国家标准《工业余能资源评价方法》

（征求意见稿）

编制说明

起草组

2016.5

目录

一、标准修订的目的与意义.....3
二、标准修订的背景.....3
1、现有标准情况.....3
2、工业余能资源调查.....4
3、已完成的工作.....6
3.1 第一次会议.....6
3.2 第二次会议.....7
三、标准主要内容说明.....7
1、基本术语.....7
2、余能分类.....8
3、余能评价方法.....9

一、标准修订的目的与意义

我国能源利用正处于粗放式向精细化发展阶段，余能资源丰富并且未充分利用。标准是国家技术水平的重要体现，然而，我国现有的余能资源利用相关标准覆盖面不够广，指导性不够强。因此本项目以 GB/T 1.1-2009《标准化工作导则》中的实用性原则为指导，提出将原有的标准《工业余热术语、分类、等级及余热资源量计算方法》（GB/T 1028-2000）修订为《工业余能资源评价方法》，将余热拓展为覆盖面更广的余能，同时从余能量、能量密度、品位、储存性、供能的连续性、回收利用经济性、对环境的影响等多方面提出评价标准，期望对余能利用提供更具指导性的帮助。

我国工业领域存在大量的余能资源，工业余能的分类和科学分级是分析评价余能回收利用水平高低的基础。建立一套标准化的分类、分级和评价体系有利于开展余能资源的科学评价，有利于选择合适的利用方法对余能资源加以更充分的利用，有利于推动节能工作向前发展。

为有效推动工业余能资源的合理利用，2014 年，国家标准化技术委员会发布第一批国家标准制修订计划，将《工业余能资源利用评价方法》列入其中，计划编号：20140612-T-469，由全国能源基础与管理标准化技术委员会归口管理并组织制定。

二、标准修订的背景

1、现有标准情况

目前，国内关于余热资源方面的标准仅有如下几条：

（1） 《工业锅炉及火焰加热炉烟气余热资源量计算方法与利用导则》（GB/T 17719-2009）；

（2）《工业余热术语、分类、等级及余热资源量计算方法》（GB/T 1028-2000）；

（3） 《石油企业余热资源量测试与计算规范》（SY/T 6767-2009）；

（4） 《余热利用设备设计管理规定》（YB 9071-1992）；

其中《工业余热术语、分类、等级及余热资源量计算方法》（GB/T 1028-2000）为拟修订标准。该标准于 2000 年发行，定义了工业余热及其回收利用设备的术语，规定了工业余热资源的分类、等级及余热资源量计算方法，对余热资源的评价与利用起到了良好的促进作用。然而随着我国能源利用形势的发展，该标准已难以适应现阶段我国余能利用更深入发展的需求，主要体现于以下两个方面：

该标准定义的余热不能涵盖所有的余能资源。余能资源包括余热、化学能、余压、冷能、电能、动能等。

该标准仅从投资回收期一个方面对余热资源划分等级，没有对余热资源进行全面的评价，指导性不强。

2、工业余能资源调查

（1）余热资源情况

据国家统计局公布，我国 2012 年全年能源消费总量为 36.2 亿吨标准煤；

至 2012 年底，我国在用工业锅炉（含生活锅炉）70 万多台，工业炉窑有 60 万座，能耗超过全国总能耗的一半。

在工业生产中,使用着各种窑炉,如回转窑、加热炉、转炉、反射炉、沸腾焙烧炉等。这些窑炉都耗用大量的燃料，它们的热效率都很低，一般只有 30%左右。而被高温烟气、高温炉渣、高温产品等带走的热量却达到 40%～60%。

冶金行业中可利用的余热约占其燃料消耗量的 1/3，建筑材料约占 40%，机械制造加工业约占 15%，化工、玻璃、搪瓷业占 15%以上，造纸、木材业占 17%，纺织业约占 10%。

（2）化学余能资源情况

化学余能多为低热值气体，我国常见低热值气体资源情况见下表：

表 1 我国常见低热值气体资源量

低热值气体	气体性质	主要可燃成分	燃气热值	年生产量
VOCs（有机废气）	富氧	有机挥发分混合物浓度在 5g/m3 左右	0~0.8MJ/m^3	难以准确统计
高炉煤气	无氧	CO, CH4	2.8~4.2MJ/ m^3	年产量 3000 亿 m^3，利用率近年来有所提高
煤矿乏风	富氧	CH4 含量在 0.75%以	0.3MJ/ m^3 以下	折合天然气 120 亿 m^3，

