

地埋管地源热泵空调及热水系统设计方案

一、工程概况

1、项目地理位置及设计范围

琳琅珠玉“零碳”艺术馆位于辽宁省鞍山市满族岫岩自治县，环境优美，风景宜人。该建筑占地面积约 $1000m^2$ ，建筑面积近 3500 平方米，主要由民宿招待、玉雕工作室、展厅建筑组成，图 1 为艺术馆基地情况。本次设计为该艺术馆设计空调、供热及生活热水系统，主要实现：①展厅、工作室及民宿招待全楼冷暖集中空调；②民宿招待生活热水系统。



图 1 基地现状图

2、负荷计算

取冬季室外计算温度为 -15.1°C ，室内设计温度为 18°C ；夏季室外计算温度为 31.6°C ，室内温度设计为 26°C 。取单位冷负荷指标为 $150\text{W}/m^2$ ，单位热负荷指标为 $50.91\text{W}/m^2$ ，可得艺术馆设计空调热负荷为 107.67kW ，设计空调冷负荷为 317.25kW 。

该艺术馆空调的制冷时间一般为 6 月 1 日至 9 月 15 日，供热时间一般为 11 月 1 日至 3 月 31 日，计算可得空调系统全年耗热量为 $276496\text{kW}\cdot\text{h}$ ，空调系统全年耗冷量为 $1157328\text{kW}\cdot\text{h}$ 。

根据设计地源热泵机组提供民宿招待约 30 人，参照《建筑给水排水设计标准》中的规定热水定额，热水定额取 70L/人·天，当地冬季冷水温度约为 10℃，机组出水温度 60℃，计算可得热水日耗热量 $Q_d=30\times70\times4187\times(60-10)=4.4\times10^8\text{J/d}$ 。生活热水全年总耗热量 $Q_a=4.4\times10^8\times365/(3.6\times10^6)=44610\text{kw}\cdot\text{h}$ ，热水小时变化系数取 3.7，热水耗热功率为 $Q=Q_d\times3.7/(3.6\times10^6\times24)=18.8\text{kW}$ 。

二、空调方案分析

结合实际情况，本项目艺术馆空调系统的冷热源选择地源热泵机组，理由如下：

- (1) 建筑密度不高，建筑周围空闲区域大，设置地埋管换热器较为合理；
- (2) 地埋管地源热泵除了可对艺术馆实现夏季制冷、冬季供暖外，还可向客人及工作人员供应生活热水。夏季运行时，部分散热量用于制取生活热水，使得系统全年向土壤的释热量和吸热量数量相当，能够保持热平衡不需增加多余设备散热。
- (3) 地源热泵系统作为国家鼓励的新能源形式，可申报相应财政补贴。

