

典型蓄热式电采暖项目经济性对比分析

苗常海,白中华,王 雯,孙奉昌,张 沛,杨 盼

(国网信通产业集团北京分公司,北京 100031)

Economic comparison and analysis of typical regenerative electric heating projects

MIAO Chang-hai, BAI Zhong-hua, WANG Wen, SUN Feng-chang, ZHANG Pei, YANG Pan

(Beijing Branch, State Grid Information & Telecommunication Group, Beijing 100031, China)

摘要:蓄热式电采暖项目的经济性评价是项目决策的重要依据,目前的评价方法直观性较差,为了提供新的评价方法,采用临界电价法,既可以定性判断项目是否具备经济可行性,也可进行多方案优选。结合典型案例使用该方法进行经济性评价,得到结论:高温固体蓄热电锅炉方案经济性最佳,电极锅炉和水蓄热方案经济性其次,电锅炉和相变蓄热方案经济性最差。

关键词:蓄热;电采暖;经济性分析

Abstract: The economic evaluation of the regenerative electric heating project is an important basis for the project decision, and the present evaluation method is less intuitionistic. In order to provide a new evaluation method, a critical price method is used to determine whether the project has economic feasibility or multiple alternatives. With the analysis of this method, it is concluded that solid heat storage boiler scheme has the best economy, the second is the electrode boiler and water storage scheme, and the electric boiler and phase change heat storage scheme is the worst.

Key words: regenerative heat; electric heating; economic analysis

中图分类号:F407.61;TK018;TK019 文献标志码:B

近年来,我国北方地区冬季灰霾现象频发,其中分散式小型燃煤采暖炉是造成灰霾的重要原因^[1-2]。为推进京津冀地区大气污染防治工作,2017年8月,环保部发布了《京津冀及周边地区2017—2018年秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案》,要求完成京津冀地区以电代煤、以气代煤300万户以上,淘汰小型燃煤锅炉4.4万台,这些为电采暖技术的推广带来了难得的契机。蓄热式电采暖技术能够充分利用低谷电价政策,将用电高峰时段的用电量转移至低谷时段,大幅度降低运行费用,同时,由于清洁无污染、调控方便等优点,其成为重要的清洁采暖技术。蓄热式电采暖具备较强的移峰填谷能力^[3],其推广应用必将成为新的电力需求侧管理资源,对于缓解冬季电网峰谷差具有重要意义。

制定科学合理的项目经济性评价方法是蓄热式电采暖项目决策的关键。目前,对于该类项目的评价方法主要有投资回收期法^[4-5]、总费用现值法^[6-8]和费用年值法^[7],虽然这些方法能够科学地评价项目的经济性,但是存在直观性差,过于专业化的缺点。本文旨在提供一种更加直观的评价方法——临界电价法,并对临界电价进行敏感性分析。

1 基本条件设定

电采暖就是将电能转换为热能的冬季室内取

收稿日期:2018-05-30;修回日期:2018-07-18

作者简介:苗常海(1978),男,北京人,硕士,研究方向为综合能源系统,蓄冷蓄热工程应用和节能技术。

暖^[10]。目前,市场上主流蓄热式电采暖技术包含:电极锅炉和水蓄热、电锅炉和相变蓄热以及高温固体蓄热电锅炉等3种。以下根据山西某高校的实际工程,对比分析3种方案与市政供暖方案的经济性。

该学校采暖系统的基本条件如下:

年采暖天数为150 d,其中寒假45 d,采暖系统防冻运行。采暖期室外计算温度为 -12°C ,室外平均温度为 -2.7°C 。采暖期室内供暖设计温度 $18\pm 2^{\circ}\text{C}$,防冻设计温度 $5\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

总采暖面积为34万 m^2 ,其中17万 m^2 为学生宿舍楼,24 h供热,其余17万 m^2 为教学楼和办公楼,白天12 h供热,夜间12 h防冻运行。

当地对电采暖项目执行峰谷电价,其中高峰时段和低谷时段各12 h,低谷电价为0.280 2元/kWh,高峰电价为0.497元/kWh。

供热系统设计热负荷指标取45 W/ m^2 ,采暖季平均运行热负荷指标取30 W/ m^2 。采暖系统采用全负荷蓄热设计,即白天高峰时段供热负荷全部由蓄热装置承担。

