

OML 30 伴生气 53 兆瓦项目：卫星数据说明了什么

尼日利亚三角洲州火炬气发电—算力项目技术评析

Igor Shibanov (伊戈尔·希巴诺夫), K4-Technology · 2026 年 8 月 14 日

内容提要

参数	数值	性质
项目公布容量	53 兆瓦	公开声明
三处场址 VIIRS 估算火炬气量，2024 年	4.42 MMSCFD (0.0457 十亿立方米/年)	卫星估算
2020—2024 年区间	2.27—6.12 MMSCFD	卫星估算
净输出为铭牌功率的 40%—50%	21—27 兆瓦	估算
VIIRS 估算气量可支撑 53 兆瓦铭牌功率的年份	五年中有两年	计算
计算所得甲烷值	86—98	估算
硫化氢	低于 0.20 ppm (检出限)	已公开数据

本文论点：公开数据与“53 兆瓦为装机铭牌功率”的解释相符，但这并不能证明项目的设计基础。对算力负荷而言，关键指标是可用净电功率；本文筛选情景取铭牌功率的 40%—50%。下文检验这一解释并列出仍待回答的问题。

一、公开已知信息

2025 年，在尼日利亚火炬气商业化计划 (NGFCP) 框架下，一家许可持有方与开发三角洲州 OML 30 区块的合资企业宣布签署供气接入协议 [6]。

公开宣布的参数：

- **三处场址：**Afiesere、Eriemu、Kokori 集输站
- **容量：**53 兆瓦，离网发电
- **用途：**为算力基础设施 (数据中心) 供电

- **区块**：OML 30，面积 1,097 平方公里，位于瓦里以东约 35 公里，含八个油田、八座生产集输站与五座气举压缩站
- **区块权益方**：国家石油公司（55%）与一家尼日利亚私营作业者（45%）

NGFCP 监管框架为火炬气利用提供经济激励，但激励规模取决于许可状态与合同条款。财务投标的最低气价为 0.25 美元/Mscf [7]。2023 年现行法规规定，未经授权燃烧或放空气体的行政罚款为 3.50 美元/Mscf [8]。因此生产方可能有较强的利用动机，但具体场址仍需核实罚款适用性和商业条件。

二、方法

任务：仅使用公开来源，验证所宣布的项目在物理上是否有充足气源支撑。

气量数据来源。VIIRS Nightfire 基于 Suomi NPP 卫星的 VIIRS 辐射计数据，由地球观测组开发。年度汇总包含已探测火炬坐标、模型估算燃烧气量、火焰温度、探测频率和晴空观测次数。本文使用 2020—2024 年文件 [1, 2]。

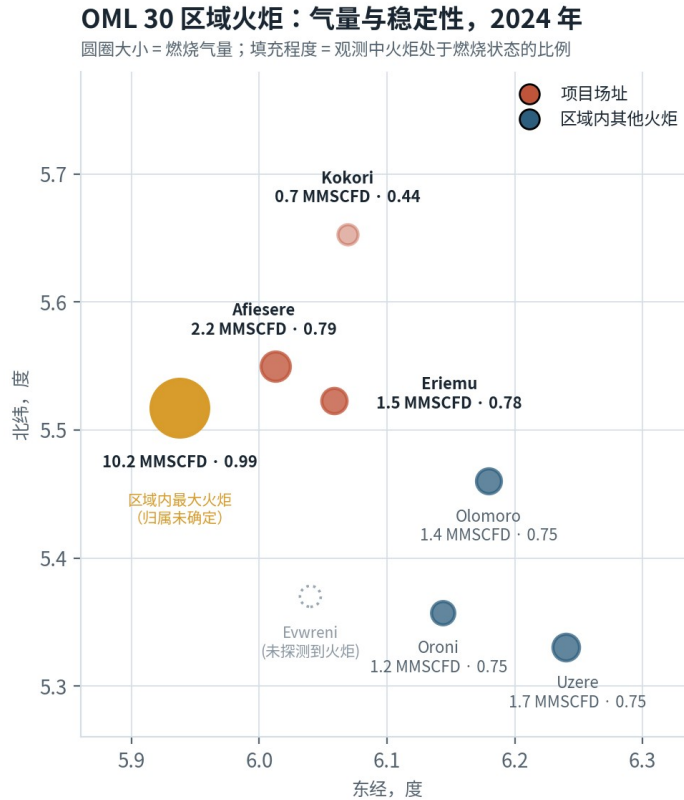
火炬与集输站的匹配。三角洲州场址坐标取自一项已发表的 GIS 研究；采用哈弗辛公式计算集输站坐标与最近火炬坐标之间的大圆距离 [3]。

