{(p_{7,o} - p_{7,t}) \times 10^6}{\rho_{7,l} \cdot g} \dots\dots\dots (3)$$

b) 当油层中部深度、井底流压、井口油管压力可测得时，有效扬程可按公式（4）计算：

$$H_7 = L_{7,Hf} + \frac{(p_{7,o} - p_{7,wf}) \times 10^6}{\rho_{7,l} \cdot g} \dots\dots\dots (4)$$

7.2.5 机械采油系统输出功率为将井内液体输送到地面所需要的功率，按公式（5）计算：

$$P_{7,2} = \frac{G_7 \cdot H_7 \cdot g}{3600t} \dots\dots\dots (5)$$

7.2.6 抽油机采油系统光杆功率为光杆提升液体并克服井下各种阻力所消耗的功率，按公式（6）计算：

$$P_{7,3} = \frac{A_7 \cdot S_7 \cdot F_7 \cdot n_{7,S}}{60000} \dots\dots\dots (6)$$

7.2.7 抽油机采油系统地面效率为光杆功率与系统输入功率的比值，用百分数表示，按公式（7）计算：

$$\eta_{7,s} = \frac{P_{7,3}}{P_{7,1}} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

7.2.8 抽油机采油系统井下效率为系统的输出功率与光杆功率的比值，用百分数表示，按公式（8）计算：

$$\eta_{7,\text{sub}} = \frac{P_{7,2}}{P_{7,3}} \times 100\% \dots\dots\dots (8)$$

7.2.9 平衡度为抽油机采油系统中电动机上、下冲程做功的均匀程度，用百分数表示，按公式（9）或公式（10）计算：

$$B = \frac{P_{7,\text{Dmax}}}{P_{7,\text{Umax}}} \times 100\% \dots\dots\dots (9)$$

$$B = \frac{I_{7,\text{Dmax}}}{I_{7,\text{Umax}}} \times 100\% \dots\dots\dots (10)$$

7.2.10 机械采油系统效率为系统输出功率与输入功率的比值，用百分数表示，按公式（11）计算：

$$\eta_7 = \frac{P_{7,2}}{P_{7,1}} \times 100\% \dots\dots\dots (11)$$

7.2.11 机械采油系统吨液百米耗电按公式（12）计算：

$$E_7 = \frac{P_{7,1} \cdot t}{G_7 \cdot H_7 / 100} \dots\dots\dots (12)$$

7.2.12 被测区块某类机械采油系统总输入功和总输出功分别按公式（13）和公式（14）计算：

$$W_{7,1v} = \sum_{i=1}^{n_7} (P_{7,1i} \cdot t_i) \dots\dots\dots (13)$$

$$W_{7,2v} = \sum_{i=1}^{n_7} (P_{7,2i} \cdot t_i) \dots\dots\dots (14)$$

7.2.13 被测区块某类机械采油系统平均系统效率按公式（15）计算：

$$\eta_{7,a} = \frac{W_{7,2v}}{W_{7,1v}} \times 100\% \dots\dots\dots (15)$$

7.2.14 被测区块机械采油系统平均系统效率按公式（16）计算：

$$\eta_{7,\text{av}} = \frac{\sum_{i=1}^{m_7} W_{7,2vi}}{\sum_{i=1}^{m_7} W_{7,1vi}} \times 100\% \dots\dots\dots (16)$$

## 8 原油集输系统的测试和计算

### 8.1 测试项目及测试方法

#### 8.1.1 测试项目

8.1.1.1 应根据被测对象的工艺流程、能源消耗种类、供热方式以及测试任务和目的，确定原油集输系统能耗测试的测试项目。

8.1.1.2 原油集输系统主要耗能设备的测试项目：

- a) 输油泵、输水泵的测试项目如下：
  - 1) 电动机输入功率；
  - 2) 泵进口、出口、泵出口调节阀后压力表表高；
  - 3) 泵进口、出口、泵出口调节阀后管线外径或周长；
  - 4) 泵进口、出口、泵出口调节阀后管线壁厚；
  - 5) 泵进口、出口、泵出口调节阀后压力；
  - 6) 输送介质流量、含水率、密度；
  - 7) 当地大气压力。
- b) 加热炉的测试项目应按 SY/T 6381 的规定确定；
- c) 锅炉的测试项目应按 GB/T 10180 的规定确定。

8.1.1.3 原油集输系统各站的测试项目如下：

- a) 燃料气（油）消耗量、燃料气（油）低位发热量；
- b) 电能消耗量；
- c) 进站和出站液（油）量、含水率；
- d) 原油密度；
- e) 环境温度。

8.1.1.4 油井井口测试项目为井口加热装置的电能消耗量或燃料气（油）消耗量、其他热能（如蒸汽热能、光热、地热、余热等）消耗量。

## 8.1.2 测试方法

8.1.2.1 正式测试应在被测对象工况稳定条件下进行。工况稳定系指被测对象的主要运行参数波动在测试期间平均值的±10%以内。

8.1.2.2 测试的时间选择和测算数值的取值应具有平均值的代表性。除需化验分析的项目以外，对同一测试单元的各个参数的测试宜在同一时间内进行，单次测试时间 5 min~15 min，连续测试过程时间一般不少于 1 h。

8.1.2.3 对于采用变频器控制的电动机，应在变频器前端测试电参数。

8.1.2.4 使用满足 5.3 要求的仪器测试各种流体的流量。应按 GB/T 9109.5 规定的方法进行原油计量，应按 SY/T 6381 规定的方法进行燃料气（油）计量。

