**煤粉工业锅炉余热利用技术规范**

Technical Regulation on Waste Heat Utilization for Coal Powder Industrial Boilers

（征求意见稿）

**目 次**

[1 总 则 3](#_Toc26699)

[2 术 语 4](#_Toc13785)

[3 基本规定 6](#_Toc25076)

[4 余热资源 7](#_Toc18175)

[5 梯级综合利用基本原则与规划方法 12](#_Toc9397)

[6 余热利用系统 15](#_Toc19006)

[7 余热利用主要步骤 20](#_Toc11799)

[8 项目节能量与节能效益评估 22](#_Toc5087)

1 总 则

**1.0.1** 为落实国家技术经济政策，保障煤粉工业锅炉余热利用达到安全生产、节约能源、保护环境、技术先进、经济合理的目的，规范煤粉工业锅炉余热利用设计，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于新建、扩建和改建的煤粉工业锅炉系统的余热利用的设计和技术要求。

**1.0.3** 煤粉工业锅炉余热利用设计除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

**1.0.4** 本标准起草单位：北京天地融创科技股份有限公司、中国特种设备检测研究院

**1.0.5** 本标准起草人：李美军、牛芳、王振川、梁兴、魏琰荣、胡亚文、陈嫄、段璐、龚艳艳

2 术 语

**2.0.1**余热waste heat

以环境温度为基准，排出煤粉工业锅炉系统的物质可释放的热。

**2.0.2**余热量 waste heat quantity

余热的数量。

**2.0.3** 余热资源量 waste heat resource

经技术经济分析确定的可利用的余热量 。

**2.0.4** 余热利用 waste heat utilization

以环境温度为基准，对排出煤粉工业锅炉系统的物质可释放的热量进行回收及利用。

**2.0.5** 节能量 energy savings

满足同等需要或达到相同目的的条件下，煤粉工业锅炉系统能源消耗或消费减少的数量。

**2.0.6** 能源绩效 energy performance

与煤粉工业锅炉系统的能源效率、能源使用和能源消耗相关的、可测量的结果。

**2.0.7** 能源绩效改进措施或节能措施 energy performance improvement action or energy conservation measures

为提高煤粉工业锅炉系统的能源利用效率、降低能源消耗或改进能源使用，在系统内部计划或已经采取的方法、举措或行动。

**2.0.8** 边界 boundary

煤粉工业锅炉系统确定的物理和场所界限。

**2.0.9** 基期 baseline period

用以比较和确定节能量的，能源绩效改进措施实施前的时间段。

**2.0.10** 报告期 reporting period

用以比较和确定节能量的，能源绩效改进措施实施后的时间段。

**2.0.11** 能源基准 energy baseline

用以比较能源绩效的定量参考依据。

**2.0.12** 相关变量 relevant variable

影响用能单位能源绩效的、变化的可量化因素。

**2.0.13** 归一化 normalization

为了达到满足同等需要或相同目的的要求，根据相关变量的变化关系，对煤粉工业锅炉能源消耗数据进行修正的过程。

3 基本规定

**3.0.1** 余热利用系统应根据余热资源种类、资源量，按能源梯级高效利用的原则设计，并不应影响生产工艺的安全运行，应与环境保护和经济效益相协调。

**3.0.2** 余热利用设施应适应余热资源高温、高粉尘、高腐蚀性、强粘结性、负荷波动的特点。

**3.0.3** 对饱和蒸汽的过热处理不宜采用除余热资源以外的其他能源。

**3.0.4** 余热利用系统的装备水平应与生产工艺水平相匹配。

**3.0.5**下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，所注日期的版本适用于本文件。凡是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。