匹配精度：

集输站	至最近火炬的距离
Afiesere	0.31 公里
Eriemu	0.37 公里
Kokori	1.45 公里
Olomoro	0.07 公里
Uzere	0.25 公里
Oroni	0.50 公里
Evwreni	11.6 公里（无火炬）

Afiesere、Eriemu、Olomoro、Uzere 和 Oroni 的匹配距离为 0.07—0.50 公里，空间对应较近。Kokori 与所匹配火炬相距 1.45 公里，因此其归属不确定性更高，需单独处理。

方法局限。VIIRS 气量标定存在较宽的不确定区间。该数据适合判断量级和指示性相对趋势，但不具备结算计量精度。云层、观测几何、火炬温度、探测阈值及模型变化均可能影响结果，因此需用作业者实测数据进行核验 [1, 2]。



数据来源：VIIRS Nightfire (科罗拉多矿业学院地球观测组)，2020—2024 年

图 1. 2024 年 OML 30 区域的火炬。圆圈大小与燃烧气量成正比，填充透明度对应探测频率。项目场址以颜色突出显示。

三、VIIRS 估算气量

三处项目场址，十亿立方米/年：

集输站	2020	2021	2022	2023	2024
Afiesere	0.0009	0.0049	0.0237	0.0259	0.0227
Eriemu	0.0226	0.0204	0.0387	0.0322	0.0154
Kokori	0.0000	未检出	未检出	0.0052	0.0076
合计	0.0235	0.0253	0.0625	0.0633	0.0457

