

白皮书05 · Cameroon Steel · 中文摘要版

喀麦隆水电主导的电网可为低碳钢铁供电，前提是大用户获得稳定供电、明确电价和天然气

喀麦隆重工业的电力与天然气：电炉钢厂对电网、电价体系和Hilli浮式液化装置撤离克里比后天然气行业的需求，以及使其具备可融资性的政策措施。中文摘要版。

文件信息

编号	CS-WP-05
版本日期	2026年10月10日
状态	第一版（摘要版）
密级	公开
编制单位	Cameroon Steel
系列	Cameroon Steel公开白皮书系列，第05份（共10份）
版本说明	本册为白皮书05（CS-WP-05）的中文摘要版：执行摘要为全文翻译，第1至10章各附章节摘要和一幅主要图表，第11章概述证据缺口，附录A为三术语语表
完整版本	英文版全文（WP05-en.pdf）和法文全译版（WP05-fr.pdf），包括研究方法、来源清单和全部图表数据表；如有出入，以英文版为准
证据截止日期	2026年10月10日
资料来源	方括号中的编号（如[S01]）按首次引用顺序编排，对应全文版附录C的来源清单
项目数据	Cameroon Steel参考配置RC-1（规划估算），2026年10月10日版（RC-1.1）：仅为规划值、指示值或目标值，并已相应标注；不披露投资金额
地图	由Cameroon Steel根据Natural Earth和OpenStreetMap（© OpenStreetMap贡献者，ODbL）绘制，未标示任何场址边界
语言	英文（全文）、法文（全文）、中文（摘要）
利益声明	本文由正在克里比筹建钢铁厂的Cameroon Steel发布，旨在为公共讨论提供参考；其分析独立于任何商业要约，所有数据均注明来源或标明其状态。

阅读说明。每个数字均注明单位、年份和来源编号。图表带有数据状态标签：**来源**（取自已发表的资料）、**推算**（根据有出处的数据计算，方法见全文版附录A）、**假设**（明确的规划假设）或**示意**（情景或原理示意，并非预测）。项目数据来自Cameroon Steel参考配置RC-1，均为规划值或指示值，不构成承诺。生成图像标注为“示意图”，并非任何项目的实景照片。

本文件不是什么。本文件不是可行性研究，不是电价提案，也不构成要约或承诺，不披露任何商业条款。本文阐述Cameroon Steel位于克里比港综合工业区姆博罗（Mboro）的自身项目所依据的能源证据，并以其说明大型电炉钢厂对喀麦隆能源体系的需求。

目录

执行摘要：电网是资产，但重工业需要稳定供电、明确电价和天然气	4
第1章·能源决定电炉钢的成本与碳排放	9
第2章·喀麦隆纸面上有足够容量，但工业所在地尚无稳定供电	10
第3章·大客户没有公开电价，价格取决于谈判而非规则	11
第4章·电弧炉需要坚强的接入点和自备补偿，否则会干扰其他用户	12
第5章·克里比新建225千伏供电可承载一期钢厂；100万吨/年需要后期扩容和专用间隔	13
第6章·Hilli FLNG撤离使喀麦隆天然气成为国内问题，储量成为决定性未知数	14
第7章·100万吨/年直接还原厂每年约需90亿立方英尺天然气：成本可承受，但须有认证气源和直接还原级矿石	15
第8章·水电是喀麦隆发展钢铁的可再生能源优势；光伏和储能只能起补充作用，无法保障电弧炉稳定供电	16
第9章·克里比电炉钢厂可分三步供能：先用电网电力，扩产时增加燃气支撑的稳定容量，最后才用天然气炼铁	17
第10章·五项规则而非补贴，可使喀麦隆能源体系为重工业做好准备	18
第11章·仍有十三项证据缺口，其中多数可以通过公开已有数据来弥补	19
附录A·术语表（英文、法文、中文）	20

执行摘要：电网是资产，但重工业需要稳定供电、明确电价和天然气

喀麦隆电网以水电为主，2024年单位电量排放约为226克二氧化碳当量/千瓦时，使电炉钢厂拥有少有竞争对手能够比拟的低碳优势。然而，对于平均负荷由约36至38兆瓦增至约94至99兆瓦的用电大户而言，能让贷款方信赖的稳定、高质量供电条件尚不存在。实现这一点需要：一条专用的225千伏接入通道（例如正在建设、通往克里比港的输电线路和变电站）；一套针对10兆瓦以上用户公开发布的电价；以及在Hilli浮式液化天然气装置（FLNG）于2026年7月撤离克里比之后，为未来任何直接还原铁（DRI）装置作出反映新供需格局的天然气配置。

89.6

%
2025年喀麦隆发电量中水电占比（8119.9吉瓦时）

2033 / 1278

兆瓦
2025年装机容量与高峰负荷

150

兆瓦
2026年10月尚未满足的工业用电需求，等待纳赫蒂加尔送出线路

18至105

中非法郎/千瓦时
大用户电价基准区间；10兆瓦以上无公开电价

约90

亿立方英尺/年
100万吨/年直接还原铁装置的用气量，相当于2025年产量的11%至12%

资料来源：ARSEL 2025年报告 [S01]；Business in Cameroon，2026年10月9日 [S02]；ARSEL电价数据 [S03][S04]；SNH 2025年数据 [S05]；推算。

简要结论

本白皮书探讨电炉钢厂需要喀麦隆能源体系提供什么，以及该体系能否满足这些需求。本文阐述Cameroon Steel自身项目所依据的能源证据，即位于克里比港综合工业区姆博罗（Mboro）的钢铁综合体，并以其为实例。该综合体设计产能为100万吨/年 [S06]，分期建设，一期以电弧炉炼钢车间生产钢筋和线材为主 [S07]；2024年12月30日，总理代表国家元首为项目奠基 [S08]。其炼钢车间生产钢坯，既可作为商品钢坯出售给目前约60%炉料依赖进口的再轧厂，也可轧制成棒材和线材；由于国内钢筋产能远超需求，产量主要用于替代进口并出口至中部非洲经济与货币共同体（CEMAC）（见白皮书04和白皮书09）。项目参考配置RC-1提供了规划性和指示性的能源数据，全文均作相应标注。

简而言之，喀麦隆具备发展低碳电炉钢的物质条件，但尚缺乏使供电稳定、价格明确、可获融资的规则。以下十项结论支撑这一判断。

- 01

能源决定电炉钢的竞争力。按电炉每吨钢水450千瓦时的规划值计算，RC-1一期每吨棒材和线材约耗电0.96兆瓦时；按炉料中含30%直接还原铁时约490千瓦时的规划上限值计算，约为1.0兆瓦时。按喀麦隆现有各项电价基准计算，电费为每吨30至170美元，差距约140美元，约相当于钢筋出口价格（2026年10月3日为离岸价620至630美元/吨）的五分之一 [S07][S09]。
- 02

电网以水电为主、碳排放低。2025年喀麦隆8119.9吉瓦时发电量中，水电占89.6% [S01]。2024年电网排放因子约为226克二氧化碳当量/千瓦时，不到世界平均水平（471克）的一半，约为印度尼西亚（680克）的三分之一；而2023年喀麦隆进口钢坯的78%来自印度尼西亚 [S10][S11]。

