



钢铁行业

前 言

国家节能中心制定能效评价技术依据的主要目的是为全国节能中心系统有关工作提供依据，例如，固定资产投资项目节能评估和审查、“中国能效之星”评价、能源审计等。同时，随着能效评价技术依据的不断修订和完善，希望能为相关行业、企业及机构统一规范地开展能效评价工作提供帮助，并为形成国家标准提供参考。

能效评价技术依据，其核心内容是能效评价指标体系的设置，主要包含能效评价指标和指标值两个部分。其中，指标的设置参考了国家能耗限额标准、地方能耗限额标准（限额文件）、行业能耗限额标准，以及相关行业和企业统计指标；指标值的确定参考了国家能耗限额标准、行业能耗限额标准、地方能耗限额标准，以及国家节能中心和地方节能中心所掌握的能效数据、行业协会和相关科研机构的统计数据、典型企业的实际运行数据等。此外，能效评价技术依据还对指标体系的具体应用进行了解释。

钢铁行业的能效评价技术依据由国家节能中心组织制定。在制定过程中得到了冶金工业规划研究院、鞍山市及辽宁省发改委、包头市经信委，以及包钢、鞍钢、宝钢等企业的大力支持和帮助，在此表示感谢。

1 适用范围

本技术依据适用于钢铁联合企业高炉 – 转炉生产工艺流程的能效评价，包括新建（改、扩建）项目的节能评估和审查，以及既有项目的能效评价等。

2 规范性引用文件

本技术依据引用了下列文件的条款。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本技术依据。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本技术依据。

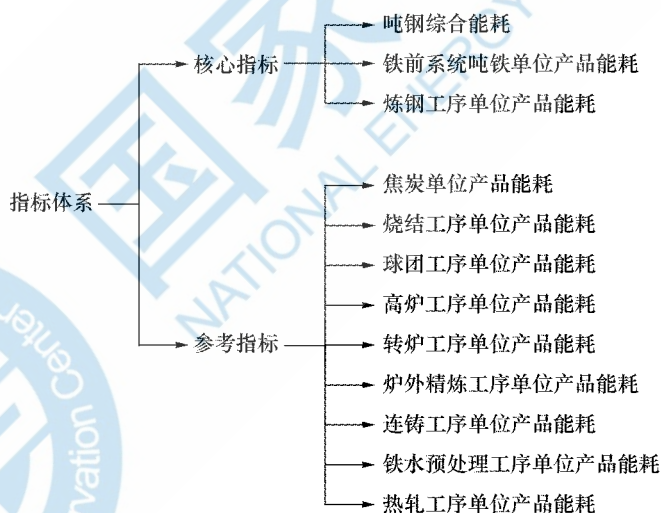
GB/T 2589 综合能耗计算通则

GB 21256 粗钢生产主要工序单位产品能源消耗限额

GB 21342 焦炭单位产品能源消耗限额

GB 50632 钢铁企业节能设计规范

3 能效评价指标体系



4 评价指标的定义及计算方法

4.1 核心指标

4.1.1 吨钢综合能耗

定义：报告期内，企业平均每生产一吨钢所消耗的能源折合成标准煤量。

统计范围：吨钢综合能耗计算时，应包括钢铁企业生产直接消耗的各种能源及其辅助生产系统、直接为钢铁企业生产服务的附属生产系统实际消耗的各种能源总量，不包括企业非钢铁部分生产消耗的能源量和外销能源量。

计算公式：

$$e = \frac{E}{P}$$

式中：

e ——吨钢综合能耗，单位为千克标准煤每吨（kgce/t）；

E ——自耗能源量，即企业购入能源量加（减）库存能源减（增）量并扣除外销能源量，也等于企业各生产部位耗能量之和加上能源亏损量扣除能源回收量，单位为千克标准煤（kgce）；

