

ICS 13.020.01

CCS E 98

# DB65

## 新疆维吾尔自治区地方标准

DB65/T 4949—2025

### 清洁生产评价指标体系 陆地油气管道输 送行业

Assessment indicator system of cleaner production for onshore oil and gas  
pipeline transportation industry

2025 - 11 - 25 发布

2026 - 01 - 25 实施

新疆维吾尔自治区市场监督管理局 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 评价指标体系 .....	2
5 清洁生产综合评价指数计算方法 .....	6
6 指标计算与数据来源 .....	7
参考文献 .....	13

## 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》和 GB/T 43329—2023《清洁生产评价指标体系编制通则》的规定起草。

本文件由新疆维吾尔自治区生态环境厅提出、归口并组织实施。

本文件起草单位：新疆维吾尔自治区环境工程评估中心、新疆正天华能环境工程技术有限公司、国家管网集团西部管道有限责任公司。

本文件主要起草人：马勤学、吕泽峰、朱彬、张杰、牛明勇、文军红、赵海龙、蔡炜、于洋、谢辉、孙红叶、闫晓怀、王晓峰、吴国磊、张晓伟、孙皓、许丽、张晨、张顺、张鹤鹏、师文静、颜伟、王博、钟成冬、刘绍东、杨璟轶、鲜俊、王延昌、王冲、郭秀禄、李学武、徐景山、郑德良、左晓燕、黄炯、甘琼、覃岩、吕倩、张国宝、袁新龙、刘国权、孙瑞云、贾立平、王娅、李健、秦艳、张亮、顾煜祖。

本文件实施应用中的疑问，请咨询新疆维吾尔自治区环境工程评估中心。

对本文件的修改意见建议，请反馈至新疆维吾尔自治区生态环境厅（乌鲁木齐市南湖西路215号）、新疆维吾尔自治区环境工程评估中心（乌鲁木齐市长春北路二工乡空港三街1818号）、新疆维吾尔自治区市场监督管理局（乌鲁木齐市新华南路167号）。

新疆维吾尔自治区生态环境厅 联系电话：0991-4165377；传真：0991-4165385；邮编：830063。

新疆维吾尔自治区环境工程评估中心 联系电话：0991-4185086；传真：0991-4185086；邮编：841100。

新疆维吾尔自治区市场监督管理局 联系电话：0991-2818750；传真：0991-2311250；邮编：830004。

# 清洁生产评价指标体系 陆地油气管道输送行业

## 1 范围

本文件规定了陆地油气管道输送行业清洁生产评价指标、评价方法和指标计算与数据来源的要求。

本文件适用于原油、成品油、天然气生产企业外输站库至用户接收站之间的油气管道输送生产活动。

## 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 1028—2018 工业余能资源评价方法
- GB/T 2589 综合能耗计算通则
- GB 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）
- GB 18597 危险废物贮存污染控制标准
- GB 18599 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准
- GB/T 23331 能源管理体系 要求及使用指南
- GB/T 24001 环境管理体系 要求及使用指南
- GB 36600 土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）
- GB 37822 挥发性有机物无组织排放控制标准
- GB/T 43329—2023 清洁生产评价指标体系编制通则
- GB 50251 输气管道工程设计规范（附条文说明）
- GB 50253 输油管道工程设计规范
- HJ 733 泄漏和敞开液面排放的挥发性有机物检测技术导则
- HJ 1230 工业企业挥发性有机物泄漏检测与修复技术指南
- SY/T 7413 报废油气长输管道处置技术规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**清洁生产** cleaner production

不断采取改进设计、使用清洁的能源和原料、采用先进的工艺技术与设备、改善管理、综合利用等措施，从源头削减污染，提高资源利用效率，减少或者避免生产、服务和产品使用过程中污染物的产生和排放，以减轻或者消除对人类健康和环境的危害。

### 3.2

**清洁生产评价指标体系** assessment indicator system of cleaner production

由相互联系、相对独立、互相补充的系列清洁生产评价指标组成的，用于评价清洁生产水平的指标集合。

[来源：GB/T 43329—2023，3.1]

