

煤制甲醇企业（装置）能效对标实施规范

Implementation specification for energy efficiency benchmarking of
coal-to-methanol enterprises (facilities)

2025 - 12 - 25 发布

2026 - 03 - 25 实施

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 总体要求	1
5 对标类型	2
6 对标方法	2
6.1 实施步骤和成果形式	2
6.2 能效现状分析	2
6.3 能效标杆选择及对标分析	3
6.4 制定能效改进实施方案	3
6.5 落实改进措施	3
6.6 对标工作评估	4
6.7 持续改进	4
7 技术要求	4
7.1 能效标杆选择技术要求	4
7.2 指标体系的构建技术要求	4
7.3 数据收集及验证技术要求	5
7.4 能效指标数据库和最佳节能数据库技术要求	5
7.5 能效对标分析技术要求	5
8 组织管理要求	6
9 实施示例	6
附录 A 煤制甲醇企业（装置）能效对标指标计算公式	7
A.1 综合指标	7
A.2 空分	8
A.3 气化	9
A.4 净化	9
A.5 甲醇合成	10
A.6 甲醇精馏	10
A.7 公用工程	11
附录 B 煤制甲醇企业（装置）能效对标实施示例	12
B.1 能效对标组织机构及职责	12
B.2 能效现状的分析	13
B.3 选定能效标杆，开展对标分析	14
B.4 制定能效改进实施方案	15
B.5 落实改进措施	17
B.6 实际效果	17
B.7 能效对标评估	18
B.8 持续改进	19
参考文献	20

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T/CCIIA 0001—2021《煤制甲醇企业（装置）能效对标实施规范》，与T/CCIIA 0001—2021《煤制甲醇企业（装置）能效对标实施规范》相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 更改了“规范性引用文件”中的GB 29436.1，替换为GB 29436—2023（见2025版第2章）；
- 更改了“术语和定义”，删除2021版的3.3；
- 补充了附录A公式编号（见2025版附录A）；
- 补充了公式A.2中甲醇单位产品综合能耗单位（见2025版附录A）。

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。

本文件由中国化工情报信息协会提出并归口。

本文件负责起草单位：中国化工信息中心有限公司

本文件参加起草单位：新疆广汇新能源有限公司、上海华谊能源化工有限公司、新能（廊坊）能源化工技术服务有限公司、安徽昊源化工集团有限公司、安徽晋煤中能化工股份有限公司、中天合创能源有限责任公司、北京低碳清洁能源研究院、新疆中能万源化工有限公司、中国石油化工股份有限公司、中关村材料试验技术联盟、中国化工情报信息协会。

本文件主要起草人：余振红、薛小春、陆文斌、刘磊、高明林、张彦民、王俊、王传芳、张惠民、聂金龙、余立平、胡小娟、闪俊杰、许立和、李美喜、丰中田、徐申、郭健、宋正发、张艳、张海生、吴珍汉、戴登科、张骏驰、龙雪娇、陈丽、申桂英、白云。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

—2021年首次发布为T/CCIIA 0001—2021《煤制甲醇企业（装置）能效对标实施规范》，2025年第一次修订；

—本次为第一次修订。

煤制甲醇企业（装置）能效对标实施规范

1 范围

本文件规定了煤制甲醇企业（装置）能效对标的术语和定义、总体要求、对标类型、对标方法、技术要求、组织管理要求和实施示例。

本文件适用于现有煤制甲醇企业（装置）开展能效对标活动，新建或改扩建企业可参考使用。

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 2587 用能设备能量平衡通则
- GB/T 2589 综合能耗计算通则
- GB/T 3484 企业能量平衡通则
- GB/T 12723 单位产品能源消耗限额编制通则
- GB/T 13234 用能单位节能量计算方法
- GB 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则
- GB/T 18916.35 取水定额 第35部分：煤制甲醇
- GB/T 23331 能源管理体系 要求
- GB/T 28750 节能量测量和验证技术通则
- GB 29436—2023 甲醇、乙二醇和二甲醚单位产品能源消耗限额
- GB/T 31341 节能评估技术导则
- GB/T 36714—2018 用能单位能效对标指南

3 术语和定义

GB/T 23331和GB/T 36714—2018界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

能效标杆 energy efficiency benchmark

煤制甲醇企业（装置）在某一时期选定的要达到或超越的能效水平。

3.2

能效对标 energy efficiency benchmarking

煤制甲醇企业（装置）对其能源利用效率及能源利用的相关指标进行收集整理，并与先进能效水平进行对比分析、确定能效标杆、寻找差距、制定改进方案、实施改造、评估、持续改进的实践活动。

3.3

基期值 base period data

煤制甲醇企业（装置）开展能效对标活动的最初指标值。

3.4

标杆值 benchmarking data

煤制甲醇企业（装置）开展能效对标活动选定的能效标杆的指标值。

4 总体要求

煤制甲醇企业（装置）能效对标方法按GB/T 36714—2018的规定进行。为便于使用，本文件重复列出了GB/T 36714—2018中部分内容，对各环节补充了适用于煤制甲醇企业（装置）开展能效对标活动的有关要求。