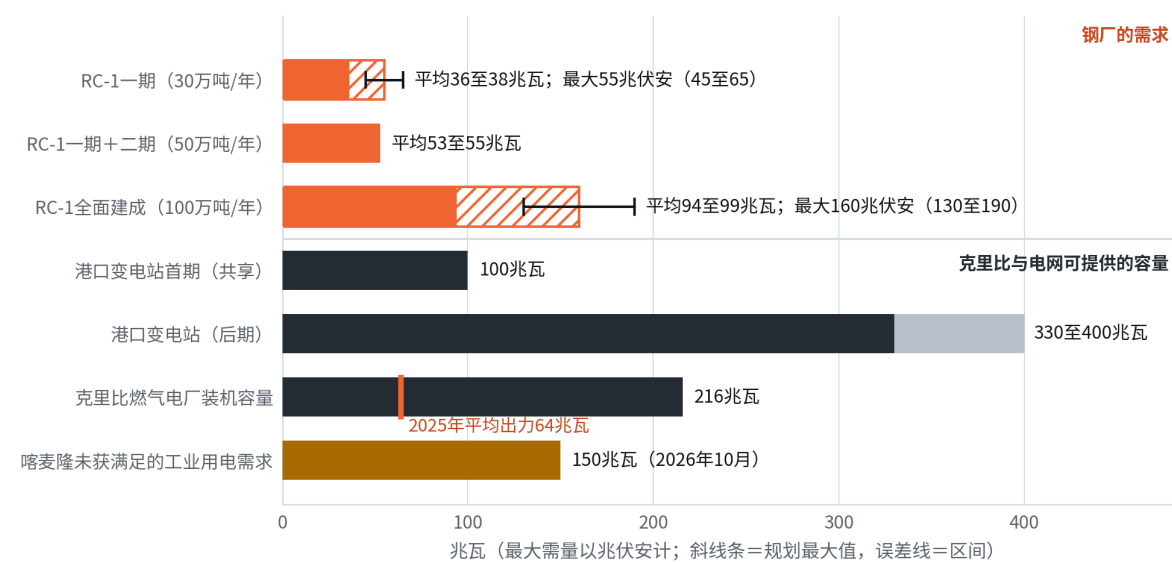
- 03 装机容量不等于稳定供电。**2025年喀麦隆装机容量为2033兆瓦，高峰负荷为1278兆瓦 [S01]，但在400千伏纳赫蒂加尔（Nachtigal）送出线路建成之前，仍有150兆瓦工业需求无法满足，该线路目前预计于2026年11月完工 [S02]。克里比燃气电厂的运行率约为30%，纳赫蒂加尔水电站因来水原因发电量比计划低28% [S01]。
- 04 大用户没有公开电价。**受监管电价仅覆盖10兆瓦以下用户 [S03]。2025年存量高压合同平均电价为18.4中非法郎/千瓦时，2026年最高中压档综合电价约为43.7中非法郎/千瓦时，监管机构核定的成本反映平均电价为105.46中非法郎/千瓦时 [S01][S03][S04]。在计入供电稳定性成本之前，面向高压基荷稳定供电的成本电价约为系统平均水平的一半（推算）。
- 05 电价结构与电价水平同样重要。**在容量电费加电量电费的两部制电价下，具有RC-1一期负荷特性的电弧炉负荷，每千瓦时电价比同等电量的平稳负荷高约32%（据 [S03] 推算）。需量计量周期、避开高峰的可调度负荷的激励以及无功电量规则都必须明确。
- 06 电弧炉需要坚强的接入点和自备补偿装置。**按简化筛查估算，配备30至33兆伏安级变压器的电弧炉在接入点需要约4000至7000兆伏安的短路容量，才能将闪变控制在高压规划水平以内；配置静止无功补偿器（SVC）时约需2000至3500兆伏安（推算；输入数据见 [S12][S13]）。30千伏馈线强度不足，需要一个专用225千伏间隔。
- 07 克里比新建225千伏供电可满足一期需求。**由克里比燃气电厂至港区的42公里225千伏双回线路以及港区225/30千伏变电站（3×60兆伏安），首期可供100兆瓦，后期可达330至400兆瓦，计划于2026年底投运 [S14][S15]。首期100兆瓦由港区平台全体用户共享。一期最大需量55兆伏安，将占用其中约一半；100万吨/年的全部工程约需160兆伏安，有赖于后期扩容 [S07]。
- 08 FLNG撤离改变了天然气供需格局。**2025年喀麦隆755亿立方英尺天然气中约95%用于液化天然气 [S05]。该装置已于2026年7月撤离 [S16]，克里比合理的国内用气合计约为每年200至360亿立方英尺（推算）。决定性的未知数是萨纳加南（Sanaga Sud）气田的剩余认证储量，该数据尚未公开 [S17]。
- 09 直接还原用气成本可以承受，但尚无融资的供气条件。**100万吨/年直接还原铁模块每年约需84至91亿立方英尺天然气，接近克里比电厂2025年用气量的两倍。按2025年电力行业约3.2美元/千立方英尺、工业约5.0至5.6美元/千立方英尺的价格 [S05]，每吨直接还原铁的燃气成本为27至51美元，而2026年3月热压块铁（HBI）成交价为每吨340至370美元 [S18]（推算）。储量、价格公式和直接还原级球团是制约因素。
- 10 对钢铁而言，关键的可再生能源是水电而非光伏。**克里比的光伏电站每千瓦峰值容量年发电约1335千瓦时 [S19]；50兆瓦峰值容量可满足一期约23%的用电量，但无法覆盖夜间负荷。按市场法申报的合同水电供应，可使范围二排放接近于零，使工厂接近低排放钢铁的门槛（据 [S20] 推算）。

钢厂的需求与现状

图ES.1将RC-1的指示性用电需求与克里比在建供电能力进行对比。表ES.1按需求项目归纳现有条件与缺口。

一期可纳入港口变电站共享的首期100兆瓦；100万吨/年需要后期扩容

RC-1平均负荷（条形按450千瓦时/吨，标注至490千瓦时/吨）和最大需量对比克里比供电能力；首期100兆瓦服务整个港区平台



推算 图ES.1 一期可纳入港口变电站共享的首期100兆瓦；100万吨/年规模需要后期扩容。RC-1参考配置按每吨450千瓦时规划值计算的平均负荷（实心）与规划最大需量（斜线，含区间），对比港口变电站（首期100兆瓦服务整个港区平台）、克里比燃气电厂及全国目前未满足的工业需求。RC-1数值为规划值和指示值。
资料来源：Cameroon Steel参考配置RC-1（规划估算）[S07]；克里比自治港（PAK），2025年8月6日及2026年8月19日 [S14][S15]；ARSEL 2025年报告 [S01]；Business in Cameroon, 2026年10月9日 [S02]。克里比燃气电厂平均出力=559.67吉瓦时÷8760小时（推算）。

表 ES.1 电炉钢厂对喀麦隆能源体系的需求、现有条件与缺口

需求	RC-1显示（规划值）	现有或在建条件	缺口
电量	一期每年289至302吉瓦时；100万吨/年时每年753至796吉瓦时（电炉每吨450至490千瓦时）	全国发电量8119.9吉瓦时，水电占89.6%（2025年）	向克里比稳定送电；已有150兆瓦工业需求未获供电
容量与接入	一期55兆伏安；100万吨/年时约160兆伏安	225千伏线路及225/30千伏变电站，首期100兆瓦由港区平台共享，后期330至400兆瓦，预计2026年底投运	专用225千伏间隔；后期扩容的明确时间表
电能质量	30至33兆伏安级电弧炉的动态补偿	国际标准；国内已有一个电弧炉先例	公布克里比短路容量；针对波动负荷的电网规范
电价	可预期、基于成本、期限10至20年的合同	10兆瓦以下中压电价；存量高压合同；输电电价	公开的10兆瓦以上大用户电价框架
合同路径	与电力公司签约，或通过过网输电向独立发电商购电	第2011/022号法律允许向合格用户售电	公开的平衡、备用和来源证书规则
加热用气	一期不用气；100万吨/年时每年最多约8.3亿立方英尺	克里比燃气电厂供气；2025年工业气价约5.0至5.6美元/千立方英尺	天然气配置及通往园区的管道
直接还原用气（储备方案）	100万吨/年直接还原铁每年约84至91亿立方英尺	萨纳加南气田2025年产量743亿立方英尺；FLNG已撤离	认证储量、价格公式、直接还原级球团
低碳属性	采用合同水电时范围二排放接近零	电网约226克/千瓦时（2024年）	过网输电与来源证书

资料来源：本白皮书第1至9章；RC-1数值为规划值和指示值 [S07]。

一期为何设计为不用天然气

RC-1首批轧机采用感应加热而非燃气加热炉加热钢坯[S07]。这一选择使一期每年用电量增加约90吉瓦时，但在二期之前完全不需要签订供气合同。鉴于FLNG撤离带来的不确定性，这一安排使一期免受天然气问题影响，并将其能源需求集中于两项可在2027年底前落实的事项：大用户购电合同，以及配有厂内补偿装置的专用225千伏接入。

后续各期则不同。二期和三期将增加燃气加热，每年用气最多约8.3亿立方英尺；更重要的是，需要稳定容量来应对旱季和输电中断。最合适的来源是克里比燃气电厂，可通过其专用部分出力，或在其330兆瓦许可容量内扩建[S21][S22]。为喀麦隆铁矿石预留、计划于2034年后建设的直接还原模块，用气量约为加热炉的十倍[S07]。

电炉可以调整用电时段，但不能放弃用电

单台电炉每年须运行约7300至7900小时，才能达到一期名义产量（见白皮书03第5章）。因此，其灵活性属于可调度负荷，而非可中断负荷：冶炼可以避开晚高峰，检修可以安排在供电最紧张的时段，但每削减一小时负荷，就损失约一炉钢水（约40吨），每100小时约4000吨，且无法补回。合同应激励错峰调度，并为紧急切负荷设定上限（第9章）。

五项政策措施

本白皮书的建议是适用于所有大用户的规则，而非对单一项目的让步（第10章）：

1. **10兆瓦以上大用户电价框架**，由ARSEL发布，以服务高压、高负荷率用户的成本为基础，采用两部制结构，激励避开系统高峰的用电安排，明确无功电量规则，按公式调价，期限10至20年。
2. **波动负荷电网规范**，采用IEC TR 61000-3-7的闪变评估方法和公认的谐波标准，公布主要节点短路容量，强制开展接入研究并共享监测数据。
3. **国内天然气配置与价格框架**，首先对萨纳加南气田储量进行独立审计，按用户类别确定优先顺序和价格公式，明确工业用气税收，并落实通往工业区的管道责任方。
4. **切实可行的过网输电和第三方准入**，以平衡规则、备用电价以及水电和光伏来源证书落实现行法律。
5. **克里比园区一体化规划**，包括需求登记、按里程碑预留容量、浅接入费用、克里比稳定容量，以及新建水电的工业承购。

