

热泵技术应用的经济性评价

马景彬

中建阿尔及利亚公司，北京市，102218；

摘要：随着人们环保意识的加强，许多国家和地区开始加强环保政策的制定和执行。其中，热泵作为一种高效节能的装置，已经在许多国家许多领域中有所应用。可以预料到会涌现更多热泵的设计方案，将热泵应用到更多领域或是对现有热泵的应用进行优化。经济性评价，在方案中占据着重要的作用。经济性评价可以帮助我们更直观的了解项目的合理性、可行性，也可以帮助我们合理高效的分配有限的资源以提高项目收益。合理的使用经济性评价，可以帮我们节约大量的时间和投资成本，也可以帮助我们提高热泵方案项目的收益，同时也可以更好的规避风险。既然经济性评价具有如此重要的作用，那就应该了解如何进行经济性评价。本文简述工程常用热泵项目经济性评价方法：时间型、价值型、效率型，并举例分析热泵技术应用方案中的经济性实例，以助理解经济性评价，优化项目方案中的经济性反映。

关键词：热泵；热泵应用；经济性

DOI: 10.69979/3029-2727.24.11.022

引言

近年来，经济飞速发展伴随环境破坏，环保与资源问题凸显。随着环保意识提升，多国加强环保政策。节能减排是全球可持续发展的关键，众多技术如太阳能、风能发电，新能源电动汽车及热泵等贡献显著。热泵作为高效节能装置，以少量功耗提供大量供热量，分类多样。环保标准提升促使热泵技术持续改进，多国通过政策扶持其推广。热泵应用于建筑供暖、家庭热水、温室种植及工业领域。在我国，热泵受政策支持，广泛应用于“碳达峰”、“碳中和”目标下。节能减排意识增强与政策扶持下，热泵应用前景广阔，优化方案需求增加，经济性评价至关重要。经济性评价评估项目、政策、产品或服务的经济效益和成本，确定经济可行性，优化资源配置，实现收益最大化。热泵技术广泛应用且将持续，经济性评价在方案设计中占据核心地位。通过分析投入成本、预期效益及收益时间，避免资源浪费，选择最具经济性方案，提高资源利用效率。

下文将探讨热泵方案中的经济性评价方法，并举例说明。

1 工程上常用的经济性评价的方法

就如上述所说，经济性评价经常应用于方案之中，来帮助我们了解项目的投资和收益，确定项目是否可行，也可以帮助我们更好的分配有限的资源，提高收益。那么，在热泵技术应用的改造或是新的设计方案中，如何

进行经济性评价？经济性评价可分为确定性评价和不确定性评价。

下面将列举几种工程上常用的经济性评价方法来讲述如何在热泵应用的案中进行经济性评价。

1.1 热泵的选型

在热泵的选择中，应尽量遵循如下原则：

边界条件确定后，据施工面积与造价优化单机功率与台数。

增大单机功率、减少台数可降总造价，省空间。

同时，热泵选型遵循最小费用原则，兼顾：最大提取余热量，满足边界与安全条件；最佳真空，提升机组整体效益；相同收益下，追求最小造价。

1.2 投资和收益的计算

(1) 项目初始投资成本

$$C_{\text{tot}} = C_{\text{ctru}} + C_{\text{erec}} + C_{\text{proc}} + C_{\text{oth}} \quad (2-1)$$

式中 C_{tot} ——项目总投资成本，万元；

C_{ctru} 、 c_{erec} 、 c_{proc} 、 c_{oth} ——项目建筑工程费、安装工程费、设备购置费、其他费用，万元。

(2) 项目运营成本

$$C_{\text{oper}} = c_{\text{zj}} + c_{\text{cjy}} + c_{\text{tx}} + c_{\text{lx}} \quad (2-2)$$