5 对标类型

按能效标杆来自煤制甲醇企业（装置）内部或外部，可以分为内部对标和外部对标。按照能效对标单元是否为自身，可以分为纵向对标和横向对标。

结合实际情况，煤制甲醇企业（装置）可采用内部对标或外部对标、纵向对标或横向对标，也可以多种类型同时采用。

6 对标方法

6.1 实施步骤和成果形式

煤制甲醇企业（装置）能效对标的实施步骤和成果形式按图 1 的要求进行。企业也可根据自身实际，合理设计能效对标步骤和内容。

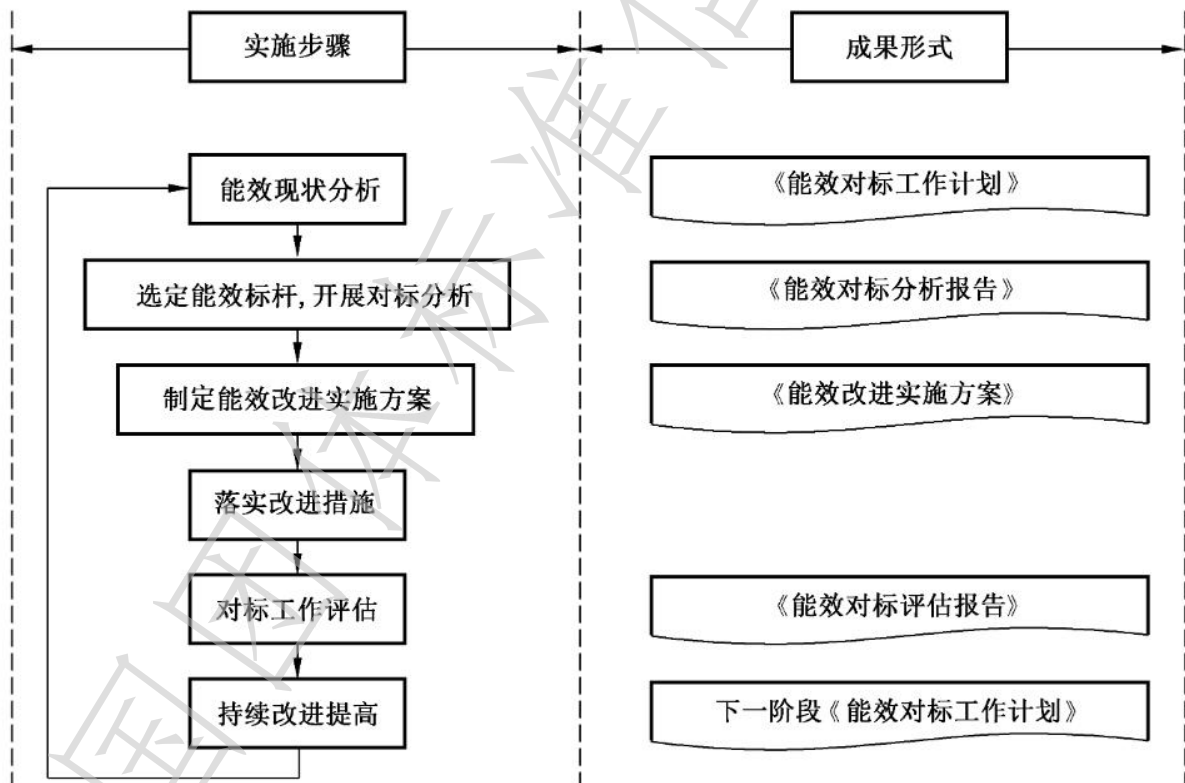


图 1 煤制甲醇企业（装置）能效对标实施步骤和成果形式

6.2 能效现状分析

6.2.1 建立能效对标指标体系

煤制甲醇企业（装置）应根据实际工艺情况，选取与之相匹配的边界作为能效对标单元，并按照GB/T 2587、GB/T 2589、GB/T 3484、GB/T 12723、GB/T 13234、GB 17167、GB/T 18916.35、GB/T 23331、GB/T 28750、GB 29436、GB/T 36714—2018 的规定收集、汇总相关基础数据，分析建立符合企业实际情况的能效对标指标体系。

6.2.2 编制工作计划

煤制甲醇企业（装置）在建立能效对标指标体系后，应编制《能效对标工作计划》，包括但不限于以下内容：

- a) 能效对标的目标；
- b) 成立能效对标组织机构；
- c) 能效对标的类型及对标边界；
- d) 能效对标单元说明；
- e) 工作内容及时间安排；
- f) 能效对标指标体系；
- g) 数据来源及数据收集模板，包括数据收集条件、统计计算和处理方法、可采用的数据库、数据质量等方面的要求；
- h) 工作步骤完成后的成果要求，如成果形式、成果报告模板等。

6.3 能效标杆选择及对标分析

6.3.1 能效标杆选择

煤制甲醇企业（装置）应充分调研能效对标单元相关的先进用能单位，初步选取若干个潜在的能效标杆，建立能效对标数据库。

对潜在的能效标杆进行研究分析和对比，结合能效对标单元的生产工艺和用能特点选定能效标杆。

6.3.2 能效对标分析

开展能效指标对比，明确与能效标杆之间的差距和原因，确定能效对标的目标值，确定能效改进的潜力和方向。

6.3.3 编制《能效对标分析报告》

煤制甲醇企业（装置）在能效标杆选择和能效对标分析后，应编制《能效对标分析报告》，包括但不限于以下内容：

- a) 能效对标单元的能源利用状况及能效对标指标；
- b) 能效标杆的能源利用状况及能效对标指标；
- c) 对标分析的结果；
- d) 能效改进潜力和方向。

6.4 制定能效改进实施方案

6.4.1 煤制甲醇企业（装置）依据 GB/T 36714—2018 中 4.5 的规定制定能效改进措施。企业宜与能效标杆充分交流，调研能效标杆采取的先进节能措施，必要时邀请第三方或行业专家开展能效诊断，结合诊断结果提出能效改进措施。

6.4.2 煤制甲醇企业（装置）应结合检修等停工计划，科学制定能效改进措施实施方案，方案包括但不限于以下内容：

- a) 现状分析以及能效改进的目标；
- b) 责任部门及其人员职责与权限；
- c) 时间进度和实施计划；
- d) 能效改进技术措施（宜说明措施的基本情况、预期节能效果及效益分析、实施建议和风险分析与对策等）和管理措施（如变更完善规章制度、加强用能设备管理、实施能源管理体系等）；
- e) 保障措施，包括经费、协调机制等。

6.5 落实改进措施

6.5.1 按照能效改进实施方案，将能效改进目标和能效改进措施分解落实到相关部门和责任人。

6.5.2 按照能效改进实施方案的计划进度推进落实，及时解决出现的问题，并动态调整实施方案。

6.5.3 实施过程应及时修改操作规程和工艺卡片，满足产品质量、安全生产、环境保护和职业卫生要求。

6.5.4 方案实施完成后，应组织开展运行标定，对比方案实施前后能效指标变化情况，分析总结实施效果。

6.6 对标工作评估

6.6.1 煤制甲醇企业（装置）应按照 GB 29436、GB/T 31341、GB/T 36714—2018 的规定对能效对标成效组织评估验证和审核，评估各项能效指标是否达到能效目标值。