喀麦隆无需补贴能源来吸引重工业，而需要公布大用户据以规划和融资的规则。

Cameroon Steel，白皮书05

意义不限于单个工厂

本白皮书向喀麦隆能源体系提出的问题并非钢铁业所独有。任何考虑落户克里比港综合工业区的大型工业负荷（该区发展集群包括与矿产出口相关的钢铁冶炼[S23]）都会提出同样的问题：供电有多稳定，价格多少，合同如何订立，电能质量如何，天然气从何而来。2018年至2025年间获准入驻港口工业物流区的53家企业[S24]、2026年获得炼化许可的沥青厂[S25]，以及2025年开始在克里比用气的工业买家[S05]，都依赖同样的基础设施和规则。

因此，本文提出的政策措施服务于喀麦隆更广泛的工业战略。国家2030年发展战略将采矿、冶金和钢铁列为优先子行业 [S26]，2023年《矿业法》规定国内矿产须有一部分在本地加工 [S27]。一个能让一座电炉钢厂获得融资的能源框架，也将让下一个大用户获得融资。

时间同样关键。FLNG撤离、国家回购电力公司以及正在进行的对克里比和迪班巴（Dibamba）火电厂的收购 [S28] [S29]、纳赫蒂加尔水电站和克里比新输电线路投运，以及欧盟碳边境调节机制（CBAM）生效 [S30]，均发生在2025年至2027年间。这一窗口期内制定的规则，将塑造喀麦隆此后一代人的工业能源体系。

尚存的不确定性

本白皮书的主要结论不受第11章所列证据缺口的影响，但若干规模和时间取决于尚未公开的数据：克里比225千伏节点的短路容量、电炉每吨保证电耗（规划值为450至490千瓦时）、萨纳加南气田剩余天然气储量、现有高压合同条款、接入规范和市场规范文本，以及港口变电站后期扩容的时间表。其中大部分缺口可以利用公共机构已掌握的数据弥补。Cameroon Steel自身的前端工程设计将以供应商保证值取代RC-1基于基准值的数据。

本白皮书的结构

第1至5章分别讨论能源在钢铁经济中的作用、喀麦隆电力系统、电价与合同安排、电弧炉的电能质量要求以及克里比新建的电力基础设施。第6章和第7章讨论FLNG撤离后的天然气以及用于直接还原的天然气，第8章讨论可再生能源与储能，第9章提出指示性能源方案，第10章提出政策建议。第11章列出证据缺口；附录介绍研究方法、术语表、来源清单以及每幅图表背后的数据。

本中文摘要版保留全文版的章节编号与图表编号：上述执行摘要为全文翻译；第1至10章各以一篇篇幅概述该章结论和关键数据，并收录一幅主要图表；第11章概述证据缺口；附录A为中、英、法三语术语表。研究方法、来源清单和数据表见英文版和法文版全文。

利益声明。本文由正在克里比筹建钢铁厂的Cameroon Steel发布，旨在为公共讨论提供参考；其分析独立于任何商业要约，所有数据均注明来源或标明其状态。

第1章

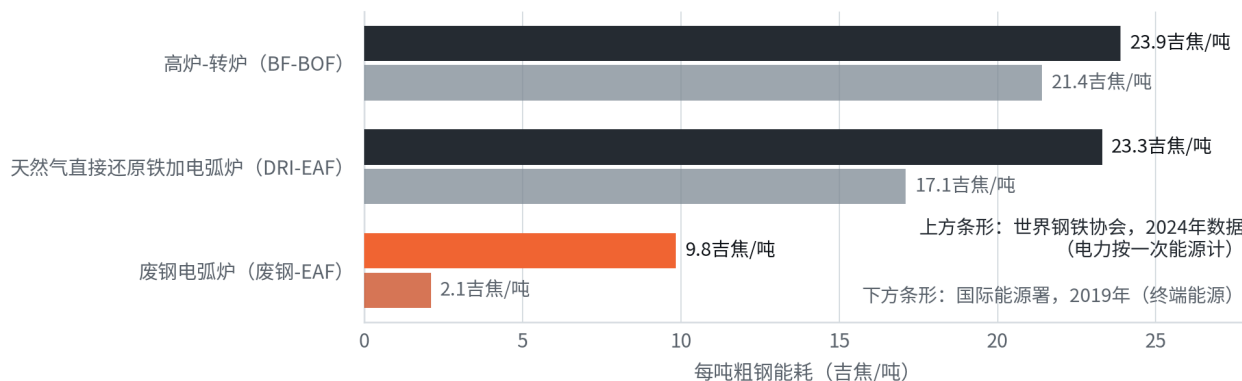
能源决定电炉钢的成本与碳排放

对电炉钢厂而言，能源是工厂自身决策能够改变的最大成本项。RC-1一期类型的棒线材厂每吨产品约耗电0.96至1.0兆瓦时；按喀麦隆2025年和2026年的电价水平，电费为每吨30至170美元，差距相当于钢筋出口价格的约五分之一。因此，电价及供电的稳定程度决定了此类工厂能否与进口钢材竞争。

关键数据。世界钢铁协会估计，能源占钢铁生产成本的20%至40% [S31]。按其2024年数据，高炉-转炉路线每吨粗钢能耗23.88吉焦，天然气直接还原铁加电弧炉23.30吉焦，废钢电弧炉仅9.84吉焦（图1.1）[S34]。电炉钢厂内，熔炼耗电最多：国际金融公司的电弧炉熔炼基准为每吨钢水347至500千瓦时，RC-1取450千瓦时作为规划值，处于该区间之内 [S36][S07]；若将其视为全废钢值，按炉料中30%直接还原铁每10%增加约14.5千瓦时计算，约为494千瓦时，因此本文与白皮书03一样，同时采用约490千瓦时的规划上限值 [S39]。一期采用钢坯感应加热而非燃气加热炉，每年增加约90吉瓦时用电（约占一期用电的31%），但完全不需要天然气合同。电价差异的影响巨大：按存量高压合同均价18.4中非法郎/千瓦时，一期电费约占钢筋价格（625美元/吨）的4.7%；按监管机构的成本反映平均电价105.46中非法郎/千瓦时，则升至27.1% [S01][S04][S09]；按规划上限值计算，电费约高4%。白皮书04第8章将这些电力成本与金属料和加工成本一并纳入克里比钢坯与进口钢坯的指示性成本比较。碳排放方面，按喀麦隆电网约226克/千瓦时，一期范围二排放约为每吨0.22吨二氧化碳（按1.0兆瓦时/吨约为0.23吨），而按世界平均为0.45吨，按印度尼西亚电网为0.65吨（推算）。欧盟碳边境调节机制已于2026年1月1日进入正式阶段，2026年第三季度证书价格为每吨二氧化碳当量82.32欧元，但对钢铁目前只计直接排放 [S30][S46][S47]。

废钢电弧炉钢的能耗仅为矿石路线的10%至40%

各炼钢工艺路线的能源强度；区间大小取决于电力的统计口径



来源 图1.1 废钢电弧炉钢的能耗仅为矿石路线的10%至40%。世界钢铁协会2024年数据将电力按一次能源计算并包含上游投入；国际能源署只计终端能源，因此数值较低。

资料来源：worldsteel, Sustainability Indicators 2025（2024年数据）[S34]；国际能源署，Iron and Steel Technology Roadmap（2020年）[S35]。

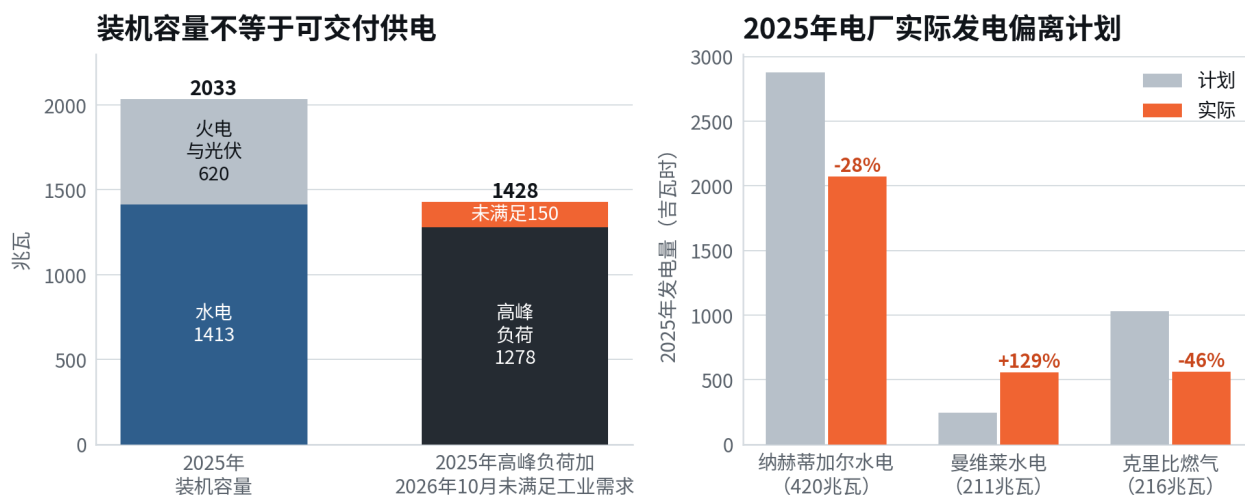
第2章

喀麦隆纸面上有足够容量，但工业所在地尚无稳定供电

2025年喀麦隆装机容量2033兆瓦，高峰负荷1278兆瓦，水电提供了九成电量。然而，150兆瓦工业需求仍在等待输电线路，克里比燃气电厂运行率仅约30%，最大的新建水电站发电量比计划低28%。系统的约束不在于装机容量，而在于大负荷接入节点能否获得稳定、可交付的电力。