换算为功率 (按 1,000 Btu/立方英尺、发电效率 38% 计)：

年份	MMSCFD	兆瓦 (电)
2020	2.27	10.6
2021	2.45	11.4

年份	MMSCFD	兆瓦 (电)
2022	6.05	28.1
2023	6.12	28.5
2024	4.42	20.6

换算基准：1 MMSCFD 按 1,000 Btu/立方英尺计等于 12.21 兆瓦热功率。38% 电效率为作者针对伴生气燃气内燃机组采用的筛选假设。

项目三处场址的火炬气量，2020—2024

阴影带：净输出为铭牌功率40%—50%时，53兆瓦装机所需气量

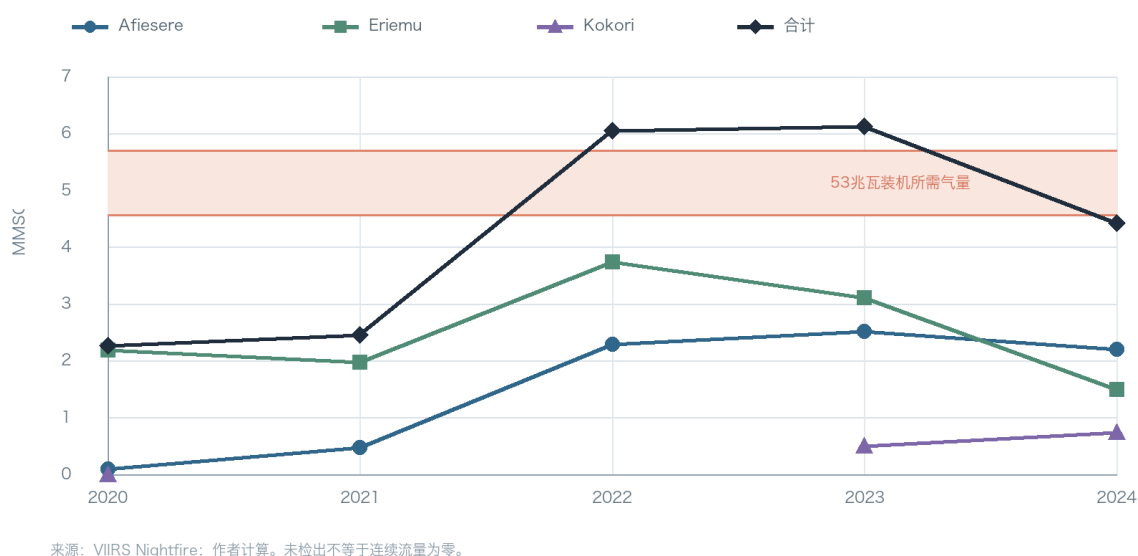


图 2. 2020—2024 年三处场址的 VIIRS 火炬气量估算。阴影区间表示：当净输出为铭牌功率的 40%—50% (即降低 50%—60%) 时，53 兆瓦装机所需气量。

四、两个分母

这是本文的核心问题。

本文筛选情景取净输出为铭牌功率的 40%—50%。这是作者基于运行经验采用的保守情景，并非所有发动机的普遍特性。项目数值必须依据所选机型的 OEM 曲线，并结合实际气体组分、环境温度、海拔、进气系统与冷却系统限制进行确认 [9]。

可用功率可能受进气和冷却系统、环境温度、燃料甲烷值、滤清器阻力以及防爆震运行裕度限制。没有制造商模型时不应简单叠乘这些因素；下表是情景区间，而非设备保证值。

这对所公布的 53 兆瓦意味着什么：

净输出/铭牌功率	实际输出	所需气量 (效率 38%)
40%	21.2 兆瓦	4.56 MMSCFD
45%	23.9 兆瓦	5.13 MMSCFD
50%	26.5 兆瓦	5.70 MMSCFD

2024 年 VIIRS 估算为 4.42 MMSCFD，接近情景区间下限，但这一巧合本身不能证明项目设计采用了相同的净输出系数。

结论。可用气量与“53 兆瓦为装机铭牌功率”这一可能解释相符，但并不能证明项目设计基础。仍需通过设备清单、OEM 曲线和厂用电平衡加以确认。公开数据也不足以认定存在有意夸大。

仍待明确的是可供数据中心负荷使用的净电功率，而非发电机铭牌功率之和。在本文情景中，53 兆瓦装机对应约 21—27 兆瓦净输出。该系数同样影响单位资本开支：900 美元/铭牌千瓦约相当于 1,800—2,250 美元/净输出千瓦。

这是一项观察，而非指控：公布铭牌功率是行业惯例。问题在于读者是否明白自己读到的究竟是什么。

对计划总体数字的交叉核验。250—300 MMSCFD 对应约 3 吉瓦的公开估算不能用降容解释。按 1,000 Btu/立方英尺和 38% 效率计算，该气量在厂用电之前仅支持约 1.16—1.39 吉瓦电功率；降容只会降低结果。因此在核实原始来源和单位前，本文不将 3 吉瓦数字纳入结论。

五、波动性是首要风险

三处匹配火炬的计算年度跨度为 2.7 倍 (2.27 对 6.12 MMSCFD)。Kokori 在 2021—2022 年年度汇总中未检出匹配火炬；这不能作为连续流量为零的证明。

按年度核算：若净输出为铭牌功率的 40%—50%，53 兆瓦装机需 4.56—5.70 MMSCFD。VIIRS 估算在 2022 和 2023 年覆盖该区间，2024 年接近下限；2020—2021 年覆盖率约为 40%—50%。这是筛选结果，仍需作业者数据确认。

作为对比，同期尼日利亚全国火炬燃烧量为 5.41—7.20 十亿立方米，跨度 1.3 倍。匹配场址的波动幅度更大，但公开数据无法完全区分当地运行变化与卫星估算不确定性。

分项观察：

Afiesere。两年内从 0.0009 增至 0.0237 十亿立方米，增幅超过二十倍。依据公开数据无法确定原因。几种假设 (气举压缩机运行方式改变、气油比上升、分离流程变更) 仍停留在假设层面，没有足以在其间作出选择的数据。