DB46/T 180-2009 工业锅炉节能技术规范

GB/T 13234-2018 用能单位节能量计算方法

GB∕T 39091-2020 工业余热梯级综合利用导则

GB/T 151-2014热交换器

JB/T 13410-2018 低温省煤器技术条件

TSG 91锅炉节能环保技术规程

4 余热资源

4.1 余热资源等级

**4.1.1** 根据余热利用投资回收期，煤粉工业锅炉的余热资源等级的划分宜符合表4.1.1的规定。

表4.1.1 余热资源等级

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 余热资源等级  余热资源等级判据 | 余热利用投资回收期（年） | 常见余热资源举例 |
| 一等余热资源 | ＜3 | 120℃以上的高温烟气 |
| 二等余热资源 | 3~6 | 温度50℃~120℃、含湿量不小于60g/kg（干烟气）的烟气，50℃以上的冷却水，可利用的100℃及以上的高温排渣、蒸汽排污、高温产品 |
| 三等余热资源 | ＞6 | 50℃以下的烟气，可利用的低温排渣、蒸汽排污等 |

**4.1.2** 一等余热资源应回收，二等余热资源宜回收，三等余热资源可根据情况进行回收。

4.2 余热量计算方法

**4.2.1** 烟气余热量计算应符合下列规定：

1 烟气的显热余热量宜按下式计算:

 （4.2.1-1）

式中：— 烟气的显热余热量（kJ/h）；

 — 燃料（煤粉）的平均消耗量（kg /h）；

 — 单位质量燃料（煤粉）燃烧产生干烟气量，不含水蒸气（Nm3/kg）；

 — 烟气从锅炉排出的平均温度（℃）；

— 锅炉排出平均温度下的干烟气的平均定压比热[kJ/(Nm3·℃)]，应按烟气成分（不含水蒸气）计算。

2 烟气的潜热余热量宜按下式计算:

 （4.2.1-2）

式中：— 烟气的潜热余热量（kJ/h）；

 — 同一温度下单位质量的水变成水蒸气所需要的汽化潜热（kJ/kg ）；

 — 燃料（煤粉）的平均消耗量（kg /h）；

 — 单位质量燃料（煤粉）燃烧产生烟气量（Nm3/kg）；

 — 烟气从锅炉排出的平均含湿量（kg/kg(干烟气)）；

— 锅炉排出平均温度下的烟气中水蒸气的平均定压比热[kJ/(Nm3·℃)]。

**4.2.2** 炉渣的余热量宜按下式计算:

 （4.2.1-3）

式中：— 炉渣的余热量（kJ/h）；

 — 炉渣产量（kg /h）；

 — 炉渣温度（Nm3/kg）；

— 炉渣的平均定压比热[kJ/(kg·℃)]。

— 液态炉渣的熔化潜热[kJ/(kg·℃)]。

**4.2.3** 生产工艺排放的蒸汽余热量宜按下式计算:

 （4.2.1-4）

式中：— 生产工艺排放的蒸汽的余热量（kJ/h）；

 — 定排、连排及锅炉负荷调整时排出的蒸汽量（kg /h）；

 — 蒸汽排放时的焓值（kJ/kg）；

**4.2.4** 供暖水（或蒸汽冷凝水）余热量宜按下式计算:

 （4.2.1-5）

式中：— 给用户供能后返回的供暖回水或工艺回水的余热量（kJ/h）；

— 供暖回水的平均定压比热[kJ/(kg·℃)]。

 — 给用户供能后返回的供暖回水或工艺回水的量（kg /h）；

 — 供暖回水或工艺回收的温度（℃）；

4.3 余热资源回收

**4.3.1** 余热利用设计应根据煤粉工业锅炉的生产工艺要求、余热资源特点、冷热负荷需求，在热平衡基础上，选择余热回收方法和设施。

**4.3.2** 烟气余热回收应符合下列规定:

1 温度大于或等于120℃的烟气余热，宜采用水作为换热介质，如锅炉给水、供暖回水等，选择水-水换热器设备、余热锅炉、烟气吸收式冷（热）水机组回收。

2 温度大于或等于50℃且小于或等于120℃的低温烟气余热，宜采用水或空气作为换热介质，如锅炉给水、燃烧给风等，选择水-水换热器、气-水换热器设备、开式吸收式热泵、烟气吸收式冷（热）水机组回收。