式中 C_{oper} ——运营成本，万元；

c_{zj} 、 c_{cjy} 、 c_{tx} 、 c_{lx} ——折旧费、经营成本、摊销费、利息支出，万元。

(3) 项目收益

$$R = r_h + r_{\text{coal}} + r_w + r_o \quad (2-3)$$

$$C = c_{\text{exh}} + c_{\text{el}} + c_{\text{oth}} \quad (2-4)$$

$$P_{\text{net}} = R - C \quad (2-5)$$

式中 R——收益，万元；

Rh、rcoal、rw、ro——供热收益、节煤收益、节水收益、其他收益，万元；

C——负收益，万元；

cexh、cel、coth——排气背压升高影响发电负收益、厂用电增加负收益、其他影响造成的负收益，万元；

Pnet——实际收益，万元。

1.3 常用的经济性评价方法

1.3.1 确定性经济评价

(1) 时间型经济性评价

时间型经济评价常用投资回收期法，计算项目投资回收时间，助投资者衡量风险。回收期分静态与动态，方法直观常用。静态回收期计算因投资方式不同而异。

(2) 价值型经济评价

在价值型经济评价中，常运用现值法进行分析。现值法指的是将方案在各个年度的收益、费用或净现值量，按照所要求的折现率，贴现至初始时期的现值，然后根据所有现值的总和来评估和选择方案的方法。

(3) 效益型经济评价

在效益型经济评价中，常使用内部收益率（IRR）来进行经济性评价。

1.3.2 不确定性经济评价

在不确定性经济评价中，常常使用敏感性分析的方法。敏感性分析是指通过研究各种不确定性因素变化时，对方案经济效果的影响幅度。敏感性分析分为单因素和多因素两种，即在分析过程中，假设一个或多个不确定性因素发生变化，研究其对经济效果的影响。进行敏感性分析时，首先需要明确评价指标，通常这些指标与确定性分析中使用的经济效果评估指标是一致的，如 T、NPV、IRR 等。

1.4 三种确定性经济评价方法优缺点分析

确定性经济评价有时间型、价值型、效率型三法。时间型重投资回收期，价值型重寿命期内盈利，效率型重收益速度。三法各有优劣：回收期法直观简单，价值型与效率型计算复杂但指标关键。项目方案可结合多法，全面准确评价经济性。

时间型：优点是注重投资总额的回收期，直观简单，便于衡量风险；缺点是没有反应投资回收期以后方案的情况，一般用于粗略评价。

情况，一般用于粗略评价。

价值型：优点是注重项目寿命期限内的最终盈利情况，可以很好的反应出盈利情况；缺点是计算中，需要先计算折现率，而折现率受多种因素影响，难以获取准确的折现率；方案对比时，如果单纯看净现值大小，容易忽视资金的使用率高低。

效率型：优点是能够评价项目收益速度，弥补了时间型和价值型在面对投资额度或项目寿命周期差异较大的不同方案进行比较时有所不足的缺点；经济含义明确；缺点是 i0 难以确定；无法反映出实际投资收益率水平是多少。

2 热泵经济性评价应用实例

上面已经列举了一些在常用的经济性评价方法，那么在实际的方案中，又是如何进行经济性评价的呢。下面将举例不同热泵的应用方案，分析其如何进行经济性评价。

2.1 蒸汽压缩式热泵技术经济性评价

2.1.1 蒸汽压缩式热泵

蒸汽压缩式热泵通过工作介质物态变化供热，广泛应用于农村、城市、商业及工业领域。在工业中，它用于多级蒸发、深冷再生、干燥加热及化学工业等。农村地区可利用低温热源如废物、农田冷藏室供热。城市与商业领域则用于地源热泵、太阳能热泵、中央空调及暖通系统，提供热水与空气调节。其应用不断扩大，有助于节能减排与环保。

2.1.2 经济性评价实例

本例介绍螺杆式蒸汽压缩热泵系统（以下简称 SSH P=Screw type Steam Heat Pump System），将其应用在啤酒厂麦汁煮沸锅上，进行经济性分析。在啤酒酿造工艺中，煮沸操作占工厂全部能源消耗量的 85%^[1]。将采用螺杆式蒸汽压缩热泵系统代替传统煮沸方式。现对此进行经济性评价。

$$1\text{Mcal}=418.97\text{J}$$

锅炉蒸发比按 14kg 蒸汽/kg 燃油，A 重油比重为 0.87kg/L

则表中转换为重油的锅炉蒸汽计算为：

$$A: 16.8\text{t}/14\text{kg}/\text{kg}/0.87\text{kg}/\text{L}=1379\text{L}$$

$$B: 1.45\text{t}/14\text{kg}/\text{kg}/0.87\text{kg}/\text{L}=119\text{L}$$

发电效率为 35%，重油实际发热为 9400kcal/L (1kcal=14186J)，1kW=860kcal/h

则转换为重油的耗电量计算为：154kW×860kcal/h/

$\text{kW}/9400\text{kcal}/0.35=40.2\text{L}/\text{h}$

2.2 溴化锂吸收式热泵技术经济性评价

2.2.1 溴化锂吸收式热泵

吸收式热泵可分为一类和二类。一类消耗高温热源提升低位热源至中温供用户。二类靠输入中温热能驱动,提高部分热能品位成高温热水或蒸汽供用户,其余排放至环境。溴化锂吸收式热泵高效环保,维修简便,广泛用于商业、工业及住宅的中央供暖、空调系统,实现全天候舒适温控。