### 3.3

#### 限定性指标 prescriptive indicators

对节能减排有重大影响的指标，或者法律法规明确规定严格执行的指标。

[来源：GB/T 43329—2023，5.3]

### 3.4

#### 指标基准值 indicator baseline

评价清洁生产水平所确定的指标对照值。

[来源：GB/T 43329—2023，3.2]

### 3.5

#### 陆地油气管道输送 onshore oil and gas pipeline transportation

利用管道及管道附属设施（包括管道线路、站场及辅助设施等，但不包括城镇燃气管道和炼油、化工等企业厂区内管道），采用密闭输送工艺，通过泵、压缩机等设备提供动力将石油、天然气等油气资源进行长距离输送的过程。

### 3.6

#### 余能 surplus energy

工业生产工艺系统消耗输入能源后输出可利用的能量。

[来源：GB/T 1028—2018，2.1]

### 3.7

#### 输送损耗率 rate of transportation loss

在标准参比条件下，输送损耗量（在一定统计期内，油气管道在储存和运输过程中，油气管道输入量与输出量、自用量和施工放空量的差，简称输送损耗量）与输入量之比。

## 4 评价指标体系

油气陆地管道运输企业清洁生产评价指标体系各评价指标、权重及基准值具体见表1。

表1 陆地油气管道输送行业清洁生产评价指标、权重及基准值

一级指标	一级指标权重	序号	二级指标	二级指标权重	I级基准值	II级基准值	III级基准值
生产工艺及装备	0.25	1	总体要求	0.10	使用国家鼓励的节水工艺、技术和装备，以及国家推荐的节能机电设备（产品）。		生产工艺与装备符合国家产业政策、技术政策和发展方向。
		2	基本要求	0.15	1. 陆上新建、改建和扩建的输气管道工程设计应符合GB 50251；输油管道工程设计应符合GB 50253。 2. 陆上报废油气长输管道处置应符合SY/T 7413。 3. 输油气管道在建设、在役及报废等各阶段，均应符合GB 15618和GB 36600等土壤污染风险管控标准的要求。		

表1 陆地油气管道输送行业清洁生产评价指标、权重及基准值(续)

一级指标	一级指标权重	序号	二级指标		二级指标权重	I级基准值	II级基准值	III级基准值	
生产工艺及装备	0.25	3	*设备效率	燃气加热炉 ( $\eta_z$ )	额定热负荷kW	0.20	效率%		
					$P < 200$		$\geq 87$	$\geq 86$	$\geq 83$
					$200 \leq P < 500$		$\geq 87$	$\geq 87$	$\geq 85$
					$500 \leq P < 1000$		$\geq 89$	$\geq 88$	$\geq 86$
					$1000 \leq P \leq 1500$		$\geq 90$	$\geq 89$	$\geq 88$
					$1500 < P < 2500$		$\geq 91$	$\geq 90$	$\geq 89$
					$2500 \leq P \leq 12000$		$\geq 92$	$\geq 91$	$\geq 90$
			输油泵效率( $\eta_b$ )%		0.15	$\geq 85\% \times$ 泵额定效率			
			输油泵机组 ( $\eta_{sys}$ )	额定排量 $m^3/h$	0.20	效率%			
				$85 \leq Q \leq 200$		$\geq 66$	$\geq 58$	$\geq 54$	
				$200 < Q \leq 400$		$\geq 70$	$\geq 62$	$\geq 58$	
				$400 < Q \leq 600$		$\geq 70$	$\geq 66$	$\geq 62$	
				$600 < Q \leq 800$		$\geq 72$	$\geq 69$	$\geq 65$	
		$800 < Q \leq 1000$		$\geq 74$		$\geq 71$	$\geq 67$		
$1000 < Q \leq 1500$	$\geq 75$	$\geq 73$		$\geq 69$					
$1500 < Q \leq 2000$	$\geq 76$	$\geq 73$		$\geq 70$					
$2000 < Q \leq 3000$	$\geq 76$	$\geq 74$		$\geq 71$					
$Q > 3000$	$\geq 76$	$\geq 75$	$\geq 72$						
天然气压缩机组效率%	燃气驱动( $\eta_{rjz}$ )	0.15	$\geq 33$	$\geq 29$	$\geq 25$				
	电驱动( $\eta_{djz}$ )		$\geq 78$	$\geq 76$	$\geq 75$				
4	生产设备管理		0.05	有健全的管理制度和详细的操作规程、手册等,并严格执行。	主要生产设备制定设备操作规程、手册等,并严格执行。	主要生产设备有管理制度,管线、设备有可靠的防范措施。			
能源消耗	0.15	5	*单位距离输油气量综合能耗( $e$ ) $kgce/10^4 t \cdot km$ 或 $kgce/10^4 m^3 \cdot km$	原油	0.35	$\leq 13$	$\leq 19$	$\leq 54$	
				成品油	0.35	$\leq 17$	$\leq 26$	$\leq 57$	
				天然气	0.20	$\leq 0.15$	$\leq 0.22$	$\leq 0.46$	
6	余能利用		0.10	在现有经济技术条件下,挖掘余能利用潜力,经技术、经济和环境评估后确定具有回收价值的余能,通过配备余能回收设备,回收和利用某一工艺系统的余能,并不断优化余能利用技术。					
水资源消耗	0.15	7	*水重复利用率( $R_w$ )%		1.00	$\geq 98.70$	$\geq 96.40$	$\geq 94.00$	