Eriemu。2022 年达到峰值，至 2024 年下降超过一半。趋势方向向下。

Kokori。2023 年之前的年度汇总未检出匹配火炬。2023 年 0.27、2024 年 0.44 的探测频率表示在相应比例的晴空观测中探测到燃烧火炬，并不等于直接测得的运行时间占比。结合 1.45 公里的匹配距离，Kokori 是三处场址中不确定性最高的一处。

对照案例。距 Afiesere 12 公里处有一座火炬，五年间稳定产出 0.065—0.105 十亿立方米/年（最高 10.2 MMSCFD），探测频率为 0.92—0.99。仅此一处气源即超过三处项目场址之和。其区块归属依据公开数据无法确定，需另行核实。

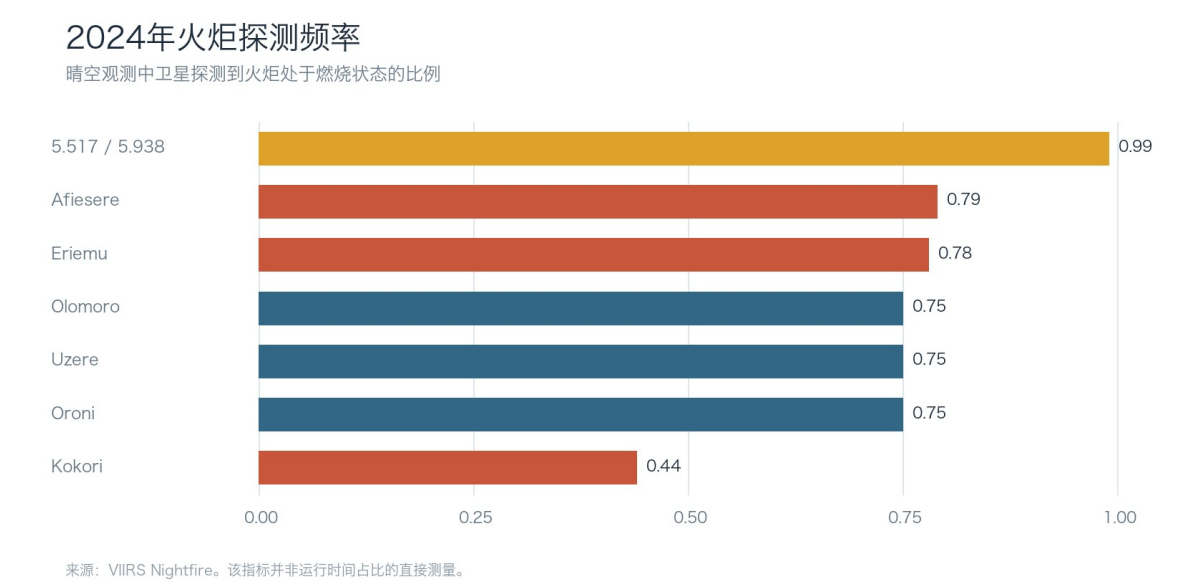


图 3. 2024 年探测频率：晴空卫星观测中探测到火炬处于燃烧状态的比例。

六、天然气组分：风险究竟在何处

一项针对尼日尔三角洲某气田 13 个样品的研究显示：甲烷 89.93%—98.08%、CO₂ 0.47%—4.83%、N₂ 0.04%—0.59%，H₂S 低于 0.20 ppm 检出限 [4]。这些数值描述的是所采地层气样品，并非 OML 30 的具体火炬气流：

- 硫化氢含量低于 0.20 ppm 检出限
- 二氧化碳约 1.5%，氮气约 0.2%
- 甲烷 90%—98%，C1—C5 合计 95%—99%
- 尼日利亚伴生气的一般性描述：甲烷约 90%，乙烷 3.9%—5.3%，丙烷 1.2%—3.4%，更重组分 1.4%—2.4%