2.2.2 经济性评价实例

本例应用溴化锂吸收式热泵对电厂进行改造,通过回收利用电厂产生的余热,来降低能源消耗,来实现节能目的^[2]。

经济性分析:

取 $1\text{kW}\cdot\text{h}$ 电能 0.4 元,折旧率取 5% ,修理费取投资的 2.4% ,改造前、后全年耗电量 $2.35\times 10^6\text{kW}\cdot\text{h}$ 、 $6.768\times 10^5\text{kW}\cdot\text{h}$,改造前热泵机组购置费 1.98×10^6 元,改造后新增投资 1.5892×10^6 元^[2]。

改造前: 电费: $0.4\times 2.35\times 10^6=9.4\times 10^5$ 元。修理费: $0.024\times 1.98\times 10^6=4.75\times 10^4$ 元。折旧费: 设备

折旧年限取 15a ,则年折旧费为 1.254×10^5 元。合计年总成本为 $9.4\times 10^5+4.75\times 10^4+1.254\times 10^5=1.1129\times 10^6$ 元,其中经营成本为: $9.4\times 10^5+4.75\times 10^4=9.875\times 10^5$ 元。

改造后: 电费: $0.4\times 6.768\times 10^5=2.707\times 10^5$ 元。修理费: $0.024\times 1.5892\times 10^6=3.81\times 10^4$ 元。折旧费: 设备折旧年限取 10a ,则年新增折旧费为 1.510×10^5 元。合计改造后新增总成本费用为 $2.707\times 10^5+3.81\times 10^4+1.510\times 10^5=4.598\times 10^5$ 元,其中新增加的经营成本为 $2.707\times 10^5+3.81\times 10^4=3.088\times 10^5$ 元。对比可知,改造后可节约成本为 $9.875\times 10^5-3.088\times 10^5=6.787\times 10^5$ 元。

2.3 热泵与其他能源系统耦合形式下的经济性评价

本例为采用太阳能耦合空气源热泵热水系统设计优化闽清上莲风电场原有的贮水式电热水器供应热水方式,以及方案的经济性分析。本项目采用太阳能耦合空气源热泵热水机组为热水供应的主要设备,其系统原理如图 3-9。