6.6.2 应编制《能效对标评估报告》，包括但不限于以下内容：

- a) 对标管理机制评估；
- b) 对标实施情况评估；
- c) 对标工作成效评估，包括各项能效指标值的达标情况；
- d) 对标工作的经验及启示等。

6.7 持续改进

6.7.1 总结并提炼能效对标实践过程中各种行之有效的措施、方法和制度，及时更新能效对标数据库，形成最佳节能实践。

6.7.2 调整能效标杆并制定下一阶段更高层次的《能效对标工作计划》，将能效对标活动深入持续开展下去，并将对标成果标准化。

7 技术要求

7.1 能效标杆选择技术要求

7.1.1 用能单位宜选择与能效对标单元具有相似分类信息的装置进行能效对标。

7.1.2 煤制甲醇能效对标单元类型主要包括综合指标、工艺单元（空分、气化、净化、甲醇合成、甲醇精馏等）以及公用工程系统。分类信息按表 1 所示。

表 1 煤制甲醇装置分类信息

序号	能效对标单元类型	分类信息
1	综合指标	甲醇产能、装置产能利用率、工艺路线、产品组成
2	工艺单元	类型、规模、产能利用率
3	公用工程系统	燃料种类、蒸汽等级、热负荷等

7.2 指标体系的构建技术要求

7.2.1 构建能效对标指标体系时应遵循完整性、代表性、可比性、可操作性的原则。

7.2.2 能效对标指标体系应能反映出用能单位的用能管理水平、主要用能设备能源利用效率、单位能耗/能效水平。

7.2.3 能效对标指标体系的内容，包括用能单位各层面能效指标的名称、定义、统计口径、计算公式或方法。指标统计口径、计算公式或方法应符合 GB/T 2587、GB/T 2589、GB/T 3484 等的要求。

7.2.4 根据能效对标不同阶段的工作重点和成果指标体系进行动态调整和完善，逐步覆盖用能单位的全部用能环节。

7.2.5 煤制甲醇企业（装置）能效对标指标宜按照表 2 进行选取。各指标计算公式见附录 A。

表 2 煤制甲醇企业（装置）对标指标体系

序号	指标类型	指标名称	单位
1	综合指标	煤制甲醇单位产品综合能耗	kgce/t
		吨甲醇耗原料煤（折标）	kgce/t
		吨甲醇耗新鲜水量	m ³ /t
		年运转率	%
		长周期运行天数	天
2	空分	氧气提取率	%
		当量氧气综合电单耗	kW·h / kNm ³ (O ₂)
3	气化	单位有效气综合能耗	kgce/kNm ³ (CO+H ₂)

序号	指标类型	指标名称	单位
		比氧耗	kNm ³ /kNm ³ (CO+H ₂)
		比标准煤耗	kgce/kNm ³ (CO+H ₂)
		电耗	kW·h/kNm ³ (CO+H ₂)
		副产蒸汽（折标）	kgce /kNm ³ (CO+H ₂)
4	净化	有效气加工损失率	%
		净化综合电单耗	kW·h/kNm ³
		甲醇耗量	t/kNm ³
5	甲醇合成	单位产品（折精 100%）耗有效气量	kNm ³ /t
		合成综合电单耗	kW·h/t
		副产蒸汽（折标）	kgce /t
6	甲醇精馏	电耗	kW·h/t
		汽耗（折标）	kgce /t
		精甲醇（折精 100%）收率	%
		精甲醇中乙醇含量	mg/kg
		吨精甲醇能耗	kgce/t
7	公用工程系统	变电站功率因数	%
		循环水浓缩倍数	
		循环水综合电单耗	kW·h/t
注：应按照不同企业实际情况以及用户需要，同等或相似水平对标，包括原料煤种类、工艺路线、装置情况等。			

7.3 数据收集及验证技术要求

7.3.1 保证数据收集的全面性、科学性和合理性，具备技术要求如下：

- 全面准确地收集能效对标单元的分类信息、能效对标指标等能效对标数据；
- 应充分利用煤制甲醇企业（装置）现有节能管理系统中的数据；
- 应注明所收集数据的时间特性，如月平均值、年平均值等。

7.3.2 收集到的数据应进行验证，具体技术要求如下：

- 保证所采用数据的准确性、合理性、真实性；
- 考虑数据是否需要修正系数、归一化等数据处理，并审核；
- 能效对标单元满足物料平衡、能量平衡；
- 检查计算方法，对计算结果进行复核。

7.4 能效指标数据库和最佳节能数据库技术要求

7.4.1 用能单位负责能效指标数据库和最佳节能实践库的建立、维护，保证数据的真实性。用能单位也可采用行业协会、节能组织等建立的能效指标数据库及最佳节能实践库。

7.4.2 能效指标数据库及最佳节能实践库应不断更新，保持先进性和实效性。

7.4.3 能效指标数据库的数据来源可包括：国内外能效领先水平的能效指标值，能效“领跑者”指标，GB 29436—2023，理论计算或数值模拟得到的领先水平，行业先进或平均水平，本单位历史最好水平、平均水平、本单位不同部门的最佳水平、设计指标等。

7.4.4 最佳节能实践库的数据来源可包括：国内外权威机构发布的最佳节能实践，《国家重点节能低碳技术推广目录》以及地方发布的相关目录中适合煤制甲醇工艺的节能实践经验等。

7.5 能效对标分析技术要求

7.5.1 应保证对标边界、指标体系、修正系数的可比性。在分析阶段，应进一步验证对标边界、指标体系、修正系数、数据处理方法的合理性。

7.5.2 可采取定性定量相结合的方法，根据实际情况灵活运用多种对标分析方法。

7.5.3 定性分析时，应重点分析与能效标杆在能源管理方面的差距及影响。

7.5.4 定量分析时，应分析所用数据的有效性，可追加修正系数或对离散点进行归一化处理，并说明

原因和方法，也可采取其他校正措施，剔除不具代表性的数据。

7.5.5 通过对标分析，明确影响能效水平的主、客观关键指标，并量化这些指标与能效标杆的差距，分析存在差距的原因，提出能效改进目标。

8 组织管理要求

8.1 煤制甲醇企业需为能效对标活动提供必要的人力、设备和资金支持，可成立能效对标管理机构，主要包括领导机构、协调机构和执行机构，保障能效对标活动顺利实施。

8.2 煤制甲醇企业应成立能效对标工作小组，明确一名能效对标负责人，明确其职能和权限。工作小组长由企业管理层人员担任；工作小组成员宜由企业运行部，车间或装置的节能管理、生产计划、工艺技术、设备管理、安全环保、物资采购和财务等相关部门人员组成。

8.3 煤制甲醇企业应建立有利于等效对标推进实施和能效改进实施方案落实的管理制度。可包括过程控制制度、对标评估制度、经验交流制度、信息报送制度等，确立淘汰落后、实施节能技术改造等管理机制。