8.1.2.5 原油密度的测定应按 GB/T 1884 的规定执行。

8.1.2.6 原油含水率的测定应按 SN/T 2998 或 GB/T 8929 的规定执行。取样应按 GB/T 4756 的规定执行。

8.1.2.7 应按 SY/T 6381 规定的方法对燃料进行取样和热值测定。

8.1.2.8 原油集输系统主要耗能设备的测试可与站的测试同时进行，测试数量可根据测试任务和要求具体确定。测试方法如下：

- a) 输油泵、输水泵的扬程测试应按 GB/T 16666—2012 附录 A.1 的规定执行；
- b) 输油泵、输水泵的流量测试应按 GB/T 3214 的规定执行，具备测试条件的现场，也可采用超声波流量计等其他流量计测量；
- c) 加热炉的测试应按 SY/T 6381 的规定执行；
- d) 锅炉的测试应按 GB/T 10180 的规定执行。

## 8.2 计算方法

## 8.2.1 符号和单位

表 2 中列出的符号适用于本文件。

表 2 原油集输系统有关符号和单位

序号	符号	名称	单位
1	$E_{8,DS}$	脱水站综合能耗	kgce/h
2	$E_{8,PS}$	接转站综合能耗	kgce/h
3	$E_{8,S}$	原油集输系统综合能耗	kgce/h
4	$E_{8,WS}$	采出水处理站综合能耗	kgce/h
5	$G_{8,DSG}$	脱水站燃料气消耗量	Nm <sup>3</sup> /h
6	$G_{8,DSO}$	脱水站燃料油消耗量	kg/h
7	$G_{8,PSG}$	接转站燃料气消耗量	Nm <sup>3</sup> /h
8	$G_{8,PSL}$	接转站所辖油井总采出液量	t/h
9	$G_{8,PSO}$	接转站燃料油消耗量	kg/h
10	$G_{8,SL}$	原油集输系统所辖全部油井采出液量	t/h
11	$G_{8,SO}$	原油集输系统生产原油量（或油气当量）	t/h
12	$G_{8,WG}$	油井井口加热装置燃料气消耗量	Nm <sup>3</sup> /h
13	$G_{8,WO}$	油井井口加热装置燃料油消耗量	kg/h
14	$G_{8,WSG}$	采出水处理站燃料气消耗量	Nm <sup>3</sup> /h
15	$G_{8,WSO}$	采出水处理站燃料油消耗量	kg/h
16	$H$	泵扬程，按 GB/T 16666—2012 的附录 A.1 计算	m
17	$k_e$	电力折标准煤系数，按 GB/T 2589—2020 中附录 A 的规定执行	kgce/kW·h
18	$k_g$	燃料气折标准煤系数，根据燃料气低位发热量计算得到，或按 GB/T 2589—2020 中附录 A 的规定执行	kgce/m <sup>3</sup>
19	$k_o$	燃料油折标准煤系数，根据燃料油低位发热量计算得到，或按 GB/T 2589—2020 中附录 A 的规定执行	kgce/kg
20	$k_q$	热力折标准煤系数，按 GB/T 2589—2020 中附录 A 的规定执行	kgce/kJ
21	$M_{8,DS}$	脱水站单位集输处理液量综合能耗	kgce/t
22	$M_{8,DSE}$	脱水站单位集输处理液量电耗	kW·h/t
23	$M_{8,DSG}$	脱水站单位集输处理液量气耗	Nm <sup>3</sup> /t
24	$M_{8,DSO}$	脱水站单位集输处理液量油耗	kg/t
25	$M_{8,PS}$	接转站单位集输处理液量综合能耗	kgce/t
26	$M_{8,PSE}$	接转站单位集输处理液量电耗	kW·h/t
27	$M_{8,PSG}$	接转站单位集输处理液量气耗	Nm <sup>3</sup> /t
28	$M_{8,PSO}$	接转站单位集输处理液量油耗	kg/t

29	$M_{8,SL}$	原油集输系统单位液量集输处理综合能耗	kgce/t
30	$M_{8,SLE}$	原油集输系统单位液量集输处理电耗	kW·h/t
31	$M_{8,SLG}$	原油集输系统单位液量集输处理气耗	Nm <sup>3</sup> /t
32	$M_{8,SLO}$	原油集输系统单位液量集输处理油耗	kg/t
33	$M_{8,SO}$	原油集输系统单位原油集输处理综合能耗	kgce/t
34	$M_{8,SOE}$	原油集输系统单位原油集输处理电耗	kW·h/t
35	$M_{8,SOG}$	原油集输系统单位原油集输处理气耗	Nm <sup>3</sup> /t
36	$M_{8,SOO}$	原油集输系统单位原油集输处理油耗	kg/t
37	$M_{8,WS}$	单位液量采出水处理综合能耗	kgce/t
38	$M_{8,WSE}$	单位液量采出水处理电耗	kW·h/t
39	$M_{8,WSG}$	单位液量采出水处理气耗	Nm <sup>3</sup> /t
40	$M_{8,WSO}$	单位液量采出水处理油耗	kg/t
41	$N_{8,PSE}$	接转站电能消耗量	kW·h/h
42	$N_{8,DSE}$	脱水站电能消耗量	kW·h/h
43	$N_{8,WSE}$	采出水处理站电能消耗量	kW·h/h
44	$N_{8,WE}$	油井井口电加热装置电能消耗量	kW·h/h
45	$P_{dr}$	泵电动机输入功率	kW
46	$Q$	泵流量	m <sup>3</sup> /h
47	$Q_{8,DSO}$	脱水站供给介质的其他热能（如蒸汽热能、光热、地热、余热等）	kJ/h
48	$Q_{8,PSO}$	接转站供给介质的其他热能（如蒸汽热能、光热、地热、余热等）	kJ/h
49	$Q_{8,WO}$	供给油井井口加热的其他热能（如蒸汽热能、光热、地热、余热等）	kJ/h
50	$Q_{8,WSO}$	采出水处理站供给介质的其他热能（如蒸汽热能、光热、地热、余热等）	kJ/h
51	$u_8$	被测原油集输系统接转站总数	个
52	$v_8$	被测原油集输系统采出水处理站总数	个
53	$w_8$	被测原油集输系统所辖油井总数	口
54	$\eta_{ov}$	泵机组效率	%
55	$\rho$	泵输送介质的密度	kg/m <sup>3</sup>