关键数据。2025年全国发电量8119.9吉瓦时（81.2亿千瓦时），其中水电7272.4吉瓦时，占89.6%；天然气559.7吉瓦时，全部来自克里比燃气电厂 [S01]。纸面上装机容量比高峰负荷高出755兆瓦（59%），但400千伏纳赫蒂加尔送出线路延误，导致150兆瓦工业需求无法满足，该线路预计2026年11月完工 [S02]（图2.2）。用户年均停电147.83小时，是74.1小时目标值的两倍 [S01]。电力行业机构正在重组：2026年2月，国家以780亿中非法郎收购Actis持有的ENEO 51%股份，持股升至95% [S28]；独立发电商拥有1030兆瓦装机，2025年电力公司向其购电2542.5亿中非法郎 [S01]，拖欠发电商款项约1370亿中非法郎 [S29]。南部互联电网（RIS）承担约94%的需求，克里比位于其南端的辐射状支线末端。100万吨/年钢厂年用电约753至796吉瓦时，相当于2025年发电量的9.3%至9.8%，规划最大需量约160兆伏安，约为全国高峰负荷的八分之一（推算）。因此，钢厂接入需要与电网运营商共同规划，而不能仅提出申请。

喀麦隆装机容量比高峰负荷多755兆瓦，但仍有150兆瓦工业需求未获供电



来源 图2.2 喀麦隆装机容量比高峰负荷多755兆瓦，但仍有150兆瓦工业需求未获供电。左：装机容量、高峰负荷与未满足的工业需求。右：三座电厂2025年计划与实际发电量。
资料来源：ARSEL, Rapport d'activités 2025 [S01]；Business in Cameroon, 2026年10月9日 [S02]。纳赫蒂加尔和曼维莱的计划值根据公布的偏差反推（推算）。

第3章

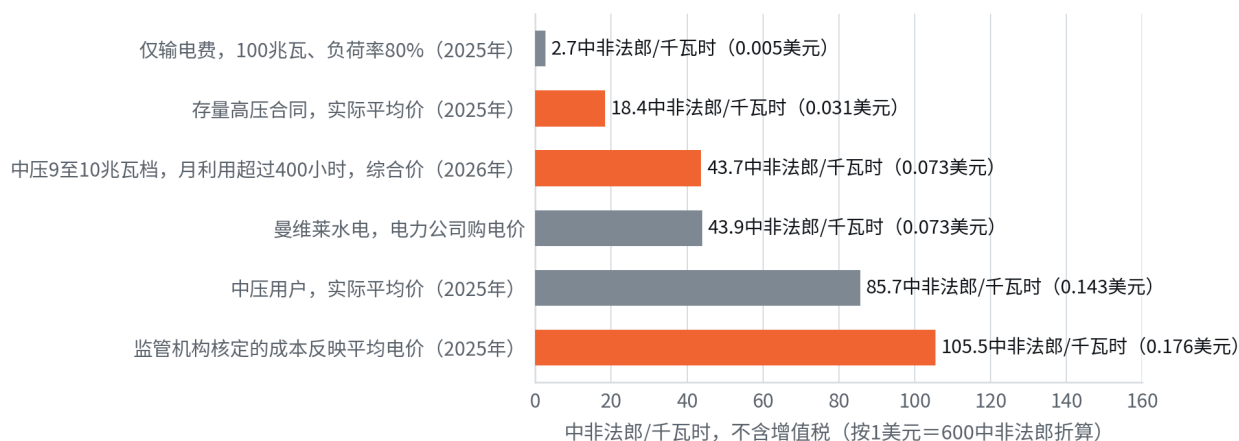
大用户没有公开电价，价格取决于谈判而非规则

喀麦隆受监管电价仅覆盖10兆瓦以下用户。新的大用户只能在两者之间谈判：一端是电力公司无力继续提供的存量低价，另一端是任何钢厂都无法承受的系统平均电价。以服务高压基荷用户的成本为基础、公开发布的大用户电价框架，可以弥合这一差距。

关键数据。中压电价由ARSEL第00000427号决定确定，采用两部制，并对月利用超过400小时的用户给予更低电价[S54][S03]。各项基准差距约六倍（图3.1）：六家存量高压用户2025年用电969.03吉瓦时、支付178亿中非法郎，均价18.4中非法郎/千瓦时；最高中压档（9至10兆瓦）2026年综合电价约43.7中非法郎/千瓦时；中压用户实际均价85.7中非法郎/千瓦时；监管机构成本反映平均电价105.46中非法郎/千瓦时，当年电价补贴达969.9亿中非法郎[S01][S04]。电力公司向曼维莱水电站购电价为43.93中非法郎/千瓦时，输电费约2.7中非法郎/千瓦时[S01][S53]。据此估算，高压基荷稳定供电的成本电价约为系统平均的一半，尚未计入稳定性成本（推算）。电价结构同样关键：在同一两部制下，平稳负荷约为42.9中非法郎/千瓦时，具有一期电弧炉负荷特性的用户约为56.7中非法郎/千瓦时，高出约32%。电价还应激励钢厂把冶炼安排在高峰之外：单台电炉需要全年大部分时间运行才能达到一期名义产量，因此只能调度用电时段，而不能长时间中断。合同路径方面，第2011/022号法律允许独立发电商向合格用户售电[S52]，Prometal已通过与国家输电公司（SONATREL）的接入合同转为高压供电[S42]，但平衡、备用和过网输电规则尚未公开。贷款方需要的是期限匹配、按公式调价、容量有保障、能应对法律变更的合同。

50兆瓦负荷没有公开电价：各项基准介于每千瓦时18至105中非法郎

喀麦隆大用户电价基准；橙色条形为协商高压合同的参考区间



推算 图3.1 50兆瓦负荷没有公开电价：各项基准介于每千瓦时18至105中非法郎。橙色条形是本白皮书用于框定高压合同的三项基准，灰色条形为参考信息。

资料来源：ARSEL 2025年报告[S01]；ARSEL中压电价表（含至2026年的调价）[S03]；ARSEL 2025年12月19日关于电力公司准许收入的决定[S04]；SONATREL输电电价，ARSEL第0000017D号决定[S53]。按1美元=600中非法郎折算。

第4章

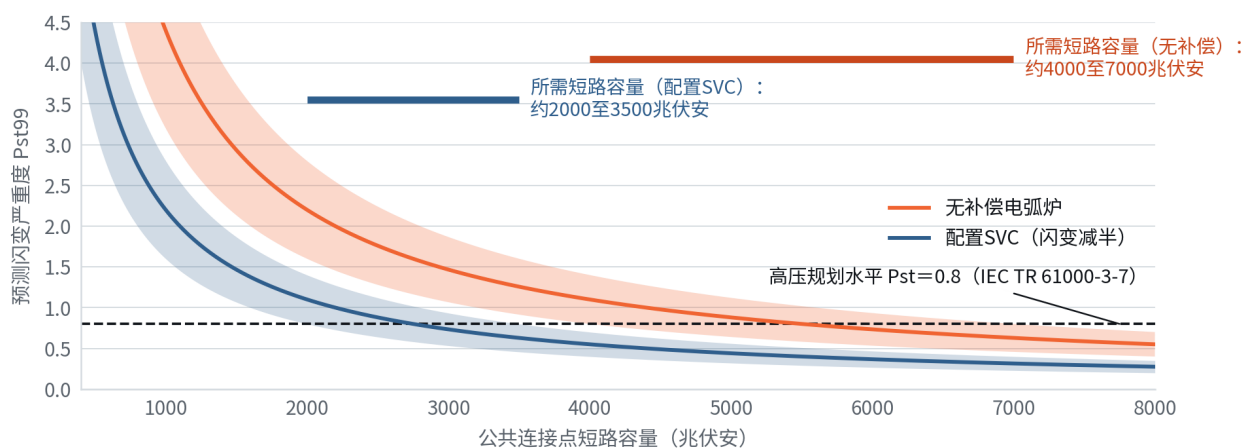
电弧炉需要坚强的接入点和自备补偿，否则会干扰其他用户

电弧炉以快速、不规则的脉冲方式取电，在电网上造成电压闪变、谐波和三相不平衡。对RC-1一期类型、配备30至33兆伏安级变压器的电弧炉，简化筛查表明，视补偿方式不同，接入点需要约2000至7000兆伏安的短路容量，才能满足国际闪变限值。在克里比这类辐射状支线末端，这意味着必须高压直接接入，并在厂内配置动态补偿，且补偿容量应依据实测研究而非假设来确定。