8.4 参与人员需熟悉国家有关能效对标工作的法规、政策和标准，具备煤制甲醇企业（装置）能效对标涉及的能源管理知识和节能技术知识。

8.5 能效对标单元按对标周期，向上一级主管部门报送能效对标相关成果报告及数据，并发布能效标杆指标及指标值、能效指标分析结果、最佳节能实践等。

9 实施示例

煤制甲醇企业（装置）能效对标实施示例见附录 B。

附录 A
(资料性)
煤制甲醇企业（装置）能效对标指标计算公式

A.1 综合指标

A.1.1 煤制甲醇单位产品综合能耗

A.1.1.1 煤制甲醇单位产品综合能耗按公式 (A.1) 计算。

$$e = \frac{E}{M} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

e ——产品单位产品综合能耗，单位为千克标准煤每吨 (kgce/t)；

E ——报告期内产品综合能耗，单位为千克标准煤每吨 (kgce)；

M ——报告期内合格产品产量，单位为吨 (t)。

A.1.1.2 对联产工艺条件的，按组份占比分摊的方法计算。其计算见公式 (A.2)。

$$e_1 = \frac{k\Delta E_1 + \Delta E_2}{P} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

e_1 ——甲醇单位产品综合能耗，单位为千克标准煤每吨 (kgce/t)；

k ——组分分配系数 (进入甲醇合成工段的原料气与总原料气比例，此比例按照一年的均值进行分配，每年校正一次)；

ΔE_1 ——报告期内甲醇与联产产品公共部分能源的输入减输出；

ΔE_2 ——报告期内甲醇独立能源边界范围内的输入减输出；

P ——报告期内甲醇产量。

A.1.2 吨甲醇耗原料煤 (折标)

吨甲醇耗原料煤计算见公式 (A.3)。

$$\text{吨甲醇耗原料煤 (kgce/t)} = \frac{\text{甲醇耗用原料煤 (kgce)}}{\text{甲醇产量 (t)}} \dots\dots\dots (A.3)$$

甲醇耗用原料煤计算见公式 (A.4)。

$$\text{甲醇耗用原料煤 (kgce)} = \sum (\text{各批次原料煤数量 (t)} \times \text{各批次原料煤的折标煤系数}) \dots\dots\dots (A.4)$$

注：计量基准为收到基。

A.1.3 吨甲醇耗新鲜水量

吨甲醇耗新鲜水量计算见公式 (A.5)。

$$\text{吨甲醇耗新鲜水 (m}^3\text{/t)} = \frac{\text{甲醇耗用新鲜水总量 (m}^3\text{)}}{\text{甲醇产量 (t)}} \dots\dots\dots (A.5)$$

式中：

甲醇耗用新鲜水总量—全厂的取水量分摊给甲醇生产的取水量，单位为立方米 (m^3)。

包括甲醇循环水的新鲜补充水和制备软化水、脱盐水的一次水量。软化水、脱盐水多用户使用时，应按精甲醇的工艺及锅炉用软化水、脱盐水量分摊其一次水量。

A.1.4 年运转率

年运转率计算见公式 (A.6)。

$$\text{年运转率}(\%) = \frac{\text{甲醇合成压缩机运行天数(天)}}{365(366)\text{天}} \dots\dots\dots (\text{A.6})$$

多台压缩机可以取平均值。

A.1.5 长周期运行天数

长周期运行天数是一个企业管理水平的综合体现，尤其对煤化工装置，开停工损失较大，装置能长周期运行就是减少损失。

运行周期是指装置从开工至下一次停工之间实际运行天数，对甲醇装置以产出甲醇为开工，以停止产出甲醇为停工。长周期运行天数是指报告期内装置运行周期最长天数。

A.1.6 联产工艺耗煤、耗水补充公式

对联产工艺条件的，同综合能耗计算原理，按组份占比分摊的方法计算耗煤、耗水。

通用计算公式见(A.7)。

$$\text{吨甲醇耗量} = \frac{k \times \text{甲醇与联产产品公共部分耗量} + \text{甲醇独立部分耗量}}{\text{甲醇产量}} \dots\dots\dots (\text{A.7})$$

式中，组分分配系数(k)与综合能耗计算用系数一致。

注：在能耗计算过程中，若存在其他消耗需要分摊的，可按照以上原理进行分摊。

A.2 空分

A.2.1 氧气提取率

氧气提取率计算见公式(A.8)：

$$\text{氧气提取率}(\%) = \frac{\text{氧产量}(\text{万 m}^3) \times \text{氧纯度}(\%)}{\text{进塔空气量}(\text{万 m}^3) \times \text{空气中的氧含量}(\%)} \times 100\% \dots\dots (\text{A.8})$$

A.2.2 当量氧气综合电单耗

当量氧气综合电单耗为空分产品综合电耗与当量氧气产量的比值，计算公式见(A.9)。

$$\text{空分产品综合电耗}(\text{kW}\cdot\text{h}) = \text{用电量}(\text{kW}\cdot\text{h}) + \text{热力}(\text{kgce})/a \dots\dots\dots (\text{A.9})$$

式中：

a——供电标准煤耗，采用国家公布的上一年度平均供电标准煤耗，单位为千克标准煤每千瓦·时[kgce/(kW·h)]。

当量氧气产量计算公式见(A.10)。

$$\text{当量氧气产量}(\text{kNm}^3) = \sum(\alpha_i \times \text{对应产品量}(\text{kNm}^3)) \dots\dots\dots (\text{A.10})$$

式中：

α_i ——产品折算系数，各产品对应系数见表A.1。

表 A.1 产品折算系数

产品名称	折算系数(a)
低压氧气	0.76
中压氧气	0.9
高压氧气	1.0
超高压氧气	1.1
低压氮气/空气	0.13
中压氮/空气	0.23
高压氮/空气	0.33
超高压氮/空气	0.43
液氧	1.65
液氮	1.2
液氩	3.2

表 A.1 产品折算系数（续）

产品名称	折算系数 (α)
气氩	3.1
氮氩气	6.2
注：低压压力范围为小于 0.8 MPa；中压压力范围为 0.8 MPa~2.4 MPa；高压压力范围为 2.4 MPa~7.0 MPa；超高压压力范围为大于 7.0 MPa。	

当量氧气综合电单耗计算公式见 (A.11)。

$$\text{当量氧气综合电单耗 (kW}\cdot\text{h/kNm}^3) = \frac{\text{空分产品综合电耗(kW}\cdot\text{h)}}{\text{当量氧气产量(kNm}^3)} \dots\dots (A.11)$$

