

试论在广西地区使用太阳能热水器的经济性能

广西科学院 物理研究室 吴汝卓

提 要

广西地处亚热带, 阴雨天多, 年平均辐照量仅为103千卡/厘米²。因此, 在广西能不能推广使用太阳能热水器, 在什么条件下, 才能经济合理地推广使用太阳能热水器, 本文拟对此作一些分析讨论。

一、引言

要对热水器的经济性能作出评价, 则需与常规能源设备进行比较。根据已发表的资料看, 若以煤作比较对象, 则当热水器的效率为60%, 造价为80元/米²以内时, 即使热水器使用寿命为20年, 从广西的辐照情况看, 仅当每吨煤售价高达64元, 在广西使用太阳能热水器在经济上才是合理的。

但这只是问题的一个方面。广西本身煤、石油、薪炭林等资源缺乏, 煤供应量严重不足, 在有些地区, 木柴价格高达12元/百斤。同时, 广西水利资源丰富, 区内不少地区已试行季节性的以电代煤, 因而, 有必要对此另作分析比较。

二、与木柴、电能的比较

影响太阳能热水器经济性能的因素很多, 除了与热水器本身造价, 热效率及气温、风速、太阳辐射等条件有密切关系外, 还和与之比较的常规能源的价格, 单位发热值, 热转换效率等有关。这是由于采用热水器的基本目的, 就在于节省常规能源。由于大量的生活用能是分散的家庭, 还考虑到热水器的使用, 管理等原因, 下面讨论仅限于家庭生活用热水的范围。对不得不烧柴的服务行业, 也可供参考。

热水器经济性能的好坏, 可由热水器所获得的每一可用大卡热能所需费用 G_1 (元)来表示。把 G_1 与用常规能源所获得的每一可用大卡热能所需费用 G_2 (元)作比较, 即可确定热水器是否经济合理。根据 G_1 、 G_2 的定义, 热水器在经济上合理的条件为

$$G_1 \leq G_2 \quad (1)$$

对于家庭生活用能来说, 提供热水仅是生活用能之一部分, 故可不必考虑“连续供热”还是“间断供热”的问题, 因此

$$G_1 = (C_S + Z_S) / E \cdot n \cdot \beta \cdot \eta_S \quad (2)$$

$$G_2 = C_U / m + P / Q \cdot \eta \quad (3)$$

其中:

C_S : 每平方米太阳能热水器在其使用年限内的全部投资费用(元)。

Z_S : 每平方米太阳能热水器在其使用年限内的全部运行费用。

E : 太阳能总辐射强度。

单位: 大卡/年·米²

n : 太阳能热水器使用年限。

β : 太阳辐射能可利用系数。

γ_s : 太阳能热水器系统的平均转换效率。

C_b : 柴灶或电热壶售价(元)。

m : 在使用寿命内所能生产的热能(大卡)。

γ : 柴灶或电热壶的热效率。

P : 柴或电的售价。

Q : 木柴的发热量或热电转换系数。

将(2)、(3)代入(1)得

$$(C_S + Z_S) / E \cdot n \cdot \beta \cdot \gamma_s \leq C_b / m + P / Q \cdot \gamma$$

即:

$$\frac{C_S + Z_S}{E \cdot n \cdot \beta \cdot \gamma_s} \leq \frac{C_b \cdot Q \cdot \gamma + m \cdot P}{m + Q \gamma}$$

$$\text{或} \quad \frac{C_S/n + Z_S/n}{E \cdot \beta \cdot \gamma_s} \cdot \frac{m + Q \gamma}{C_b \cdot Q \gamma + m P} \leq 1 \quad (4)$$

另据有关资料,太阳能热水器每年运行费用 Z_S/n 约为投资的1%,即 $Z_S/n = 0.01C_S$,这样(4)式可写为

$$\frac{(1 + 0.01n) C_S}{n \cdot \beta \cdot \gamma \cdot Z} \cdot \frac{m + Q \gamma}{C_b \cdot Q \gamma + m P} \leq 1 \quad (5)$$