表1 陆地油气管道输送行业清洁生产评价指标、权重及基准值（续）

一级指标	一级指标权重	序号	二级指标	二级指标权重	I级基准值	II级基准值	III级基准值	
污染物产生与排放	0.20	8	原油	0.20	≤0.47	≤0.98	≤1.53	
			成品油	0.15	≤0.46	≤0.76	≤1.08	
			天然气	0.20	≤1.20	≤1.93	≤2.40	
		9	固体废物处理处置	0.25	一般工业固体废物应按照GB 18599的要求执行；危险废物应按照GB 18597的要求执行。			
		10	*挥发性有机物（VOCs）排放管控	0.20	挥发性有机物（VOCs）无组织排放的控制和管理，应按照GB 37822执行。落实精细化管理，开展含VOCs物料储存、转移和输送、设备与管线组件泄漏、敞开液面逸散以及工艺过程等无组织排放环节的排查整治工作。挥发性有机物（VOCs）泄漏检测与修复（LDAR）应按照HJ 733和HJ 1230执行。			
温室气体排放	0.10	11	温室气体排放管理	1.00	掌握温室气体排放现状，发现温室气体潜在的减排机会（环节），设定未来温室气体排放目标，实施温室气体与大气污染物协同控制，满足强制性温室气体控制要求。			
清洁生产管理	0.15	13	环境审核	12	*环境法律法规标准	0.20	1. 企业污染物排放达到国家和自治区排放标准以及排污许可管理要求。 2. 实施强制性清洁生产审核的企业，将审核结果向有关部门报告，并依据《清洁生产审核办法》等要求公布企业相关信息（商业秘密除外），接受公众监督。	
					组织机构	0.05	设立专门环境管理部门、配置专职管理人员，负责清洁生产等相关环境管理工作。	
					环境管理体系	0.10	1. 按照GB/T 24001建立完善的环境管理体系，体系文件完整、流程规范。 2. 每年至少开展两次内部审核与管理评审，对发现的问题整改率达到100%。	1. 建立环境管理体系，文件较完整。 2. 每年至少开展一次内部审核与管理评审，对发现的问题整改率达到95%及以上。
			能源管理体系	0.10	1. 按照GB/T 23331建立完善能源管理体系。 2. 配备专业的能源管理团队。 3. 每年进行一次能源审计，依据审计结果制定节能措施并有效实施。	1. 建立能源管理体系。 2. 有基本的能源管理规章制度和人员配置。 3. 每三年进行一次能源审计，根据审计结果采取节能措施。	1. 有基本的能源管理规章制度。 2. 每五年进行一次能源审计，根据审计结果采取节能措施。	