P ——合格粗钢产量，单位为吨（t）。

4.1.2 铁前系统吨铁单位产品能耗

定义：报告期内，铁前系统每生产一吨合格铁水，扣除铁前系统回收的能源量后实际消耗的各种能源总量。

统计范围：包括从原料场到烧结、球团、焦化和炼铁生产系统的整个铁前工序过程，包括原料场、烧结、球团、焦化和炼铁生产系统全过程的能源消耗量，扣除系统外供能源量。

计算公式：

$$E_{TQ} = \frac{e_{iqz} - e_{iqh}}{P_{LT}}$$

式中：

E_{TQ} ——铁前系统吨铁单位产品能耗，单位为千克标准煤每吨（kgce/t）；

e_{iqz} ——铁前工序消耗的各种能源折标准煤量总和，单位为千克标准煤

(kgce);

e_{iqh} ——铁前工序回收的能量折标准煤量，单位为千克标准煤（kgce）；

P_{LT} ——炼铁工序合格生铁产量，单位为吨（t）。

4.1.3 炼钢工序单位产品能耗

定义：报告期内，转炉炼钢工序（包含铁水预处理、转炉冶炼、炉外精炼和连铸工序）每生产一吨合格粗钢，扣除回收的能量后实际消耗的各种能源总量。

统计范围：包括从原料进厂到钢锭、连铸钢坯、铸造用液态钢（铸钢水）出厂的整个炼钢工序过程，包括铁水预处理、转炉冶炼、二次冶金（精炼）、连铸和铸锭精整、产品出厂等全过程的能源消耗量，扣除炼钢工序外供能源量。

计算公式：

$$E_{LC} = \frac{e_{lgz} - e_{lgh}}{P_{LC}}$$

式中：

E_{LC} ——炼钢工序单位产品能耗，单位为千克标准煤每吨（kgce/t）；

e_{lgz} ——转炉炼钢工序消耗的各种能源折标准煤量总和，单位为千克标准煤（kgce）；

e_{lgh} ——转炉炼钢工序回收的能量折标准煤量，单位为千克标准煤（kgce）；

P_{LC} ——炼钢工序合格粗钢产量，单位为吨（t）。

4.2 参考指标

4.2.1 焦炭单位产品能耗

定义：在报告期内焦化工序生产一吨合格焦炭（全焦干基），扣除回收能量后实际消耗的各种能源总量。

统计范围：备煤（不包括洗煤）、炼焦和煤气净化工段的能耗扣除自身回

收利用和外供的能量量，不包括精制。备煤工段包括贮煤、粉碎、配煤及系统除尘；炼焦工段包括炼焦、熄焦、筛运焦、装煤除尘、出焦除尘和筛运焦除尘；煤气净化工段包括冷凝鼓风、脱硫、脱氰、脱氨、脱苯、脱萘等工序和酚氰污水处理。干熄焦产出能源只计蒸汽，不含发电。

计算公式：

$$E_{JT} = \frac{e_{yl} + e_{jg} - e_{cp} - e_{yr}}{P_{JT}}$$

式中：

E_{JT} ——焦化单位产品能耗，单位为千克标准煤每吨（kgce/t）；

e_{yl} ——原料煤消耗量，单位为千克标准煤（kgce）；

e_{jg} ——加工能耗量，包含炼焦生产所用焦炉煤气、高炉煤气、水、电、蒸汽、压缩空气等能源及耗能工质，单位为千克标准煤（kgce）；

e_{cp} ——焦化产品外供量，包括供外厂（车间）的焦炭、焦炉煤气、煤焦油、粗苯等能源，单位为千克标准煤（kgce）；

e_{yr} ——余热回收量，如干熄焦工序回收的蒸汽量等，单位为千克标准煤（kgce）；

P_{JT} ——焦炭产量，单位为吨（t）。

4.2.2 烧结工序单位产品能耗

定义：报告期内，烧结工序每生产一吨合格烧结矿，扣除回收的能量量后实际消耗的各种能源总量。

统计范围：包括生产系统（从熔剂、燃料破碎开始，经配料、原料运输、工艺过程混料、烧结机、烧结矿破碎、筛分等，到成品烧结矿皮带机离开烧结工序为止的各生产环节）、辅助生产系统（生产管理及调度指挥系统、机修、化验、计量、水处理、烧结除尘和脱硫等环保设施等）消耗的能源量，扣除工序回收的能量量。不包括附属生产系统（如食堂、保健站、休息室等）