A.3 气化

A.3.1 单位有效气综合能耗

单位有效气综合能耗计算见公式 (A.12)。

$$\text{单位有效气综合能耗 (kgce/kNm}^3 \text{ (CO + H}_2\text{))} = \frac{\text{气化总用能 (kgce)}}{\text{有效气(CO+H}_2\text{) (kNm}^3)} \dots\dots (A.12)$$

A.3.2 比氧耗

比氧耗计算见公式 (A.13)。

$$\text{比氧耗 (kNm}^3/\text{kNm}^3 \text{ (CO + H}_2\text{))} = \frac{\text{气化总用氧气 (kNm}^3)}{\text{有效气(CO+H}_2\text{) (kNm}^3)} \dots\dots (A.13)$$

A.3.3 比标准煤耗

比标准煤耗计算见公式 (A.14)。

$$\text{比煤耗 (kgce/kNm}^3 \text{ (CO + H}_2\text{))} = \frac{\text{气化用标准原料煤 (kgce)}}{\text{有效气(CO+H}_2\text{) (kNm}^3)} \dots\dots (A.14)$$

A.3.4 电耗

电耗计算见公式 (A.15)。

$$\text{电耗 (kW}\cdot\text{h/kNm}^3 \text{ (CO + H}_2\text{))} = \frac{\text{气化装置用电 (kW}\cdot\text{h)}}{\text{有效气(CO+H}_2\text{) (kNm}^3)} \dots\dots (A.15)$$

A.3.5 副产蒸汽

副产蒸汽计算见公式 (A.16)。

$$\text{副产汽耗 (kgce/kNm}^3 \text{ (CO + H}_2\text{))} = \frac{\text{气化副产蒸汽 (kgce)}}{\text{有效气(CO+H}_2\text{) (kNm}^3)} \dots\dots (A.16)$$

注：若变换工段划归净化，则公式分母有效气应为净化装置产品有效气数量。则本副产蒸汽纳入净化工序对标计算。

A.4 净化

A.4.1 有效气加工损失率

有效气加工损失率计算见公式 (A.17)。

$$\text{有效气加工损失率(\%)} = 1 - \frac{\text{出净化界区有效气量(CO+H}_2\text{) (kNm}^3)}{\text{进净化界区有效气量(CO+H}_2\text{) (kNm}^3)} \dots\dots (A.17)$$

A.4.2 净化综合电单耗

净化综合电单耗计算见公式 (A. 18)。

$$\text{净化综合电单耗 (kW}\cdot\text{h/kNm}^3) = \frac{\text{用电量(kW}\cdot\text{h)}+\text{热力(kgce)}/a}{\text{出净化界区有效气量(CO+H}_2) \text{ (kNm}^3)} \dots\dots (A. 18)$$

式中:

a ——供电标准煤耗, 采用国家公布的上一年度平均供电标准煤耗, 单位为千克标准煤每千瓦·时 [kgce/(kW·h)]。

A. 4. 3 甲醇耗量

仪表计量。

A. 5 甲醇合成

A. 5. 1 单位产品 (折精 100%) 耗有效气量

单位产品 (折精 100%) 耗有效气量计算见公式 (A. 19)。

$$\text{单位产品 (折精 100\%) 耗有效气量 (kNm}^3/\text{t)} = \frac{\text{合成耗有效气 (kNm}^3)}{\text{合成产甲醇(折精 100\%) (t)}} \dots\dots (A. 19)$$

A. 5. 2 合成综合电单耗

合成综合电单耗计算见公式 (A. 20)。

$$\text{合成综合电单耗 (kW}\cdot\text{h/t)} = \frac{\text{用电量(kW}\cdot\text{h)}+\text{热力(kgce)}/a}{\text{合成产甲醇(折精 100\%) (t)}} \dots\dots (A. 20)$$

式中:

a ——供电标准煤耗, 采用国家公布的上一年度平均供电标准煤耗, 单位为千克标准煤每千瓦·时 [kgce/(kW·h)]。

A. 5. 3 副产蒸汽

副产蒸汽计算见公式 (A. 21)。

$$\text{副产蒸汽(kgce/t)} = \frac{\text{合成副产 (kgce)}}{\text{合成产甲醇(折精 100\%) (t)}} \dots\dots (A. 21)$$

A. 6 甲醇精馏

A. 6. 1 电耗

电耗计算见公式 (A. 22)。

$$\text{精馏电耗(kW}\cdot\text{h/t)} = \frac{\text{精馏装置用电(kW}\cdot\text{h)}}{\text{精甲醇产量(t)}} \dots\dots (A. 22)$$

A. 6. 2 汽耗

汽耗计算见公式 (A. 23)。

$$\text{精馏汽耗(kgce/t)} = \frac{\text{精馏消耗蒸汽 (kgce)}}{\text{精甲醇产量 (t)}} \dots\dots (A. 23)$$

A. 6. 3 精甲醇 (折精 100%) 收率

精甲醇 (折精 100%) 收率计算见公式 (A. 24)。

$$\text{精甲醇（折精 100\%）收率(\%)} = \frac{\text{精甲醇产量(折精 100\%)} (\text{t})}{\text{精馏进料粗甲醇（折精 100\%）} (\text{t})} \times 100 \dots\dots (\text{A. 24})$$

A. 6.4 精甲醇中乙醇含量

色谱检分析。

A. 6.5 吨精甲醇能耗

吨精甲醇能耗计算见公式（A. 25）。

$$\text{吨精甲醇能耗(kgce/t)} = \frac{\text{精馏装置用能 (kgce)}}{\text{精甲醇产量 (t)}} \dots\dots (\text{A. 25})$$

A. 7 公用工程

A. 7.1 变电站功率因数

变电站功率因数计算见公式（A. 26）。

$$\text{功率因数(\%)} = \frac{\text{有功功率(kW)}}{\sqrt{\text{有功功率 (kW)}^2 + \text{无功功率 (kW)}^2}} \times 100 \dots\dots (\text{A. 26})$$

A. 7.2 循环水浓缩倍数

循环水浓缩倍数计算见公式（A. 27）。

$$\text{循环水浓缩倍数} = \frac{\text{循环冷却水含盐量 (mg/L)}}{\text{补充水含盐量 (mg/L)}} \dots\dots (\text{A. 27})$$

A. 7.3 循环水综合电单耗

循环水综合电单耗计算见公式（A. 28）。

$$\text{循环水电单耗 (kwh/t)} = \frac{\text{循环水系统用电量 (kW·h)}}{\text{循环水量(t)}} \dots\dots (\text{A. 28})$$

附录 B

(资料性)