表 1 陆地油气管道输送行业清洁生产评价指标、权重及基准值（续）

一级指标	一级指标权重	序号	二级指标		二级指标权重	I 级基准值	II 级基准值	III 级基准值
清洁生产管理	0.15	13	环境审核	清洁生产审核与管理制度	0.10	1. 近三年完成一轮清洁生产审核及验收，并在资源利用、污染物减排等方面取得显著成效。	1. 近三年完成一次清洁生产审核，且有启动清洁生产审核验收的计划，提出的清洁生产方案涉及资源利用、污染物减排等方面。	1. 启动并正在实施清洁生产审核。
						2. 建立完善的清洁生产管理制度，明确各部门和岗位在清洁生产中的职责。	2. 建立清洁生产管理制度，明确各部门和岗位在清洁生产中的职责。	2. 建立基本的清洁生产管理制度，明确主管部门和岗位在清洁生产中的职责。
		14	生产过程环境管理	环保设施管理	0.15	1. 通过企业官网、权威环境信息平台，及时主动公开环保设施运行及维护记录。	1. 管理制度完善，职责明确，环保设施稳定运行。	1. 建立基本管理机制，环保设施正常运行，满足环保需求。
2. 构建完备制度，职责明确，建立真实、完整的电子和纸质档案。	2. 运行记录真实、准确、完整，记录包含运行参数、维护信息等。			2. 运行记录真实，纸质档案能基本实现运行情况记录与追溯，设施运行可监控。				
				环保监测、监控	0.15	1. 利用生态环境主管部门搭建的平台及互联网渠道，全面、准确地公开自行监测信息。	1. 规范设置排污口和采样、监测点位，排污口标识设置位置醒目，文字和图案清晰、准确。	
						2. 规范设置排污口和采样、监测点位，和采样、监测点位，排污口标识设置位置醒目，文字和图案清晰、准确。	2. 依据技术指南，规范制定监测方案，明确项目、频次、方法及标准等。	
						3. 依据技术指南，规范制定监测方案，明确项目、频次、方法及标准等。	3. 规范开展自行监测，监测数据真实、准确。	
						4. 规范开展自行监测，监测数据真实、准确。		

表 1 陆地油气管道输送行业清洁生产评价指标、权重及基准值（续）

一级指标	一级指标权重	序号	二级指标	二级指标权重	I级基准值	II级基准值	III级基准值
清洁生产管理	0.15	14	生产过程环境管理 事故、非正常工况应急管理	0.10	1. 建立环境应急管理组织体系，开展环境风险评估，编制突发环境事件应急预案。 2. 每年至少组织一次应急演练，应急救援队伍专业、应急物资储备充足。 3. 每年至少开展一次环境风险隐患排查工作，形成隐患清单并完成治理。		
		15	相关方环境管理	0.05	向生产协作方及相关服务方明确并书面传达环境管理要求，并监督其在提供的生产与服务过程中严格遵守。		
注：带*的指标为限定性指标。							

5 清洁生产综合评价指数计算方法

5.1 指标无量纲化

不同清洁生产指标由于量纲不同，不能直接比较，需要建立原始指标的隶属函数，如公式（1）所示。

$$Y_{gk}(x_{ij}) = \begin{cases} 100, & x_{ij} \text{属于 } g_k \\ 0, & x_{ij} \text{不属于 } g_k \end{cases} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$Y_{gk}(x_{ij})$  ——二级指标对于级别  $g_k$  的隶属函数；

$x_{ij}$  ——第  $i$  个一级指标下的第  $j$  个二级指标；

$g_k$  ——二级指标基准值，其中  $g_1$  为 I 级清洁生产水平， $g_2$  为 II 级清洁生产水平， $g_3$  为 III 级清洁生产水平。

注：若指标属于级别  $g_k$ ，则隶属函数的值为 100，否则为 0。

5.2 综合评价指数计算

通过加权平均、逐层收敛可得到评价对象在不同级别  $g_k$  的得分  $Y_{gk}$ ，如公式（2）所示。

$$Y_{gk} = \sum_{i=1}^m [\omega_i \sum_{j=1}^{n_i} \omega_{ij} Y_{gk}(x_{ij})] \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$\omega_i$  ——第  $i$  个一级指标的权重，之和为 1；

