doi:10.3969/j.issn.1005-3158.2013.05.009

气田企业天然气产品节能量计算方法探讨

江 丽[1] 戴 忠[2] 廖 婧[1] 何 力[1]

(1.中国石油西南油气田公司安全环保与技术监督研究院;2.中国石油西南油气田公司质量安全环保处)

摘 要 研究比较现有国内外节能量计算方法,遵循国家标准中节能量计算的基本原则,按照能量物流平衡原理,考虑气田产量自然递减等因素对气田企业综合能耗的影响,对国家标准中的企业产品节能量计算公式进行修正,建立了符合气田生产特点和气田节能实际的气田企业天然气产品节能量计算公式。

关键词 气田企业;天然气;产品节能量;计算方法

中图分类号:TE08 **文献标识码**:A **文章编号**:1005-3158(2013)05-0026-03

0 引 言

气田企业的综合能耗与气田开发的诸多因素相关联。随着开采时间的增加,地层压力逐渐降低,气井含水量增加,气井产量逐年下降。因此,要完成相同的天然气产量,排水采气、增压开采等工作量倍增,气田企业的综合能耗必然增长。

本文针对气田企业依据 GB/T 13234—2009《企业节能量计算方法》计算节能量存在的问题,遵循节能量计算基本原则,对气田节能量计算方法进行全面系统的研究,提出气田企业天然气产品节能量计算方法,以客观、真实地反映气田节能工作成果,使各气田企业之间的能耗和节能效果具有可比性。

1 国内外主要节能量计算方法

1.1 《国际节能效果测量和验证规程》(IPMVP)

《国际节能效果测量和验证规程》(IPMVP)于 1997 年 12 月首次出版,是目前国际上普遍认可和采用的检测和验证节能量的基础方法和规程。2009 年 7 月 1 日,国际能效评价组织(EVO)、SGS 通标公司、克林顿气候行动(CCI)联同中国节能协会节能服务产业委员会(EMCA)正式发布 IPMVP 中文版。目前,IPMVP 最新版本已是第 7 版(2012 版)。

1.2 GB/T 28750—2012《节能量测量和验证技术通则》

GB/T 28750—2012《节能量测量和验证技术通则》规定了节能量测量和验证的相关定义、计算原则、方法、内容、技术要求以及方案等,适用于节能技术改造项目的节能量测量和验证,新建类项目、管理类项目的节能量测量和验证也可参考使用。

1.3 GB/T 13234—2009《企业节能量计算方法》

根据 GB/T 13234—2009《企业节能量计算方法》,产品节能量是用统计报告期与基期产品单位产量能源消耗量的差值和统计报告期产品产量计算的节能量。单一产品节能量计算见公式(1)。

$$\Delta E_c = (e_b - e_j) M_b \quad (1)$$

式中:ΔE_c 为企业产品节能量,tce;e_b 为统计报告期的单位产品综合能耗,tce;e_j 为基期的单位产品综合能耗,tce;M_b 为统计报告期产出的合格产品数量。

根据 GB/T 13234—2009《企业节能量计算方法》中节能量计算的基本原则,节能量计算应根据不同的目的和要求,采用相应的比较基准。

1.4 SY/T 6838—2011《油气田企业节能量与节水量计算方法》

石油天然气行业标准 SY/T 6838—2011《油气田企业节能量与节水量计算方法》针对按单位产品能源消耗量计算油田节能量所存在的问题,提出了按单位产品产量能耗计算油田节能量的修正系数与计算公式,符合油田的用能规律和生产特点。由于油田和气田的生产特点不同,影响综合能耗的主要生产参数也不同,故依据该行业标准无法准确计算气田企业天然气产品节能量。

1.5 四个节能量计算标准对比

将《国际节能效果测量和验证规程》(IPMVP)、

江丽,1992 年毕业于成都科技大学高分子化工专业,高级工程师,现在中国石油西南油气田公司安全环保与技术监督研究院从事油气田节能技术研究工作。通信地址:四川省成都市高新区天府大道北段 12 号中国石油科技大厦 1518 室,610041

GB/T 28750－2012《节能量测量和验证技术通则》、GB/T 13234－2009《企业节能量计算方法》、SY/T 6838－2011《油气田企业节能量与节水量计算方法》4 个标准进行分析对比，详见表 1[1-4]。