关键数据。国际电工委员会技术报告IEC TR 61000-3-7规定，高压电网短时闪变（Pst）规划水平为0.8，长时闪变（Plt）为0.6 [S13]；IEEE 519-2022规定161千伏以上单次谐波电压不超过1.0%、总谐波畸变率不超过1.5% [S73]。本文采用自行简化的筛查关系式 $Pst_{99} = Kst \times SscF / SscPCC$ ；据国际电热协会（UIE），Kst取48至85（见 [S12] 引述）。假设电弧炉短路容量约为30至33兆伏安级变压器额定容量的两倍（常见区间为1.5至2.5倍），结果取一位有效数字：无补偿时所需短路容量约4000至7000兆伏安，配置使闪变减半的静止无功补偿器（SVC）后约为2000至3500兆伏安（图4.3，推算）。由三台60兆伏安变压器供电的30千伏母线短路容量通常仅约1000至1500兆伏安，强度不足，且会将干扰传给园区其他用户。合理方案是在港口变电站设置专用225千伏间隔，在厂内建设225/33千伏变电站，RC-1已为225/33千伏变电站和无功补偿预留空间，并可扩建 [S07]。多台电弧炉的闪变按立方律叠加，两台约为一台的1.3倍，补偿须按最终配置设计。此外，一期电弧炉每小时约有20至30兆瓦的负荷阶跃，约占全国高峰负荷的2%，需要快速备用。建议钢厂与电网运营商分五步共同推进：实测电网、分配排放限值、按限值设计补偿、投运验证、持续监测。

30至33兆伏安级电弧炉需要2000至7000兆伏安的接入短路容量才能满足闪变限值

预测短时闪变 $Pst_{99} = Kst \times SscF / SscPCC$ ，Kst取48至85，SscF约为30至33兆伏安级额定容量的两倍（筛查估算）



推算 图4.3 30至33兆伏安级电弧炉需要2000至7000兆伏安的接入短路容量才能满足闪变限值。筛查估算，Kst取48至85；蓝色区间假设配置了使闪变减半的静止无功补偿器。

资料来源：筛查关系式为Cameroon Steel的简化方法；Kst区间据UIE，引自美国专利10145612（Siemens，2018年）[S12]；高压规划水平引自IEC TR 61000-3-7:2008 [S13]；电弧炉变压器等级引自RC-1 [S07]；SscF假设由Cameroon Steel设定。

第5章

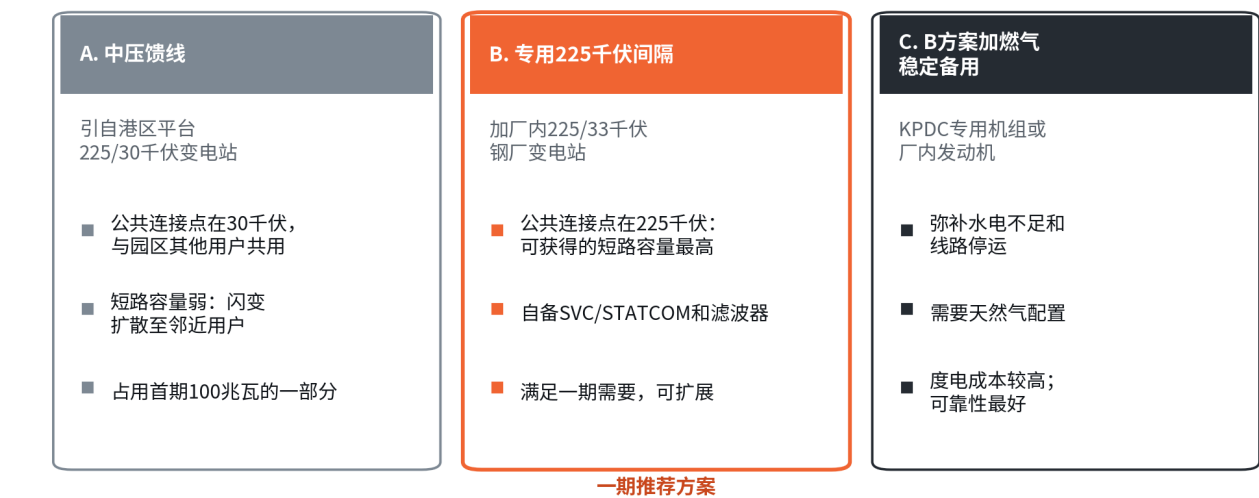
克里比新建225千伏供电可承载一期钢厂；100万吨/年需要后期扩容和专用间隔

克里比自治港（PAK）正在建设一条42公里的225千伏双回线路，从克里比燃气电厂通往港区平台新建的225/30千伏变电站，首期供电100兆瓦，后期可达330至400兆瓦，计划于2026年底投运。最大需量55兆伏安的一期钢厂可纳入由整个港区平台共享的首期容量，但将占用约一半；约160兆伏安的100万吨/年工厂则需要后期扩容。最能保护园区其他用户的方案，是由专用225千伏间隔为钢厂自有变电站供电。

关键数据。该工程于2025年8月6日开工，变电站配置三台60兆伏安变压器，投资约350亿中非法郎 [S14]；2026年8月19日，水利能源部（MINEE）部长视察了变电站、线路和计划于2027年初投产的新水厂 [S15]。三台变压器合计180兆伏安，一台停运时约120兆伏安，可为一期提供变压器冗余（推算）。克里比港综合工业区于2026年2月启动，面积约4000公顷，其发展集群包括与矿产出口相关的钢铁冶炼 [S77][S23]；2018年至2025年5月已有53家企业获准入驻港口工业物流区 [S24]。接入方案有三：A方案为30千伏馈线，最便宜但短路容量最低，闪变会传给邻近用户；B方案为专用225千伏间隔加厂内225/33千伏变电站，推荐用于一期；C方案在B基础上增加燃气稳定容量，适用于二期和三期。PAK称新供电具备N-2冗余，但双回线路同塔架设，上游依赖克里比至埃代阿单一225千伏通道，冗余应逐个节点核实；冷却水、吊运钢包的行车等保安负荷需要独立备用电源。接入费用应遵循浅接入原则，并允许按项目里程碑预留后期容量。按Cameroon Steel的指示性时间表，一期工程于2029年第一季度开工，2030年下半年首炉出钢，2031年爬坡；PAK于2025年11月4日就矿石码头签署谅解备忘录，其总经理2026年3月预计五至六年内建成 [S80][S81]。

专用225千伏接入可使电弧炉干扰不进入园区共用电网

克里比电炉钢厂的三种接入方式（示意性比较）



示意 图5.2 专用225千伏接入可使电弧炉干扰不进入园区共用电网。B方案为一期推荐方案；C方案为后续各期增加燃气稳定容量。
资料来源：Cameroon Steel分析；PAK变电站参数 [S14]。线路与变电站位置图见全文版图5.1。

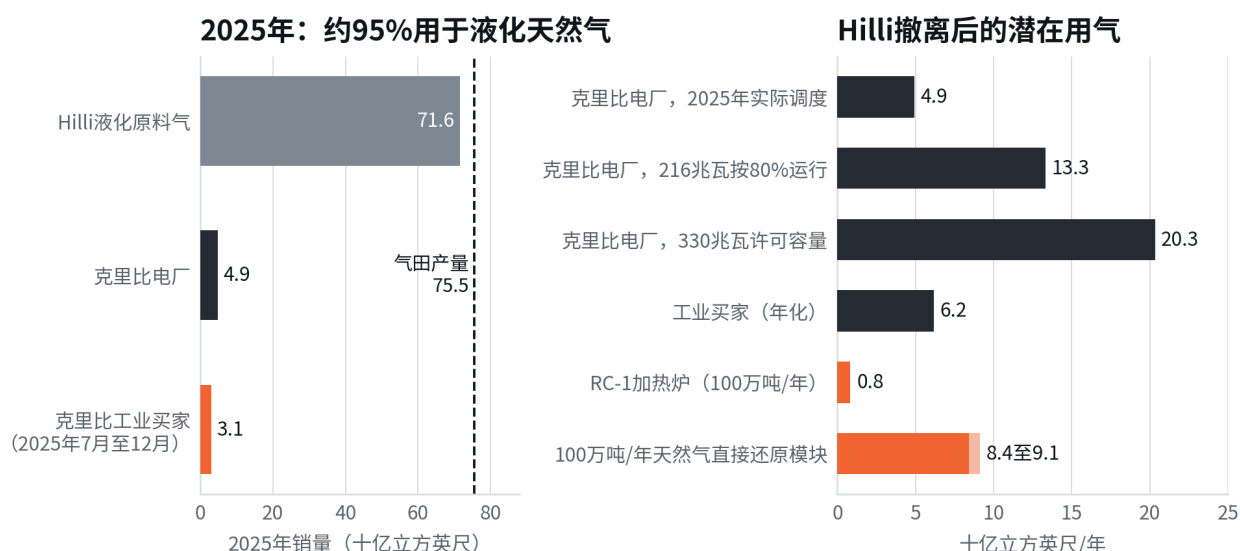
第6章

Hilli FLNG撤离使喀麦隆天然气成为国内问题，储量成为决定性未知数

2026年7月之前，喀麦隆约95%的天然气产量供给停泊在克里比外海的Hilli Episeyo浮式液化装置。它的撤离使一个每年约720亿立方英尺的买家消失，而克里比所有合理的国内用途（包括一座100万吨/年的直接还原厂）合计每年约200至360亿立方英尺。天然气在地理上紧邻工业区；工业缺少的是经认证的剩余储量、透明的价格和公开的配置规则。