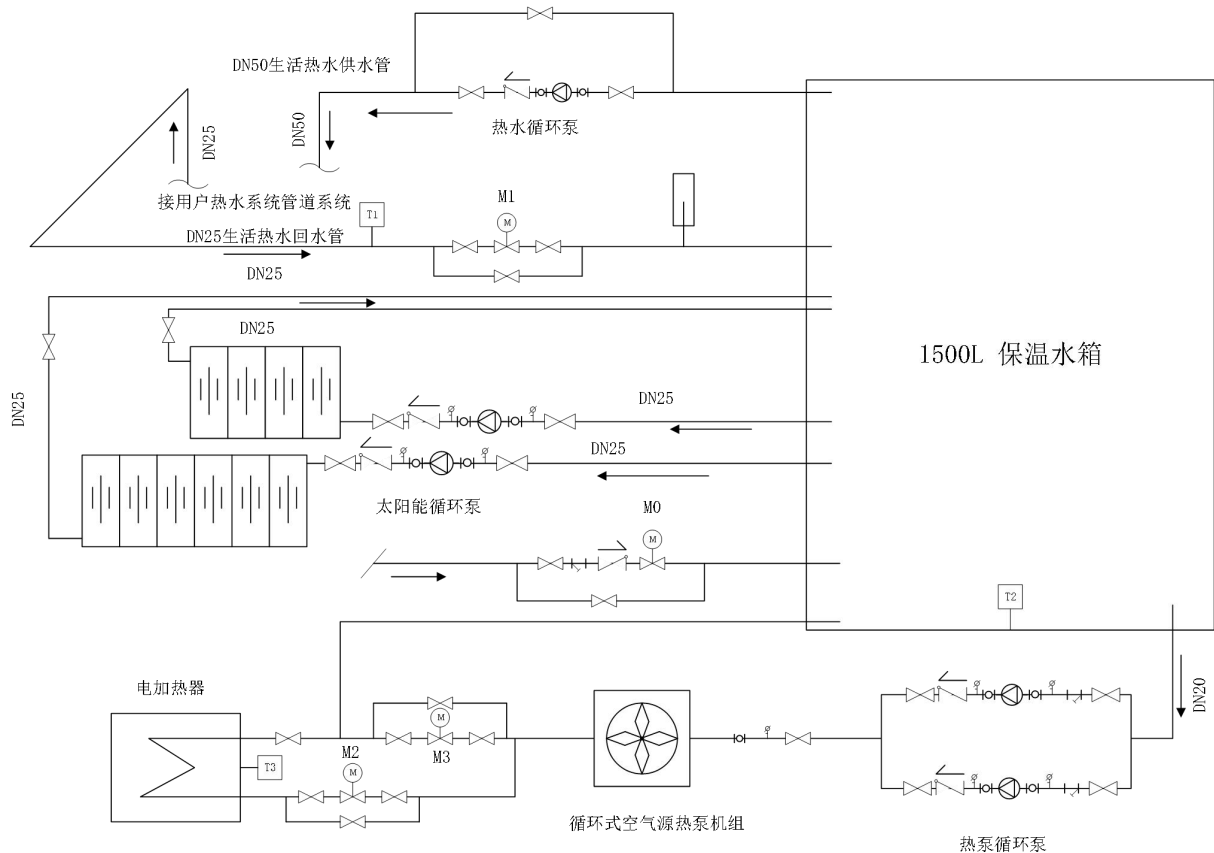


图 3-9 太阳能耦合空气源热泵热水机组原理图

经济性评价:

该工程的年均温度为 22 摄氏度, 全年平均日照时数为 1778 小时, 日用水量约为 1275 升, 单位电价为 0.6 元, 冷热水温度维持在 20℃, 55℃, 系统寿命设定为 12 年。把 1275 升水从 20℃加热至 55℃所需的电量为: $1275 \times (55-20) \times 4.18 \div 3600 \div 0.85 \approx 61\text{kWh}^{[3]}$ 。

改造前, 设备及安装费为 32400 元。以热水器效率 85%进行计算, 则年用电费用为, $365 \times 61 \times 0.6 = 13359$ 元。

改造后, 系统设备及安装费为 118000 元。环境温度低于 5℃的天数为 8d, 需辅助加热, 空气源热泵每小时额定输出功率为 2.0kW, 按空气源热泵每年运行 1200 h 计算, 则年运行费用为: $(2 \times 1200 + 61 \times 8) \times 0.6 = 1732.8$ 元^[3]。

分析可知, 采用本方案可节约 $13359 - 1732.8 = 11626.2$ 元, 投资回收期约为 9a。

3 结论

经济性评价旨在明确设计方案的经济可行性与效益, 确保方案可行后才推进项目实施, 避免资金浪费。

评价还能直观展示投资收益, 通过分析影响收益的关键因素, 优化资源配置, 实现收益最大化。使用经济性评价, 可以减少资金消耗, 选出更高收益的方案, 可以让热泵的方案在应用中实现更加高效。可见, 在方案中使用经济性评价, 可以节约时间减少成本, 加速热泵应用发展, 同时让这些热泵应用方案在完成使用的时候可以有效减少风险并增加收益, 让热泵技术在应用中更加稳定, 更加高效, 进一步完成了节能减排的目标。

参考文献

- [1] 松田润二, 齐佩玉. 螺杆型水蒸汽压缩式热泵[J]. 机电设备, 1986, (04): 18-26.
- [2] 胡玉峰, 黄辰光, 曾志环. 溴化锂吸收式热泵在电厂的应用[J]. 能源与节能, 2022, (09): 162-165. DOI: 10.16643/j.cnki.14-1360/td.2022.09.028.
- [3] 陈正清, 刘达鑫, 方常芳. 太阳能耦合空气源热泵热水系统在风电场的应用[J]. 电力勘测设计, 2023, (08): 67-70. DOI: 10.13500/j.dlkcsj.issn1671-9913.2023.08.012.