$\omega_{ij}$  ——第  $i$  个一级指标下的第  $j$  个二级指标权重，之和为 1；

$m$  ——一级指标的个数；

$n_i$  ——第  $i$  个一级指标下二级指标的个数。

5.3 二级指标权重值调整

企业在实际评价过程中,当某类一级指标项下的二级指标项数少于该行业规定的项数时,应对该类一级指标项下各二级指标权重进行调整。调整后的二级指标权重计算如公式(3)所示。

$$\omega'_{ij} = \omega_{ij} \times (1/\sum_{j=1}^n \omega''_{ij}) \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$\omega'_{ij}$  ——调整后的二级指标权重,之和为1;

$\omega_{ij}$  ——原二级指标权重;

$\omega''_{ij}$  ——实际参与考核的该一级指标项下的二级指标权重;

$i$  ——一级指标项数;

$j$  ——二级指标项数,  $j=1, 2, \dots, n$ 。

#### 5.4 清洁生产等级的确定

本评价指标体系将企业清洁生产水平划分为三级,清洁生产等级对应的等级划分条件见表2。

表2 清洁生产等级与等级划分条件

清洁生产等级	等级划分条件
I级 清洁生产先进(标杆)水平	$Y_I \geq 85$ ; 限定性指标全部满足I级基准值要求; 非限定性指标全部满足II级指标基准值要求。
II级 清洁生产准入水平	$Y_{II} \geq 85$ ; 限定性指标全部满足II级基准值要求; 非限定性指标全部满足III级基准值要求。
III级 清洁生产一般水平	$Y_{III} = 100$ 。

## 6 指标计算与数据来源

### 6.1 指标计算

#### 6.1.1 加热炉效率

加热炉效率,按式(4)计算:

$$\eta_z = Q/Q_T \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$\eta_z$  ——加热炉效率, %;

$Q$  ——加热炉有效输出热量, kJ/h, 见公式(5);

$Q_T$  ——总供给能量, kJ/h, 见公式(8)。

##### 6.1.1.1 加热炉有效输出热量

加热炉有效输出热量,按式(5)计算:

$$Q = Q_w + Q_o \dots\dots\dots (5)$$

式中:

$Q_w$  ——被加热介质为水时加热炉有效输出热量, kJ/h, 见公式(6);

$Q_o$  ——被加热介质为油时加热炉有效输出热量, kJ/h, 见公式(7)。

## 6.1.1.1.1 被加热介质为水时加热炉有效输出热量

被加热介质为水时加热炉有效输出热量，按式（6）计算：

$$Q_W = D_W \times (h_{out} - h_{in}) \dots \dots \dots (6)$$

式中：

- $D_W$  ——被加热水流量，kg/h；
- $h_{out}$  ——被加热介质出口质量焓，kJ/kg；
- $h_{in}$  ——被加热介质进口质量焓，kJ/kg。

## 6.1.1.1.2 被加热介质为油时加热炉有效输出热量

被加热介质为油时加热炉有效输出热量，按式（7）计算：

$$Q_O = D_O \times \rho_O \times (t_{out} \times c_{out} - t_{in} \times c_{in}) \dots \dots \dots (7)$$

式中：

- $D_O$  ——被加热油流量，m<sup>3</sup>/h；
- $\rho_O$  ——油在流量测定温度时的密度，kg/m<sup>3</sup>；
- $t_{out}$  ——被加热介质出口温度，℃；
- $t_{in}$  ——被加热介质进口温度，℃；
- $c_{out}$  ——被加热介质出口比热容，kJ/(kg·℃)；
- $c_{in}$  ——被加热介质进口比热容，kJ/(kg·℃)。

## 6.1.1.2 总供给能量

总供给能量，按式（8）计算：

$$Q_T = Q_r + 3600 \times \Sigma N \dots \dots \dots (8)$$

式中：

- $Q_r$  ——供给热量，kJ/h，见公式（9）；
- $\Sigma N$  ——总耗电量，(kW·h)/h。

## 6.1.1.2.1 供给热量

供给热量，按式（9）计算：

$$Q_r = B \times (Q_{net,v,ar} + Q_{wl} + Q_{rx}) \dots \dots \dots (9)$$

式中：

- $B$  ——燃料消耗量，m<sup>3</sup>/h或kg/h；
- $Q_{net,v,ar}$  ——收到基低位发热量，kJ/m<sup>3</sup>或kJ/kg；
- $Q_{wl}$  ——加热燃料或外来热量，kJ/m<sup>3</sup>或kJ/kg；
- $Q_{rx}$  ——燃料物理热，kJ/m<sup>3</sup>或kJ/kg。

