

### 地源热泵系统节能减排绩效评价方法

Performance evaluation method for energy saving and emission reduction of  
ground-source heat pump system

2019 - 09 - 19 发布

2019 - 10 - 19 实施

---

天津市市场监督管理委员会

发布

# 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 评价原则 .....	1
5 节能减排绩效评价指标 .....	2
5.1 评价指标 .....	2
5.2 技术指标 .....	2
5.3 环境指标 .....	4
5.4 管理指标 .....	6
6 节能减排绩效评价方法 .....	7
6.1 定权方法 .....	7
6.2 评价值计算 .....	7
6.3 评价等级划分 .....	8

## 前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由天津市交通运输委员会提出并归口。

本标准起草单位：天津港（集团）有限公司、南开大学。

本标准主要起草人：于宏兵、李勋、王得蓉、吴凤明、王浩闻、肖扬、李姚、张鹿。

# 地源热泵系统节能减排绩效评价方法

## 1 范围

本标准规定了地源热泵系统节能减排绩效评价的评价原则、评价指标和评价方法。  
本标准适用于天津市地源热泵系统的节能减排绩效评价。

## 2 规范性引用文件

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,仅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。

GB/T 19409 水(地)源热泵机组

GB 19577 冷水机组能效限定值及能效等级

GB 50366 地源热泵系统工程技术规范

## 3 术语和定义

GB 50366 界定的以及下列术语和定义适用于本文件,为便于使用以下重复列出了 GB 50366 中的某些术语和定义。

### 3.1

**地源热泵系统** ground-source heat pump system

以岩土体、地下水或地表水为低温热源,由水源热泵机组、地热能交换系统、建筑物内系统组成的供热空调系统。根据地热能交换系统形式的不同,地源热泵系统分为地埋管地源热泵系统、地下水地源热泵系统和地表水地源热泵系统。

[GB 50366, 定义 2.0.1]

### 3.2

**制热性能系数** coefficient of heating performance

在额定工况和规定条件下,地源热泵系统进行制热运行时,制热量与有效输入功率的比值,反映整个地源热泵系统(包括机组与水泵)制热工作状态下的能源利用效率。

### 3.3

**制冷能效比** refrigeration energy efficiency ratio

在额定工况和规定条件下,地源热泵系统进行制冷运行时,制冷量与有效输入功率的比值,反映整个地源热泵系统(包括机组与水泵)制冷工作状态下的能源利用效率。

## 4 评价原则

应符合以下原则:

- 科学性原则;
- 先进性原则;

——实用性原则。

## 5 节能减排绩效评价指标

### 5.1 评价指标

评价指标分为三级，见表1。

表1 评价指标组成表

一级指标	二级指标	三级指标
地源热泵节能综合指标 A	技术指标 T	制热性能系数 (T1)
		制冷能效比 (T2)
		常规能源替代量 (T3)
	环境指标 EN	二氧化碳减排量 (EN1)
		二氧化硫减排量 (EN2)
		烟尘减排量 (EN3)
		氮氧化物减排量 (EN4)
	管理指标 M	机房管理指标 (M1)
		计量系统完整度 (M2)

### 5.2 技术指标

#### 5.2.1 制热性能系数

制热性能系数应按式 (1)、(2)、(3) 计算。

$$COP = \frac{Q_t}{W_t} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$Q_t$ —地源热泵系统制热量，单位为千瓦 (kW)；

$W_t$ —系统制热期的有效输入功率，单位为千瓦 (kW)。

$$Q_t = (t_1 - t_2) \rho C_p G_k / (3.6 \times 10^6) \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$Q_t$ —地源热泵系统制热量，单位为千瓦 (kW)；

$t_1$ —冷凝器出水温度，单位为摄氏度 (°C)；

$t_2$ —冷凝器进水温度，单位为摄氏度 (°C)；

$\rho$ —水的平均密度，单位为千克每立方米 (kg/m<sup>3</sup>)；

$C_p$ —水的比热容，单位为焦耳每千克摄氏度 (J/(kg·°C))；

$G_k$ —空调侧流量，单位为立方米每小时 (m<sup>3</sup>/h)；

$3.6 \times 10^6$ —焦耳每小时 (J/h) 与千瓦 (kW) 的单位换算系数。

$$W_t = \frac{PC_t}{T_t} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$W_t$ —系统制热期的有效输入功率,单位为千瓦(kW);