## 8.2.2 主要耗能设备效率

### 8.2.2.1 输油泵、输水泵机组效率按公式（17）计算：

$$\eta_{ov} = \frac{Q \cdot H \cdot \rho \cdot g}{3.6 \times 10^6 \cdot P_{dr}} \times 100\% \dots\dots\dots (17)$$

8.2.2.2 加热炉效率计算应按 SY/T 6381 的规定执行。

8.2.2.3 锅炉效率计算应按 GB/T 10180 的规定执行。

## 8.2.3 原油集输系统

### 8.2.3.1 接转站/转油站/转油放水站

8.2.3.1.1 接转站/转油站/转油放水站综合能耗为站内所有能源消耗实物量（电力、燃料气、燃料油、其他热能）折算为标准煤后的总和，按公式（18）计算：

$$E_{8,PS} = N_{8,PSE} \cdot k_e + G_{8,PSG} \cdot k_g + G_{8,PSO} \cdot k_o + Q_{8,PSO} \cdot k_q \dots\dots\dots (18)$$

8.2.3.1.2 接转站/转油站/转油放水站单位集输处理液量电耗为该接转站电能消耗量与所辖油井总采出液量的比值，按公式（19）计算：

$$M_{8,PSE} = \frac{N_{8,PSE}}{G_{8,PSL}} \dots\dots\dots (19)$$

8.2.3.1.3 接转站/转油站/转油放水站单位集输处理液量气耗为该接转站燃料气消耗量与所辖油井总采出液量的比值，按公式（20）计算：

$$M_{8,PSG} = \frac{G_{8,PSG}}{G_{8,PSL}} \dots\dots\dots (20)$$

8.2.3.1.4 接转站/转油站/转油放水站单位集输处理液量油耗为该接转站燃料油消耗量与所辖油井总采出液量的比值，按公式（21）计算：

$$M_{8,PSO} = \frac{G_{8,PSO}}{G_{8,PSL}} \dots\dots\dots (21)$$

8.2.3.1.5 接转站/转油站/转油放水站单位集输处理液量综合能耗为该接转站综合能耗与所辖油井总采出液量的比值，按公式（22）计算：

$$M_{8,PS} = \frac{E_{8,PS}}{G_{8,PSL}} \dots\dots\dots (22)$$

## 8.2.3.2 脱水站

8.2.3.2.1 脱水站综合能耗为站内所有能源消耗实物量（电力、燃料气、燃料油、其他热能）折算为标准煤后的总和，按公式（23）计算：

$$E_{8,DS} = N_{8,DSE} \cdot k_e + G_{8,DSG} \cdot k_g + G_{8,DSO} \cdot k_o + Q_{8,DSO} \cdot k_q \dots\dots\dots (23)$$

8.2.3.2.2 脱水站单位集输处理液量电耗为脱水站电能消耗量与原油集输系统所辖全部油井采出液量的比值，按公式（24）计算：

$$M_{8,DSE} = \frac{N_{8,DSE}}{G_{8,SL}} \dots\dots\dots (24)$$

8.2.3.2.3 脱水站单位集输处理液量气耗为脱水站燃料气消耗量与原油集输系统所辖全部油井采出液量的比值，按公式（25）计算：

$$M_{8,DSG} = \frac{G_{8,DSG}}{G_{8,SL}} \dots\dots\dots (25)$$

8.2.3.2.4 脱水站单位集输处理液量油耗为脱水站燃料油消耗量与原油集输系统所辖全部油井采出液量的比值，按公式（26）计算：

$$M_{8,DSO} = \frac{G_{8,DSO}}{G_{8,SL}} \dots\dots\dots (26)$$

8.2.3.2.5 脱水站单位集输处理液量综合能耗为脱水站综合能耗与原油集输系统所辖全部油井采出液量的比值，按公式（27）计算：

$$M_{8,DS} = \frac{E_{8,DS}}{G_{8,SL}} \dots\dots\dots (27)$$

### 8.2.3.3 采出水处理站

8.2.3.3.1 采出水处理站综合能耗为站内所有能源消耗实物量（电力、燃料气、燃料油、其他热能）折算为标准煤后的总和，按公式（28）计算：

$$E_{8,WS} = N_{8,WSE} \cdot k_e + G_{8,WSG} \cdot k_g + G_{8,WSO} \cdot k_o + Q_{8,WSO} \cdot k_q \dots\dots\dots (28)$$

8.2.3.3.2 单位液量采出水处理电耗为各采出水处理站电能消耗量之和与原油集输系统所辖全部油井采出液量的比值，按公式（29）计算：

$$M_{8,WSE} = \frac{\sum_{j=1}^{v_8} N_{8,WSEj}}{G_{8,SL}} \dots\dots\dots (29)$$