式中的 β 值,取决于热水器的结构性能及太阳辐射情况。在广西,根据计算,约在0.6至0.9之间。很明显,增大 β 值,除能提高热水器的经济性能外,还将延长一年中热水器的可用天数,具有重要意义,拟另文论述。

(5)式即为评价使用太阳能热水器经济性的公式,若不等式成立,则意味着太阳能热水器的全部费用,可在其使用寿命内依靠节省的常规能源来抵偿,因而是经济合理的,反之亦然。

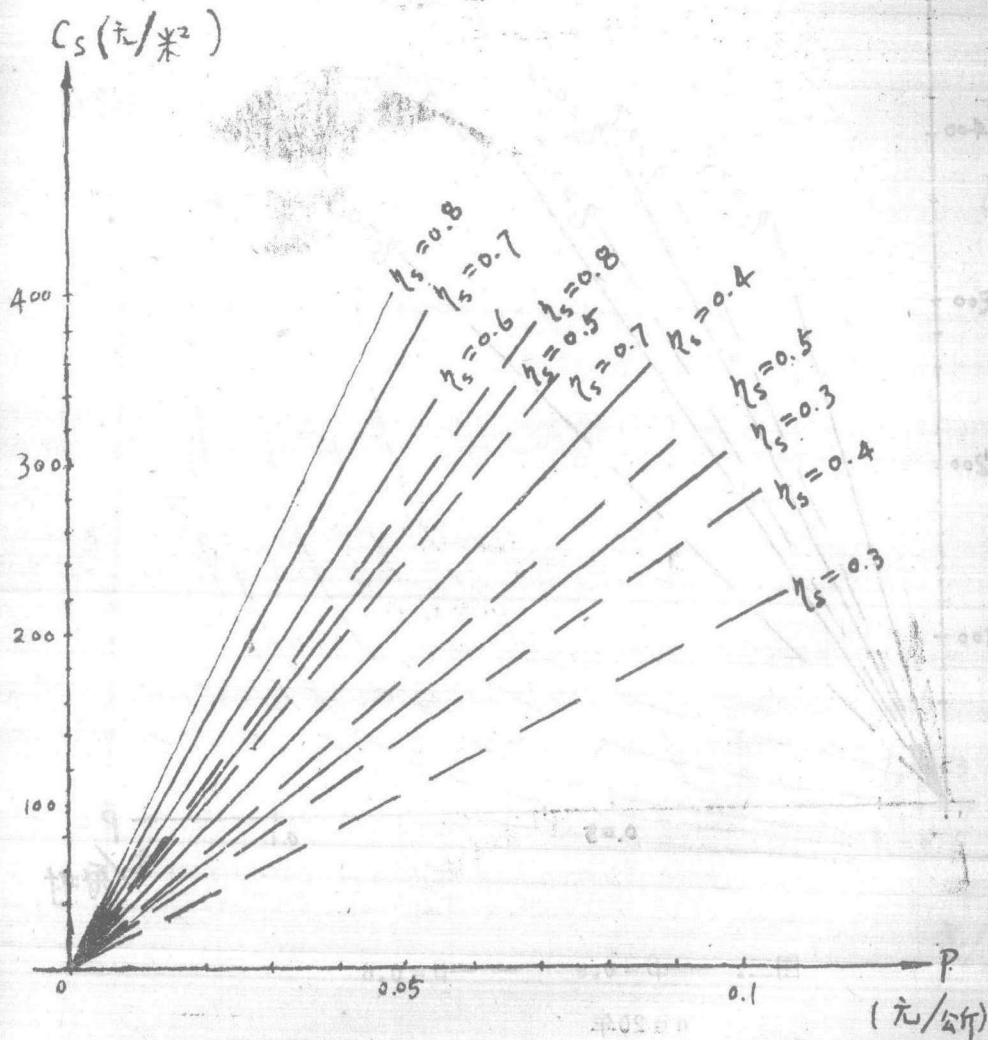
三、边界条件的分析

由(5)式可知,热水器经济性能的好坏主要取决于 C_S 、 E 、 γ_s 、 β 、 P 等几个因素。它们的取值决定于技术条件与客观实际。但总的来说,太阳能热水器的单位造价,所取代的常规能源的价格和太阳总辐射强度与可利用率,热水器的转换效率等,对于评价热水器的经济性能有重大影响。