$PC_t$ —系统制热期耗电量,单位为千瓦时(kW·h);

$T_t$ —制热期系统工作时数,单位为小时(h)。

### 5.2.2 制冷能效比

制冷能效比应按式(4)、(5)、(6)计算。

$$EER = \frac{Q_c}{W_c} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$Q_c$ —地源热泵系统制冷量,单位为千瓦(kW);

$W_c$ —系统制冷期的有效输入功率,单位为千瓦(kW)。

$$Q_c = (t_3 - t_4) \rho C_p G_k / (3.6 \times 10^6) \dots\dots\dots (5)$$

式中:

$Q_c$ —地源热泵系统制冷量,单位为千瓦(kW);

$t_3$ —蒸发器进水温度,单位为摄氏度(°C);

$t_4$ —蒸发器出水温度,单位为摄氏度(°C);

$\rho$ —水的平均密度,单位为千克每立方米(kg/m<sup>3</sup>);

$C_p$ —水的比热容,单位为焦耳每千克摄氏度(J/(kg·°C));

$G_k$ —空调侧流量,单位为立方米每小时(m<sup>3</sup>/h);

$3.6 \times 10^6$ —焦耳每小时(J/h)与千瓦(kW)的单位换算系数。

$$W_c = \frac{PC_c}{T_c} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

$W_c$ —系统制冷期的有效输入功率,单位为千瓦(kW);

$PC_c$ —系统制冷期耗电量,单位为千瓦时(kW·h);

$T_c$ —制冷期系统工作时数,单位为小时(h)。

### 5.2.3 常规能源替代量

相对于传统系统,采用地源热泵时常规能源替代量应按式(7)计算。

$$Q_{bm} = (Q_1 - Q_2) \times k / 1000 \dots\dots\dots (7)$$

式中:

$Q_{bm}$ —常规能源替代量,单位为吨标准煤(tce);

$Q_1$ —采用传统系统的总能耗，单位为千瓦时（kW·h）；

$Q_2$ —采用地源热泵系统的总能耗，单位为千瓦时（kW·h）；

$k$ —标准煤耗电量折算系数，单位为千克标准煤每千瓦时（kgce/（kW·h））；

1000—千克标准煤（kgce）与吨标准煤（tce）的换算系数。

#### 5.2.4 技术指标评价

根据制热性能系数、制冷能效比及常规能源替代量的计算结果，按照GB 19577和GB/T 19409进行评价，技术指标评分表见表2。

表2 技术指标评分表

评分项目	总分值	评分等级	等级分值E	评分结果	
				分数E	等级
制热性能系数	100	优	$90 \leq E \leq 100$		
		良	$80 \leq E < 90$		
		中	$60 \leq E < 80$		
		差	$E < 60$		
制冷能效比	100	优	$90 \leq E \leq 100$		
		良	$80 \leq E < 90$		
		中	$60 \leq E < 80$		
		差	$E < 60$		
常规能源替代量	100	优	$90 \leq E \leq 100$		
		良	$80 \leq E < 90$		
		中	$60 \leq E < 80$		
		差	$E < 60$		

### 5.3 环境指标

#### 5.3.1 二氧化碳减排量

按常规能源替代量折算的二氧化碳减排量应按式（8）计算。

$$Q_{CO_2} = Q_{bm} \times 2.47 \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中：

$Q_{CO_2}$ —二氧化碳减排量，单位为吨（t）；

2.47—标准煤的二氧化碳排放因子，单位为吨每吨标准煤（t/tce）。

#### 5.3.2 二氧化硫减排量

按常规能源替代量折算的二氧化硫减排量应按式（9）计算。

$$Q_{SO_2} = Q_{bm} \times 0.02 \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中：