3 温度小于50℃的低温烟气余热，宜采用水或空气作为换热介质，如锅炉给水、燃烧给风等，选择冷凝换热器、开式吸收式热泵、烟气吸收式冷（热）水机组回收。

4 烟气余热回收设施的排烟温度应满足自身和后续工艺、设

备及管道对温度和防腐的要求。

**4.3.3** 炉渣余热回收应符合下列规定:

1 1000℃及以上的炉渣余热，经过技术经济比较可行后的1000℃以下的炉渣余热，宜选择余热锅炉或换热器设备回收；

2 炉渣余热回收设施的排渣温度应满足后续炉渣资源化处理、设备和管道的输送要求。

**4.3.4** 排污余热回收应符合下列规定:

1 额定蒸发量不小于4t/h且日常给水温度小于60℃的煤粉工业锅炉应装设具有换热功能的排污膨胀器或者排污水换热器，利用排污余热进一步提高锅炉给水温度，减少排污热损失。

2 锅炉定期排污和连续排污可共用一个排污膨胀器进行排污余热回收。

3 排污膨胀阀及相关热力管道应进行保温。

**4.3.5** 排空蒸汽余热回收应符合下列规定：

1 由于调峰、热力除氧等原因导致的排空废热蒸汽应进行回收利用，优先用于加热锅炉给水，可通过直接接触式换热器或锅炉给水箱回收。用于回收废热蒸汽的换热器或锅炉给水箱应有足够的水容积，以更充分地吸收废热蒸汽释放的热能。

2 废热蒸汽受物料等污染的，应通过间接换热的方式加热锅炉给水，但加热体应有足够的换热面积和流动界面，以尽可能提高换热效率且不影响废热蒸汽的排放速度。

**4.3.6** 蒸汽凝水余热回收应符合下列规定：

1 蒸汽凝水在生产和输送过程中未受污染，水质符合锅炉给水水质要求的，可直接排入给水水箱，作为锅炉给水的组成部分。

2 蒸汽凝水在生产和输送过程中受到污染，水质不符合锅炉给水水质要求的，但排放水量大于2t/h的，应通过间接换热的水-水换热器或水-气换热器加热锅炉给水或燃烧给风等。

5 梯级综合利用基本原则与规划方法

5.1 基本原则

**5.1.1**煤粉工业锅炉余热梯级利用基本原则为温度对口、梯级利用、量热度需、热尽其用。在确保安全稳定、不降低现有系统性能的基础上，系统分析余热的品位、规模和特点，综合考虑需求，合理采用余热利用设施，实现余热的充分高效回收利用。

**5.1.2**余热利用具体方案的确定根据余热利用特性、余热品位、余热分布和用能需求，基本原则是：

1 确保余热利用不影响现有工业锅炉系统的正常运行，不增加现有系统的能耗和污染物排放量；

2 锅炉系统提高用能效率、增加余热回收效果，尽可能回收高品位的余热；

3 “高能高用、低能低用”，实现余热梯级利用，高效利用余热；

4 余热回收设备适应余热特性，能够可靠、高效、稳定运转；

5 才去必要措施减少系统散热、漏风，以保证余热品位。

5.2 规划方法

煤粉工业锅炉余热利用方法分为回用、替代、提质、转换四类，根据温度对口、梯级利用基本原则，综合考虑能量利用效率的高低，余热的利用规划宜优先考虑靠前的利用方法，实现余热梯级利用。

**5.2.1** 回用

以煤粉工业锅炉为中心，通过能量传递或交换，将余热返回到锅炉中，减少锅炉外部高品位能量输入的过程或方法。如对于温度大于等于120℃的高温烟气进行余热回收，可利用气-水换热器加热锅炉给水，也可利用气-气换热器加热燃烧给风，提高锅炉给水或燃烧给风的温度，达到相同的终态时可减少燃料的输入量。