消耗的能源量。

计算公式：

$$E_{SJ} = \frac{e_{sjz} - e_{sjh}}{P_{SJ}}$$

式中：

E_{SJ} ——烧结工序单位产品能耗，单位为千克标准煤每吨（kgce/t）；

e_{sjz} ——烧结工序消耗的各种能源折标准煤量总和，单位为千克标准煤（kgce）；

e_{sjh} ——烧结工序回收的能源量折标准煤量，单位为千克标准煤（kgce）；

P_{SJ} ——烧结工序合格烧结矿产量，单位为吨（t），以烧结工序合格烧结矿的生产量计。

4.2.3 球团工序单位产品能耗

定义：报告期内，球团工序每生产一吨合格球团矿，扣除回收的能源量后实际消耗的各种能源总量。

统计范围：包括生产系统（经配料、原料运输、造球、焙烧、筛分等到成品球团矿皮带机离开球团工序为止的各生产环节）和辅助生产系统（生产管理及调度指挥系统、机修、化验、计量、环保等）消耗的能源量，扣除工序回收的能源量。不包括附属生产系统（如食堂、保健站、休息室等）消耗的能源量。

计算公式：

$$E_{QT} = \frac{e_{qtz} - e_{qth}}{P_{QT}}$$

式中：

E_{QT} ——球团工序单位产品能耗，单位为千克标准煤每吨（kgce/t）；

e_{qtz} ——球团工序消耗的各种能源折标准煤量总和，单位为千克标准煤

(kgce)；

e_{qth} ——球团工序回收的能源折标准煤量，单位为千克标准煤（kgce）；

P_{QR} ——球团工序合格球团矿产量，以球团工序合格球团矿的生产量计，单位为吨（t），以球团工序合格球团矿的生产量计。

4.2.4 高炉工序单位产品能耗

定义：报告期内，高炉工序每生产一吨合格生铁，扣除回收的能源量后实际消耗的各种能源总量。

统计范围：包括高炉工艺生产系统（原燃料供给、鼓风、热风炉、煤粉干燥及喷吹、高炉本体、渣铁处理等系统）、辅助生产系统（生产管理及调度指挥系统、机修、化验、计量、水处理及除尘等环保设施）消耗的能源量，扣除工序回收的能源量。不包括附属生产系统（如食堂、保健站、休息室等）消耗的能源量。

计算公式：

$$E_{GL} = \frac{e_{glz} - e_{slh}}{P_{GL}}$$

式中：

E_{GL} ——高炉炼铁工序单位产品能耗，单位为千克标准煤每吨（kgce/t）；

e_{glz} ——高炉炼铁工序消耗的各种能源折标准煤量总和，单位为千克标准煤（kgce）；

e_{slh} ——高炉炼铁工序回收的能源量折标准煤量，单位为千克标准煤（kgce）；

P_{GL} ——高炉炼铁工序合格生铁产量，单位为吨（t）。

4.2.5 转炉工序单位产品能耗

定义：报告期内，转炉工序（不含精炼、连铸工序）每生产一吨合格粗钢，扣除回收的能源量后实际消耗的各种能源总量。

统计范围：包括从铁水进厂到转炉出合格钢水为止的生产系统（铁水

预处理、转炉本体、渣处理、钢包烘烤、煤气回收和处理系统等) 和辅助生产系统 (生产管理及调度指挥系统和机修、化验、计量、软水、环境除尘等设施) 消耗的能源量, 扣除工序回收的能源量, 不包括精炼、连铸 (浇铸)、精整的能耗及附属生产系统 (如食堂、保健站、休息室等) 消耗的能源量。

计算公式:

$$E_{ZL} = \frac{e_{ZLz} - e_{ZLh}}{P_{ZL}}$$

式中:

E_{ZL} ——转炉工序单位产品能耗, 单位为千克标准煤每吨 (kgce/t);

e_{ZLz} ——转炉工序消耗的各种能源折标准煤量总和, 单位为千克标准煤 (kgce);

e_{ZLh} ——转炉工序回收的能源量折标准煤量, 单位为千克标准煤 (kgce);