煤制甲醇企业（装置）能效对标实施示例

B.1 能效对标组织机构及职责

为贯彻落实国家、地方、行业主管部门的有关节能方针政策、法规、标准，降低企业生产成本、提高经济效益，A企业成立了由主要领导负责、各主要装置及公用工程部门参加的能效对标领导小组，全面领导和协调能效对标活动，审批能效对标指标体系和管理办法，决定能效对标活动中的有关重大事项。A企业能效对标组织机构及职责见表B.1。领导小组组长由公司总经理担任，公司主管生产、技术、设备的副总经理担任副组长，领导小组成员包括生技部、设备部、办公室各部门的领导和主要耗能分厂（车间）的主任。

领导小组下设能源主管部门（生产部），作为负责日常工作的能源管理专职职能机构，生技部部长为能源管理负责人。A企业能效对标组织机构及职责见表B.1。

表 B.1 A企业能效对标组织机构及职责

组织	主要职责
领导小组 (下设专职职能机构)	负责能效对标工作总体协调和管理，全面指导能效对标活动计划制定和实施，批准《能效对标工作计划》及《能效改进实施方案》，解决能效对标计划落实和执行过程中遇到的问题，落实能效对标改进措施，对各项措施的执行情况进行阶段性评价，审核、发布《能效对标评估报告》，执行持续改进工作方针。 负责组织能效现状分析，制定《能效对标工作计划》；负责选择能效标杆，进行对标分析，编制《能效对标分析报告》；负责制定能效改进实施方案，编制《能效改进实施方案》；负责落实能效改进措施，编制《能效改进实施方案》；负责对能效对标工作进行评估，编制《能效改进评估报告》；负责企业能效持续改进工作，不断深入开展能效对标工作。
综合组	落实企业能效对标相关工作计划； 核实企业基本情况资料； 核实企业对标管理现状资料； 提供对标指标体系的综合指标基准值； 分析能源物料消耗及生产计划情况； 分析综合指标与标杆企业差距；
工序组	落实企业能效对标相关工作计划； 现场调研生产单元情况； 生产单元和标杆企业的差距分析； 核实对标指标体系的工艺指标基准值； 讨论对标指标体系的工艺指标目标值； 生产单元能效对标工作分析；
公用工程组	落实企业能效对标相关工作计划； 现场调研给排水系统、电力系统、热力系统等相关公用工程系统情况； 企业相关公用工程系统指标和标杆指标的差距分析； 企业相关公用工程系统项目建议。

B.2 能效现状的分析

B.2.1 选择能效对标单元，确定对标边界

A企业对标边界为厂区甲醇生产装置，主要包括：锅炉、空气分离装置、碎煤加压气化装置、低温甲醇洗装置、混合制冷装置、甲烷深冷分离装置、甲醇合成与精馏装置、辅助生产装置及公用工程装置（脱盐水处理站、循环水处理站、污水处理站、化验室）等。

B.2.2 建立能效对标指标体系

A企业能效对标工作组通过分析主要耗能环节和用能特点，根据全面性、独立性、通用性、代表性、过程性的原则，确定了能效对标指标体系（见7.2.5）。

B.2.3 采集对标数据

B.2.3.1 A企业能效对标工作组发送能效对标工作所需基础数据填写文件至能效对标单元负责人员，要求各部门人员在规定时间内准备各项资料，填写相关数据等资料，上交工作组，再由工作组人员进行汇总、分析，进而制定工作计划。

B.2.3.2 空分装置采集项目包括但不限于以下内容：

- a) 氧气提取率指标数据；
- b) 氧气利用率指标数据；
- c) 电耗、汽耗指标数据。

B.2.3.3 气化工序采集项目包括但不限于以下内容：

- a) 有效气产出量；
- b) 消耗氧气量；
- c) 用煤量；
- d) 用电量；
- e) 副产蒸汽量。

B.2.3.4 净化工序采集项目包括但不限于以下内容：

- a) 有效气加工损失率；
- b) 用电量；
- c) 消耗蒸汽量；
- d) 甲醇消耗量；
- e) 循环水用量、除盐水用量、冷凝液用量；
- f) 氮气用量；
- g) 副产蒸汽量、酸性气体量、变换不凝气体量。

B.2.3.5 甲醇合成工序采集项目包括但不限于以下内容：

- a) 用电量、用蒸汽量；
- b) 副产蒸汽量；
- c) 粗甲醇产量、有效气用量；
- d) 压缩机压缩比、循环比。

B.2.3.6 甲醇精馏工序采集项目包括但不限于以下内容：

- a) 用电量、用蒸汽量；
- b) 精甲醇产量；
- c) 乙醇含量；
- d) 精甲醇能耗。

B.2.3.7 公用工程系统对标数据采集项目包括但不限于以下内容：

- a) 风机、水泵运行情况；
- b) 变频器、变压器情况；
- c) 车间软启动器；
- d) 总变电容补偿装置设备；
- e) 蒸汽压力管道；
- f) 减温减压器；
- g) 锅炉情况；
- h) 水系统情况。

B.2.4 制定能效对标工作计划

A企业结合实际情况，制定了《能效对标工作计划》，各阶段工作内容及时间安排见表 B.2。

表 B.2 A企业能效对标工作计划

序号	阶段	工作内容	时间安排
1	现状分析阶段	确定历史能耗基础数据调研表	2020年2月上旬
		能效数据收集、汇总和分析	2020年2月中旬
		开展调研并结合煤制甲醇企业（装置）实际，制定《能效对标工作计划》	2020年2月下旬
2	选定标杆阶段	确定煤制甲醇企业（装置）能效对标指标体系	2020年3月上旬
		建立能效指标数据库，分系统开展各项生产指标分析对标	2020年3月中旬
		选定能效标杆值及标杆单元，形成《能效对比分析报告》	2020年3月下旬
3	制定能效改进实施方案阶段	收集管理及技术措施，建立最佳节能实践库	2020年3月上旬
		对比分析、找出差距，提出整改措施及建议	2020年3月中旬
		组织专家研讨，制定《能效指标改进实施方案》	2020年3月下旬
4	对标实践阶段	将能效对标目标值和能效改进措施分解落实到相关部门和个人	2020年6月
		全面落实各项能效改进措施	
		进行措施的效果分析和评价	
5	对标评估阶段	对能效活动进行总结，编制《能效对标评估报告》	2020年12月上旬
6	持续改进阶段	总结经验，制定下一阶段《能效对标工作计划》	2020年12月中旬