**5.2.2** 替代

通过能量储存、传递或交换，将余热返回到锅炉所在的工艺或周边系统中，替换外部能量输入，实现区域能量自平衡的过程或方法。如对于炉渣的余热进行回收，可利用换热器加热供暖回水，提高供暖回水温度，从而替换锅炉燃料的能量输入，实现热源和供暖端的区域能量自平衡。

**5.2.3** 提质

以中高品位能量为驱动，通过直接或间接热量交换或热力循环，将余热由较低品位提升为较高品位，使其与用热需求匹配利用的过程或方法。如对于50℃-120℃的烟气，利用开式吸收式热泵或烟气吸收式热水机组等，将烟气余热由较低品位提升为较高温度的锅炉给水、供暖回水等，同时可配合闪蒸器和蒸气压缩机，将较低品位的烟气提升为较高品位的蒸汽，从而与用热需求匹配。

**5.2.4** 转换

将余热资源转变为机械能、电能、冷能等其他形式能量的过程或方法。如对于120℃以上的烟气余热，利用烟气吸收式冷水机组，将烟气余热转换为冷能供给工业园区或用户；对于放空的低压蒸汽或高温度烟气，利用有机工质朗肯循环（ORC）机组发电，将排放蒸汽或烟气余热转换为电能。

6 余热利用系统

6.1 传统换热器

**6.1.1** 分类

按照结构分类：管壳式、套管式、螺旋板式、板翅式、板式、夹套式等。

按照换热介质分类：液-液换热器、气-液换热器、气-气换热器等。

**6.1.2** 适用范围

适用于各类余热回收的加热、冷却场合。需考虑的因素包括流体的性质、温度、压力及允许压降的范围、热负荷及流量大小、清洗维修的要求、设备结构、材料、尺寸、重量、价格、适用安全性及寿命等。

**6.1.2** 用于120℃以上的烟气余热回收常用气-水换热器，如省煤器等，利用烟气加热煤粉工业锅炉给水或供暖回水等。

**6.1.3**上述换热器的使用条件如下：

1 可布置在水平或垂直烟道上。

2 进入换热器前的烟尘浓度不宜大于100g/m3。

3 换热器水侧管路系统的工作压力不宜大于6.4MPa。

4 水介质的流速宜在0.5m/s~2.0m/s范围内。

5 换热器选择钢质材料，进水温度一般高于烟气水露点温度20℃以上，防止或减缓换热器腐蚀。

6 应设置烟气低温腐蚀自动控制系统和吹灰系统，有效减少烟气低温腐蚀和堵灰的发生。

7 在换热器的进出口，应设置调节水量的措施，以保证锅炉负荷变动时，换热器出口的烟气均能降低至要求的温度。在各种工下，应保证换热器出口处实际烟气温度与设计温度的差异在±2℃以内。