关键数据。2025年喀麦隆天然气产量为754.75亿立方英尺，其中约98.5%来自佩朗科（Perenco）作业的近海萨纳加南气田 [S05]。国家与合作伙伴共向液化天然气项目售气约716亿立方英尺，国内市场仅有克里比电厂49.2亿立方英尺和下半年开始用气的一家工业买家30.88亿立方英尺 [S05]（图6.1）。为Hilli项目开发的储量约6000亿立方英尺，其中5000亿立方英尺按2014年12月的合作框架协议分配给FLNG，气田已处于自然递减期，剩余认证储量尚未公开 [S17] [S84]。跨境的约约-约兰达（Yoyo-Yolanda）发现约2.5万亿立方英尺，开发投资约40亿美元，尚无最终投资决定 [S17] [S83]。国家碳氢化合物公司（SNH）2025年账目显示，克里比电厂气价约3.2美元/千立方英尺，工业买家约5.0至5.6美元（按SNH季度汇率折算），液化原料气为7.64至8.97美元 [S05]；每立方米70中非法郎的石油产品特别税（约3.2至3.5美元/千立方英尺）是否适用于工业用气尚不明确 [S87]。杜阿拉的工业用气2024年下降62.9% [S85]，说明工业用户不会因为气源近就用气，而要看供应是否可靠、价格是否可预期、合同是否可执行。建议的配置框架包括六项要素：独立储量审计、用途优先顺序、透明价格公式、税收明确、管道责任和标准合同条款。

失去年购720亿立方英尺的买家后，克里比合理用气每年约200至360亿立方英尺



推算 图6.1 Hilli撤离使每年720亿立方英尺的买家消失；克里比合理用气合计每年约200至360亿立方英尺。左：2025年按买家划分的售气量。右：2026年7月后的潜在国内用途。电厂情景采用2025年单位发电用电量；工业买家半年购气量按两倍年化。资料来源：SNH，Données pétrolières 2025 [S05]；ARSEL 2025年报告 [S01]；RC-1用气平衡 [S07]；直接还原用气9.2至10吉焦/吨 [S39] [S41]；1千立方英尺=1.094吉焦。

第7章

100万吨/年直接还原厂每年约需90亿立方英尺天然气：成本可承受，但须有认证气源和直接还原级矿石

气基直接还原每吨直接还原铁消耗9.2至10吉焦天然气，因此100万吨/年模块每年约需84至91亿立方英尺，相当于喀麦隆2025年产量的11%至12%，接近克里比电厂用气量的两倍。按2025年国内气价，每吨直接还原铁的燃气成本为27至51美元，仅占2026年3月热压块铁运抵意大利价格（每吨340至370美元）的一小部分。在克里比炼铁的障碍不是气价，而是二十年的认证供气 and 直接还原级球团来源。

关键数据。2025年全球直接还原铁产量1.51亿吨，其中65.1%为气基；按Midrex工厂统计，撒哈拉以南非洲仅9万吨[S94]；世界钢铁协会的数据包含该统计之外工厂的估算，东非（乌干达、肯尼亚、坦桑尼亚）直接还原铁产量约270万吨[S95]。100万吨/年模块每天约用气2300至2500万立方英尺，二十年合计约1700至1800亿立方英尺，占萨纳加南可能剩余储量的很大部分（推算）。按电力行业气价（约3.2美元/千立方英尺），每吨直接还原铁燃气成本约27至29美元；按工业气价（约5.0至5.6美元）约42至51美元；按2025年液化原料气最高价（8.97美元）约75至82美元（图7.2）。相比之下，2026年9月巴西生铁离岸价约445美元/吨[S99]。直接还原需要铁品位至少64%的矿石，这类矿石不足全球供应的20%[S101]；姆巴拉姆（Mbalam）直运矿品位在62%以上，适合高炉，需经选矿和造球才能用于直接还原。2023年《矿业法》规定15%的矿产须在本地加工[S27]，本地加工政策意味着需要为直接还原配置天然气。RC-1一期至三期采用进口直接还原铁或热压块铁（约占金属炉料30%）；一期废钢中仅约3万吨/年（0至6万吨）来自国内，其余进口，一期经港口进口的金属料和辅料约35.1万吨/年[S07]。2034年后的100万吨/年模块仅作为储备方案；直接还原级球团的散货装卸取决于2025年11月4日签署谅解备忘录、预计五至六年内建成的矿石码头[S80][S81]；25万吨/年的小型模块每年仅需约21至23亿立方英尺，可作为过渡。

按喀麦隆气价，每吨直接还原铁的燃料成本为27至51美元

每吨直接还原铁的天然气成本（区间：9.2至10吉焦/吨），对比进口含铁原料的市场价格



推算 图7.2 按喀麦隆气价，每吨直接还原铁的燃料成本为27至51美元。橙色区间对应每吨9.2至10吉焦；圆点为SNH 2025年对电厂和工业的售价及液化原料气价上限；灰色区间为热压块铁和生铁的市场价格。
资料来源：SNH 2025年气价[S05]；直接还原用气[S39][S41]；SteelOrbis, 2026年3月16日，热压块铁CFR意大利[S18]；GMK Center, 2026年10月4日，巴西生铁FOB[S99]。

第8章

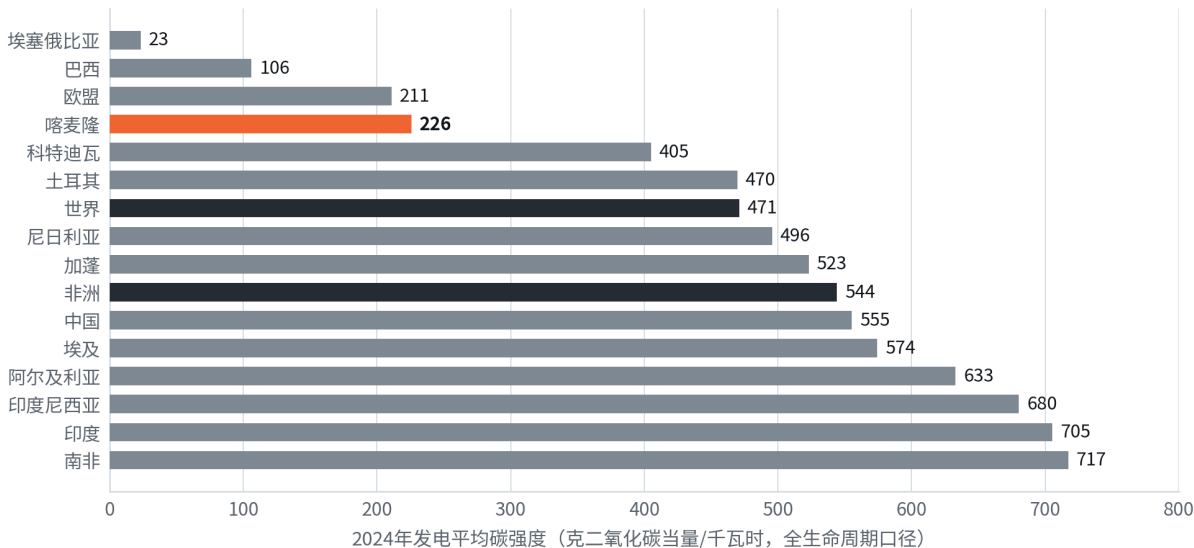
水电是喀麦隆发展钢铁的可再生能源优势； 光伏和储能只能起补充作用， 无法保障电弧炉稳定供电

喀麦隆电网以水电为主，单位电量排放约226克二氧化碳当量/千瓦时，仅为世界平均的一半，未开发水电潜力约每年115太瓦时。这才是该国服务重工业的可再生能源资产，而非光伏。克里比光伏电站每千瓦峰值年发电约1335千瓦时，容量因子15%，年中出现低谷：50兆瓦峰值的光伏阵列可提供一期钢厂约五分之一的电量，但几乎无法覆盖夜间或高峰需求。

关键数据。2024年喀麦隆电网排放因子低于世界平均（约471克）、非洲平均（约544克）以及中国（约555克）、土耳其（约470克）、印度（约705克）和印度尼西亚（约680克）（图8.1）[S10]。按一期每吨0.96兆瓦时的规划值计算（按1.0兆瓦时的上限值约高4%），范围二排放放在喀麦隆约为每吨0.22吨二氧化碳，在印度尼西亚约为0.65吨（推算）。目前碳边境调节机制对钢铁只计直接排放[S46]，但买家和低排放钢标准看的是全部足迹：国际能源署的近零排放门槛在70%废钢配比时约为每吨0.155吨[S20]，按电网平均值计算的范围二排放（0.22吨）已超过该门槛，而按市场法申报的合同水电可使范围二接近零。因此，专用水电合同比电网平均更有价值，这也取决于第3章的过网输电规则 and 来源证书登记。光伏建设成本低，2024年全球加权平均平准化度电成本为0.043美元/千瓦时（约26中非法郎）[S104]，但夜间为零。电池成本2010至2024年下降93%，至约192美元/千瓦时[S104]，宜用于保安负荷不间断供电、快速调频调压和削峰，而非整夜供能（需400兆瓦时以上）。大用户的长期水电承购合同可以帮助基科特-姆贝贝（Kikot-Mbebe，500兆瓦，预计2031至2033年投运）等新项目融资[S68]；单台电炉无法承受旱季长时间削减负荷，因此水电供应需要燃气稳定容量作为保障。