换算上述组分可得气体相对密度区间为 0.60—0.64。

三种情景及计算所得甲烷值：

	A. 轻质	B. 中等	C. 重质
相对密度	0.58	0.60	0.63
CH ₄	约 97%	约 94.5%	约 91%
C ₂	约 0.7%	约 2.0%	约 3.9%
C ₃	约 0.3%	约 1.0%	约 1.9%
C ₄₊	约 0.3%	约 0.8%	约 1.6%
甲烷值	约 98	约 95	约 86
低位发热量，兆焦/标准立方米	35.9	37.1	38.9

甲烷值依据美国西南研究院关于气体组分、发动机辛烷值 (MON) 与甲烷值之间的相关关系计算 [5]。由相对密度反推完整组分属于作者的情景估算，并非火炬气流的实验室分析。

问题从何处开始。 向重质方向外推：

相对密度	CH ₄	甲烷值
0.63	91%	86
0.65	88%	79
0.70	82%	63
0.75	76%	47

本文将相对密度约 0.65 作为筛选参考点。可接受甲烷值及是否需要脱除 C₃₊，取决于具体机型、增压、点火策略和 OEM 燃料限制 [5, 9]。

关键的不确定性。 公开数据针对地层气或全站平均气。进入火炬的低压分离气流通常可能更重，但并非普遍规律；这些场址的实际差异仍未知。

若火炬气相对密度约为 0.63—0.65，部分标准稀薄燃烧方案可能适用；接近 0.70 时，可能需要脱除 C₃₊ 或改选机型。燃料处理增加 30%—100% 成本仅为作者的筛选区间；FID 阶段需要色谱数据、工艺设计和供应商报价。