**6.1.4** 用于100℃以上的烟气余热回收常用气-水换热器，如空气预热器等，利用烟气加热煤粉工业锅炉燃烧给风等。

**6.1.5**上述换热器的使用条件如下：

1 设计应满足在各工况下传热元件不结露、不赌灰，且配置有效的吹灰装置。

2 宜设置窥视孔和有效可靠的火灾报警装置、清洗系统和露点测量装置。

6.2 冷凝换热器

**6.2.1** 烟气冷凝换热器分为间壁式和直接接触式两种类型，分别如下：

1 间壁式换热器由换热器主体、烟气进口导流段、烟气出口导流段、烟气冷凝水管以及放气、排污、温度和压力等仪表连接管等组成。

2 直接接触式换热器由换热器主体、烟气进口导流段、烟气出口导流段以及放气、排污、温度和压力等仪表连接管、排水管和补水管等组成。

**6.2.2** 间壁式冷凝换热器可用于加热液体和气体，即气-液换热器或气-气换热器，如加热锅炉给风、锅炉给水等。

**6.2.3**直接接触式冷凝换热器用于加热水等非可燃液体，同时具有精细脱除烟气中的酸性气体和尘等污染物的作用。

**6.2.4** 烟气冷凝换热器的设计排烟温度应低于烟气露点温度，并应符合回收烟气潜热和烟气冷凝水、减少雾气排放的要求。

**6.2.5** 烟气冷凝换热器应耐腐蚀、阻力小、高效换热、结构紧凑、便于安装和维护，通常设置于脱硝、脱硫、除尘之后与烟囱之间的位置。

**6.2.6** 烟气冷凝换热器不应影响锅炉的正常安全运行，并应尽可能不增加风机、水泵等耗能设备。

**6.2.7** 烟气冷凝水宜进行处理和回收利用，处理后再利用的水质应符合国家现行相关标准的规定，包括pH值、主要成分等。

**6.2.8** 烟气与被加热介质流动方向宜采用逆向流动。间壁式烟气冷凝换热器中烟气与烟气冷凝水宜采用同向流动。

**6.2.9** 烟气冷凝换热器的烟气与被加热介质的进出口均应预留安装温度、压力或压差等仪表的连接管。

**6.2.10** 间壁式烟气换热器的底部最低处应设置烟气冷凝水管，烟气冷凝水不应在烟气冷凝换热器内存留。直接接触式烟气冷凝换热器的底部最低处应设置排水管。

**6.2.11** 被加热介质为液体时，烟气冷凝换热器的进出水管的管径，宜按设计流量下比摩阻30Pa/m~70Pa/m选取。

**6.2.12** 被加热介质为液体时，烟气冷凝换热器的设计流量不应小于名义工况下热水锅炉额定谁榴莲规定80%。

**6.2.13** 当被加热介质为液体时，在名义工况下，烟气冷凝换热器的出口烟温与被加热介质进口温度之差应不大于5℃，且应比延期中水蒸气的露点温度低5℃以上。

**6.2.14** 当间壁式烟气换热器的被加热介质为液体时，不应发生汽化现象，被加热介质的出口温度应比汽化温度低20℃以上。

**6.2.15** 烟气冷凝换热器的最高允许工作温度不应小于锅炉本体的最高排烟温度。

6.3 热泵

**6.3.1** 分类

根据原理，用于煤粉工业锅炉余热回收的热泵可分为蒸汽压缩式热泵、吸收式热泵、吸附式热泵、蒸汽喷射式热泵等。

1蒸汽压缩式热泵按照压缩机分类，可分为螺杆式、离心式、涡旋式、活塞式等。

2 吸收式热泵按照原理分类，可分为第一类吸收式热泵、第二类吸收式热泵等；按照工作介质是否循环，可分为闭式吸收式热泵、开式吸收式热泵等。

**6.3.2** 当工业锅炉供热能力不满足供暖热负荷需求或有提高锅炉热效率需求、降低单位供暖煤耗时，可增设热泵系统，通常用于回收低温烟气余热，用于加热锅炉给水或供暖回水（称为冷源水）。

**6.3.3** 热泵系统的设置及建设规模应结合煤粉工业锅炉本体条件、供暖热负荷、电负荷、冷端设施防冻、热价、煤价、场地布置等条件，经技术经济性比较确定。

**6.3.4** 当驱动热源为压力低于或等于0.6MPa（a）的蒸汽或更低品位的高温热水时，宜采用吸收式热泵。当驱动蒸汽压力大于0.6MPa（a）的时，经技术经济比较后可选用蒸汽驱动压缩式热泵或吸收式热泵。当热泵系统用于供热调峰时且无合适的高温蒸汽或热水驱动时，可采用电动压缩式热泵。