喀麦隆电网单位电量排放仅为世界平均的一半、印度尼西亚的三分之一

2023年喀麦隆进口钢坯的78%来自印度尼西亚；土耳其和中国是参照的出口钢厂所在国



来源 图8.1 喀麦隆电网单位电量排放仅为世界平均的一半、印度尼西亚的三分之一。2024年发电平均碳强度，全生命周期口径。2023年喀麦隆进口钢坯的78%来自印度尼西亚。
资料来源：Our World in Data，发电碳强度（Ember数据），2026年10月10日访问[S10]；钢坯进口来源据UN Comtrade[S11]。

第9章

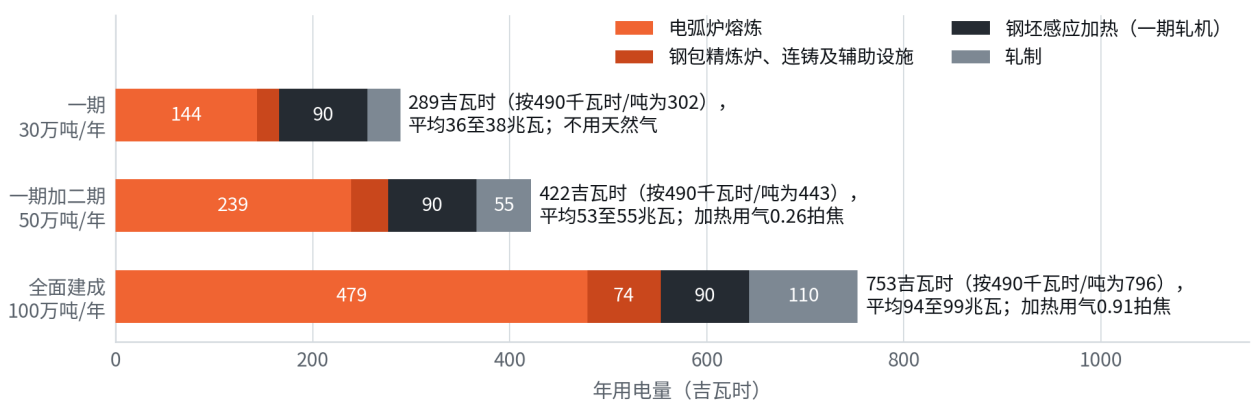
克里比电炉钢厂可分三步供能：先用电网电力，扩产时增加燃气支撑的稳定容量，最后才用天然气炼铁

Cameroon Steel参考配置RC-1显示，能源需求将从一期每年约289至302吉瓦时用电、平均负荷36至38兆瓦且不用天然气，增至100万吨/年时约753至796吉瓦时、94至99兆瓦和0.91拍焦加热用气（不含直接还原模块）；区间对应电炉每吨钢水450千瓦时的规划值和约490千瓦时的上限值。这些均为规划值和指示值。三步走的能源方案使增长与克里比基础设施相匹配；管理得当，钢厂围绕电网高峰安排冶炼的可调度负荷可以成为水电电网的有益伙伴，但无法提供长时间中断。

关键数据。一期名义产能约30万吨/年，预期持续产量27至30万吨/年；所产钢坯可售予再轧厂或自行轧制，主要用于替代进口和出口CEMAC [S07]。一期每吨产品耗电0.96至1.01兆瓦时，一期加二期0.84兆瓦时，全面建成后0.75兆瓦时，因为后续轧机改用燃气加热；加热用气在全面建成时约8.3亿立方英尺/年（图9.1）[S07]。一期电弧炉熔炼约144吉瓦时（50%），感应加热约90吉瓦时（31%）；合同应按用电区间订立。示意性负荷曲线显示，一期负荷每小时在约16至51兆瓦之间波动（电弧炉有功功率上限约30兆瓦），15分钟平均最高约47兆瓦。三步为：专用225千伏间隔加厂内补偿，不用天然气；后期扩容并增加燃气稳定容量；储量认证后再建直接还原模块。按三项电价基准，一期年电费约为53亿、126亿（按尖峰负荷特性约164亿）或305亿中非法郎，相差近六倍（按上限值约高4%）；作为对比，Prometal 2024年电费约83.7亿中非法郎 [S42]。电弧炉的灵活性属于可调度负荷而非可中断负荷：每削减一小时负荷约损失一炉钢水（约40吨，每100小时约4000吨），无法补回；将20至30兆瓦移出晚高峰约相当于全国高峰的1.6%至2.3%，电价应激励错峰并为紧急切负荷设上限。

用电量由一期的0.29太瓦时增至100万吨/年时的0.75太瓦时

按450千瓦时/吨规划值计算的RC-1分用途、分期用电（规划值，指示性）；熔炼占一半至三分之二



推算 图9.1 用电量由一期的0.29太瓦时增至100万吨/年时的0.75太瓦时；熔炼占总量的一半至三分之二。RC-1规划值（规划值，指示性）；括号内为电炉每吨约490千瓦时尚上限值下的合计。

资料来源：Cameroon Steel参考配置RC-1（规划估算）：电弧炉每吨钢水450千瓦时（上限值约490千瓦时），钢包精炼炉、连铸及辅助设施每吨钢水70千瓦时，一期轧机感应加热每吨钢坯300千瓦时，轧制每吨产品110千瓦时 [S07]。

第10章

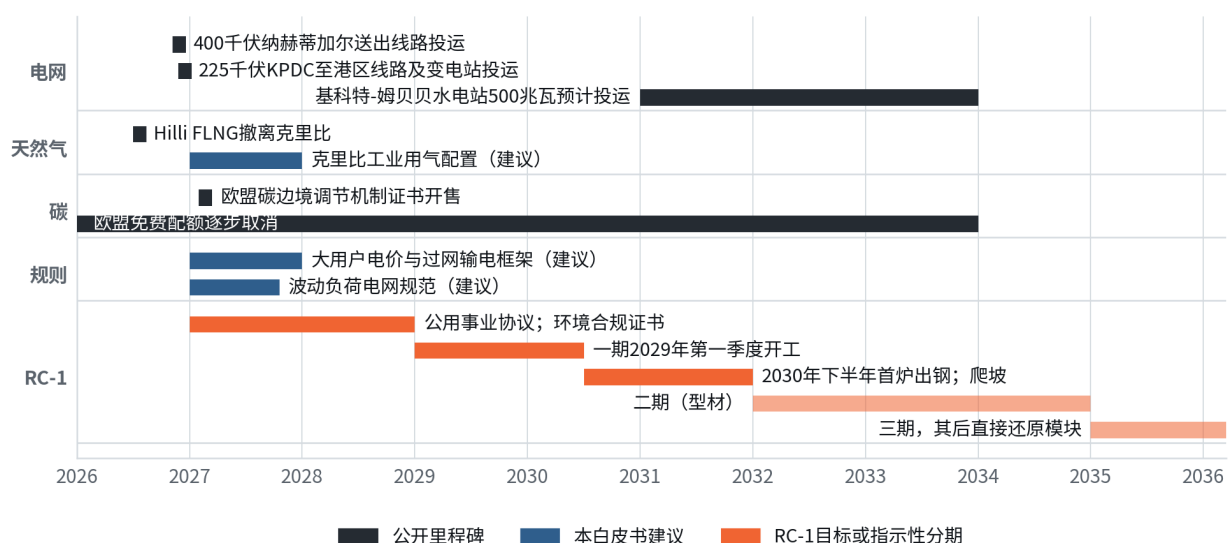
五项规则而非补贴，可使喀麦隆能源体系为重工业做好准备

喀麦隆无需补贴能源来吸引电炉钢厂，而需要公布大用户据以规划和融资的规则。五项措施可使能源体系对重工业具备可融资性：10兆瓦以上大用户电价框架；波动负荷电网规范；FLNG撤离后的国内天然气配置与价格框架；可执行的过网输电和第三方准入；围绕工业区对变电站、稳定容量和水电进行一体化规划。每项措施惠及所有大用户，且都不需要为单一项目投入公共资金。

关键数据与时序。第一，到2027年由ARSEL和SONATREL出台大用户电价框架（两部制、激励避开系统高峰的用电安排、无功规则、按公式调价、期限10至20年，存量高压合同在公开期限内逐步并轨）和波动负荷电网规范（采用IEC TR 61000-3-7方法，公布90千伏和225千伏节点短路容量）。第二，2027年起由SNH及主管部门开展萨纳加南和埃博梅（Ebome）气田独立储量审计，2027至2028年出台按用户类别的配置与价格公式，明确石油产品特别税的适用。第三，到2028年落实第2011/022号法律下的过网输电：公布市场规范和平衡规则、备用电价及来源证书。第四，由PAK、克里比港工业区股份有限公司（KPIZ S.A.）、SONATREL、电力公司、SNH和MINEE持续推进克里比园区一体化规划：需求登记、按里程碑预留容量、浅接入费用、克里比稳定容量以及新建水电的工业承购。第五，每年公布短路容量、天然气平衡和电网排放因子等能源数据。图10.1将上述措施与已排定的公开里程碑和RC-1目标并列：电网和港口里程碑在2026年底至2027年初，政策措施可在2028年前到位，一期计划2029年第一季度开工、2030年下半年首炉出钢、2031年爬坡，而欧盟对本土钢厂的免费配额将于2034年归零 [S109]。作为回报，大用户可提供长期高负荷率需求、自建补偿、可调度负荷、水电锚定承购和数据透明。