8.2.3.3.3 单位液量采出水处理气耗为各采出水处理站燃料气消耗量之和与原油集输系统所辖全部油井采出液量的比值，按公式（30）计算：

$$M_{8,WSG} = \frac{\sum_{j=1}^{v_8} G_{8,WSGj}}{G_{8,SL}} \dots\dots\dots (30)$$

8.2.3.3.4 单位液量采出水处理油耗为各采出水处理站燃料油消耗量之和与原油集输系统所辖全部油井采出液量的比值，按公式（31）计算：

$$M_{8,WSO} = \frac{\sum_{j=1}^{v_8} G_{8,WSOj}}{G_{8,SL}} \dots\dots\dots (31)$$

8.2.3.3.5 单位液量采出水处理综合能耗为各采出水处理站综合能耗之和与原油集输系统所辖全部油井采出液量的比值，按公式（32）计算：

$$M_{8,WS} = \frac{\sum_{j=1}^{v_8} E_{8,WSj}}{G_{8,SL}} \dots\dots\dots (32)$$

### 8.2.3.4 原油集输系统

8.2.3.4.1 原油集输系统综合能耗为系统内所有能源消耗实物量（电力、燃料气、燃料油、其他热能）折算为标准煤后的总和，按公式（33）计算：

$$E_{8,S} = \sum_{i=1}^{u_8} E_{8,PSi} + E_{8,DS} + \sum_{j=1}^{v_8} E_{8,WSj} + \sum_{k=1}^{w_8} (N_{8,WEk} \cdot k_e + G_{8,WGk} \cdot k_g + G_{8,WOk} \cdot k_o + Q_{8,WOk} \cdot k_q) \dots\dots\dots (33)$$

8.2.3.4.2 原油集输系统单位液量集输处理电耗为原油集输系统电能消耗量与原油集输系统所辖全部油井采出液量的比值，按公式（34）计算：

$$M_{8,SLE} = \frac{\sum_{i=1}^{u_8} N_{8,PSEi} + N_{8,DSE} + \sum_{j=1}^{v_8} N_{8,WSEj} + \sum_{k=1}^{w_8} N_{8,WEk}}{G_{8,SL}} \dots\dots\dots (34)$$

8.2.3.4.3 原油集输系统单位液量集输处理气耗为原油集输系统燃料气消耗量与原油集输系统所辖全部油井采出液量的比值，按公式（35）计算：

$$M_{8,SLG} = \frac{\sum_{i=1}^{u_8} G_{8,PSGi} + G_{8,DSG} + \sum_{j=1}^{v_8} G_{8,WSGj} + \sum_{k=1}^{w_8} G_{8,WGk}}{G_{8,SL}} \dots\dots\dots (35)$$

8.2.3.4.4 原油集输系统单位液量集输处理油耗为原油集输系统燃料油消耗量与原油集输系统所辖全部油井采出液量的比值，按公式（36）计算：

$$M_{8,SLO} = \frac{\sum_{i=1}^{u_8} G_{8,PSOi} + G_{8,DSO} + \sum_{j=1}^{v_8} G_{8,WSOj} + \sum_{k=1}^{w_8} G_{8,WOk}}{G_{8,SL}} \dots\dots\dots (36)$$

8.2.3.4.5 原油集输系统单位液量集输处理综合能耗为原油集输系统综合能耗与原油集输系统所辖全部油井采出液量的比值，按公式（37）计算：

$$M_{8,SL} = \frac{E_{8,S}}{G_{8,SL}} \dots\dots\dots (37)$$

8.2.3.4.6 原油集输系统单位原油集输处理电耗为原油集输系统电能消耗量与原油集输系统生产原油量（或油气当量）的比值，按公式（38）计算：

$$M_{8,SOE} = \frac{\sum_{i=1}^{u_8} N_{8,PSEi} + N_{8,DSE} + \sum_{j=1}^{v_8} N_{8,WSEj} + \sum_{k=1}^{w_8} N_{8,WEk}}{G_{8,SO}} \dots\dots\dots (38)$$

8.2.3.4.7 原油集输系统单位原油集输处理气耗为原油集输系统燃料气消耗量与原油集输系统生产原油量（或油气当量）的比值，按公式（39）计算：

$$M_{8,SOG} = \frac{\sum_{i=1}^{u_8} G_{8,PSGi} + G_{8,DSG} + \sum_{j=1}^{v_8} G_{8,WSGj} + \sum_{k=1}^{w_8} G_{8,WGk}}{G_{8,SO}} \dots\dots\dots (39)$$

8.2.3.4.8 原油集输系统单位原油集输处理油耗为原油集输系统燃料油消耗量与原油集输系统生产原油量（或油气当量）的比值，按公式（40）计算：

$$M_{8,SOO} = \frac{\sum_{i=1}^{u_8} G_{8,PSOi} + G_{8,DSO} + \sum_{j=1}^{v_8} G_{8,WSOj} + \sum_{k=1}^{w_8} G_{8,WOk}}{G_{8,SO}} \dots\dots\dots (40)$$