根据(5)式进行具体计算,可求得任一种热水器的合理使用范围和条件。为方便实际应用,设计了以下两幅 C_S - P 图及四幅 n - P 图供查用。在计算时考虑到 C_b/m 值较小,故略去,即 C_S - P 、 n - P 图是根据下式算出的:

$$\frac{C_s \cdot Q \cdot \eta \cdot (1 + 0.01n)}{n \cdot \beta \cdot \eta_s \cdot E \cdot P} \leq 1 \quad (6)$$

计算中柴灶的效率取 $\eta = 40\%$ ，这在全区省柴节煤灶评比中，是中等水平。电水壶的效率取 $\eta = 85\%$ ，此值由实测得。 $E = 1.03 \times 10^6$ 大卡/米²·年。在C—P图中，C_s表示与一定价格对应的太阳能热水器成本。超过这个造价的太阳能热水器被认为在经济上是不合理的。在n—P图中，n表示收回成本的年限。

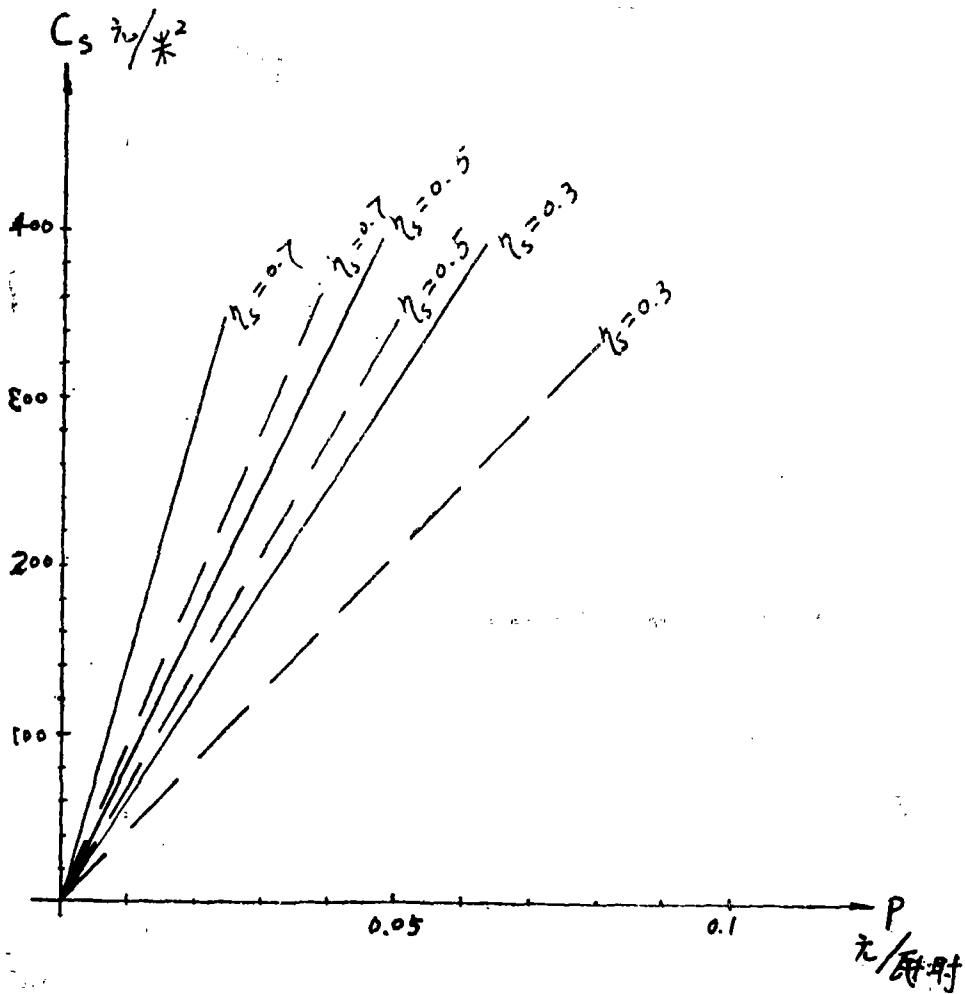


图一。—— $\beta = 0.9$

----- $\beta = 0.6$

$n = 20$ 年

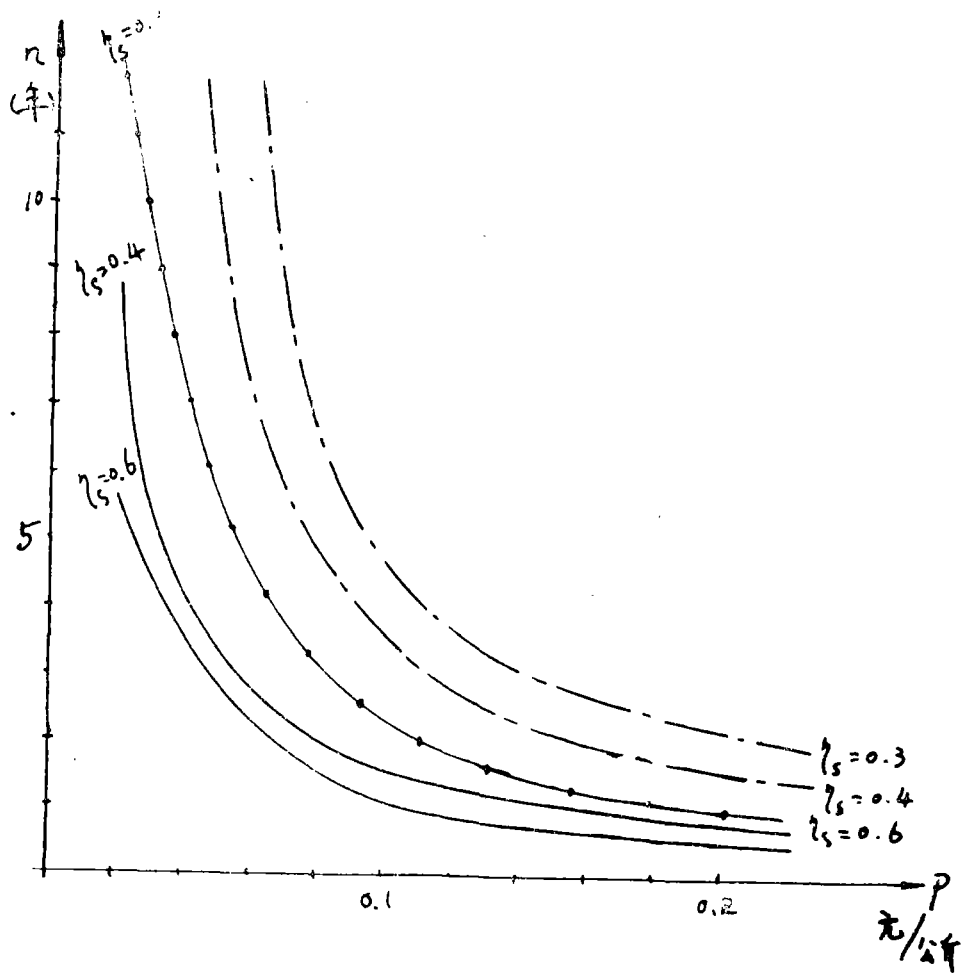
每公斤木柴发热量3700大卡



图二。—— $\beta = 0.9$ - - $\beta = 0.6$

$n = 20$ 年

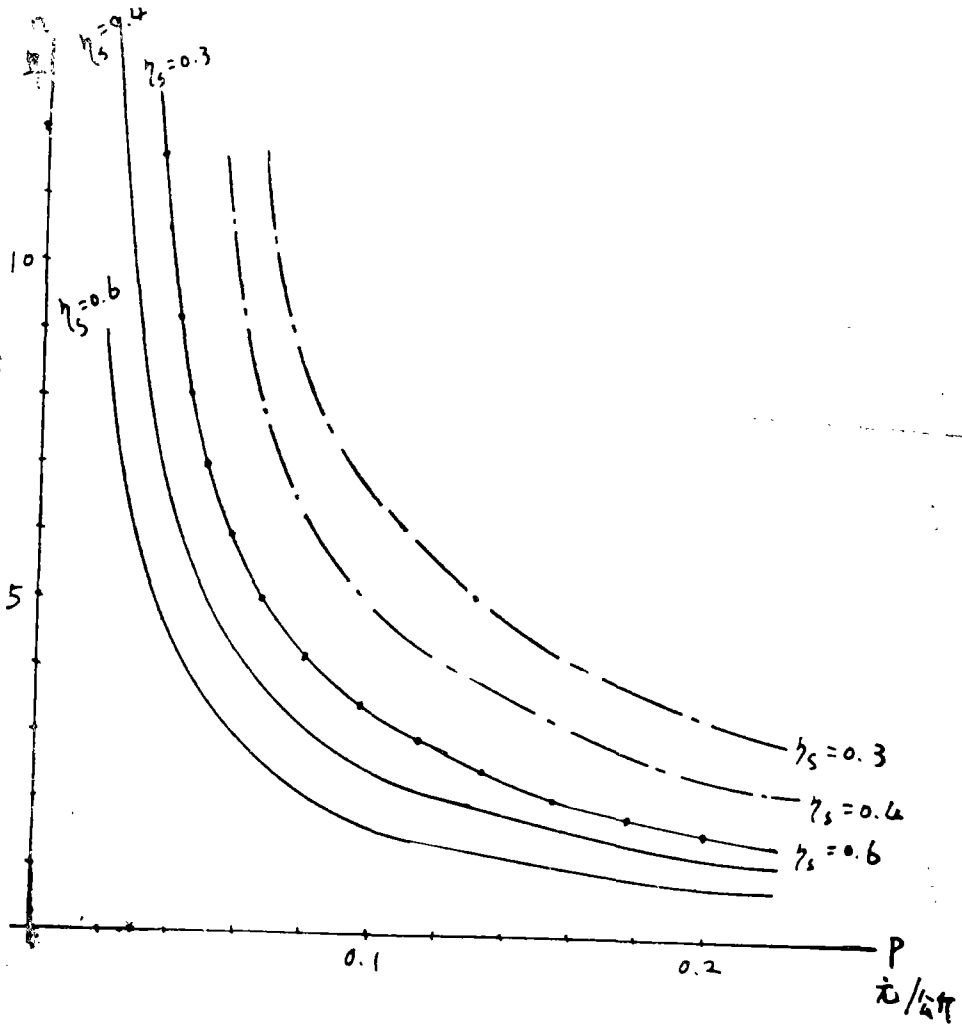
每千瓦时电能发热量864大卡