B.3 选定能效标杆，开展对标分析

B.3.1 选定能效标杆

A企业能效对标工作组通过对行业内煤制甲醇企业（装置）能效指标的对比、分析，结合企业自身情况，选择国内同行业的综合能耗先进水平为对标标杆，开展能效对标指标对比分析。A企业能效对标指标见表 B.3。

表 B.3 A企业能效对标指标统计表

序号	指标类型	指标名称	单位	标杆值	基期值
1	综合指标	煤制甲醇单位产品综合能耗	kgce/t	1 500	1 800
		吨甲醇耗原料煤（折标）	kgce/t	1 250	1 400
		吨甲醇耗新鲜水量	m ³ /t	9	12
		年运转率	%	98%	96%

序号	指标类型	指标名称	单位	标杆值	基期值
		长周期运行天数	天	350	330
2	空分	氧气提取率	%	97	95
		当量氧气综合电单耗	kW·h /kNm ³ (O ₂)	540	778
3	气化	单位有效气综合能耗	kgce/kNm ³ (CO+H ₂)	510	650
		比氧耗	Nm ³ /kNm ³ (CO+H ₂)	385	410
		比标准煤耗	kgce/kNm ³ (CO+H ₂)	491	600
		电耗	kW·h/kNm ³ (CO+H ₂)	45	60
		副产蒸汽 (折标)	kgce/kNm ³ (CO+H ₂)	95	80
4	净化	有效气加工损失率	%	0.07	0.5
		净化综合电单耗	kW·h/kNm ³	46.5	60
		甲醇耗量	kg/kNm ³	0.6	0.8
5	甲醇合成	单位产品 (折精 100 %) 耗有效气量	kNm ³ /t	2.2	2.3
		合成综合电单耗	kW·h /t	20	25
		副产蒸汽 (折标)	kgce/t	96	92
6	甲醇精馏	电耗	kW·h/t	8	10
		汽耗 (折标)	kgce/t	85	100
		精甲醇 (折精 100 %) 收率	%	99.5	98.5
		精甲醇中乙醇含量	mg/kg	50	100
		吨精甲醇能耗	kgce/t	85	100
7	公用工程系统	变电站功率因数	%	95	90
		循环水浓缩倍数		4	3
		循环水综合电单耗	kW·h/t	180	200
注：以上数据仅供参考。					

B.3.2 开展对标分析

A企业结合自身实际现状，按照可比性、适用性原则，与标杆企业进行对标，编写《A企业能效对标分析报告》。分析报告包含A企业能效对标体系现状、标杆企业对标分析、A企业存在问题与改进建议等内容。

以A企业综合情况分析为例：

A企业是一个生产甲醇联产LNG的大型煤化工企业，由于原料性质与设计存在较大的偏差，装置生产能力未能有效发挥，甲醇作为主线产品产能最高只达到91%，而副线产品超过设计产能的140%。

由于副产品大部分为原料煤中固有的，生产过程中的耗能，理论上应该相对主产品甲醇的能耗是偏低的。从A企业数据统计表中可以看出，燃料和动力的能耗比例反而比标杆企业高2.47%。主要原因如下：

- a) 锅炉热效率偏低；
- b) 部分蒸汽梯级利用不合理，存在热能浪费；
- c) 公司各工序动力设备选型不合理，消耗偏高；
- d) 热能回收不完全。

在同等公用工程和物料消耗的情况下，各装置生产能力的 mismatch 造成装置产品能耗高。国内主要先进的甲醇企业负荷率一般在120%以上，前后工序能力匹配，生产消耗较低。

B.4 制定能效改进实施方案

通过与标杆企业在节能技术、管理措施等方面的先进做法进行比较分析，A企业结合自身用能实际情况，提出能效改进建议，制定技术可行、经济合理的《能效改进实施方案》，主要能效改进建议及措施按照投入经费类型分为无费、低费、中费、高费方案，按照投入时间分为短期、中期、长期方案，按照预计产生效益大小分为低效、中效、高效方案。

A企业能效改进实施方案示例见表B.4。

表 B.4 A企业主要能效改进实施方案（示例）

所属	存在问题	改进建议	短中 长期	低中 高费	低中高 效益
空分	由于冷箱内管道在冷态下产生了收缩应力，该应力通过膨胀机进、出口管道作用在膨胀机蜗壳上，使之产生微小的位移或扭力，造成膨胀机喷嘴机械部分在膨胀机运行过程中，进口温度降温到-50℃以下时，膨胀机喷嘴只能关到50%开度，再往小关喷嘴就关不下去，造成整套装置停车时膨胀机却始终在提供冷量。	在空分装置停车状态下，将膨胀机进、出口管路中靠近膨胀机处，加装低温波纹型伸缩节，由加装的伸缩节吸收掉因管道在低温状态下产生的收缩应力，最终使膨胀机喷嘴开关机械部分卡主的现象得到一定程度的改善。	短期	低费	中效益
净化	甲醇洗热再生塔下段进料 56℃，出塔甲醇 92℃，存在热量回收的需求和空间。	建议在吸收塔进料泵进口增加一组贫富甲醇换热器，甲醇热再生塔下段进料与热再生塔出来的贫甲醇换热，可以有效降低热再生塔蒸汽消耗；进一步降低进入CO ₂ 吸收塔的贫甲醇温度，减少系统甲醇的循环量，降低甲醇洗系统用电消耗；同时降低了贫甲醇温度，改善贫甲醇泵的运行环境，降低机械密封故障频率，延长密封使用寿命。	短期	低费	中效益
精馏	甲醇精馏常压塔空冷器出口温度设计 60℃~65℃，实际现在已经达到69℃。夏季达到75℃以上，造成产品质量不合格，需要把甲醇重新打入系统精馏，带来额外能耗和甲醇损失，每年影响时间大约4个月。	建议循环水冷却装置负荷实际情况在现场增加水冷器，视情况在现场增加小型循环水装置。	短期	中费	中效益
空分	由于增压机末级冷却器循环水水质达不到厂家提出的循环水使用指标，造成换热器水侧有堵塞现象，换热器的换热效果降低，使得增压机末级冷却器后空气温度冷不到工艺指标温度，实际温度偏高，从而加大这股空气在主换热器内的冷量吸收，造成主换热器内的冷量不足。要想解决冷量不足的问题，就要加大空气的膨胀量。原设计是 50000Nm ³ /h，现在加大到 65000Nm ³ /h，加重了膨胀机的负荷。	改善循环水水质，定期清洗换热器水侧通道，另外增加一台换热器，从而减小膨胀机负荷，降低空气送风量。	中期	高费	高效益