2 初投资对比分析

项目初投资范围为锅炉房内所有设备,不包含电力接入系统、土建、管网系统以及采暖末端系统。各采暖方案投资情况如下:

(1) 电极锅炉和水蓄热方案

该方案初投资总计3 008万元,单位采暖面积

初投资为 88.5 元,其中电极锅炉占比最大,为 47.9%,其次为蓄热罐,占比为 26.3%。电极锅炉和水蓄热方案投资情况如表 1 所示。

表 1 电极锅炉和水蓄热方案投资表

设备名称	数量/套	单价/(万元·套 ⁻¹)	总价/万元	比例/%
电极锅炉	3	480	1 440	47.9
蓄热罐	1	790	790	26.3
蓄热循环泵	3	10	30	1.0
放热泵	2	9	18	0.6
供热循环泵	3	24	72	2.4
供热板换	2	29	58	1.9
水处理系统	1	20	20	0.7
控制系统	1	80	80	2.7
低压配电	6	25	150	5.0
安装及材料	1	350	350	11.6
合计			3 008	100.0

(2) 电锅炉和相变蓄热方案

该方案初投资总计 4 610 万元,单位采暖面积初投资为 135.6 元,其中相变蓄热装置占比最大,为 65.6%,其次为电锅炉,占比为 19.5%。电锅炉和相变蓄热方案投资如表 2 所示。

表 2 电锅炉和相变蓄热方案投资表

设备名称	数量/套	单价/(万元·套 ⁻¹)	总价/万元	比例/%
电锅炉	6	150	900	19.5
相变蓄热装置	1	3 024	3 024	65.6
蓄热泵	2	9	18	0.4
供热泵	2	21	42	0.9
供热板换	2	15	30	0.7
水处理系统	1	16	16	0.3
控制系统	1	80	80	1.7
低压配电	1	150	150	3.3
安装及材料	1	350	350	7.6
合计			4 610	100.0

(3) 高温固体蓄热电锅炉方案

该方案初投资总计 2 772 万元,单位采暖面积初投资为 81.5 元,其中相变蓄热装置占比最大,为 90.9%,其余部分占比较小。高温固体蓄热电锅炉系统投资情况如表 3 所示。

表 3 高温固体蓄热电锅炉系统投资表

设备名称	数量/套	单价/(万元·套 ⁻¹)	总价/万元	比例/%
高温固体蓄热式电锅炉	1	2 520	2 520	90.9
供热板换	1	50	50	1.8
水处理系统	1	12	12	0.4
配电系统	1	160	160	5.8
水泵及附件	1	30	30	1.1
合计			2 772	100.0

(4) 对比分析

3 种采暖方案单位面积初投资情况如图 1 所示,3 种蓄热式电采暖方案中,单位采暖面积初投资由高到低分别为:电锅炉和相变蓄热、电极锅炉和水蓄热、高温固体蓄热式电锅炉。其中电锅炉和相变蓄热方案的初投资远高于其它两种,电极锅炉和水蓄热与高温固体蓄热式电锅炉方案初投资接近。