图三 $\beta_1 = 0.9$ —— $C_S = 40$ 元/米²

— · — $C_S = 8$ 元/米²

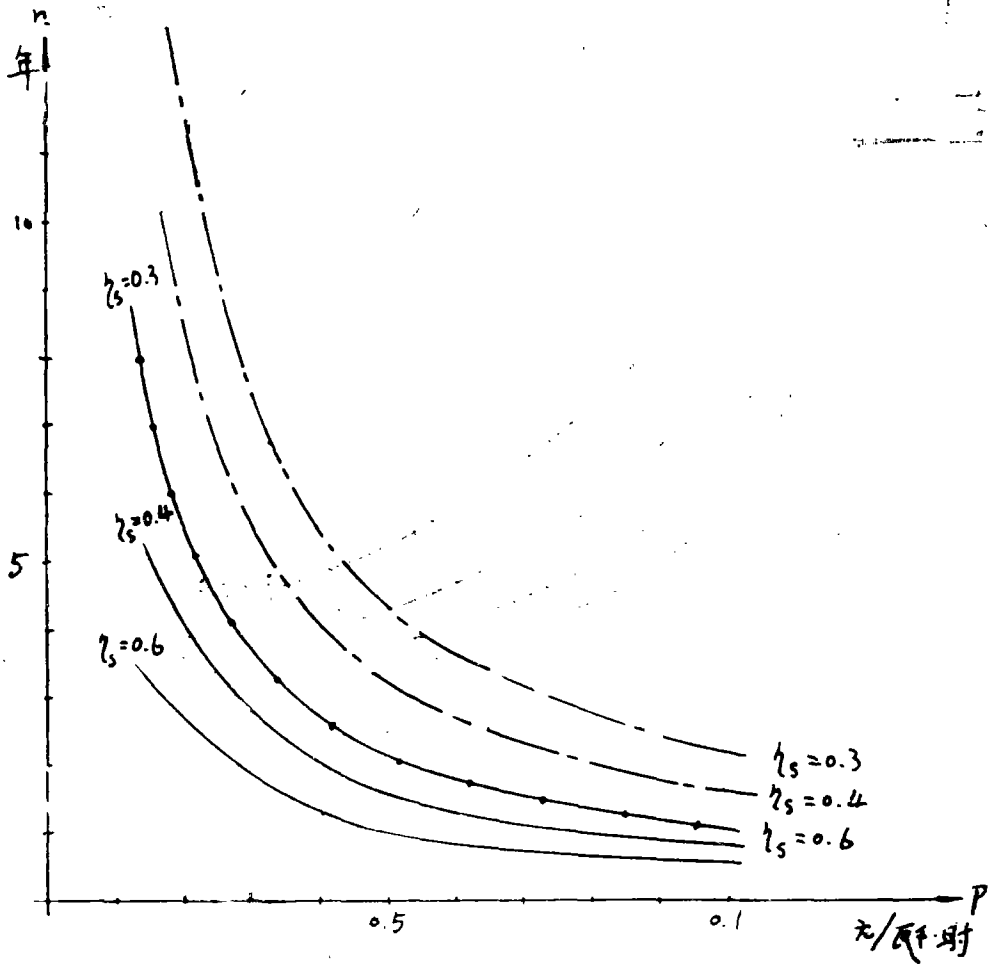
木柴发热量3700大卡/公斤



图四 $\beta_2 = 0.6$ —— $C_s = 40$ 元/米²

—•— $C_s = 80$ 元/米²

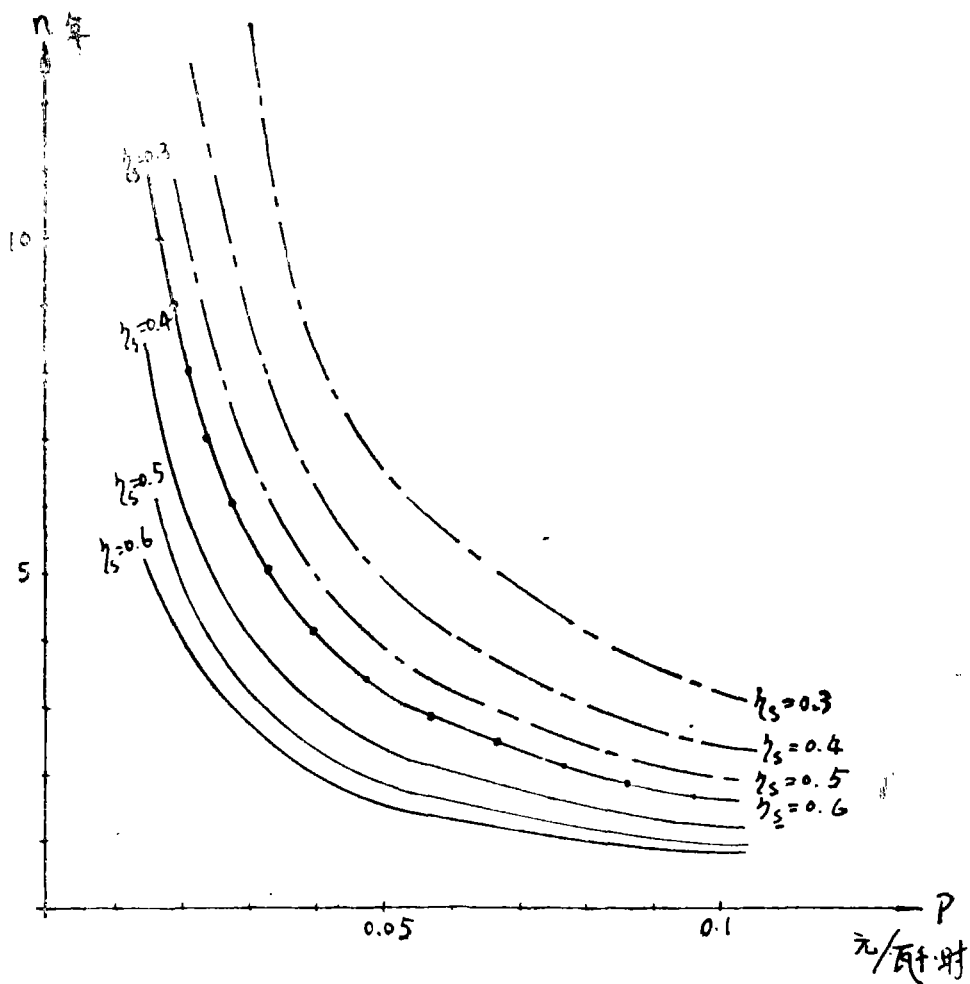
木柴发热量3700大卡/公斤



图五 $\beta_1 = 0.9$ —— $C_s = 40$ 元/公斤

--- $C_s = 80$ 元/公斤

每千瓦时电能发热量864大卡



图六 $\beta_2 = 0.6$ —— $C_0 = 40$ 元/米²

--- $C_0 = 80$ 元/米²