## 6.1.2 泵效率

泵效率，按式（10）计算：

$$\eta_b = \frac{\rho \times g \times q \times H}{3.6 \times 10^6 \times N_2} \times 100\% \dots \dots \dots (10)$$

式中：

- $\eta_b$  ——泵运行效率，%；

- $\rho$  ——液体的密度,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;  
 $g$  ——重力加速度,  $\text{m}/\text{s}^2$ , 取9.807;  
 $q$  ——泵的流量,  $\text{m}^3/\text{h}$ ;  
 $H$  ——泵扬程,  $\text{m}$ , 见公式(11);  
 $N_2$  ——泵轴功率,  $\text{kW}$ , 见公式(15)。

#### 6.1.2.1 泵扬程

泵扬程, 按式(11)计算:

$$H = \Delta p + (Z_2 - Z_1) + (v_2^2 - v_1^2)/2g \dots\dots\dots (11)$$

式中:

- $\Delta p$  ——泵静压差,  $\text{m}$ , 见公式(12);  
 $Z_2$  ——泵出口测压点到泵水平中心线的垂直距离,  $\text{m}$ ;  
 $Z_1$  ——泵进口测压点到泵水平中心线的垂直距离,  $\text{m}$ ;  
 $v_2$  ——泵出口法兰截面处液体平均流速,  $\text{m}/\text{s}$ , 见公式(13);  
 $v_1$  ——泵进口法兰截面处液体平均流速,  $\text{m}/\text{s}$ , 见公式(14)。

##### 6.1.2.1.1 泵静压差

泵静压差, 按式(12)计算:

$$\Delta p = \frac{(p_2 - p_1) \times 10^6}{\rho \times g} \dots\dots\dots (12)$$

式中:

- $p_2$  ——泵出口压力值,  $\text{MPa}$ ;  
 $p_1$  ——泵进口压力值,  $\text{MPa}$ 。

##### 6.1.2.1.2 泵出口法兰截面处液体平均流速

泵出口法兰截面处液体平均流速, 按式(13)计算:

$$v_2 = q / (900 \times \pi \times D_2^2) \dots\dots\dots (13)$$

式中:

- $D_2$  ——泵出口法兰处管道内径,  $\text{m}$ 。

##### 6.1.2.1.3 泵进口法兰截面处液体平均流速

泵进口法兰截面处液体平均流速, 按式(14)计算:

$$v_1 = q / (900 \times \pi \times D_1^2) \dots\dots\dots (14)$$

式中:

- $D_1$  ——泵进口法兰处管道内径,  $\text{m}$ 。

#### 6.1.2.2 泵轴功率

泵轴功率, 按式(15)计算:

$$N_2 = N_1 \times \eta_d \times \eta_c \dots\dots\dots (15)$$

式中:

- $N_1$  ——电动机输入功率,  $\text{kW}$ ;  
 $\eta_d$  ——电动机运行效率, %;

$\eta_c$  ——传动效率，%。（传动效率取值：泵机同轴直联取100%；联轴器传动取99%~99.5%；V型胶带传动取96%~97%；普通平带胶带传动取93%~97%；机械变速装置传动由产品提供。）

### 6.1.3 泵机组效率

泵机组效率，按式（16）计算：

$$\eta_{\text{sys}} = \eta_b \times \eta_d \times \eta_g \times \eta_c \dots\dots\dots (16)$$