8.2.3.4.9 原油集输系统单位原油集输处理综合能耗为原油集输系统综合能耗与原油集输系统生产原油量（或油气当量）的比值，按公式（41）计算：

$$M_{8,SO} = \frac{E_{8,S}}{G_{8,SO}} \dots\dots\dots (41)$$

## 9 注入系统的测试和计算

### 9.1 注水系统

#### 9.1.1 测试项目及测试方法

##### 9.1.1.1 测试项目

9.1.1.1.1 注水系统主要耗能设备的测试项目如下：

- a) 电动机输入功率或电流、电压和功率因数；
- b) 注水泵（增压泵）吸入压力；
- c) 注水泵（增压泵）排出压力；
- d) 注水泵（增压泵）流量。

9.1.1.1.2 注水系统的测试项目如下：

- a) 注水系统耗电量；
- b) 注水站出站压力；
- c) 注水站出站流量；
- d) 注水站内回流量；
- e) 配水间分水器压力（即单井阀前压力）；
- f) 配水间单井管压（即单井阀后压力）；
- g) 注水井井口压力；
- h) 注水井井口流量；
- i) 各测点处的海拔高度。

##### 9.1.1.2 测试方法

9.1.1.2.1 正式测试应在被测对象工况稳定条件下进行。工况稳定系指被测对象的主要运行参数波动在测试期间平均值的±10%以内。

9.1.1.2.2 测试的时间选择和测算数值的取值应具有平均值的代表性。除需化验分析的项目以外，对同一测试单元的各个参数的测试宜在同一时间内进行，单次测试时间5 min~15 min，连续测试过程时间一般不少于1 h。

9.1.1.2.3 对于采用变频器控制的电动机，应在变频器前端测试电参数。

9.1.1.2.4 使用满足5.3要求的仪器测试注水泵流量、注水站出站流量、注水站内回流量以及配水间和注水井井口流量。

9.1.1.2.5 使用满足5.4要求的仪器测试各个测点的压力。

9.1.1.2.6 使用满足 5.5 要求的仪器测试注水泵电动机的各个电参数。

9.1.1.2.7 在无法收集到各测点的海拔高度的情况下，应使用海拔表测量各测点的海拔高度。选取所测注水系统中海拔高度最低的注水站的海拔高度作为计算各测点折算压力的参考点海拔高度。

## 9.1.2 计算方法

### 9.1.2.1 符号和单位

表3中列出的符号适用于本文件。

表 3 注水系统有关符号和单位

序号	符号	名称	单位
1	$b_{91}$	注水系统被测注水站数	个
2	$G_{91,Is}$	注水系统注入水量	$m^3/h$
3	$G_{91,P}$	注水泵流量	$m^3/h$
4	$G_{91,Pb}$	增压泵流量	$m^3/h$
5	$G_{91,S}$	注水站出口流量	$m^3/h$
6	$G_{91,Sr}$	注水站内回流量	$m^3/h$
7	$G_{91,W}$	注水井井口流量	$m^3/h$
8	$m_{91}$	注水系统被测注水井总数	口
9	$M_{91,Iw}$	注水系统单位注水量电耗	$kW \cdot h/m^3$
10	$M_{91,IPw}$	注水系统单位压力注水量电耗	$kW \cdot h/(MPa \cdot m^3)$
11	$n_{91}$	注水系统被测注水泵总数	台
12	$N_{91,Is}$	注水系统电能消耗量	$kW \cdot h/h$
13	$p$	各测点的压力（表压）	MPa
14	$p_c$	各测点的折算压力	MPa
15	$p_{91,Pbin}$	增压泵入口压力	MPa
16	$p_{91,Pbout}$	增压泵出口压力	MPa
17	$p_{91,PbVout}$	增压泵出口阀后压力	MPa
18	$p_{91,Pin}$	注水泵吸入压力	MPa
19	$p_{91,Pinc}$	注水泵吸入折算压力	MPa
20	$p_{91,Pinm}$	注水站内各注水泵吸入压力平均值	MPa
21	$p_{91,Pout}$	注水泵出口压力	MPa
22	$p_{91,Poutc}$	注水泵出口折算压力	MPa
23	$p_{91,PVout}$	注水泵出口阀后压力	MPa
23	$p_{91,Sout}$	注水站出口压力（汇管压力）	MPa
24	$p_{91,Soutc}$	注水站出口折算压力	MPa
25	$p_{91,Vin}$	配水间来水压力（单井阀前压力）	MPa
26	$p_{91,Vout}$	配水间管压（单井阀后压力）	MPa
27	$p_{91,Wc}$	注水井井口折算压力	MPa

28	$P_{91,Min}$	注水泵电动机输入功率	kW
29	$P_{91,Mbin}$	增压泵电动机输入功率	kW
30	$P_{91,Sysin}$	注水系统输入功率	kW
31	$P_{91,Sysout}$	注水系统输出功率	kW
32	$r_{91}$	注水站内被测注水泵总数	台
33	$u_{91}$	注水系统内增压泵的总数	台
34	$z$	各测点的海拔高度	m
35	$z_0$	参考点海拔高度	m
36	$\eta_{91}$	注水系统效率	%
37	$\varepsilon_{91,\sigma v}$	注水系统泵机组损失率	%
38	$\varepsilon_{91,PL}$	注水管线损失率	%
39	$\varepsilon_{91,PN}$	注水管网损失率	%
40	$\varepsilon_{91,SPN}$	注水系统站内管网损失率	%
41	$\varepsilon_{91,Sr}$	站内回流损失率	%
42	$\varepsilon_{91,SSr}$	注水系统回流损失率	%
43	$\varepsilon_{91,thp}$	注水泵节流损失率	%
44	$\varepsilon_{91,thpb}$	增压泵节流损失率	%
45	$\varepsilon_{91,V}$	注水阀组损失率	%