因此，重烃和组分波动是主要技术风险之一。已发表的地层气样品显示为甜气，但不能替代对 OML 30 实际火炬气流的分析 [4]。

可通过代表性取样后的实验室气相色谱分析，或在线色谱仪，确定相对密度与完整组分。在获得这些数据前，机组选型和燃料处理方案仍带有条件性。

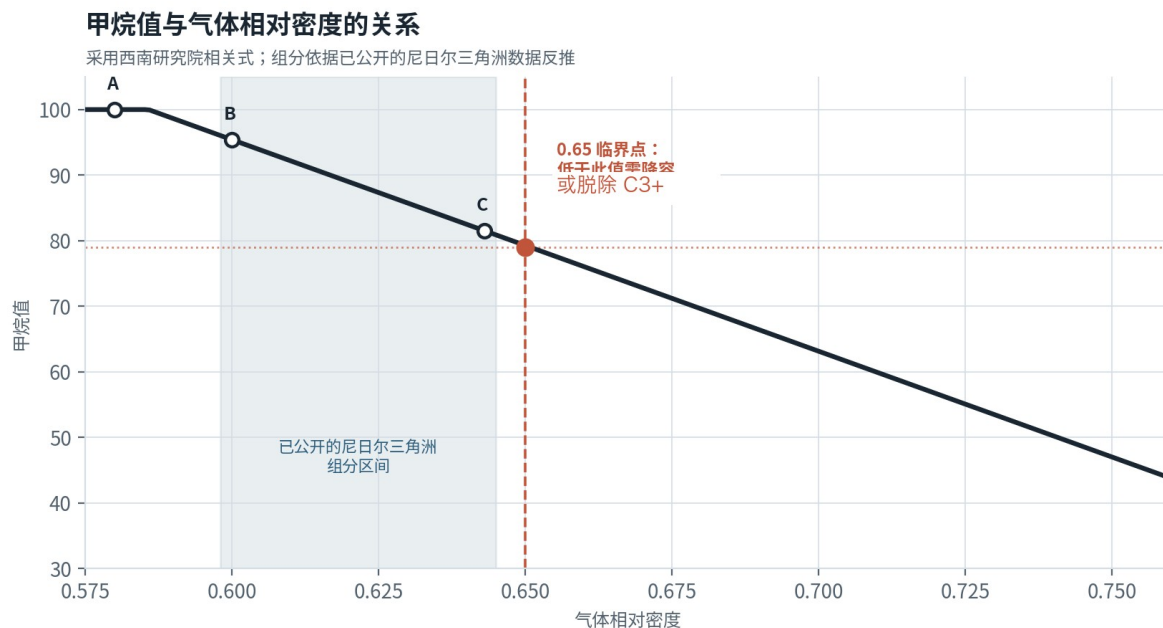


图 4. 计算所得甲烷值与气体相对密度的关系。A、B、C 三点为第六节所述的组分情景。

七、有待回答的问题

此类项目理应能够回答的问题。其中没有一项属于指责：这是最终投资决策阶段的标准清单。

关于天然气

1. 进入火炬的低压级气流，其相对密度与完整组分为何——依据色谱分析，而非依据计算？
2. 产出气在气举、燃料气与火炬之间如何分配？该分配在一昼夜之内如何变化？
3. 装机容量的选定依据的是五年序列中的哪一年？
4. 若回落至 2020—2021 年的水平，项目将会怎样？
5. 为何将探测频率仅为 0.44 的 Kokori 场址纳入项目包？

关于设备

6. 所公布的 53 兆瓦是铭牌功率，还是场址条件下的计算输出功率？
7. 计算中计入了何种降容：温度、湿度、还是甲烷值？
8. 是否设置了含 C₃₊ 脱除的燃料处理环节？其设计依据的是哪一种组分情景？
9. 当甲烷值降至 80 以下时的应对策略为何——降低负荷、调整点火提前角，还是掺混气流？

关于运行

10. 在距瓦里 35 公里的条件下，备件供应如何组织？计划的大修间隔为多少？
11. 数据中心的负荷曲线（恒定基荷）与间断性的供气特性如何匹配？

12. 许可手续如何办理？离网发电可能需要自备电源许可或发电许可证。根据 2023 年《电力法》，监管权限还取决于是否已移交州级监管机构，以及业务是否完全位于一个州内 [10]。

八、这对计划的其他参与方意味着什么

在本轮 NGFCP 中，42 家主体获得 49 处场址；截至 2025 年底，NUPRC 已向部分中标方签发火炬气准入许可。下一阶段的关键是工程设计、融资、建设和稳定运行 [11]。

许可持有方中有相当一部分是金融与贸易类机构，而非发电运营商。上文的评析表明，对这类参与方而言风险究竟集中在何处：

- **不在于取得气源**——监管框架已予保障
- **不在于石油生产方的动机**——罚金机制已创造了动机
- **不在于气体组分本身**——尼日尔三角洲的天然气既甜且轻
- **而在于两件事**：铭牌功率与实际功率之间的偏差，以及火炬气流的年际波动，在个别场址高达 2.7 倍

这两项均可在进入现场之前依据公开数据识别出来。两者均会使项目经济性发生约一倍的变化。

九、可复现性

本文的全部计算均可由公开来源复现。

气量数据：VIIRS Nightfire 年度汇总，美国科罗拉多矿业学院 Payne 公共政策研究所地球观测组。2012—2024 年文件可在 EOG 网站 Annual Gas Flared Volume 栏目下获取。

场址坐标（纬度，经度）：

集输站	纬度	经度
Afiesere	5.55	6.01
Eriemu	5.52	6.06
Kokori	5.64	6.07
Olomoro	5.46	6.18
Oroni	5.36	6.14
Uzere	5.33	6.24
Evwreni	5.37	6.04

操作步骤： 筛选国家代码为 NGA 的行，按哈弗辛公式计算至各坐标的距离，在 3 公里半径内选取最近的火炬，对气量列求和。

换算系数： 1 十亿立方米/年 = 96.75 MMSCFD；等价公式为：十亿立方米 $\times 10^9 \times 35.3147 \div 365 \div 10^6 = \text{MMSCFD}$ 。1 MMSCFD 按 1,000 Btu/立方英尺计等于 12.21 兆瓦热功率。

