

单井抽灌技术在北京市海淀区政府

办公大楼的应用

徐生恒 凌人滨（卢殿通执笔）

关键词：

单井抽灌、冷热源、浅层地能、三联供

摘要：

海淀区政府办公大楼是一座包括地下3层、地上13层的建筑大楼，总供暖面积58493 m²。大楼采用恒有源公司的单井抽灌技术，利用浅层地能，给大楼办公室冬天供热、夏天供冷、全年供应生活热水（三联供）。整个供暖系统能效比达到，COP=2.81；采暖期能耗（供暖、新风及生活热水）中可再生能源利用率达64.40%。设备运行中，系统在冬天采集浅层地（热）能、在夏天向浅层地下释放热能，不消耗地下水，不向大气和周围环境排放任何C₂O、SO₂、NO_x和颗粒污染物。从2003年本项目完工以来，设备运行良好，经济和社会效益显著。本工程在北京和中国其它地区起到了良好的示范作用。在全中国共有272个项目，326万平方米，采用了恒有源的单井抽灌技术、采集浅层地能实现了三联供。

一、前言

海淀区政府办公楼位于北京市西北部万柳地区，是一座高层政府办公建筑楼，层高3.3m，地下三层，建筑面积为12832 m²，地上13层，建筑面积约45661 m²，总供暖面积58493 m²。

从2003年，该办公楼采用了恒有源公司的单井抽灌技术（即中央液态冷热源环境系统），利用浅层地热能，节省了燃料能源，不向大气排放任何污染气体，为建筑冬季供暖、夏季制冷及全年提供日常生活热水（三联供）。

二、设备安装

该办公大楼总供热面积58493 m²，冬天供暖，控制室温20℃左右，夏天制冷，控制室温26℃左右，长年供应生活热水45℃左右。工程设计热负荷为： $Q_R=6477\text{kW}$ ，设计冷负荷 $Q_L=4845\text{kW}$ 。设计热水供应量12t/h。

冷热源机房安装8台HT760型和1台HT380型地能热泵。浅层地能采集井9

口，井深 82~86 米，井间距约 10 米。末端系统地下部分为新风系统、地上为风机盘管加新风系统。

三、系统性能

1、系统制热能效系数和再生能源利用率计算

我们以 2003 年冬天的供暖季节为例进行计算：区政府办公楼供暖季从 2003 年 11 月 13 日至 2004 年 3 月 17 日，共计 126 天供暖期，总用电量为 231.22 万千瓦·时。总能耗包括供暖，新风及生活热水负荷。

①系统每小时供热量：

系统供回水温差：经供暖期 126 天记录统计系统平均温差 2.28℃。

系统水流量：经测定供暖期 126 天测定平均流量为 790m³/h。

系统水密度：45℃水温下，水密度为 990.25 kg/ m³。

系统小时平均供热量：

$$\begin{aligned} Q_{pj} &= c \times \rho \times G \times \Delta t & (1) \\ &= 1.163 \times 990.25 \times 790 \times 2.28 = 2074.4 \text{ kWh} \end{aligned}$$

②采暖期系统供热量：

$$\begin{aligned} Q_r &= n \times n_1 \times Q_{pj} & (2) \\ &= 126 \times 24 \times 2074.4 = 627.30 \times 10^4 \text{ kWh} \end{aligned}$$

③采暖期热水供应负荷：

$$Q_s = 21.09 \times 10^4 \text{ kWh} \quad (3)$$

④采暖期总供热负荷：

$$\begin{aligned} Q &= Q_r + Q_s & (4) \\ &= (627.30 + 21.09) \times 10^4 = 648.39 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h} \end{aligned}$$

⑤采暖期总电耗：

2003 年 11 月 13 日至 2004 年 3 月 17 日，共计 126 天供暖期，总用电量为 N=231.22 万千瓦·小时。

⑥ 系统制热能效比：

$$\begin{aligned} \text{COP} &= Q/N & (5) \\ &= 648.39/231.22 = 2.81 \end{aligned}$$

⑦ 再生能源利用率：

海淀区政府办公楼冬季采暖期能耗（供暖、新风及生活热水）中可再生能源利用率用达 64.40%。

$$\begin{aligned}\eta &= (1-1/\text{COP}) \times 100\% \\ &= 64.40\%\end{aligned}\quad (6)$$

2、建筑物能耗计算

①生活热水电耗:

生活热水实际日平均供应量为 38.90 吨/日, 采暖期除周六、日及法定节假日外, 总供应热水天数 126 天; 热水供水温度为 45℃, 自来水温度 8℃。

每吨热水用热量为:

$$Q_{s1} = 1.163 \times 1000 \times (45-8) = 43.03 \text{ kWh} \quad (7)$$

每吨热水用电量为:

$$N'_{s1} = Q_s \div \text{COP} \quad (8)$$

$$= 43.03 / 2.81 = 15.31 \text{ kWh}$$

(系统能效比 COP=2.81)