3 种蓄热式电采暖方案单位面积初投资均高于市政采暖(初投资按照接口费 70 元/m²计算),但后 2 种蓄热式电采暖方案与其接近。

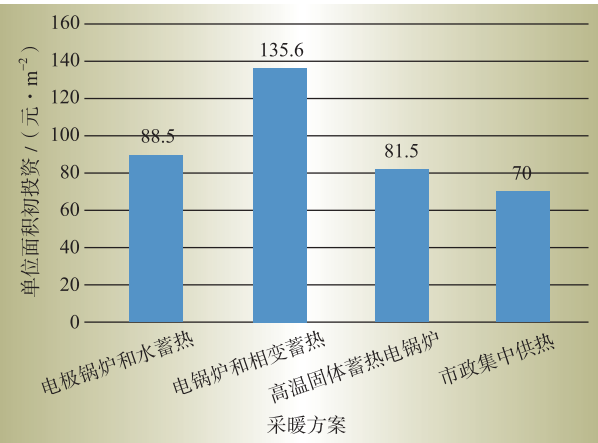


图 1 各采暖方案单位面积初投资

3 运行费用分析

本项目的采暖设计热指标为 45 W/m²,防冻设计热指标为 10 W/m²,采暖季负荷系数取 0.69。采暖系统采用全蓄热设计,锅炉本体只在夜间低谷电价时段运行,制取全天所需的热负荷,辅机全天运行。在非寒假期期间,宿舍部分全天供暖,其余部分夜间防冻运行;在寒假期期间,全部建筑物全天防冻运行。蓄热式电采暖运行的电费情况如表 4 所示。

3 种蓄热式电采暖方案的运行电费基本相同,均为 783.72 万元单位面积年采暖电费为 23.1 元。

表 4 蓄热式电采暖运行电费表

项目	锅炉耗电			辅机耗电	合计
	白天	夜间	假期	(采暖季)	
设计负荷/kW	16 000	10 000	3 500		
负荷系数	0.69	0.69	0.69		
平均负荷/kW	11 040	6 900	2 415		
运行时间/h	1 260	1 260	1 080	3 600	
耗电量/万 kWh	1 391.04	869.40	260.82	126.06	2 647.32
电价/(元·kWh ⁻¹)	0.280 2	0.280 2	0.388 6	0.388 6	
电费/万元	389.77	243.61	101.35	48.99	783.72

考虑 1.2 元/m² 的人工及运维费用,单位面积年采暖运行费用为 24.25 元,年采暖总运行费用为 824.52 万元。采用市政采暖,按单位面积采暖费用 27 元计算,年运行费用为 918.00 万元。

4 临界电价分析

单纯从项目初投资或运行费用方面评价方案的优劣是不全面的,为科学地评价多方案的经济性,采用临界电价法。所谓“临界电价法”是指先计算出市政采暖方案在项目寿命周期内的总费用现值,然后令电采暖方案的总费用现值与其相等,反算出一个电价,即临界电价。最后通过对比实际电价和临界电价来评价电采暖方案相比市政采暖方案是否具备经济性的方法。

为了评价 2 个采暖方案的经济性,首先设定 2 个方案能够达到相同的供暖效果,那么在项目的寿命周期中支出总费用少的方案经济性更好。方案的总费用包含项目的初投资和项目的总运行费用。考虑资金的时间效益,将项目各年的运行费用折合到第一年初,即运行费用现值,再加上初投资,可得到方案的全寿命周期内的总费用现值(以下简称总费用现值)。

总费用现值是评价采暖方案的综合指标,其数值越小,该方案经济性越好。如果蓄热式电采暖方案(以下简称电采暖方案)和市政采暖方案的经济性相同,那么两方案的总费用现值相等。如果先算出市政采暖方案的总费用现值,然后令电采暖方案的总费用现值与其相等,由于低谷电价直接影响运行电费,是电采暖方案总费用现值的函数,这样可以反算出一个低谷电价,这就是临界低谷电价。

临界低谷电价具备明确的工程意义,即如果当地的低谷电价和临界电价相同,则采用电采暖方案与市政采暖方案的经济性相当。

临界低谷电价具体计算方法如下:

(1) 计算各方案全寿命周期内的总费用现值

采暖项目全寿命周期内总费用分为两部分,一部分为初投资,另一部分为运行费用^[9],忽略项目寿命末期的残值回收,详见式(1)

$$PVC = I_0 + C \times (P/A, i, N) \quad (1)$$

$$(P/A, i, N) = \frac{1 - (1 - i)^{-N}}{i} \quad (2)$$

式中: PVC 为项目全寿命周期总费用现值; I_0 为项目初投资; C 为项目年运行费用; i 为利率; N 为项目寿命期,取 20 年。 $(P/A, i, N)$ 为年金现值系数。