### 9.1.2.2 注水泵

9.1.2.2.1 注水泵（增压泵）机组效率计算应按 8.2.2.1 的规定执行。

9.1.2.2.2 离心式注水泵、增压泵节流损失率按公式（42）、公式（43）计算：

$$\varepsilon_{91,thp} = \frac{P_{91,Pout} - P_{91,PVout}}{P_{91,Pout}} \times 100\% \dots\dots\dots (42)$$

$$\varepsilon_{91,thpb} = \frac{P_{91,Pbout} - P_{91,PbVout}}{P_{91,Pbout}} \times 100\% \dots\dots\dots (43)$$

### 9.1.2.3 注水站

站内回流损失率为注水站内打回流功率损失与驱动注水泵的电动机输入功率之和的比值，按公式（44）计算：

$$\varepsilon_{91,Sr} = \frac{(P_{91,Sout} - P_{91,Pinm}) \cdot G_{91,Sr}}{3.6 \sum_{i=1}^{r_{91}} P_{91,Mini}} \times 100\% \dots\dots\dots (44)$$

### 9.1.2.4 注水系统

9.1.2.4.1 各测点的折算压力按公式（45）计算：

$$p_c = \rho_w g(z - z_0) \times 10^{-6} + p \dots\dots\dots (45)$$

9.1.2.4.2 注水系统输入功率为注水站内驱动注水泵的电动机输入功率与系统内驱动增压泵的电动机输入功率之和，按公式（46）计算：

$$P_{91, \text{Sysin}} = \sum_{i=1}^{n_{91}} P_{91, \text{Mini}} + \sum_{j=1}^{u_{91}} P_{91, \text{Mbinj}} \dots\dots\dots (46)$$

9.1.2.4.3 注水系统输出功率按公式（47）计算：

$$P_{91, \text{Sysout}} = \left[ \sum_{i=1}^{m_{91}} (p_{91, \text{Wci}} \cdot G_{91, \text{Wi}}) - \sum_{j=1}^{n_{91}} (p_{91, \text{Pincj}} \cdot G_{91, \text{Pj}}) \right] / 3.6 \dots\dots\dots (47)$$

9.1.2.4.4 注水系统效率为注水系统输出功率与注水系统输入功率的比值，按公式（48）计算：

$$\eta_{91} = \frac{P_{91, \text{Sysout}}}{P_{91, \text{Sysin}}} \times 100\% \dots\dots\dots (48)$$

9.1.2.4.5 注水系统单位注水量电耗为注水系统电能消耗量与注入水量的比值，按公式（49）计算：

$$M_{91, \text{Iw}} = \frac{N_{91, \text{Is}}}{G_{91, \text{Is}}} \dots\dots\dots (49)$$

9.1.2.4.6 注水系统单位压力注水量电耗为注水系统电能消耗量与所辖注水井的井口压力与注入水量乘积之和的比值，按公式（50）计算：

$$M_{91, \text{IPw}} = \frac{N_{91, \text{Is}}}{\sum_{i=1}^{m_{91}} (p_{91, \text{Wci}} \cdot G_{91, \text{Wi}})} \dots\dots\dots (50)$$

9.1.2.4.7 注水系统泵机组损失率为所有泵机组功率损失之和与注水系统输入功率的比值，按公式（51）计算：

$$\varepsilon_{91, \text{ov}} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{91}} [P_{91, \text{Mini}} - (p_{91, \text{Pouti}} - p_{91, \text{Pini}}) \cdot G_{91, \text{Pi}}] + \sum_{k=1}^{u_{91}} [P_{91, \text{Mbinj}} - (p_{91, \text{Pboutk}} - p_{91, \text{Pbink}}) \cdot G_{91, \text{Pk}}]}{3.6 P_{91, \text{Sysin}}} \dots\dots\dots (51)$$

9.1.2.4.8 注水系统回流损失率为所有注水站打回流功率损失与注水系统输入功率的比值，按公式（52）计算：

$$\varepsilon_{91, \text{SSr}} = \frac{\sum_{i=1}^{b_{91}} (p_{91, \text{Souti}} - p_{91, \text{Pinnmi}}) \cdot G_{91, \text{Sri}}}{3.6 P_{91, \text{Sysin}}} \times 100\% \dots\dots\dots (52)$$

9.1.2.4.9 注水系统站内管网损失率为所有注水站内管网功率损失之和与注水系统输入功率的比值，按公式（53）计算：

$$\varepsilon_{91, \text{SPN}} = \frac{\sum_{i=1}^{h_{91}} \sum_{j=1}^{r_{91}} (p_{91, \text{Poutj}} - p_{91, \text{Souti}}) \cdot G_{91, \text{Pij}}}{3.6 P_{91, \text{Sysin}}} \times 100\% \dots\dots\dots (53)$$

9.1.2.4.10 注水系统注水管网损失率为注水管网功率损失与注水系统输入功率的比值，按公式（54）计算：

$$\varepsilon_{91,PN} = \frac{\sum_{i=1}^{b_{91}} (p_{91,Soutci} \cdot G_{91,Si}) + \sum_{k=1}^{u_{91}} [(p_{91,Pboutk} - p_{91,Pbink}) \cdot G_{91,Pbk}] - \sum_{j=1}^{m_{91}} (p_{91,Wcj} \cdot G_{91,Wj})}{3.6P_{91,Sysin}} \times 100\% \dots\dots\dots (54)$$

9.1.2.4.11 注水系统注水阀组损失率为注水管网中阀组功率损失与注水系统输入功率的比值,按公式(55)计算:

$$\varepsilon_{91,V} = \frac{\sum_{i=1}^{m_{91}} [(p_{91,Vin} - p_{91,Vout}) \cdot G_{91,W}]_i}{3.6P_{91,Sysin}} \times 100\% \dots\dots\dots (55)$$