		下		完全排空
煤层瓦斯气	含氧	CH4 含量在 3%~30%	1.1~11MJ/ m^3	折合天然气 40 亿 m^3，部分利用
生物质气化气	无氧	H2,CO, CH4 等气体燃料	3~5MJ/ m^3	3.5 亿吨 10%生产秸秆气折合 900 万吨标煤
垃圾填埋气	无氧	CH4 含量在 30%~70%	5MJ/ m^3 以上	折合天然气 10~70 亿 m^3

（3）冷能资源情况

目前国内的主要冷能资源为 LNG 冷能。LNG 是天然气经净化、液化而成的-162℃低温液体混合物，生产 LNG 耗电约为 850kWh/t。当 LNG 在 1atm 压力下气化时，释放出冷量约 230kWh/t。

2012 年，我国进口液化天然气（LNG）1468.3478 万吨，可释放冷量 33.77 亿 kWh。

（4）钢铁行业余能资源

下表为钢铁行业余能资源情况分析表，从表中我们可以看出：钢铁行业吨钢余能量为 455.1kg 标准煤；其中余热量 243.8 kg 标准煤/吨钢，余压量 12.7 kg 标准煤/吨钢，化学余能量 198.6 kg 标准煤/吨钢。

按 2013 年我国钢材产量 106762 万吨估算，我国钢铁行业余能量为 4.85 亿吨标准煤，其中余热量 2.60 亿吨标准煤，余压量 0.13 亿吨标准煤，化学余能量 2.12 亿吨标准煤。

我国钢铁工业余热余能资源及回收利用 kg(标准煤)/t(钢)

余热余能资源			余热		余能		合计	
			资源量	回收量	资源量	回收量	资源量	回收量
焦化		焦炭显热	17.9	2.0			31.9	2.6
		焦炉煤气显热	5.7	0.6				
		焦炉烟气显热	8.3	0.0				
烧结/球团	烧结	烧结矿显热	30.6	9.6			53.4	9.6
	烧结	烧结烟气温热	19.9	0.0				
	球团	球团矿显热	2.9	0.0				
炼铁		高炉渣显热	18.5	0.4			273.3	157.9
		高炉冷却水显热	32.4	0.0				
		高炉煤气显热	26.3	0.0				
		热风炉烟气显热	12.3	3.7				
		高炉煤气余压			12.7	3.2		
		高炉煤气化学能			171.1	150.6		
炼钢	转炉	钢坯显热	17.5	6.9			62.0	27.8
	转炉	钢渣显热	5.1	0.0				
	转炉	转炉煤气显热	7.2	2.9				
	转炉	转炉煤气化学能			27.5	16.7		
	电炉	钢坯显热	3.3	1.3				
	电炉	电炉烟气显热	1.4	0.0				
轧钢		加热炉烟气显热	24.5	8.6			34.5	9.4
		加热炉冷却水显热	10.0	0.8				
总计			243.8	36.8	211.3	170.5	455.1	207.3

3、已完成的工作

3.1 标准启动阶段

2015 年 1 月，全国能源基础与管理标准化技术委员会于在武汉组织召开了《工业余能资源利用评价方法》（计划编号：20140612-T-469）国家标准制定工作会议，来自中国标准化研究院、华中科技大学、上海宝钢节能环保技术有限公司、武汉钢铁（集团）公司等单位的相关专家和代表参加了此次会议。

启动会议主要明确了项目标准立项的背景和意义、标准制定的原则和依据，该标准的制定将充分结合我国工业余能资源利用现状和评价方法的最新进展，基于我国工业余热利用的基本国情和余热资源本质特征，全面评估我国各类工业余热资源的能势水平，为构建余热资源和工质能级的定量评价标准提供重要理论支撑。

3.2 标准起草阶段

2015 年 6 月，起草组召开了第二次会议，来自中国标准化研究院、华中科技大学、中国石化能环部、北京中化认证有限公司、中冶南方工程技术有限公司、武汉钢铁集团研究院、北京中电力企业管理咨询公司、广东省粤电云浮发电公司、国瑞沃德（北京）低碳经济技术中心、上海宝钢节能环保技术有限公司、中国联合水泥集团有限公司、武汉安和节能新技术有限公司等单位的专家和代表对标准草案和调研计划进行了讨论。

2015 年 7 月至 2016 年 4 月，起草组对标准进行了实地调研并征求意见。调研单位包括武汉钢铁集团等 13 家大型企业，涉及钢铁、电力、水泥、玻璃、陶瓷、冶金等高耗能行业。调研过程中，对标准的可操作性，特别是余能可用势的计算进行了针对性研究。起草组根据调研情况和相关建议对标准进行了修改与完善。