$Q_{SO_2}$ —二氧化硫减排量，单位为吨（t）；

0.02—标准煤的二氧化硫排放因子，单位为吨每吨标准煤（t/tce）。

### 5.3.3 烟尘减排量

按常规能源替代量折算的烟尘减排量应按式（10）计算。

$$Q_{PM10} = Q_{bm} \times 0.01 \dots\dots\dots (10)$$

式中：

$Q_{PM10}$ —烟尘减排量，单位为吨（t）；

0.01—标准煤的烟尘排放因子，单位为吨每吨标准煤（t/tce）。

### 5.3.4 氮氧化物减排量

按常规能源替代量折算的氮氧化物减排量应按式（11）计算。

$$Q_{NOx} = Q_{bm} \times 0.02 \dots\dots\dots (11)$$

式中：

$Q_{NOx}$ —氮氧化物减排量，单位为吨（t）；

0.02—标准煤的氮氧化物排放因子，单位为吨每吨标准煤（t/tce）。

### 5.3.5 环境指标评价

根据二氧化碳减排量、二氧化硫减排量、烟尘减排量及氮氧化物减排量的计算结果，按照 GB 19577 和 GB/T 19409 进行评价，环境指标评分表见表 3。

表3 环境指标评分表

评分项目	总分值	评分等级	等级分值E	评分结果	
				分数E	等级
二氧化碳减排量	100	优	$90 \leq E \leq 100$		
		良	$80 \leq E < 90$		
		中	$60 \leq E < 80$		
		差	$E < 60$		
二氧化硫减排量	100	优	$90 \leq E \leq 100$		
		良	$80 \leq E < 90$		
		中	$60 \leq E < 80$		
		差	$E < 60$		
烟尘减排量	100	优	$90 \leq E \leq 100$		
		良	$80 \leq E < 90$		
		中	$60 \leq E < 80$		
		差	$E < 60$		
氮氧化物减排量	100	优	$90 \leq E \leq 100$		
		良	$80 \leq E < 90$		
		中	$60 \leq E < 80$		
		差	$E < 60$		

## 5.4 管理指标

## 5.4.1 机房管理指标

机房管理指标由机房环境卫生水平、运行记录完整程度和设备日常维护状况组成，机房管理指标评分表见表4。

表4 机房管理指标评分表

评分项目	总分值	评分等级	等级分值E	评分标准	评分结果	
					分数E	等级
环境卫生	40	优	$36 \leq E \leq 40$	清洁卫生、无杂物、通风设备齐全、表面无灰尘、铭牌及操作提示牌清晰		
		良	$32 \leq E < 36$	卫生较好、基本无杂物、通风设备较齐全、表面几乎无灰尘、铭牌及操作提示牌较清晰		
		中	$24 \leq E < 32$	卫生一般、有少量杂物、通风设备较少、表面灰尘较多、铭牌及操作提示牌不太清晰		
		差	$E < 24$	卫生差、杂物多、通风设备严重不足、表面灰尘多、铭牌及操作提示牌不清晰		
运行记录	30	优	$27 \leq E \leq 30$	运行记录完整、准确，符合运行记录管理规定		
		良	$24 \leq E < 27$	运行记录较为完整、准确，较符合运行记录管理规定		
		中	$18 \leq E < 24$	运行记录一般完整、准确，一般符合运行记录管理规定		
		差	$E < 18$	运行记录不完整、不准确，不符合运行记录管理规定		
设备维护	30	优	$27 \leq E \leq 30$	满足维护管理规定、定期检查和保养机组、建立维护日志、记录维护时间和问题		
		良	$24 \leq E < 27$	较满足维护管理规定、基本做到定期检查和保养机组、基本做到建立维护日志、记录维护时间和问题		
		中	$18 \leq E < 24$	一般满足维护管理规定、不定期检查和保养机组、缺少建立维护日志、不能及时记录维护时间和问题		
		差	$E < 18$	不满足维护管理规定、不检查和保养机组、没有建立维护日志、不记录维护时间和问题		