采暖季热水总热量为:

$$Q_s = Q_{s1} \times n \times G \quad (9)$$

$$= 43.03 \times 126 \times 38.90 = 21.09 \times 10^4 \text{ kWh}$$

采暖季供应热水总用电量:

$$N_s = n \times G \times N'_{s1} \quad (10)$$

$$= 126 \times 38.90 \times 15.31 = 7.50 \times 10^4 \text{ kWh}$$

②新风负荷电耗:

区政府办公楼新风机组 45 台, 其中地上建筑设新风机组 31 台, 新风负荷 2071kW, 每天运行 6 小时, 节假日新风机组不开; 地下部分新风机组 14 台, 新风负荷 1545kW, 全天 24 小时运行, 节假日新风机组不停。

地下新风耗热量:

$$Q_{XB} = \varphi \times q_{XB} \times d \times n \quad (11)$$

$$= 0.726 \times 1545 \times 24 \times 126 = 339.19 \times 10^4 \text{ kWh}$$

地下新风耗电量:

$$N_{XB} = Q_{XB} / \text{COP} \quad (12)$$

$$= 339.19 \times 10^4 / 2.81 = 120.71 \times 10^4 \text{ kW}\cdot\text{h}$$

地下新风系统单位面积电耗:

$$N_s = N_{XB} / F_x \quad (13)$$

$$= 120.71 \times 10^4 / 12832 = 94.07 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{采暖季}$$

地上新风耗热量:

$$Q_{XS} = \varphi_1 \times q_{XS} \times d \times n \quad (14)$$

$$=0.56 \times 2071 \times 6 \times 84 = 58.45 \times 10^4 \text{ kW}\cdot\text{h}$$

地上新风耗电量:

$$\begin{aligned} N'_{Xs} &= Q_{XB} / \text{COP} \\ &= 58.45 \times 10^4 / 2.81 = 20.8 \times 10^4 \text{ kW}\cdot\text{h} \end{aligned} \quad (15)$$

地上建筑物的新风负担供暖负荷的比例约为 50%，即

$$N'_X = 20.8 \times 10^4 \times 0.5 = 10.40 \times 10^4 \text{ kWh} \quad (16)$$

则地上实际新风耗电量:

$$\begin{aligned} N_{Xs} &= N'_{Xs} - N_X \\ &= (20.8 - 10.40) \times 10^4 = 10.40 \times 10^4 \text{ kW}\cdot\text{h} \end{aligned} \quad (17)$$

地上新风负荷面积电耗:

$$\begin{aligned} N_s &= N_{Xs} / F_s \\ &= 10.40 \times 10^4 / 45661 = 2.28 \times 10^4 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{采暖季} \end{aligned} \quad (18)$$

新风总耗电量:

$$\begin{aligned} N_X &= N_{XB} + N_{Xs} \\ &= (120.71 + 10.40) \times 10^4 = 131.11 \times 10^4 \text{ kW}\cdot\text{h} \end{aligned} \quad (19)$$

③ 供暖负荷总电耗:

$$\begin{aligned} N_N &= N - N_X - N_X \\ &= (231.22 - 131.11 - 7.50) \times 10^4 = 92.61 \times 10^4 \text{ kWh} \end{aligned} \quad (20)$$

每平方米供暖季电耗:

$$\begin{aligned} N_q &= 92.61 \times 10^4 / 45661 \\ &= 20.28 \text{ kW}\cdot\text{h/m}^2 \cdot \text{采暖季} \end{aligned} \quad (21)$$

3、系统运行数据及经济效益计算结果

供暖期（包括供热、新风、热水），平均耗电 39.53 kWh/m²·采暖季；平均电费 ¥20.68/m²·采暖季；如果用等量电能进行电供暖，所带面积 20800 (m²)；浅层地能采集系统造价：¥80 元/m²。

海淀区政府办公楼采用单井抽灌系统（中央液态冷热源环境系统），利用了可再生能源：浅层地能，可以实现三联供，比用燃煤锅炉、燃油锅炉、燃气锅炉都由明显经济效益和社会效益，保护了环境：不排放任何 C₂O、SO₂、NO_x 和颗粒物。

五、结论

海淀区政府办公楼,总供暖面积 58493 m²,采用恒有源公司的单井抽灌技术,利用浅层地能,从 2003 年冬季开始,给办公楼冬季供热、夏季供冷、长年供应生活热水(三联供)。几年来,系统设备运行良好,供暖系统能效比达到,COP=2.81;办公楼冬季采暖期能耗(供暖、新风及生活热水)中可再生能源利用率达 64.40%,实现了对大气和环境中的 CO₂、SO₂和 NO_x的零排放。本工程项目的圆满完成和正常运行,为在北京地区和全中国推广北京恒有源科技发展有限公司的单井抽灌技术(中央液态冷热源环境系统)起到了很好的示范作用。目前,单井抽灌技术得到了推广应用,到 2006 年 4 月,在北京地区,有 227 个项目,295 万平方米,在全中国共有 272 个项目,326 万平方米,采用了恒有源的单井抽灌技术实现了三联供。