2016 年 5 月，起草组召开第三次会议，与会专家与代表充分分析了调研情况，并对标准草案进行了完善，建议修改后可形成征求意见稿。

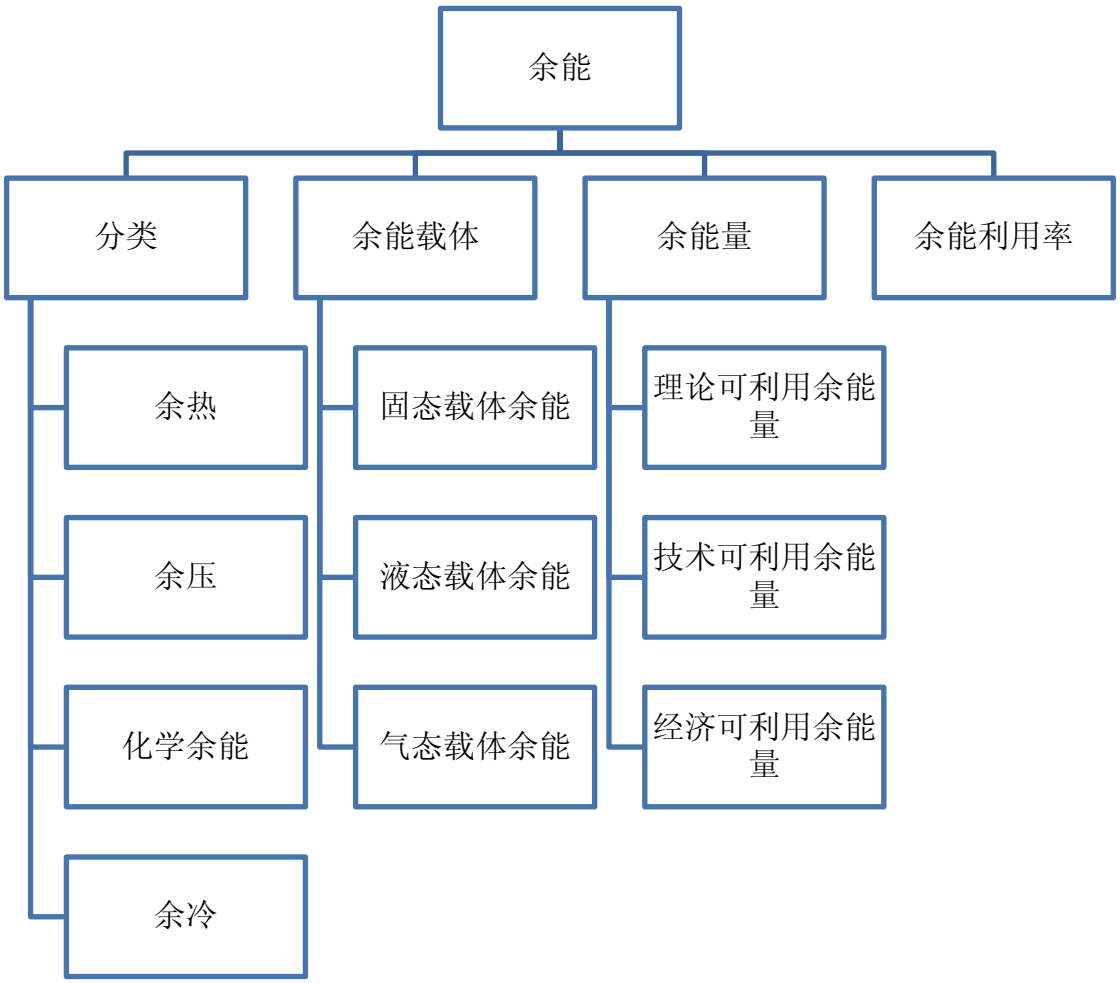
3.3 标准征求意见阶段

2016 年 5 月，起草组完成了征求意见稿，并提交全国能标委秘书处广泛征求意见。

三、标准主要内容说明

1、基本术语

在术语方面，对原有标准进行了修订和新增。目前术语逻辑关系如下：



2、余能分类

2.1 根据能源种类将工业余能资源主要分为以下几类:

2.1.1 余热

2.1.2 余压

2.1.3 化学余能

2.1.4 余冷

2.1.5 其他余能，包括动电力余能、重力余能等。

2.2 根据载体形态将余能分为三类:

2.2.1 固态载体余能

2.2.2 液态载体余能

2.2.3 气态载体余能

3、余能评价方法

3.1总则

在国家高等教育出版社出版的普通高等教育“十五”国家级规划教材《能源概论》（黄素逸、高伟编著）中指出，对能源的评价需从如下几个方面进行：（1）储量；（2）能量密度；（3）储能的可能性；（4）供能的连续性；（5）能源的地理分布；（6）开发费用和利用能源的设备费用；（7）运输费用与损耗；（8）能源的可再生性；（9）能源的品位；（10）对环境的影响。

余能资源也是能源的一种，对余能资源的评价应该符合以上要求。因此，本次修订以该书为指导，同时考虑余能资源的特殊性，主要从以下七个方面对余能资源进行评价：（1）余能量；（2）能量密度；（3）品位；（4）供能的连续性；（5）储存性；（6）对环境的影响；（7）回收利用经济性。

3.2 余能量

（1）本标准提出，余能量的计算应首先确定组织边界，分为区域性边界（即以某省、市、工业园、工厂地理区域为组织边界）和系统性边界（以某工艺系统为边界）。

（2）本标准将余能量分为理论可利用余能量、技术可利用余能量和经济可利用余能量三类。采用不同余能量进行评价，侧重点不同。理论可利用余能量针对余能的蕴含量进行评价；技术可利用余能量不仅可评价现有技术条件下余能回收潜力，还可评价不同技术的余能回收能力；经济可利用余能量评价采用具体余能回收技术，经济性最优的余能资源回收量，可为余能回收技术选择和余能回收设备投资提供参考。

（3）本标准给出了余能量的计算公式：

$$Q_y = \sum_{i=1}^{n} m_i \left| h_{i1} - h_{i2} \right| + \sum_{i=1}^{n} Q_{di}{}^{y}$$

Q_y——年余能量，KJ/a

m_i——第i种余能载体年总量，kg/a或m³/a

h_{i1}——第i种余能载体排出状态下比焓，KJ/kg或KJ/m³

h_{i2}——第i种余能载体回收利用后比焓，KJ/kg或KJ/m³

Q_{id} ——第i种单位余能载体热值，KJ/kg或KJ/m³

注：a.本计算公式适用于余热、余压、化学余能、余冷；

b.理论可回收余能量计算时，h_{i2}为标准环境参数（温度25℃，标准大气压）条件下余能载体比焓；技术可利用余能量计算时，h_{i2}为采用具体余能回收技术条件下余能载体回收利用后比焓；经济可利用余能量计算时，h_{i2}为采用具体余能回收技术条件下，经经济性评估后确定的，余能载体回收利用后比焓。

（4）本标准给出了余能率、和余能利用率计算公式，建议企业采用将这两个指标加入到能源管理体系中，对余能情况进行监测与管理。

3.3 能量密度

能量密度对余能的存储性、余能回收利用经济性、余能回收利用技术的选择均有影响。在余能的能量密度方面，本标准给出了计算公式：

$$q = Q_t / M$$

q ——能量密度，KJ/kg或KJ/Nm³或KJ/m²

Q_t——理论可利用余能量，KJ

M ——工业余能载体的质量、体积或面积，kg或Nm³或m²

3.4 品位

3.4.1 修订理论依据（详细内容见附件 1）

如何结合余能资源具有热力学势的本质属性以及“按质用能”的本质特征，全面评估我国各类工业余能资源的能势水平，构建余能资源的定量评价标准是本次修订的关键问题，也是由温度对口到能级对口科学利用余能资源的理论基础。

本次修订采用国家重点基础研究发展计划（973 计划）工业余热高效综合利用的重大共性基础问题研究项目——余热能级及梯级利用的定量化原则及其在热力系统中的应用课题的研究成果可用势的概念对余能资源品位进行定量化的评价。

它具有以下特点：

（1）与温度相比较，可用势直接表征能量中的可用部分

（2）可用势涵盖了焓值所体现的显热温度、潜热热量及压力三种信息

（3）引入了对压力影响因素敏感的熵

（4）应用于资源评价方面，余能资源的可用势评价是对温度评价的有效补充，可以更好地指导余能资源高效回收、综合利用。

3.4.2 可用势计算公式

可用势计算公式如下：

$$e = h - T_0 s$$

e——余能可用势，kJ/kg

h——余能载体比焓，kJ/kg

T_0——环境温度，K

s——熵，KJ/（kg•K）

其中熵的计算公式如下：

$$s = c_p \ln \frac{T}{T_0} - R_g \ln \frac{p}{p_0}$$

s——熵，KJ/（kg•K）

c_p——定压比热容，KJ/（kg•K）

R_g——气体常数，KJ/（kg•K）

T——温度， K

p——压力， Pa

T_0——基准点温度， K

p_0——基准点压力， Pa

3.4.3 采用推荐环境参数(T_0=25℃=298.15K、 p_0=标准大气压=101325Pa)下的可用势对余能进行评价，该参数下常见气体的可用势e、焓值h、熵s可查附录。