式中：

$\eta_{\text{sys}}$  ——泵机组效率，%；

$\eta_g$  ——输送效率，%，见公式（17）。

#### 6.1.3.1 输送效率

输送效率，按式（17）计算：

$$\eta_g = p_g/p_2 \times 100\% \dots\dots\dots (17)$$

式中：

$p_g$  ——工艺所需的压力，MPa。

### 6.1.4 压缩机机组效率

#### 6.1.4.1 燃气驱动压缩机

燃气驱动压缩机机组效率，按式（18）计算：

$$\eta_{\text{rjz}} = \frac{3600 \times \sum_{i=1}^n H_{\text{Ei}}}{B_r \times Q_{\text{net,var}}} \times 100\% \dots\dots\dots (18)$$

式中：

$\eta_{\text{rjz}}$  ——燃气驱动压缩机机组效率，%；

$H_{\text{Ei}}$  ——压缩机第*i*级有效输出功率，kW，见公式（19）；

$B_r$  ——燃气驱动压缩机燃料气消耗量， $\text{m}^3/\text{h}$ ；

$Q_{\text{net,var}}$  ——燃料气收到基低位发热量， $\text{kJ}/\text{m}^3$ 。

##### 6.1.4.1.1 压缩机第*i*级有效输出功率

压缩机第*i*级有效输出功率，按式（19）计算：

$$H_{\text{Ei}} = \frac{G_{\text{in}} \times \rho_a \times S_g \times Z_{\text{ini}} \times R' \times T_{\text{ini}} \times m_i}{3600 \times (m_i - 1)} \left[ \left( \frac{p_{\text{outi}}}{p_{\text{ini}}} \right)^{(m_i - 1)/m_i} - 1 \right] \dots\dots\dots (19)$$

式中：

$G_{\text{in}}$  ——压缩机进口天然气流量， $\text{m}^3/\text{h}$ ；

$\rho_a$  ——标准状态下的空气密度， $\text{kg}/\text{m}^3$ ；

$S_g$  ——天然气相对密度；

$Z_{\text{ini}}$  ——压缩机第*i*级进口状态下的天然气压缩因子；

$R'$  ——天然气气体常数， $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ；

$T_{\text{ini}}$  ——第*i*级压缩机的进口温度，K；

$m_i$  ——第*i*级压缩机多变指数，见公式（20）；

$p_{\text{outi}}$  ——第*i*级压缩机出口压力（绝对压力），MPa；

$p_{\text{ini}}$  ——第*i*级压缩机入口压力（绝对压力），MPa。

#### 6.1.4.1.1.1 第 i 级压缩机多变指数

第 i 级压缩机多变指数，按式 (20) 计算：

$$m_i = \ln \varepsilon_i / \left[ \ln \varepsilon_i - \ln \left( \frac{Z_{outi}}{Z_{ini}} \times \frac{T_{outi}}{T_{ini}} \right) \right] \dots \dots \dots (20)$$

式中：

- $\varepsilon_i$  ——第 i 级压缩机压缩比；
- $Z_{outi}$  ——压缩机第 i 级出口状态下的天然气压缩因子；
- $T_{outi}$  ——第 i 级压缩机的出口温度，K。

#### 6.1.4.2 电驱动压缩机

电驱动压缩机机组效率，按式 (21) 计算：

$$\eta_{djz} = \left( \sum_{i=1}^n H_{Ei} \right) / P_d \times 100\% \dots \dots \dots (21)$$

式中：

- $\eta_{djz}$  ——电驱动压缩机机组效率，%；
- $P_d$  ——电驱动压缩机输入功率，kW。

#### 6.1.5 单位距离输油气量综合能耗

单位距离输油气量综合能耗，按式 (22) 计算：

$$e = E / (Q_L \times L) \dots \dots \dots (22)$$

式中：

- $e$  ——单位距离输油气量综合能耗，kgce / (10<sup>4</sup> t · km) 或 kgce / (10<sup>4</sup> m<sup>3</sup> · km)；
- $E$  ——综合能耗，kgce，见公式 (23)；
- $Q_L$  ——管道输送油气量，10<sup>4</sup> t 或 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>；
- $L$  ——油气管道输送距离，km。