P_{ZL} ——转炉工序合格粗钢产量, 单位为吨 (t)。

4.2.6 精炼工序单位产品能耗

定义: 报告期内, 炉外精炼工序每处理一吨合格钢水, 扣除回收的能源量后实际消耗的各种能源总量。

统计范围: 包括从钢水进入炉外精炼装置, 到钢水吊到连铸大包回转台全过程的直接能耗; 应包括精炼、电加热及电磁搅拌电耗、辅助及环保等工艺设施的能源消耗量。

计算公式:

$$E_{JL} = \frac{e_{JLz} - e_{JLh}}{P_{JL}}$$

式中:

E_{JL} ——精炼工序单位产品能耗, 单位为千克标准煤每吨 (kgce/t);

e_{jz} ——精炼工序消耗的各种能源折标准煤量总和，单位为千克标准煤 (kgce)；

e_{jh} ——精炼工序回收的各种能源量折标准煤量总和，单位为千克标准煤 (kgce)；

P_{jl} ——精炼工序处理钢水量，单位为吨 (t)。

4.2.7 连铸工序单位产品能耗

定义：报告期内，连铸工序每生产一吨合格铸坯，扣除回收的能源量后实际消耗的各种能源总量。

统计范围：包括从钢水送入钢包回转台，到合格坯运出连铸车间全过程的直接能耗。

计算公式：

$$E_{LZ} = \frac{e_{lzz} - e_{lzh}}{P_{LZ}}$$

式中：

E_{LZ} ——连铸工序单位产品能耗，单位为千克标准煤每吨 (kgce/t)；

e_{lzz} ——连铸工序消耗的各种能源折标准煤量总和，单位为千克标准煤 (kgce)；

e_{lzh} ——连铸工序回收的各种能源量折标准煤量总和，单位为千克标准煤 (kgce)；

P_{LZ} ——连铸工序合格铸坯产量，单位为吨 (t)。

4.2.8 铁水预处理工序单位产品能耗

定义：报告期内，铁水预处理工序每处理一吨铁水量，扣除回收的能源量后实际消耗的各种能源总量。

统计范围：包括预处理剂的运输与输送、喷吹或机械搅拌、铁水扒渣和渣处理（不包括炉渣后加工），辅助设备及除尘环保等设施的能源消耗量。

计算公式：

$$E_{YCL} = \frac{e_{yclz}}{P_{YCL}}$$

式中：

E_{YCL} ——铁水预处理单位产品能耗，单位为千克标准煤每吨（kgce/t）；

e_{yclz} ——铁水预处理工序消耗的各种能源折标准煤量总和，单位为千克标准煤（kgce）；

P_{YCL} ——铁水预处理工序处理铁水量，单位为吨（t）。

4.2.9 热轧工序单位产品能耗

定义：报告期内，热轧工序每生产一吨合格热轧材，扣除回收的能量后实际消耗的各种能源总量。

统计范围：包括预处理或加热、轧制、精整及热处理等工艺设施的直接能耗量，并扣除回收的能量。有多条轧线的，应分别按轧线计算。

计算公式：

$$E_{RZ} = \frac{e_{rzz} - e_{rzh}}{P_{RZ}}$$

式中：

E_{RZ} ——热轧工序单位产品能耗，单位为千克标准煤每吨（kgce/t）；

e_{rzz} ——热轧工序消耗的各种能源折标准煤量总和，单位为千克标准煤（kgce）；

e_{rzh} ——热轧工序回收的能量折标准煤量，单位为千克标准煤（kgce）；

P_{RZ} ——合格热轧轧材产量，单位为吨（t）。

5 能效评价指标值

5.1 吨钢综合能耗（加工深度到一次材）指标值（见表1）

表1 吨钢综合能耗（加工深度到一次材）指标值

序号	流程	流程完整度	数值类别	数值大小
1	高炉 – 转炉	含焦化	A	575
			B	585
			C	620
			D	650
2	高炉 – 转炉	不含焦化	A	530
			B	550
			C	570
			D	600