3.4.4 根据项目实际环境情况，可采用实际环境参数下的可用势对余能进行评价；实际环境参数下可用势e、焓值h、熵s转换计算公式如下：

$$e_s = e_t - e_{st}$$

e_s——余能在实际环境参数下的可用势，kJ/kg

e_t——余能在推荐环境参数下的可用势，kJ/kg

e_{st}——余能载体与实际环境参数相同时，余能在推荐环境参数下的可用势，kJ/kg

3.4.5 算例

锅炉低温省煤器烟气进口温度330℃，出口120℃；低低温省煤器进口温度120℃，出口温度90℃；烟气成分CO2（15%），O2（3%），H2O（6%），N2（76%）。

（1）查表计算烟气焓h和可用势e

低温省煤器进口

低温省煤器进口	603.15	K
H kJ/kg	CO2	296.82
	H2O	589.90
	N2	321.07
	O2	333.77
	烟气	333.95
e kJ/kg	CO2	95.40
	H2O	185.75
	N2	100.70
	O2	105.26
	烟气	105.14

低温省煤器出口，低低温省煤器进口

低温省煤器出口，低低温省煤器进口	393.15	K
H kJ/kg	CO2	84.85
	H2O	178.93
	N2	98.95
	O2	100.80
	烟气	101.69
e kJ/kg	CO2	12.03
	H2O	25.05
	N2	13.82
	O2	14.12
	烟气	14.23

低低温省煤器出口

低低温省煤器出口	363.15	K
H kJ/kg	CO2	58.02
	H2O	122.41
	N2	67.70

	O2	68.96
	烟气	69.57
e kJ/kg	CO2	8.16
	H2O	16.98
	N2	9.37
	O2	9.58
	烟气	9.65

（2）综合烟气焓h和可用势e进行分析

	进口焓值	出口焓值	进口可用势	出口可用势	回收焓	占比	回收可用势	占比
低温省煤器	333.95	101.69	105.14	14.23	228.80	72%	87.46	59%
低低温省煤器	101.69	69.57	14.23	9.65	87.46	28%	59.92	41%
合计	435.63	171.26	119.38	23.88	316.26		147.38	

从上表可以看出：

（1）采用传统的热量评价方法，低温省煤器将烟气从330℃降至低120℃，回收热量（即焓值）228.80kJ/kg，占比72%；低低温省煤器将烟气从120℃降低至90℃，回收热量（即焓值）87.46kJ/kg，占比28%

（2）采用可用势评价方法，低温省煤器回收可用势87.46kJ/kg，占比59%；低低温省煤器回收可用势59.92kJ/kg，占比41%。

（3）从此可以看出，采用热量和温度对余能进行评价不全面，采用可用势评价更具有代表性。低低温省煤器烟气温度仅从120℃降低至90℃，但回收的可用势高达59.92 kJ/kg，占比41%。