2026至2036年喀麦隆与电炉钢厂需要达成的能源里程碑

公开里程碑、建议的政策措施与RC-1目标（目标与指示性分期不构成承诺）



示意 图10.1 2026至2036年喀麦隆与电炉钢厂需要达成的能源里程碑。公开里程碑（深色）、建议的政策措施（蓝色）以及RC-1目标或指示性分期（橙色，不构成承诺）。
资料来源：Business in Cameroon, 2026年10月9日 [S02]；PAK, 2025年8月6日 [S14]；基科特-姆贝贝 [S68]；FLNG撤离 [S16]；碳边境调节机制 [S108][S109]；Cameroon Steel参考配置RC-1（规划估算）指示性进度 [S07]。

第11章

仍有十三项证据缺口，其中多数可以通过公开已有数据来弥补

本白皮书依据公开资料撰写，若干对电炉钢厂至关重要的数据尚未公开。最重要的是克里比225千伏节点的短路容量、萨纳加南气田的剩余认证储量、大用户合同和过网输电合同条款，以及电网接入规范的文本。多数缺口可以利用相关机构已掌握的数据弥补，其余将随项目推进由Cameroon Steel自身的研究解决。

不受缺口影响的结论包括：无论采用哪套数据，喀麦隆电力均以水电为主、属于低碳；10兆瓦以上负荷没有受监管电价，各项基准相差约六倍；RC-1一期规模的电弧炉在克里比任何合理的短路容量下都需要坚强的高压接入和动态补偿；Hilli FLNG撤离使喀麦隆天然气失去了主要买家；电炉钢厂一期不需要天然气[S01][S10][S05][S16][S07]。**取决于缺口的结论**涉及规模和时间：需要多少补偿，可用天然气有多少、能用多久，大用户以何种价格签约，以及港口变电站后期何时建成。

表 11.1 主要证据缺口及弥补途径

编号	缺口	影响	弥补途径与时间
1至2	克里比225千伏节点及港区30千伏母线短路容量；当地背景闪变和谐波	决定补偿容量和接入方案（第4、5章）	向SONATREL索取数据，钢厂开展接入研究；变电站投运后实测（2027年）
3	ARSEL接入规范和市场规范文本	决定波动负荷义务和过网输电规则	正式向ARSEL索取，提交接入申请前
4至6	萨纳加南和埃博梅剩余认证储量及FLNG分配量；SNH售气量（796亿立方英尺）与产量（755亿立方英尺）的差异；石油产品特别税是否适用于工业用气	决定稳定燃气容量和直接还原模块能否融资（第6、7章）	独立储量审计；SNH澄清统计口径；财政部书面裁定，签订任何供气合同前
7至9	现有高压合同条款；国际金融机构统一的组合边际电网排放因子；监管数据与Ember数据的差异	影响大用户合同先例和碳核算	ARSEL发布原则摘要；在环境与社会影响评估阶段获取统一因子；核对实测数据
10至12	克里比燃气电厂稳定可用容量及专用机组条件；港口变电站后期扩容时间与融资；直接还原级球团供应	决定二期、三期及直接还原储备方案	国家收购完成后（预计2026年底）协商；与PAK和KPIZ S.A.开展需求登记；球团市场研究
13	供应商保证的电炉每吨电耗（规划值450至490千瓦时）及电炉可用率	决定一期用电量（每年约289至302吉瓦时）及可用于错峰调度的时间（第1、9章）	前端工程设计中的性能保证；变压器额定容量（2027年）

资料来源：Cameroon Steel分析。

项目自身的不确定性包括：基准值将由供应商保证值取代；二期最大需量尚未估算（白皮书03第9章内插约为85兆伏安，最高约110，推算）；进口直接还原铁比例为20%至50%；感应加热能耗取决于热装程度。本白皮书将在225千伏线路投运、火电厂收购完成、相关框架公布及一期前端工程设计完成后更新。

附录A

术语表（英文、法文、中文）

下表列出本白皮书的关键术语，便于对照阅读英文版和法文版全文。完整版本以英文和法文发布，包括研究方法、全部来源清单和每幅图表的数据表。

表 A.1 关键术语对照

英文	法文	中文
Electric arc furnace (EAF)	Four à arc électrique (FAE)	电弧炉
Scrap-based EAF	FAE à ferraille	废钢电弧炉
Blast furnace and basic oxygen furnace (BF-BOF)	Haut fourneau-convertisseur (HF-BOF)	高炉-转炉
Ladle furnace (LF)	Four-poche	钢包精炼炉
Continuous casting	Coulée continue	连铸
Billet	Billette	钢坯
Wire rod	Fil machine	线材
Rebar (reinforcing bar)	Rond à béton (armatures)	钢筋
Sections	Profilés	型材
Direct-reduced iron (DRI)	Fer de réduction directe (DRI)	直接还原铁（DRI）
Hot-briquetted iron (HBI)	Fer briqueté à chaud (HBI)	热压块铁（HBI）
Iron units	Unités de fer	含铁原料
DR-grade pellets	Boulettes de qualité réduction directe	直接还原级球团
Slag	Laitier	钢渣
Scrap	Ferraille	废钢
Shaft furnace	Four à cuve	竖炉
Induction heating	Chauffage par induction	感应加热
Large users	Gros consommateurs	大用户
Firm supply, firm capacity	Fourniture ferme, capacité garantie	稳定供电、保障容量
Capacity charge / two-part tariff	Prime fixe / tarif binôme	容量电费 / 两部制电价
Maximum demand	Puissance maximale appelée	最大需量
Load factor	Facteur de charge	负荷率
Interruptible load	Charge interruptible	可中断负荷
Schedulable load	Charge programmable	可调度负荷
Merchant billet	Billette marchande	商品钢坯
Re-roller	Relamineur	再轧厂
Nameplate / sustained output	Production nominale / production soutenue	名义产能 / 持续产量
Wheeling	Transit (wheeling)	过网输电

英文	法文	中文
Eligible customer	Client éligible	合格用户
Independent power producer (IPP)	Producteur indépendant d'électricité (IPP)	独立发电商
Flicker	Papillotement (flicker)	闪变
Harmonics	Harmoniques	谐波
Fault level, short-circuit power	Niveau de court-circuit, puissance de court-circuit	短路容量
Point of common coupling (PCC)	Point de couplage commun (PCC)	公共连接点
Static var compensator (SVC)	Compensateur statique de puissance réactive (SVC)	静止无功补偿器
Reactive power	Puissance réactive	无功功率
Grid code	Code de réseau	电网规范
Grid emission factor	Facteur d'émission du réseau	电网排放因子
Scope 2, market-based method	Périmètre 2, méthode fondée sur le marché	范围二排放，市场法
Certificates of origin	Garanties d'origine	来源证书
Floating LNG (FLNG)	Unité flottante de liquéfaction (FLNG)	浮式液化天然气装置
CBAM	MACF (mécanisme d'ajustement carbone aux frontières)	碳边境调节机制 (CBAM)
ESIA	EIES	环境与社会影响评估
Kribi industrial-port zone	Zone industrialo-portuaire de Kribi	克里比港综合工业区
KPIZ S.A. (zone manager)	KPIZ S.A.	克里比港工业区股份有限公司 (KPIZ S.A.)
Port Autonome de Kribi (PAK)	Port Autonome de Kribi (PAK)	克里比自治港 (PAK)
International Finance Corporation (IFC)	SFI	国际金融公司
African Development Bank (AfDB)	BAD	非洲开发银行
CEMAC	CEMAC	中部非洲经济与货币共同体
ARSEL	ARSEL	喀麦隆电力行业监管局 (ARSEL)
ENEO (Socadel)	ENEO (Socadel)	喀麦隆国家电力公司ENEO (现名 Socadel)
SONATREL	SONATREL	国家输电公司 (SONATREL)
SNH	SNH	国家碳氢化合物公司 (SNH)
bcf, Mscf	bcf, Mscf	十亿立方英尺、千立方英尺
FCFA	FCFA	中非法郎

资料来源：Cameroon Steel。

关于完整版本。本中文摘要版依据2026年10月10日英文版全文编写。英文版（WP05-en.pdf）和法文全译版（WP05-fr.pdf）包含全部十一章正文、研究方法与假设（附录A）、术语表（附录B）、来源清单（附录C）以及每幅图表的数据表（附录D）。如摘要与全文有出入，以英文版为准。

CAMEROON STEEL

从矿产资源到工业价值

Cameroon Steel正在克里比港综合工业区姆博罗（Mboro）筹建钢铁综合体，将喀麦隆的铁资源转化为中部非洲建设所需的棒材、线材和型材。本白皮书仅供参考，不构成要约或承诺。完整版本以英文和法文发布。