5.2 铁前系统吨铁单位产品能耗指标值（见表2）

表2 铁前系统吨铁单位产品能耗指标值

序号	工序名称	数值类别	数值大小
1	铁前系统吨铁单位产品能耗 (含焦化)	A	460
		B	480
		C	520
		D	580
2	铁前系统吨铁单位产品能耗 (不含焦化)	A	430
		B	450
		C	480
		D	530

注：烧结、冶炼稀土矿和钒钛磁铁矿的企业，要按照“烧结原料中稀土矿、钒钛磁铁矿用量比例每增加1%，烧结工序能耗增加0.15kgce/t – 烧结矿”；高炉入炉原料中稀土矿、钒钛磁铁矿用量比例每增加1%，高炉工序能耗增加0.3kgce/t – 铁”的原则扣除影响后再进行比较。

5.3 炼钢工序单位产品能耗指标值（见表3）

表3 炼钢工序单位产品能耗指标值

工序名称	数值类别	数值大小
炼钢工序单位产品能耗	A	-18
	B	-13
	C	3
	D	13

其中：A 值为全国同类企业能效最高水平；B 值为全国同类企业能效前 5% 水平；C 值为全国同类企业能效前 20% 水平；D 值为全国同类企业能效平均水平。

6 能效评价指标体系的应用

6.1 固定资产投资项目节能评估和审查

新建（改、扩建）钢铁项目的固定资产投资项目节能评估文件，应提供所有核心指标和参考指标的设计值及计算过程。

在固定资产投资项目节能评审中，采用核心指标作为判断项目总体能效水平的指标，具体判断依据见表4。

表4 固定资产投资项目节能评审依据

判断条件	能效水平	判断条件	能效水平
$N_i \leq B$	国内领先	$B < N_i \leq C$	国内先进
$C < N_i \leq D$	国内一般	$N_i > D$	国内落后

表中： N_i 代表核心指标。

分别将三个核心指标判断其所处水平，采用其中最低水平作为项目总体能效水平。

节能评估报告中除核心指标之外的其他评价指标，用于项目评审中“项目主要能效指标水平”等部分进行对标分析。

6.2 “中国能效之星”评价

“中国能效之星”评价指标体系（工业领域）中的“能效水平状况”指标（3.2）可采用本技术依据。钢铁企业以核心指标为总体能效水平评价指标。申报“中国能效之星”的钢铁企业，应在申报材料中明确列出核心指标，指标值应采用实际测试数据，测试和监测方法应按有关标准执行，并委托第三方机构进行检测与测算。

根据“中国能效之星”评分规则，在行业平均水平（D值）与最高水平（A值）之间划分为12个区间，分别给予不同分值。具体标准如表5所示。

表5 钢铁企业“中国能效之星”评价标准

吨钢综合能耗 X (kgce/t)		铁前系统吨铁单位产品能耗 X (kgce/t)		炼钢工序单位产品能耗 X (kgce/t)	得分
含焦化	不含焦化	含焦化	不含焦化		
$X \geq 650$	$X \geq 600$	$X \geq 580$	$X \geq 530$	$X \geq 13$	0
$642 \leq X < 650$	$593 \leq X < 600$	$568 \leq X < 580$	$520 \leq X < 530$	$9 \leq X < 13$	1
$635 \leq X < 642$	$586 \leq X < 593$	$556 \leq X < 568$	$510 \leq X < 520$	$6 \leq X < 9$	2
$627 \leq X < 635$	$579 \leq X < 586$	$544 \leq X < 556$	$500 \leq X < 510$	$3 \leq X < 6$	3
$620 \leq X < 627$	$572 \leq X < 579$	$532 \leq X < 544$	$490 \leq X < 500$	$0 \leq X < 3$	5
$612 \leq X < 620$	$565 \leq X < 572$	$520 \leq X < 532$	$480 \leq X < 490$	$-3 \leq X < 0$	7
$605 \leq X < 612$	$558 \leq X < 565$	$508 \leq X < 520$	$470 \leq X < 480$	$-6 \leq X < -3$	9
$597 \leq X < 605$	$551 \leq X < 558$	$496 \leq X < 508$	$460 \leq X < 470$	$-9 \leq X < -6$	12
$590 \leq X < 597$	$544 \leq X < 551$	$484 \leq X < 496$	$450 \leq X < 460$	$-12 \leq X < -9$	15
$582 \leq X < 590$	$537 \leq X < 544$	$472 \leq X < 484$	$440 \leq X < 450$	$-15 \leq X < -12$	18
$575 \leq X < 582$	$530 \leq X < 537$	$460 \leq X < 472$	$430 \leq X < 440$	$-18 \leq X < -15$	21
$X < 575$	$X < 530$	$X < 460$	$X < 430$	$X < -18$	25