3.5 供能的连续性

（1）应从时间和数量两方面评价余能供能的连续性，时间方面主要考察余能供能的规律性周期；数量方面主要考察规律性周期内余能平均供应量。

（2）提出绘制能量随时间变化曲线图评价余能供能的连续性：

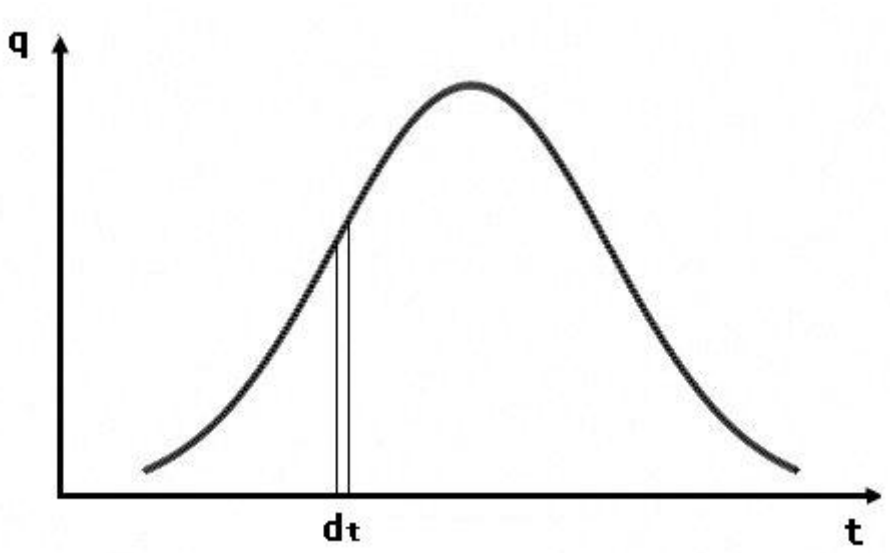


图1：余能供能波动曲线图

（3）提出周期内余能平均供应量计算公式：

$$\bar{q} = Q_t / T = \frac{\int q \bullet d_t}{T}$$

$\bar{q}$——周期内余能平均供应量，KW

Q_t——周期内余能量，KJ

T——周期内工艺系统产生余能的时间，S

3.6 存储性

（1)在技术可行的情况下,余能的存储性应从存储投入和存储损失两个方面进行评价。

（2）存储投入指的是储存余能资源需要投入的物质、能量或者资金。三者可统一折算为资金，并纳入余能回收利用总投资进行评价。

（3）存储损失指的是余能进行存储时的损失量。

（4）余能存储损失率计算公式：

$$\alpha = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

α——余能存储损失率

Q_1——存储前余能量

Q_2——余能存储后可输出的能量

3.7 对环境的影响

余能回收利用需考虑对环境的影响。若余能本身对环境有污染，并超过国家相应法规、标准限额，则必须考虑环保措施；若余能本身对环境有污染，但未超过国家相应法规、标准限额，则建议考虑环保措施。

3.8 回收利用经济性

（1）余能回收利用的经济性主要考虑因素为余能的经济价值和余能回收利用投资额。

（2）余能的经济价值主要由余能量决定。

（3）余能回收技术的选择应考虑能量密度、品位、供能连续性。

（4）余能存储损失应折算相应经济价值。

（5）余能存储投入应计入余能回收利用投资额。

（6）余能回收利用而增加或减少的环保投资，应折算入余能回收利用投资额；余能回收利用而获得的环保相关收益，应折算成余能的经济价值。

（7）余能回收经济性常用的评价方法包括：a.投资回收年限法、b.投资回收率法、c.等效年成本法、d. 纯收入法。各方法计算公式及介绍如下：

（8）投资回收年限法

投资回收年限法是最为常用的投资评价方法，指从项目的投建之日起，用项目所得的净收益偿还原始投资所需要的年限。使用投资回收期评价法时，如果项目的回收期小于或等于目标回收期，则项目可行；否则，不可行。这种方法有点是简单方便，容易理解，同时考虑投资回收期，可排除超过回收期后的项目风险；它的缺点是没有考虑时间价值，在投资回收期内，投资的时间价值是相等的。

投资回收年限法计算公式如下：

$$t = \frac{K}{R}$$

t——投资回收期

K——项目投资额

R——年收益

（9）投资回收率法

项目投产后，在限定使用年限N内，逐年取得收益R，项目一次投资K，则使总收益的现值等于一次投资时的相应利率，称为投资回收率r。投投资回收率r大于目标回收率，则项目可行；否则，不可行。

计算公式如下：

$$K=\frac{(1+r)^N-1}{r(1+r)^N}\times R$$

式中：

K——项目投资额

R——年收益

N——使用年限

r——投资回收率

（10）等效年成本法

等效年成本用于评估不同余能回收利用方案的优劣。假定各方案能满足相同需求的前题下，或各方案的经济效益相同时使用。项目方案中的费用不外乎一次或数次的投资以及每年都要发生的各种费用（有时还有残值）。用年成本法进行方案比较时，也就是将投资换算成等额年支出，然后再加上每年发生的费用（假定每年的费用相同），就得出年均支出。但如果每年的总年支出不相等，可先将每年发生的费用换算成现值，再折算成等额年费用。