(2) 计算临界低谷电价

假设某电采暖方案与市政采暖方案的总费用现值相等,反算出临界低谷电价,详见式(3)

$$\begin{cases} PVC_1 = I_{01} + C_1 \times (P/A, i, N) \\ PVC_2 = I_{02} + C_2 \times (P/A, i, N) \\ PVC_2 = PVC_1 \\ C_2 = S \times (Q \times P_{dg} + P_{yw}) \end{cases} \quad (3)$$

式中: PVC_1 为市政采暖方案的全寿命周期总费用现值; PVC_2 为电采暖方案的全寿命周期总费用现值; I_{01} 为市政集中采暖方案的初投资; I_{02} 为电采暖方案的初投资; C_1 为市政集中采暖方案的年运行费用(包含燃料费、工人工资和维修费); C_2 为电采暖方案的年运行费用(包含电费、工人工资和维修费); S 为采暖面积; Q 为电采暖方案中单位面积年耗电量; P_{dg} 为临界低谷电价; P_{yw} 为电采暖方案中,折合到单位面积的年工人工资和维修费。

(3) 可行性分析

当实际低谷电价低于临界低谷电价时,该方案相比市政采暖具有经济性,否则,该方案相比市政采暖不具备经济性。

(4) 多方案优选

如果多种蓄热式电采暖方案相比市政采暖方案均具备经济性,则其临界低谷电价最高的方案经济性最优。

在分析项目可行性时,决策者首先要计算某种蓄热式电采暖方案的临界低谷电价,只有当实际低谷电价低于临界低谷电价时,该方案才具备可行性。当多种蓄热式电采暖方案均具有可行性时,需要进行多方案优选,即临界低谷电价最高的为最优方案。

典型项目中市政采暖费用为 27 元/m²,接口费为 70 元/m²,利率取 6%,项目寿命期取 20 年。按照该方法计算,高温固体蓄热电锅炉方案、电极锅炉和水蓄热方案、电锅炉和相变蓄热方案的临界低谷电价分别为 0.301 5 元/kWh、0.294 2 元/kWh、0.244 2 元/kWh。当地实际低谷电价为 0.280 2 元/kWh,因此,高温固体蓄热电锅炉方案和电极锅炉和水蓄热方案相比市政采暖具备经济可行性,且前者的经济性最好,电锅炉和相变蓄热方案不具备经济可行性。

5 敏感性分析

对于某种蓄热式电采暖方案,其临界低谷电价受市政采暖费,市政采暖接口费,利率,该方案的初投资、单位面积年耗电量等 5 个因素影响,最后 2 种因素基本固定不变,因此,临界低谷电价主要受前 3 中因素影响,为研究敏感性,本文提供了 3 种蓄热式电采暖方案的临界低谷电价随 3 中主要影响因素的变化曲线。