1.6 气田企业天然气生产的特点

气田企业的主要产品是天然气，气井的生产全过程基本可以分为投产与产量上升、稳产、递减和低压小产量 4 个阶段。随着开采时间的增加，气井产量逐年下降，即气田生产存在着自然递减率，这是客观规律。影响气田企业综合能耗的生产参数主要包括自然递减率、产气量、产水量等，自然递减率是未考虑各项增产措施效果的递减率，可根据 SY/T 6170－2012《气田开发主要生产技术指标及计算方法》中规定的公式计算。

1.7 节能量计算基准

如何比较真实、综合地反映气田节能工作成果是长期困扰气田节能工作的一个难题。由于气田生产的特殊性，按照 GB/T 13234－2009《企业节能量计算方法》计算气田企业产品节能量存在的主要问题是统计报告期与基期的计算基准不一致，结果常会出现没有节能量，除非当年节能量大于因自然递减因素所增加的能耗。事实上随着气田开采时间增长，这种结果很难实现。

为准确核算气田企业天然气产品节能量，真实、综合地反映气田节能工作成效，应根据 GB/T 13234－2009《企业节能量计算方法》中规定的节能量计算基本原则，结合气田的生产特点和实际情况，提出符合气田生产特点的天然气产品节能量计算方法。

2 气田产出量与综合能耗的相关性分析

2.1 黑箱模型

气田综合能耗受气田开发的诸多因素影响，这些因素相互关联。对气田内部进行解析，寻求各因素与能耗之间的规律，建立相互之间的解析式十分困难。

为此，按照能量物流平衡原理，采用黑箱理论，将气田整体作为一个黑箱，能耗作为输入，输出的是气田产出量，即气田的气、水、凝析油产量之和。

按照天然气密度 0.7 kg/m^3，水密度 1.0×10^3 kg/m^3，对产气量和产水量单位进行换算，将 3 个生产参数（产气量、产水量、产凝析油量）的单位统一为 t。则基期的黑箱模型见式(2)：

$$E_j \rightarrow \boxed{\text{气田}} \rightarrow M_{j产出} = 7M_j + M_{j水} + M_{j油} \quad (2)$$

式中：E_j 为基期的综合能耗，tce；$M_{j产出}$ 为基期的产出量（产气量、产水量、产凝析油量之和），t；M_j 为基期的产气量，1×10^4 m^3；$M_{j水}$ 为基期的产水量，m^3；$M_{j油}$ 为基期的产凝析油量，t。

修订基期产量后的计算模型变为：

$$\begin{aligned} E_j - \Delta E_D \rightarrow \boxed{\text{气田}} &\rightarrow M_{j产出} - \Delta M_D \\ &= 7M_j + M_{j水} + M_{j油} - \Delta M_D \\ &= 7M_j + M_{j水} + M_{j油} - 7M_j \times D_n \end{aligned} \quad (3)$$

式中：ΔE_D 为基期由于自然递减率造成的能耗减少量，t；ΔM_D 为基期由于自然递减率造成的天然气产量减少量，t；D_n 为自然递减率。

2.2 气田产出量与综合能耗的相关性

研究分析西南油气田公司各气田及公司整体近 5 年共计 149 组气田产出量与综合能耗数据，发现产出量与综合能耗之间存在显著的线性关系。

表 1　四个节能量计算标准对比

序号	标准名称	主要内容	不足
1	《国际节能效果测量和验证规程》(IPMVP)	节能量＝(基期能耗量－报告期能耗量)±常规调整量±非常规调整量	仅规定了节能量计算的基本原则，无具体的计算公式。
2	GB/T 28750－2012《节能量测量和验证技术通则》	节能量(ΔE)＝统计报告期能耗(E_b)－校准能耗(E_{jb})	仅规定了节能量计算的基本原则，无具体的计算公式。
3	GB/T 13234－2009《企业节能量计算方法》	$\Delta E_c = (e_b - e_j)M_b$	企业通用方法，在统计报告期与基期计算基准不一致的情况下需要修正。
4	SY/T 6838－2011《油气田企业节能量与节水量计算方法》	$\Delta E_c = (e_{bc} - k \times e_{jc})M_b$ $k = \frac{1-(1-\sigma)\times\delta}{1-\delta}$	提出了计算油田企业产品节能量的修正系数与计算公式，不适用于气田企业。

根据能量物流的平衡原理，气田能耗与输出物流（气、水、油）相互之间具有因果关系，故可以认为：气田能耗与产出量的比值表示了气田输出任何形式的单位物流量（产出气、油或水）平均所需要的能耗量，由此可得到式（4）：

$$\frac{E_j-\Delta E_D}{E_j}=\frac{7M_j+M_{j水}+M_{j油}-7M_j\times D_n}{7M_j+M_{j水}+M_{j油}}=\frac{7(1-D_n)\times M_j+M_{j水}+M_{j油}}{7M_j+M_{j水}+M_{j油}} \quad (4)$$