要全面对比吨钢综合能耗、铁前系统吨铁单位产品能耗、炼钢工序单位产品能耗三个核心指标，采用三个核心指标中的最低得分作为能效评价得分。

6.3 能源审计

能源审计报告中应当包含所有核心指标和参考指标，指标值应采用实际测试数据，数据测试和监测按照国家标准方法执行，并委托第三方检测机构进行检测与统计。

能源审计机构应依据各指标所处的区间，综合考虑该钢铁企业的能效水平，分析能源利用中存在的问题，判断问题产生的原因，查找节能潜力，提出改进措施和建议。

核心指标的影响因素和改进措施如下。

6.3.1 吨钢综合能耗的影响因素及改进措施

6.3.1.1 影响因素

(1) 生产工艺流程。高炉 – 转炉生产流程、高炉 – 电炉流程和纯电炉流程对能耗影响因素巨大，差距数倍。

(2) 物料条件。高炉入炉矿品位、焦化洗精煤质量、是否特殊矿（稀土矿、钒钛矿）等物料条件对能耗数值影响很大。

(3) 装备水平。同等生产条件下，一般来说，大型装备能效水平较小型装备能效水平高，如 4000m³ 高炉和 1000m³ 等。

(4) 工序完整度。钢铁企业由于工艺流程长，含焦化、烧结、球团、炼铁、炼钢、轧钢主生产工序，但企业工序并不全部完整，有缺焦化、缺球团等工序的，必然会影响全厂能效水平。

(5) 加工深度。钢铁企业产品加工深度不一，有的企业只到一次材，有的企业加工到冷轧，甚至三、四次材深加工，加工深度越深，能源消耗必然越多。

(6) 环保因素。钢铁企业环保耗能占全厂能耗比重越来越高，环保工作开展好的企业，其环保用能占全厂比重大；相反，环保工作差的企业，其环保用能占比就小。

(7) 能源加工转换。由于折标系数原因，副产二次能源是输出还是企业自身进行能源转换，对能耗指标的影响是巨大的。

(8) 能源管理。同样规模的生产流程，能源管理水平不同，其相应的能耗指标也有差异。企业能源计量器具配备水平、设备管理水平、能效管理水

平的高低，在一定程度决定着企业能耗水平的高低。

6.3.1.2 改进措施

(1) 结构节能措施。降低铁钢比，特别是在条件许可时，转炉应多“吃”废钢，减少铁前的物料和能源消耗；采用高效连铸工艺技术，进一步提高生产作业率；提高高炉炼铁喷煤比，优化企业用煤结构；采用连铸坯热送热装和直接轧制技术，促进轧钢工序节能；优化高炉炼铁炉料结构，多使用球团矿；淘汰落后工艺装备，充分发挥现代化、大型化装备能效高的优势，提高企业能源利用高效化。

(2) 技术节能措施。重点推广焦化干熄焦、煤调湿、上升管余热利用；烧结合余热回收与发电、烧结废烟气循环、球团烟气循环；炼铁高炉干式 TRT、富氧大喷煤、冲渣水余热利用；炼钢干式除尘及煤气回收、钢渣显热利用、干式精炼、电炉优化供电；轧钢钢材在线热处理；全厂性煤气综合利用、高效热点联产、低温资源综合利用等先进技术。

(3) 管理节能措施。加强钢铁企业能源管控中心的建设及实际运营效果，加强能源在线监测能力；完善能源计量、统计等基础工作；加强能效对标；完善企业能源管理结构和管理制度；加强企业能效审计；等等。