## 5.4.2 计量系统完整度

对地源热泵节能减排进行评价必须依据机组日常运行的监测数据，计量系统的完整与完好是节能评价的重要前提。计量系统完整度评分表见表5。

表5 计量系统完整度评分表

评分项目	总分值	评分等级	等级分值E	评分标准	评分结果	
					分数E	等级
计量设备完整	40	优	$36 \leq E \leq 40$	计量设备完整、计量项目齐全		
		良	$32 \leq E < 36$	计量设备较完整、计量项目较齐全		
		中	$24 \leq E < 32$	计量设备一般完整、计量项目不够齐全		
		差	$E < 24$	计量设备不完整、计量项目不齐全		
计量设备完好	40	优	$36 \leq E \leq 40$	计量设备经过严格校准、计量结果与实际结果一致		
		良	$32 \leq E < 36$	计量设备经过较严格校准、计量结果与实际结果较为一致		
		中	$24 \leq E < 32$	计量设备经过校准、计量结果与实际结果比较接近		
		差	$E < 24$	计量设备未经过校准、计量结果与实际结果相差较大		
计量设备读数方便	20	优	$18 \leq E \leq 20$	所有计量设备的数字显示和安装位置均便于管理人员查看		
		良	$16 \leq E < 18$	所有计量设备的数字显示和安装位置比较便于管理人员查看		
		中	$12 \leq E < 16$	所有计量设备的数字显示和安装位置不太便于管理人员查看		
		差	$E < 12$	所有计量设备的数字显示和安装位置不便于管理人员查看		

## 6 节能减排绩效评价方法

### 6.1 定权方法

6.1.1 地源热泵节能综合指标权重为1，其中技术指标权重为0.4，环境指标权重为0.4，管理指标权重为0.2。三级指标中各项具体指标的权重值则采用专家组打分法确定。

6.1.2 评价一个地源热泵机组的专家组成员个数不得少于6人，实际操作中根据所需要评价的机组数目可对专家组成员人数做适当调整。

### 6.2 评价值计算

#### 6.2.1 加权评价值计算

### 6.2.1.1 技术指标评价价值

技术指标评价价值应按式(12)计算。

$$E_T = \sum_{i=1}^3 E_{Ti} \times W_{Ti} \dots\dots\dots (12)$$

式中:

$E_T$ —技术指标的加权评价价值;

$E_{Ti}$ —技术指标下属三级指标中第*i*个指标的百分制评价价值,  $i=1, 2, 3$ ;

$W_{Ti}$ —技术指标下属三级指标中第*i*个指标对应的权重, 其中  $W_{T1} + W_{T2} + W_{T3} = 0.4$ 。

### 6.2.1.2 环境指标评价价值

环境指标评价价值应按式(13)计算。

$$E_{EN} = \sum_{i=1}^4 E_{ENi} \times W_{ENi} \dots\dots\dots (13)$$

式中:

$E_{EN}$ —环境指标的加权评价价值;

$E_{ENi}$ —环境指标下属三级指标中第*i*个指标的百分制评价价值,  $i=1, 2, 3, 4$ ;

$W_{ENi}$ —环境指标下属三级指标中第*i*个指标对应的权重, 其中  $W_{EN1} + W_{EN2} + W_{EN3} + W_{EN4} = 0.4$ 。

### 6.2.1.3 管理指标评价价值

管理指标评价价值应按式(14)计算。

$$E_M = \sum_{i=1}^2 E_{Mi} \times W_{Mi} \dots\dots\dots (14)$$

式中:

$E_M$ —管理指标的加权评价价值;

$E_{Mi}$ —管理指标下属三级指标中第*i*个指标的百分制评价价值,  $i=1, 2$ ;

$W_{Mi}$ —管理指标下属三级指标中第*i*个指标对应的权重, 其中  $W_{M1} + W_{M2} = 0.2$ 。

### 6.2.2 综合评价价值计算

综合评价价值应按式(15)计算。

$$E_Z = E_T + E_{EN} + E_M \dots\dots\dots (15)$$

式中:

$E_Z$ —综合评价价值, 取值范围为0~100。

### 6.3 评价等级划分

按评价等级划分表进行等级划分, 见表6。

表6 评价等级划分表

评价指标分值	评价等级
$90 \leq E_z \leq 100$	优
$80 \leq E_z < 90$	良
$60 \leq E_z < 80$	中
$E_z < 60$	差