**6.3.5** 吸收式热泵额定供热工况COP 不宜小于1.7，压缩式热泵额定供热工况COP不宜小于4.5。

**6.3.6** 闭式吸收式热泵的吸收剂介质通常为溴化锂溶液，热泵的选择应根据余热资源特性和用户负荷特点，经过技术经济比较后确定，机组的技术要求应符合现行国家标准《蒸汽和热水型溴化锂吸收式冷水机组》GB/T 18431的有关规定。

**6.3.7** 开式吸收式热泵系统的吸收剂介质通常为性价比高的卤素溶液，技术条件为：

1 进热泵的冷源水温度不宜大于60℃；

2 吸收塔的阻力不宜大于2kPa；

3 吸收塔内宜设置除雾器等防止溶液逃逸的内构件；

4 吸收塔内溶液通常沿着降膜管结构、填料结构流动，并于烟气直接逆向接触；

5 驱动热源可选择90℃以上的热水或蒸汽；

6 溶液泵、冷源水泵及真空泵（若有）不宜少于2台，其中一台为备用。

**6.3.8** 蒸汽驱动压缩式热泵和电动压缩式热泵应符合现行国家标准《蒸汽压缩循环冷水（热泵）》GB/T 18430的相关规定。

7 余热利用主要步骤

7.1 概述

煤粉工业锅炉的余热梯级利用包括但不限于以下步骤：

1 确定系统边界；

2 余热资源及用户需求调研；

3 余热梯级利用方案确定；

4 方案实施；

5 余热利用实施后评估。

7.2 确定系统边界

煤粉工业锅炉余热梯级利用系统的组成应确保系统边界内包括收到余热梯级综合利用直接应想的过程或流程、装置、设备等。

7.3 余热资源和用户需求调研

对系统边界内的余热资源和用户的需求现状进行调研及相关数据资料的收集，包括但不限于以下内容：

**7.3.1** 锅炉用能、生产工艺、能源利用流程现状及相关数据，应包括使用的能源种类、数量，如煤粉的煤质、分阶段使用量等；生产的产品或提供的服务的种类及数量，如蒸汽品质及产量、热水温度及产量、供暖面积及供暖形式等；分阶段的能耗现状等。

**7.3.2** 统计系统内余热资源及其直接相关的用能设备及流程的分布情况和数据，包括余热资源的种类、载体相态、流量、温度、压力等，以及用能设备的能耗、能效、产量或其他有效输出的数量等。

**7.3.3** 测量记录系统内产出余热的设备的能耗、能效、产量或其他有效输出的数量等，包括记录余热资源的种类、载体相态、流量、温度、压力等。如针对排空的烟气、废水、蒸汽及炉渣等，记录运行周期内的排放量、温度、含湿量、污染物含量等。

7.4 余热梯级利用方案确定

余热梯级利用方案的确定应包括但不限于以下内容：

**7.4.1** 基于工业锅炉系统余热资源和用户需求现状，筛选相关余热梯级利用的典型设备、通用技术、单项技术等，在技术原理的基础上结合工艺特点，形成综合性的煤粉工业锅炉余热利用方案。

**7.4.2** 应对方案的环保性能、节能性能、余热利用率、经济性等进行综合评估，并作为确定方案的重要依据。

7.5 余热梯级利用方案实施

根据7.4所确定的余热梯级利用方案进行设计并组织实施。

7.6 余热梯级利用实施后评价

根据第8章对实施后的余热梯级利用项目的节能量与节能效益进行评估和评价。

8 项目节能量与节能效益评估

8.1 节能量

**8.1.1** 节能量计算方法

根据目的和条件不同，煤粉工业锅炉系统节能量计算方法分两种：

1 整体法

用于考察系统总能源消耗的变化，从而得到系统单位节能量，适用于由于法律、法规或其他要求定期进行节能量计算时，或用于评估系统能源管理效果时。

2 措施法

将系统所有能源绩效改进措施实施后的节能量合计计算，从而得到系统用能单位节能量，适用于确定一个或多个能源绩效改进措施对系统节能量的影响时。

**8.1.2** 测量数据的质量、准确性和完整性直接影响节能量结果的准确性。主要与以下因素有关：收集测量方法、数据源、数据获取的频率、仪表和测量设备的精度、测量的准确度、数据的可重复性、数据的验证。因此为确保数据的完整性，应充分收集相应时间段的数据，应用适宜的方法补足缺失数据或修正不正确的数据记录值。