来源与可复现材料：

- [1] Elvidge C.D. et al. Methods for Global Survey of Natural Gas Flaring from VIIRS Data. *Energies*, 2016, 9, 14. <https://doi.org/10.3390/en9010014>
- [2] Zhizhin M. et al. Measuring Gas Flaring with Multispectral VIIRS Nightfire. *Remote Sensing*, 2021, 13, 3078. <https://doi.org/10.3390/rs13153078>
- [3] Adole T. A GIS Based Assessment of the Impacts of Gas Flaring on Vegetation Cover in Delta State, Nigeria. University of East Anglia, 2011. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2567.8964>
- [4] Takyi B., Selegba A., Udom J.G., Eugene K.K. Correlation of Natural Gases from the 'X' Field of the Niger Delta, Nigeria. *International Journal of Geography and Geology*, 2020, 9(2), 93–100. <https://doi.org/10.18488/journal.10.2020.92.93.100>
- [5] Kubesh J., King S., Liss W. Effect of Gas Composition on Octane Number of Natural Gas Fuels. SAE 922359, 1992. <https://doi.org/10.4271/922359>
- [6] Project announcement and transaction description: <https://www.datacenterdynamics.com/en/news/green-flare-set-to-build-53mw-flare-gas-bitcoin-mine-in-nigeria/> and <https://www.templars-law.com/news/templars-advises-on-nigerias-first-ever-flare-gas-powered-digital-infrastructure-project/>
- [7] NUPRC, NGFCP 2022 FAQ and Explanatory Notes, March 2023 (USD 0.25/Mscf floor price). https://ngfcp.nuprc.gov.ng/wp-content/uploads/2023/03/NGFCP-2022-FREQUENTLY-ASKED-QUESTIONS_MARCH-2023.pdf
- [8] NUPRC, Gas Flaring, Venting and Methane Emissions (Prevention of Waste and Pollution) Regulations, 2023. <https://www.nuprc.gov.ng/wp-content/uploads/2023/07/GAS-FLARING-REGULATIONS.pdf>
- [9] Caterpillar G3516H Gas Engine Technical Data: fuel methane-number and altitude/temperature deration factors. https://emc.cat.com/pubdirect.ashx?media_string_id=GAS-EM2224-00-GS-EPG-M-13766509.pdf
- [10] NERC, Investor Regulatory FAQs under the Electricity Act 2023. <https://nerc.gov.ng/need-help/services/investor-regulatory-faqs-nigerian-electricity-sector/>
- [11] NUPRC, NGFCP successful bidders and implementation status. <https://ngfcp.nuprc.gov.ng/wp-content/uploads/2023/10/NUPRC-ANNOUNCES-SUCCESSFUL-BIDDERS-FOR-THE-NGFCP.pdf> and <https://www.nuprc.gov.ng/wp-content/uploads/2026/04/Upstream-Gaze-Magazine-Vol.-12-26.pdf>

十、性质界定：实测、计算、估算

陈述	性质
各年度、各场址的火炬气量	卫星估算（附不确定性说明）
火炬与油田的对应关系	依据已公开坐标的 计算
气量换算为热功率	计算 ，算术运算
燃用伴生气的内燃机组效率 38%—40%	作者的 假设
净输出为铭牌功率的 40%—50%	作者筛选情景 ；需 OEM 数据确认
由相对密度反推组分	作者的 估算
甲烷值	依据已公开相关式的 计算
关于 53 兆瓦系铭牌数值的判断	与数据相符的 假设
Afiesere 气量跃升的原因	未确定 ，数据不足
火炬气流的相对密度	未知 ，无公开数据
12 公里外大型火炬的归属	未确定

关于作者

Igor Shibanov（伊戈尔·希巴诺夫）是分布式能源领域的独立工程师与分析师。其职业生涯曾在不同公司参与实施约 40 兆瓦燃气内燃发电项目，其中约 25 兆瓦由其通过自有公司实施。经验涵盖 Jenbacher、MTU、卡特彼勒、MWM、罗尔斯·罗伊斯、济柴和潍柴，以及从设备选型到大修的全生命周期，包括伴生气与含硫气工况。

K4-Technology — k4-technology.com

欢迎指正、补充与反驳。若您掌握上述任一场址火炬气流的组分数据，将可显著 提高本评析的精确度。