注：单位距离输油气量综合能耗主要用于考察用能单位生产用能的能源效率或能源强度。

##### 6.1.5.1 综合能耗

综合能耗，按式 (23) 计算：

$$E = \sum_{i=1}^n (E_i \times k_i) \dots \dots \dots (23)$$

式中：

- $n$  ——消耗的能源种类数；
- $E_i$  ——实际消耗的第 i 种能源量（含耗能工质消耗的能源量）；
- $k_i$  ——第 i 种能源的折标准煤系数。

注：实际消耗的燃料能源应以其收到基低位发热量为计算依据折算为标准煤量。能源的低位发热量和耗能工质耗能量，应按实测值或供应单位提供的数据折标准煤。无法获得实测值的，其折标准煤系数可按照国家统计局公布的数据或按照 GB/T 2589 执行（电力和热力折标准煤系数按照“当量值”计算）。

##### 6.1.6 水重复利用率

水重复利用率，按式 (24) 计算：

$$R_W = (1 - W_{\text{补充}}) / W_{\text{总}} \times 100\% \dots \dots \dots (24)$$

式中：

$R_w$  ——水重复利用率，%；

$W_{\text{补充}}$  ——一定时间内，用于工业生产的补充用水量，t或 $m^3$ ；

$W_{\text{总}}$  ——同一计量时间内，用于工业生产的总用水量，t或 $m^3$ 。

### 6.1.7 输送损耗率

输送损耗率，按式（25）计算：

$$\eta_L = \Delta m_h / (m_a + m_{p1} + m_{s1}) \times 100\% \dots\dots\dots (25)$$

式中：

$\eta_L$  ——输送损耗率，%；

$\Delta m_h$  ——输送损耗量，t或 $m^3$ ，见公式（26）；

$m_a$  ——进管道油气量，t或 $m^3$ ；

$m_{p1}$  ——期初管存量，t或 $m^3$ ；

$m_{s1}$  ——储油气罐期初库存量，t或 $m^3$ 。

注：计算过程采用101.325 kPa和20 °C（或293.15 K）作为标准参比条件。损耗计算公式（25）、公式（26）中的参数均指在标准参比条件下使用，天然气管道计算所用压力为绝对压力。

#### 6.1.7.1 输送损耗量

输送损耗量，按式（26）计算：

$$\Delta m_h = (m_a + m_{p1} + m_{s1}) - (m_b + m_{p2} + m_{s2}) - m_c - m_f \dots\dots\dots (26)$$

式中：

$m_b$  ——出管道油气量，t或 $m^3$ ；

$m_{p2}$  ——期末管存量，t或 $m^3$ ；

$m_{s2}$  ——储油气罐期末库存量，t或 $m^3$ ；

$m_c$  ——自用量，t或 $m^3$ ；

$m_f$  ——施工放空量，t或 $m^3$ 。

注：储气库的采、注气量作为管道进、出气量参与计算。输送损耗量计算结果为正表示损耗，为负表示溢余。

## 6.2 数据来源

### 6.2.1 统计

企业能源消耗及各种资源的综合利用量等，以及油气输送量等生产数据，以年报或考核周期报表为准。

### 6.2.2 实测

如果统计数据缺失，可在审核期内采用实测方法取得，实测数据周期一般不少于一个生产年。

### 6.2.3 采样和监测

本文件中各项指标数据的采样和监测按照国家、行业和自治区颁布的相关监测技术规范执行。

## 参 考 文 献

- [1] GB/T 16666—2012 泵类液体输送系统节能监测
  - [2] GB 24848—2010 石油工业用加热炉能效限定值及能效等级
  - [3] GB/T 34165—2017 油气输送管道系统节能监测规范
  - [4] GB 50369—2014 油气长输管道工程施工及验收规范
  - [5] HJ/T 425—2008 清洁生产标准制订技术导则
  - [6] SY/T 6066—2021 原油输送管道系统能耗测试和计算方法
  - [7] SY/T 6381—2016 石油工业用加热炉热工测定
  - [8] SY/T 6637—2018 天然气输送管道系统能耗测试和计算方法
  - [9] SY/T 7031—2016 油气储运术语
  - [10] Q/SY 05197—2019 油气管道输送损耗计算方法
  - [11] 国家发展和改革委员会、环境保护部令第38号 清洁生产审核办法
-