计算公式：

$$C=(K-A)\frac{i\times(1+i)^N}{(1+i)^N-1}+A\times i+S$$

式中：

C——等效年成本

K——项目投资额

A——投资使用期满的残值

N——使用年限

i——给定的利率

S——年运行维护费用

3.9 综合评价表

（1）本标准提出余能的综合评价表，如下：

项目		数值	单位
1.余能量	理论可利用余能量		KJ
	技术可利用余能量		KJ

	经济可利用余能量		KJ
2.能量密度			KJ/kg KJ/Nm³ KJ/㎡
3.品位	可用势		KJ/kg
4.供能的连续性	供能周期		S
	单位周期内工艺系统产生余能的时间		S
	周期内余能平均供应量		KW
5.储存性	拟采用存储设备与技术		
	余能存储投资额		¥
	余能存储损失率		
6.对环境的影响	余能回收利用而增加或减少的环保投资		¥
	余能回收利用技术而获得的环保相关收益		¥
7.回收利用经济性	拟采用的回收利用技术		
	总投资额		¥
	年收益		¥
	投资回收期		¥
	投资回收率		¥
	等效年成本		¥

（2）算例

本项目对葛洲坝（当阳）水泥有限公司和宜昌花林水泥有限公司余热情况进行过调研，本例以宜昌花林水泥有限公司余热发电为例。

水泥行业主要余热为高温熟料、高温烟气余热。其流向图如下：

1）高温熟料经过蓖冷器与空气换热，温度从1300℃，降低至100-150℃，数量125t/h；

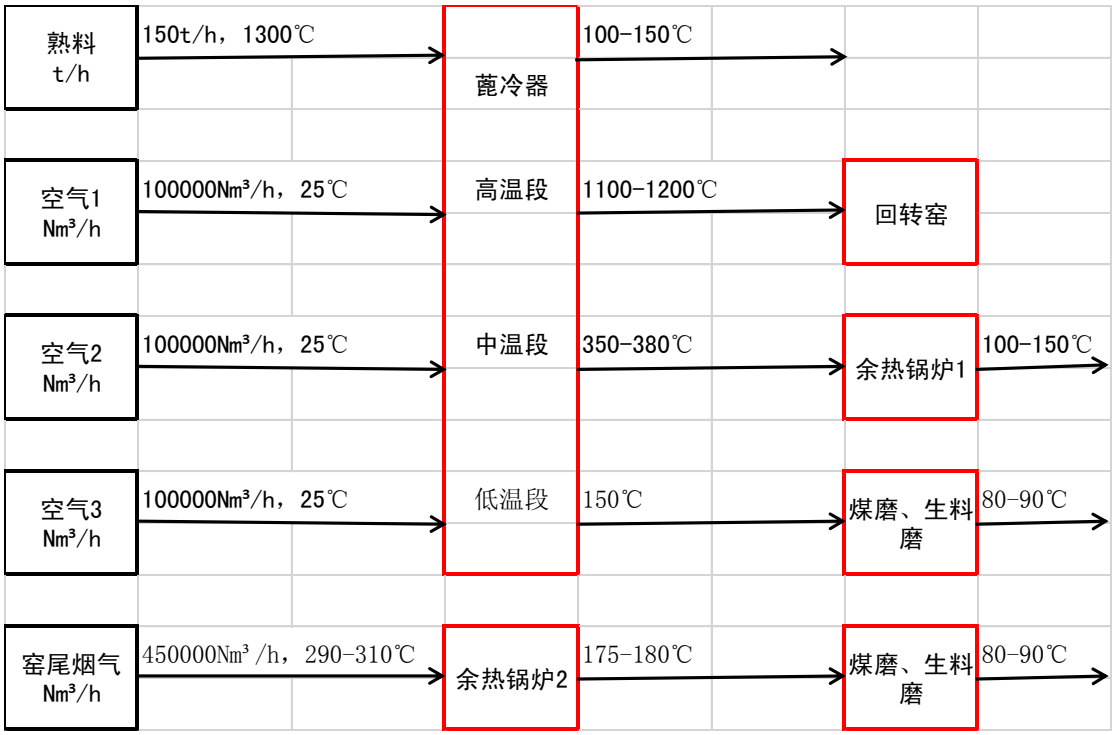
2）一路常温空气进入蓖冷器高温段，加热至1100-1200℃，再进入回转窑助燃，流量；

3）第二路常温空气进入蓖冷器高温段，加热至350-380℃，再进入1#余热锅炉，温度降至100-150℃，流量10万立方/小时；

4）第二路常温空气进入蓖冷器低温段，加热至150℃左右，再进入煤磨和生料磨烘干，降至80-90℃，一般不开；

5）窑尾烟气温度290-310℃，进入2#余热锅炉，温度降至175-180℃，流量45万立方/小时。

流程图如下：



计算内容：

1）熟料计算

熟料成分及比热容如下：

成分	SiO_2	AI_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Σ
比例	22.97%	5.44%	3.47%	66.92%	1.20%	100.00%
热容 kJ/（kg•℃）	0.996	1.251	0.622	0.909	0.887	0.937