**8.1.3** 整体法节能量计算公式

1 确定好锅炉系统的边界、能源基准、基期和报告期后，对基期和报告期的能源消耗进行归一化，并根据归一化后的基期能源消耗和报告期能源消耗之差计算系统节能量。

2根据计算节能量的目的和条件不同，分三种归一化方法：

1. 按照报告期条件进行归一化，称为后推校准法；
2. 按照基期条件进行归一化，称为前推校准法；
3. 按照参考条件进行归一化，称为参考条件校准法。

3 后推校准法的节能量计算公式按下式计算：

 （8.1.3-1）

式中：

— 节能量，kW；

— 后推校准后的基期能源消耗，按式（8.1.3-2）计算，kW；

— 报告期能源消耗，kW；

 （8.1.3-2）

式中：

— 基期相关变量和基期能源消耗的模型函数；

— 在报告期内相关变量的值。

当存在多种能源品种时，节能量计算公式按下式计算：

 （8.1.3-3）

式中：

*i—*第*i*种能源。

4 前推校准法的节能量计算公式按下式计算：

 （8.1.3-4）

式中：

— 基期能源消耗，kW；

— 前推校准后的报告期能源消耗，按式（8.1.3-4）计算，kW；

 （8.1.3-5）

式中：

— 报告期相关变量和基期能源消耗的模型函数；

— 在基期内相关变量的值。

当存在多种能源品种时，节能量计算公式按下式计算：

 （8.1.3-6）

5 参考条件校准法的节能量计算公式按下式计算：

 （8.1.3-7）

式中：

— 参考条件校准后的基期能源消耗，按式（8.1.3-8）计算，kW；

— 参考条件校准后的报告期能源消耗，按式（8.1.3-9）计算，kW；

 （8.1.3-8）

 （8.1.3-9）

式中：

— 参考条件相关变量和参考条件能源消耗的模型参数。

当存在多种能源品种时，节能量计算公式按下式计算：

 （8.1.3-10）

**8.1.4** 措施法节能量计算公式

1 确定好锅炉系统的各项能源绩效改进措施的节能量，将所有能源绩效改进措施的节能量相加，进行间接能耗效应、重复计算等修正后，得到系统节能量。

2 应确保各项能源绩效改进措施的节能量计算采用同一种归一化方法。通常选用后推校准法。

3 措施法的节能量计算公式按下式计算：

 （8.1.3-11）

式中：

— 第*j*项能源绩效改进措施的节能量，kW；

— 能源绩效改进措施的数量；

— 间接能耗效应修正量，kW；

— 重复计算修正量，kW；

4 当实施能源绩效改进措施后，局部能源消耗的减少可能导致其他地方能源消耗的增加（成为间接能耗效应），如驱动蒸汽量、电量等。应确定间接能耗效应修正量，并在合计所有能源绩效改进措施的节能量时，减去修正量。

5 如果在同一锅炉系统中同时实施多项具有相同节能目标的能源绩效改进措施，分别计算措施的节能量再合计可能产生的重复计算，即只计算该锅炉系统整体的节能量。

6 如果某项能源绩效改进措施会降低其他措施所涉及的系统的用能需求，以完全隔离的边界来合计这些措施的节能量，会引起重复计算，此时只计算一次整体的节能量即可。

7 当无法合理确定重复计算时，可在合计所有能源绩效改进措施的节能量之后，减去重复计算的总量。应记录消除重复计算的方法，且此方法在节能量计算过程中不应改变。

8.2 节能效益评估

煤粉工业锅炉的余热体积综合利用项目实施后对应节能量所产生的经济效益，宜以节能量折算标准煤的量、供蒸汽、供热的量为基础进行计算。具体项目的实际评估可基于项目相关方的一致认定的节能量和经济效益评估方法及参数对节能经济效益进行评估。