9.1.2.4.12 注水系统注水管线损失率为注水管网中注水管线功率损失与注水系统输入功率的比值,按公式(56)计算:

$$\varepsilon_{91,PL} = \frac{\sum_{i=1}^{b_{91}} (p_{91,Soutci} \cdot G_{91,Si}) + \sum_{k=1}^{u_{91}} [(p_{91,Pboutk} - p_{91,Pbink}) \cdot G_{91,Pbk}] - \sum_{j=1}^{m_{91}} (p_{91,Wcj} \cdot G_{91,Wj}) - \sum_{j=1}^{m_{91}} [(p_{91,Vinj} - p_{91,Voutj}) \cdot G_{91,Wj}]}{3.6P_{91,Sysin}} \times 100\% (56)$$

## 9.2 配注系统

### 9.2.1 测试项目及测试方法

#### 9.2.1.1 测试项目

9.2.1.1.1 配注系统主要耗能设备的测试项目如下:

- a) 泵吸入压力;
- b) 泵排出压力;
- c) 泵流量;
- d) 电动机输入功率或电流、电压和功率因数。

9.2.1.1.2 配注系统的测试项目如下:

- a) 配制站测试项目如下:
  - 1) 配制站溶液配置量;
  - 2) 配制站电能消耗量。
- b) 注入站测试项目如下:
  - 1) 注入站溶液注入量;
  - 2) 注入站电能消耗量。

#### 9.2.1.2 测试方法

9.2.1.2.1 正式测试应在被测对象工况稳定条件下进行。工况稳定系指被测对象的主要运行参数波动在测试期间平均值的±10%以内。

9.2.1.2.2 测试的时间选择和测算数值的取值应具有平均值的代表性。除需化验分析的项目以外,对同一测试单元的各个参数的测试宜在同一时间内进行,单次测试时间5 min~15 min,连续测试过程时间一般不少于1 h。

9.2.1.2.3 对于采用变频器控制的电动机,应在变频器前端测试电参数。

9.2.1.2.4 使用满足5.3要求的仪器测试各个测点的流量。

9.2.1.2.5 使用满足5.4要求的仪器测试各个测点的压力。

9.2.1.2.6 使用满足5.5要求的仪器测试系统各个站以及螺杆泵、往复泵等电动机的各个电参数。

## 9.2.2 计算方法

### 9.2.2.1 符号和单位

表4中列出的符号适用于本文件。

表 4 配注系统有关符号和单位

序号	符号	名称	单位
1	$G_{92,S}$	配注系统溶液注入量（配制站溶液配置量，注入站溶液注入量）	$m^3/h$
2	$M_{92,Is}$	注入站单位溶液注入量电耗	$kW \cdot h/m^3$
3	$M_{92,Ms}$	配制站单位溶液配制量电耗	$kW \cdot h/m^3$
4	$M_{92,S}$	配注系统单位溶液注入量电耗	$kW \cdot h/m^3$
5	$N_{92,Is}$	注入站电能消耗量	$kW \cdot h/h$
6	$N_{92,Ms}$	配制站电能消耗量	$kW \cdot h/h$

9.2.2.2 泵机组效率的计算按 8.2.2.1 的规定执行。

9.2.2.3 配制站单位溶液配制量电耗为配置站电能消耗量与溶液配置量的比值，按公式（57）计算：

$$M_{92,Ms} = \frac{N_{92,Ms}}{G_{92,S}} \dots\dots\dots (57)$$

9.2.2.4 注入站单位溶液注入量电耗为注入站电能消耗量与注入站溶液注入量的比值，按公式（58）计算：

$$M_{92,Is} = \frac{N_{92,Is}}{G_{92,S}} \dots\dots\dots (58)$$

9.2.2.5 配注系统单位溶液注入量电耗为系统电能消耗量与配注系统溶液注入量的比值，按公式（59）计算：

$$M_{92,S} = \frac{N_{92,Ms} + N_{92,Is}}{G_{92,S}} \dots\dots\dots (59)$$

## 9.3 注气系统

### 9.3.1 测试项目及测试方法

#### 9.3.1.1 测试项目

注气系统的测试项目如下：

- a) 注气系统电能消耗量；
- b) 注气系统燃料气消耗量；
- c) 注气系统注入气量。

#### 9.3.1.2 测试方法

9.3.1.2.1 正式测试应在被测对象工况稳定条件下进行。工况稳定系指被测对象的主要运行参数波动在测试期间平均值的±10%以内。

9.3.1.2.2 测试的时间选择和测算数值的取值应具有平均值的代表性。除需化验分析的项目以外，对同一测试单元的各个参数的测试宜在同一时间内进行，单次测试时间 5 min~15 min，连续测试过程时间一般不少于 1 h。

9.3.1.2.3 应按 SY/T 6381 规定的方法进行燃料气消耗量、注入气量计量。

## 9.3.2 计算方法

9.3.2.1 表 5 中列出的符号适用于本文件。

表 5 注气系统有关符号和单位

序号	符号	名称	单位
1	$E_{93,S}$	注气系统综合能耗	kgce/h
2	$G_{93,S}$	注气系统注入气量（天然气、二氧化碳、氮气、空气）	Nm <sup>3</sup> /h
3	$G_{93,SG}$	注气系统燃料气消耗量	Nm <sup>3</sup> /h
4	$M_{93,S}$	注气系统单位注气量综合能耗	kgce/m <sup>3</sup>
5	$N_{93,SE}$	注气系统电能消耗量	kW·h/h