所属	存在问题	改进建议	短中 长期	低中 高费	低中高 效益
净化	脱碳塔底部富甲醇液（流量 448 m ³ /h）送到 CO ₂ 闪蒸塔，压力从 2.6 MPa 降至 0.8 MPa，压降较大，存在能量损失。	可考虑增加透平泵回收压力势能。建议与降低贫甲醇泵扬程的技改同时实施，重新设计和制造一台泵，在电机的另一端增加透平泵，更换掉一台现有的贫甲醇泵。	中 期	中 费	中 效 益
合成	甲醇合成塔运行超温。床层温度设计 210℃~260℃，实际运行 272℃，催化剂活性衰减过快，结蜡和生成乙醇等副反应明显，造成有效气体损失和精甲醇制造消耗的增加。	一般低压甲醇合成的催化剂使用寿命在 3.5 年左右，A 企业甲醇合成催化剂使用寿命 2 年左右，建议对合成塔内件进行技术改造。	中 期	高 费	高 效 益
蒸汽 管网 系统	公司有 9.8 Mpa/540℃、3.8 Mpa/430℃、0.6 Mpa/220℃ 三个蒸汽网络。存在蒸汽梯级利用不合理的现状。由 9.8 Mpa/540℃ 蒸汽 162.8 t/h（瞬时流量）减温减压到 3.8 Mpa/430℃，9.8 Mpa/540℃ 蒸汽 75 t/h（瞬时流量）减温减压到 0.6 Mpa/280℃，能量损失较大。初步测算年损失 9832 t 标准煤以上。 甲醇合成汽包（A）副产蒸汽 1.74 Mpa（饱和）94 t/h 直接减压到 0.6 Mpa 蒸汽管网，存在能量损失。年预计损失 924 t 标准煤。 甲醇合成汽包（B）副产蒸汽直接并入 3.8 Mpa/430℃ 管网，在甲醇触媒活性的前期存在减压损失的情况。	建议统筹各个工序实际情况，考虑上背压机组发电或拖动工业汽轮机代替耗电较大的电机。	中 期	高 费	高 效 益
锅炉	锅炉烟气排烟温度高，锅炉采用三开一备模式运行，烟气运行温度如下： 2#（156℃/157℃）、3#（130℃/134℃）、4#（168℃/165℃） 排烟温度高，一方面给企业造成能源消耗增加，同时排烟带出的水汽浓度增加，拖尾变大变长，影响企业形象。	建议利用检修时间，对锅炉省煤器和空气预热器进行检查和清理，提高换热效率，最大限度地回收烟气热能；根据企业实际情况和当地环保要求，提早考虑烟气脱白技改。	中 期	中 费	中 效 益

B.5 落实改进措施

能效对标小组经过对标评估，认为企业在综合能耗、装置负荷率、工艺操作参数等方面与标杆企业存在一定差距。各装置小组、公用工程系统小组结合自身特点，制定并落实能效改进措施，结合年度考核指标，持续开展对标工作。

B.6 实际效果

根据《能效改进实施方案》全面落实各项能效改进措施，在节能降耗、运行管理等方面扎实推动能效对标管理，并取得一定成效。

B.7 能效对标评估

为了检验能效对标活动的效果，A企业对能效对标工作开展了阶段性评估，填写A企业能效对标综合评价表，见表B.5。

表 B.5 A企业能效对标综合评价表

序号	评价指标	分值	评分标准	能效对标评价得分
1	能效对标活动组织和领导情况	5	建立由主要负责人为组长的能效对标活动领导小组，定期研究部署能效对标活动。3分	3
			设立或指定能效对标管理专门机构并提供工作保障。2分	2
2	能效对标工作计划制定情况	5	制定年度能效对标工作计划，保证能效对标活动有阶段有计划进行。3分	3
			所属重点耗能单元制定能效对标工作目标。2分	2
3	能效对标开展情况	30	能效对标活动覆盖到重要生产单元及重点耗能设备。5分	5
			深入分析能效现状，对潜在标杆单元进行研究分析，并结合自身生产实际，选定标杆单元。5分	4
			开展对标分析，明确与能效标杆之间的差距，找出自身主要用能环节、生产工序或设备与能效标杆之间存在差距的原因，合理确定能效指标改进目标值，制定切实可行的指标改进方案和实施进度计划。5分	4
			根据指标改进方案，将改进指标的指标目标值和措施分解落实，积极组织节能技术改造实施和管理措施的实施。5分	4
			开展能效对标活动成效评价，对指标改进措施和方案的科学性和有效性进行分析论证。4分	4
			积极组织开展煤制甲醇企业（装置）间的内外部对标工作，扩大能效标杆和最佳节能实践的收集范围。3分	2
			每年至少组织一次能效对标宣传和能效对标培训。3分	3
4	能效指标完成与持续改进情况	35	通过开展能效对标，单位产品综合能耗显著下降。5分	3
			推动生产工艺优化，主要工艺用能水平有所提升。5分	3
			开展设备运行参数优化和诊断分析，主要用能设备运行效率及系统效率有所提升。5分	3
			节能投资效益显著提高。5分	3
			对能效水平处于落后的生产环节，明确提出能效指标改进措施。5分	5
			能效对标活动提出的改进措施纳入节能改造实施计划。5分	5
			建立能效水平持续提升的管理措施和保障制度。3分	3
			根据生产实际，积极推行能效指标考核。2分	2
5	能效对标数据填报情况	10	真实、准确上报能效对标数据。4分	4
			监测各生产单元能效数据，每年发布本企业最佳能效指标信息。3分	2
			建立能效对标最佳节能实践库，实施推广最佳节能技术。3分	2
6	能效对标工作检查	10	完成年度能效指标分析报告。4分	4

序号	评价指标	分值	评分标准	能效对标评价得分
	与验收			
			制定下一阶段能效提升方向和途径。3分	3
			对各生产工序单元能效对标开展情况进行评价。3分	3
7	对标研究与长效机制	5	参与能效对标方法、技术及标准研究。3分	3
			建立并形成推动能效不断提升的长效机制。2分	2
	总分	100	评价得分	86
注：以上评分数值设定仅供参考，企业应根据对标工作实际情况合理设置权重。				

B.8 持续改进

A 企业按照现有装置、工艺条件，全面、深入开展各个用能系统、环节、单元能耗统计调查，以用能环节为重点，内部对标、外部对标相结合，先易后难、循序渐进、继续稳妥推动能效对标工作。

10 参考文献

- [1] 《国家重点节能低碳技术推广目录》
-