每瓦时电能发热量864大卡

图(1)(2)中,使用年限取为20年,这对于一般的管板式热水器,只要使用得当,是可以达到的。若采用玻璃集热管,还可超过这一年限。

从图上可看出,对于使用电能来说,即便 $\beta_s = 0.6$, $\eta_s = 0.3$ 电费为0.03元/瓦时,只要集热器每平方米造价低于126元即是经济合理的(这是比较容易达到的指标)。物理室现在正在试运行的热水器, $\beta = 0.9$, $\eta_s = 0.41$ 每平方米造价在40元以下,从图上可看出,即便对于烧

柴，其经济性能也是很好的。从n—P图看，对于用电（电费为0.06元/瓦时）仅需1.34年，即可收回成本。而对于用柴（0.03元/斤计）也仅需2.8年亦可收回成本了。以上分析，仅限于经济观点，随着区内煤炭、木柴等能源日益短缺和价格上涨，以电代煤（柴）日益增加，以及热水器造价降低和效率提高，太阳能热水器的使用前景是光明。

四、结 论

〈1〉与煤炭相比较，目前太阳能热水器的造价太高，效率较低，尤其是在气温低，阴雨天时不能使用，欲取代煤炭而达到一定的经济性能是比较困难的。但由于广西的特殊情况，与木柴、电能相比较，欲使其在经济上具有一定的竞争能力，还是可以做到的。

〈2〉要增强热水器在经济上的竞争能力，必须综合考虑效率、成本、寿命、利用系数等因素，片面地追求高效率而导致高成本。势必在热水器的推广使用方面造成困难。综合考虑这些因素而进行最优设计，无疑应提到议事日程上来了。

参 考 书

张正敏，〈太阳能热水器经济性能的评价〉太阳能学报Vol.1, No. 2 P115—P123