3 天然气产品节能量计算公式推导

因为新井投产、老井开关井、维修、突发事故等因素影响，基期和统计报告期的运行工况差别较大，很难将基期综合能耗量调整到与统计报告期完全相同的运行工况条件下。其中统计报告期新井陆续投产，如果不剔除这部分产气量及相应的综合能耗数据，对节能量计算结果影响较大。

因此对公式（1）进行修正，将统计报告期的产气量、能耗量中分别扣除新井产气量、新井能耗量，同时将基期的产气量、能耗量中分别扣除因自然递减所减少的产气量、自然递减气量的能耗量，得到式（5）：

$$\Delta E_c=\left(\frac{E_b-E_{bx}}{M_b-M_{bx}}-\frac{E_j-\Delta E_D}{M_j-\Delta M_D}\right)\times(M_b-M_{bx})$$
$$=\left[\frac{E_b-E_{bx}}{M_b-M_{bx}}-\left(\frac{E_j-\Delta E_D}{M_j-\Delta M_D}\times\frac{M_j}{E_j}\right)\times\frac{E_j}{M_j}\right]\times(M_b-M_{bx})$$
$$=\left[\frac{E_b-E_{bx}}{M_b-M_{bx}}-\left(\frac{E_j-\Delta E_D}{E_j}\times\frac{M_j}{M_j-\Delta M_D}\right)\times\frac{E_j}{M_j}\right]\times(M_b-M_{bx}) \quad (5)$$

式中：E_b 为统计报告期的综合能耗，tce；E_{bx} 为统计报告期的新井能耗量，tce；M_b 为统计报告期的产气量，1×10^4 m³；M_{bx} 为统计报告期的新井产气量，1×10^4 m³。

其中：$\frac{E_j-\Delta E_D}{E_j}\times\frac{M_j}{M_j-\Delta M_D}$ 即为修正系数 k 值。

将式（4）代入式（5），得到气田企业天然气产品节能量最终计算公式：

$$\Delta E_c=\left(\frac{E_b-E_{bx}}{M_b-M_{bx}}-k\times\frac{E_j}{M_j}\right)\times(M_b-M_{bx}) \quad (6)$$

$$k=\frac{7(1-D_n)\times M_j+M_{j水}+M_{j油}}{(7M_j+M_{j水}+M_{j油})\times(1-D_n)} \quad (7)$$

式中：ΔE_c 为企业产品节能量，tce；E_b 为统计报告期的综合能耗，tce；E_{bx} 为统计报告期的新井能耗量，tce；E_j 为基期的综合能耗，tce；M_b 为统计报告期的产气量，1×10^4 m³；M_{bx} 为统计报告期的新井产气量，1×10^4 m³；M_j 为基期的产气量，1×10^4 m³；k 为天然气产品节能量计算修正系数，天然气密度以 0.7 kg/m³ 计；D_n 为自然递减率；$M_{j水}$ 为基期的产水量，m³；$M_{j油}$ 为基期的产凝析油量，t。

4 结 论

◆ 本文提出的天然气产品节能量计算方法是通过理论模型推导、实际数据相关性分析两个方面研究得到的，理论和实际紧密结合，相互验证，证明了天然气产品节能量计算方法是科学的、合理的，且方便实用。

◆ 与 GB/T 13234—2009《企业节能量计算方法》中产品节能量计算公式相比，天然气产品节能量计算公式主要进行了两方面修正：考虑了气田自然递减因素的影响，使产品节能量符合气田生产的实际情况；扣除了统计报告期的新增产能，使基期和统计报告期综合能耗量的运行工况一致。

◆ 本文提出的天然气产品节能量计算方法与 SY/T 6838—2011《油气田企业节能量与节水量计算方法》的石油产品节能量计算方法一致，同时消除了统计报告期新增产能的影响。

◆ 修正系数 k 与自然递减率、产气量、产水量、产凝析油量有关，这些数据均为气田开发的基础数据，因此修正系数 k 具有客观性和较便捷的可获取性。

参 考 文 献

[1] Efficiency Valuation Organization. International Performance Measurement & Verification Protocol 2007 [EB/OL]. http://www.evo-world.org.
[2] GB/T 28750—2012 节能量测量和验证技术通则[S].
[3] GB/T 13234—2009 企业节能量计算方法[S].
[4] SY/T 6838—2011 油气田企业节能量与节水量计算方法[S].

（收稿日期 2013-08-30）
（编辑 石津铭）