图 2 是临界低谷电价随市政采暖费的变化曲线,可见,临界低谷电价与市政采暖费的呈线性关

系,市政采暖价格越高,蓄热式电采暖方案的临界低谷电价越高。

图3是临界低谷电价随利率的变化曲线,可见,利率越高,蓄热式电采暖方案的临界低谷电价越低。

图4是临界低谷电价随市政采暖接口费的变化曲线,可见,蓄热式电采暖的临界电价与市政采暖接口费呈线性关系,市政采暖接口费越高,临界电价越高。

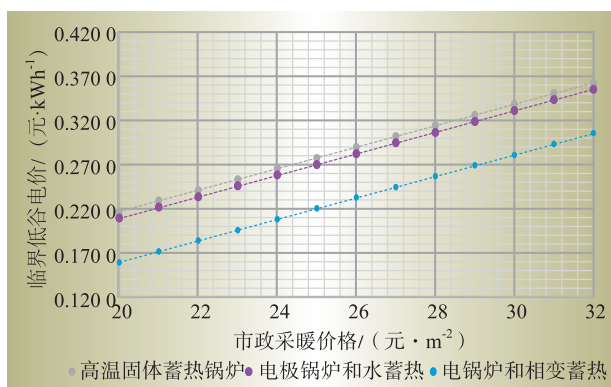


图2 蓄热式电采暖方案临界低谷电价-市政采暖价格关系

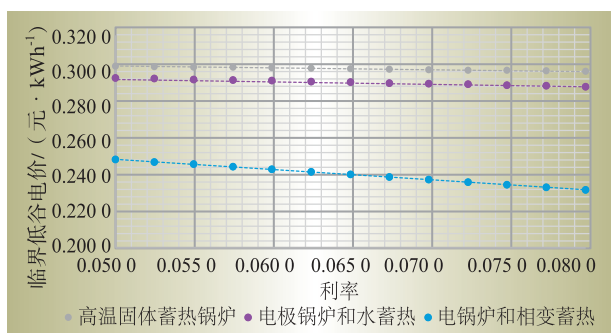


图3 蓄热式采暖方案临界低谷电价-利率关系

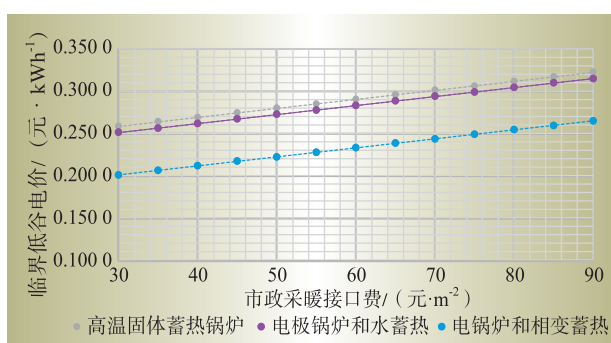


图4 蓄热式采暖方案临界低谷电价-市政采暖接口费关系

6 结论

通过本文以上研究分析,可以得到以下结论:

(1) 高温固体蓄热电锅炉、电极锅炉和水蓄热、电锅炉和相变蓄热是目前市场主流的3种蓄热式电采暖技术,其运行费用基本相同,单位面积初投资由低到高依次为:高温固体蓄热电锅炉、电极锅炉

和水蓄热、电锅炉和相变蓄热。

(2) 临界低谷电价是判断蓄热式电采暖相比市政采暖是否具备经济可行性的关键指标,临界低谷电价主要受当地市政采暖价格、利率、采暖接口费影响。当项目所在地实际低谷电价低于临界低谷电价时,蓄热式电采暖相比市政采暖才具备经济性,同时,实际低谷电价相比临界低谷电价低得越多,蓄热式电采暖相比市政采暖的经济越好。临界低谷电价既可以作为评价方案是否具备经济可行性的定性指标,也可作为多方案优选的定量指标。

(3) 按照临界电价法综合分析主流蓄热式电采暖方案的经济性,高温固体蓄热电锅炉方案最佳,电极锅炉+水蓄热其次,电锅炉+相变蓄热方案最差。D

参考文献:

- [1] 蓝庆新,侯姗.我国雾霾治理存在的问题及解决途径研究[J].青海社会科学,2015(1):76-80.
- [2] 张剑,吴亮,袁新润等.分散电采暖在天津地区的应用分析[J].电力需求侧管理,2015,17(6):33-36.
- [3] 柯秀芳,张仁元.热能储存技术及其在建筑供暖的应用[J].电力需求侧管理,2003,5(4):57-59.
- [4] 邵希娟,杜丽萍.关于投资回收期法的探讨[J].财会通讯:理财版,2007(1):29-30.
- [5] 袁新润,吴亮,张剑,等.天津电能替代形势与电采暖经济性分析[J].电力需求侧管理,2015,17(5):24-29.
- [6] 刘兵军.传统净现值法的局限性和解决方法[J].商业研究,2003(16):16-17.
- [7] 齐小顺,刘文艺,吉增其,等.基于费用年值法的电热固体蓄能供热系统经济性分析及评价[J].工业锅炉,2017(4):38-41.
- [8] 瞿建国.用净现值分析方法优化电厂检修决策[J].电力工程技术,2003,22(5):17-20.
- [9] 刘晓燕.基于全寿命周期管理的电力设备状态检修成本研究[J].电力工程技术,2016,35(5):74-76.
- [10] 郎毅.推行电采暖的几个问题[J].供用电,2002,19(6):45-46.