9.3.2.2 注气系统综合能耗为系统内所有能源消耗实物量（电力、燃料气）折算为标准煤后的总和，按公式（60）计算：

$$E_{93,S} = N_{93,SE} \cdot k_e + G_{93,SG} \cdot k_g \dots\dots\dots (60)$$

9.3.2.3 注气系统单位注气量综合能耗为注气系统综合能耗与注入气量（天然气、二氧化碳、氮气、空气）的比值，按公式（61）计算：

$$M_{93,S} = \frac{E_{93,S}}{G_{93,S}} \dots\dots\dots (61)$$

## 9.4 注汽系统

### 9.4.1 测试项目及测试方法

#### 9.4.1.1 测试项目

9.4.1.1.1 注汽系统主要耗能设备的测试项目如下：

- a) 注汽锅炉给水泵的测试项目应按 8.1.1.2 的规定确定；
- b) 注汽锅炉的测试项目应按 GB/T 10180 的规定确定。

9.4.1.1.2 注汽管线的测试项目如下：

- c) 保温结构外表面热流密度；
- d) 保温结构外表面温度；
- e) 测点周围的环境温度。

#### 9.4.1.2 测试方法

9.4.1.2.1 正式测试应在被测对象工况稳定条件下进行。工况稳定系指被测对象的主要运行参数波动在测试期间平均值的±10%以内。

9.4.1.2.2 测试的时间选择和测算数值的取值应具有平均值的代表性。除需化验分析的项目以外，对同一测试单元的各个参数的测试宜在同一时间内进行，单次测试时间 5 min~15 min，连续测试过程时间一般不少于 1 h。

9.4.1.2.3 对于采用变频器控制的电动机，应在变频器前端测试电参数。

9.4.1.2.4 使用满足 5.3 要求的仪器测试各种流体的流量。应按 GB/T 10180 规定的方法进行燃料（油）气计量。

9.4.1.2.5 使用满足 5.2 和 5.6.4 要求的仪器测试各测点温度。

9.4.1.2.6 应按 GB/T 17357 规定的测试方法（包括表面温度法和热流计法）测试注汽管线保温结构散热损失。

9.4.1.2.7 注汽锅炉给水泵的测试应按 8.1.2.8 的规定执行；锅炉的测试应按 GB/T 10180 的规定执行。

## 9.4.2 计算方法

### 9.4.2.1 符号和单位

表6中列出的符号适用于本文件。

表 6 注汽系统有关符号和单位

序号	符号	名称	单位
1	$q_{94,R}$	测试时的散热损失	W/m <sup>2</sup>
2	$q_{94,Rc}$	换算为运行期平均温度下的散热损失	W/m <sup>2</sup>
3	$T_{94,E}$	测试时的平均环境温度	K
4	$T_{94,Em}$	当地年（或当地运行期）平均环境温度	K
5	$T_{94,S}$	测试时管道及其附件的保温结构平均外表面温度	K
6	$T_{94,Sm}$	管道及其附件的保温结构年（或当地运行期）平均外表面温度	K
7	$\alpha^a$	表面换热系数	W/(m <sup>2</sup> ·K)

<sup>a</sup> 按 GB/T 17357 的规定计算表面换热系数。

### 9.4.2.2 主要耗能设备效率计算

9.4.2.2.1 注汽锅炉给水泵的机组效率计算应按 8.2.2.1 的规定执行。

9.4.2.2.2 锅炉的效率计算应按照 GB/T 10180 的规定执行。

### 9.4.2.3 注汽管线保温结构散热损失计算

9.4.2.3.1 注汽管线保温结构散热损失（热流密度）用表面温度法按公式（62）计算：

$$q_{94,R} = \alpha(T_{94,S} - T_{94,E}) \dots\dots\dots (62)$$

9.4.2.3.2 若为常年运行工况，应将注汽管线保温结构的散热损失测试数值换算成当地年平均温度条件下的相应值；若为季节运行工况，则换算成当地运行期平均温度条件下的相应值，按公式（63）计算：

$$q_{94,Rc} = q_{94,R} \frac{T_{94,Sm} - T_{94,Em}}{T_{94,S} - T_{94,E}} \dots\dots\dots (63)$$

## 10 测试报告

### 10.1 报告封面或扉页应包括下列内容：

- a) 测试项目名称；
- b) 测试地点（或被测单位）；
- c) 测试日期；
- d) 测试单位；
- e) 测试负责人；
- f) 测试参加人员；
- g) 报告编写人；
- h) 报告审核人；
- i) 报告批准人。

### 10.2 正文中应包括：

- a) 测试任务和目的要求；
- b) 测试系统的选取及测试依据；
- c) 测点布置及测试仪器说明；
- d) 测试系统和测试工况说明；
- e) 测试结果分析及建议；
- f) 测试计算数据综合表；
- g) 测试结果汇总表。

### 10.3 测试原始数据、测试报告应由测试单位存档备查。

## 参 考 文 献

- [1]GB/T 3216—2016 回转动力泵 水力性能验收试验 1级、2级和3级
- [2]GB/T 7021—2019 离心泵名词术语
- [3]GB/T 7785—2013 往复泵分类和名词术语
- [4]GB/T 31453—2015 油田生产系统节能监测规范
- [5]SY/T 6473—2023 油气田生产系统经济运行规范 机械采油系统
- [6]SY/T 6569—2017 油气田生产系统经济运行规范 注水系统
- [7]SY/T 6722—2024 石油天然气工业耗能用水统计指标与计算方法
- [8]SY/T 6835—2017 油田热采注汽系统节能监测规范
- [9]SY/T 7681—2023 油气田生产系统经济运行规范 注汽系统
-