计算得：

熟料理论可利用余能量为0.937*125*（1300-25）=149334MJ/h。

熟料技术可利用余能量为0.937*125*（1300-125）=137622MJ/h。

熟料能量密度为0.937*（1300-25）=1194.7kJ/kg。

2）空气计算

空气从蓖冷器中温段出来进入余热锅炉，温度为350-380℃，取375℃计算；进入余热锅炉后，降低至100-150℃，取125℃计算。空气流量100000Nm³/h。

查表计算得下表：

余热锅炉进口温度	375	℃

H_1	359.4546	kJ/kg
e_1	122.5334	kJ/kg
余热锅炉出口温度	125	℃
H_2	100.7052	kJ/kg
e_2	13.86782	kJ/kg

计算得：

理论可利用余能量H=H_1*Q（流量）*ρ （密度）=46477 MJ/h；

技术可利用余能量H= （H_1- H_2）*Q（流量）*ρ （密度）=33456MJ/h；

空气可用势E= e_1* Q（流量）*ρ （密度）=15844MJ/h。

能量密度q= H_1*ρ （密度）=464.77kJ/Nm³

3）烟气计算

暂定烟气成分CO2（15%），O2（3%），H2O（6%），N2（76%）。烟气进余热锅炉温度为290-310℃，取300℃计算；出余热锅炉温度为175-180℃，取175℃计算。烟气流量450000Nm³/h。

查表计算得下表：

余热锅炉进口	573.15（300℃）	K
H_1 kJ/kg	CO2	265.2626
	H2O	337.1458
	N2	289.0356
	O2	299.8201
	烟气	288.6798
e_1 kJ/kg	CO2	80.69311
	H2O	157.9033
	N2	85.5841
	O2	89.44848
	烟气	89.30553

余热锅炉出口	448.15（175℃）	K
H_2 kJ/kg	CO2	138.0502
	H2O	284.7414
	N2	156.6398
	O2	160.6614
	烟气	161.6581
e_2 kJ/kg	CO2	138.0502
	H2O	58.01991
	N2	31.76096
	O2	32.78369

	烟气	49.31056

计算得：

理论可利用余能量H=H_1*Q（流量）*ρ （密度）=175750 MJ/h；

技术可利用余能量H= （H_1- H_2）*Q（流量）*ρ （密度）=77332MJ/h；

空气可用势E= e_1* Q（流量）*ρ （密度）=54370MJ/h；

能量密度q=H_1*ρ （密度）=464.77kJ/Nm³。

3）投资回收期计算

宜昌花林水泥有限公司余热发电投资3000万，日发电9.2万度。夏季销售电价峰电价格0.989元/千万时，谷电价格0.458元/千万时。取0.6元/千万时，年生产时间320天进行计算。

年收益R=0.6*9.2*320=1766.4万元。

投资回收期$t=\frac{K}{R}$=3000/1766.4=1.7年。

4）投资回收率

余热发电使用年限15年，通过下公式计算

$$K=\frac{(1+r)^N-1}{r(1+r)^N}\times R$$

得出投资回收率r=59%。

5）等效年成本

余热发电使用年限15年，年运行成本200万， 给定利率5%，余热发电设备残值50万。计算等效年成本为484.4万元。

6）综合评价表

项目		数值	单位
1.余能量	理论可利用余能量	149334+175750=325084	MJ/h
	技术可利用余能量	137622+77332=214954	MJ/h
	经济可利用余能量		MJ/h
2.能量密度		熟料：1194.7kJ/kg 烟气：464.77kJ/Nm³	KJ/kg KJ/Nm³ KJ/m²
3.品位	可用势	烟气：464.77kJ/Nm³	KJ/kg

4.供能的连续性	供能周期	360	天
	单位周期内工艺系统产生余能的时间	320	天
	周期内余能平均供应量	90301.1	KW
5.储存性	拟采用存储设备与技术	无	
	余能存储投资额	无	¥
	余能存储损失率	无	
6.对环境的影响	余能回收利用而增加或减少的环保投资	无	¥
	余能回收利用技术而获得的环保相关收益	无	¥
7.回收利用经济性	拟采用的回收利用技术	余热发电	
	总投资额	30，000，000	¥
	年收益	17，664，000	¥
	投资回收期	1.7	年
	投资回收率	59%	
	等效年成本	4，844，000	¥

标准起草组

2016.5.19