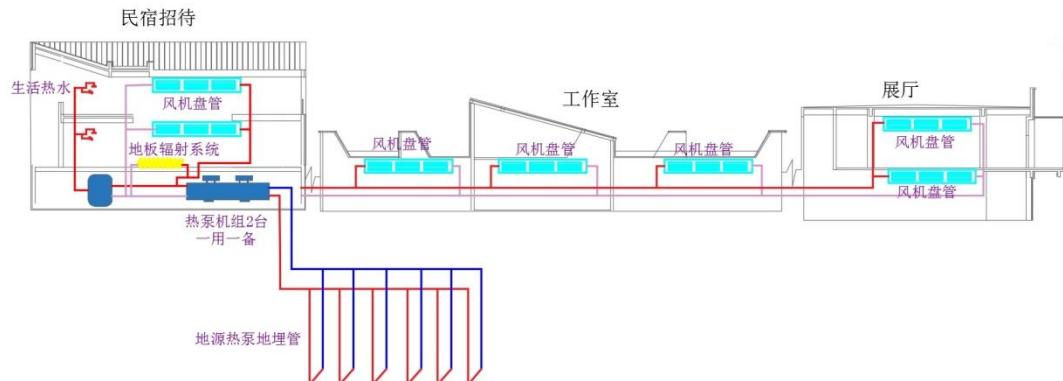


图 2 艺术馆地源热泵设计示意图

三、地源热泵的地下换热器设计

1、地埋换热管打孔位置的确定

该项目位于满族岫岩自治县，为岩浆岩型矿床为主，适合地埋换热管的换热。地埋管打孔位置选定于民宿招待西侧耕地区域，具体的埋管方案需要进行岩土导热性测试后确定。

2、系统分析设计

地理管换热系统容量的确定应符合冬夏两季要求，按夏季空调冷负荷及冬季

空调热负荷加生活热水系统热负荷确定。由于本项目未做单孔换热量测试，本次设计按平均延米换热量 50W/m 估算，采用单 U 管方式。

冬夏两季地源热泵地下换热量可以根据下述公式（1）和公式（2）进行计算：

$$Q_1' = Q_1 \times (1+1/\text{COP}_1) \text{ kW} \quad (1)$$

$$Q_2' = Q_2 \times (1-1/\text{COP}_2) \text{ kW} \quad (2)$$

式中： Q_1' —夏季向土壤排放的热量， kW；

Q_1 —设计空调冷负荷， kW；

Q_2' —冬季从土壤吸收的热量， kW；

Q_2 —设计空调热负荷， kW；

COP_1 —设计工况下地源热泵机组的制冷系数，取 4.8；

COP_2 —设计工况下地源热泵机组的供热系数，取 4.4。

由上文计算得知图书馆设计空调热负荷为 107.67kW，设计空调冷负荷为 317.25kW，热水耗热功率为 18.8kW。若按冬季工况埋管，埋管数量为： $107.67 \times (1-1/4.4) / 50 \times 1000 = 1665\text{m}$ 。若按夏季工况埋管，埋管数量为： $317.25 \times (1+1/4.8) / 50 \times 1000 = 7667\text{m}$ 。

若要满足全年空调要求，应按夏季工况布置埋管量，冬季剩余埋管可提供的剩余热量为： $(7667-1665) \times 50 / 1000 = 300.1\text{kW} > 18.8\text{ kW}$ 。因此，按照夏季工况设置地埋管换热器，埋管数量不仅可满足冬季空调系统，还可同时满足生活热水系统的设计小时耗热量。

根据负荷计算及公式（1）、（2）计算得出：全年夏季对土壤放热量为 984426.75kW·h，全年冬季土壤吸热量为 303511.94kW·h。

故： $984426.75 - 303511.94 = 680914.81\text{kW} \cdot \text{h} > 44610\text{kW} \cdot \text{h}$ 。从全年地埋管热平衡考虑，加入热水系统有利于平衡地源热泵系统全年的取释热量，可减少系统初投资。

3、地埋换热管打孔数量的确定

地埋管的打孔数量及打孔深度应合理确定，首先应满足空调系统夏季制冷、冬季制热的基本需求，其次应具备良好的经济性。地埋管地源热泵系统根据埋管形式可分为水平埋管和垂直埋管两种，与垂直埋管相比，水平埋管换热性能较差，且占地面积大。若采用垂直埋管，当负荷相同时，打孔数量越多，孔深越小，占

地面积大；反之，打孔数量越少孔深越大，占地面积小，但系统阻力也随之增大，对地埋管的承压能力也提出了更高要求。

因此，深埋管比浅埋管单位延米换热量大，且换热效率高，但由此产生的钻井成本过高，需要使用高承压塑料管，另外，由于深层岩土温度场受地面温度影响较小，设计使用时需关注冬季吸热量和夏季排热量的平衡。

以上计算得到本项目按夏季工况埋管，埋管数量为 **7667m**，选取单孔深度 100m，坚井数量 $N=L/(2\times H)=7667/(2\times 100)=38.33$ ，圆整后取 **39** 个竖井，孔径均为 **150mm**，孔口距地面 **1.5m**，孔间距 **5m×5m**。

四、主机的选配及机房设计

经冷热负荷综合分析，工程采用坤渤螺杆地源热泵机组 **GSHP160K** 两台，单台制冷量为 160kW，单台供热量为 172kW，集中设于民宿地下一层。冬季生活热水系统与空调系统均通过地埋管换热器从土壤吸热，夏季空调系统制冷的同时主机进行热回收用于制备生活热水，多余的热量可用冷却塔散发至空气中，以达到热量平衡的要求。该系统应能满足全年各种运行模式要求。（1）冬季：空调供暖，提供生活热水；（2）过渡季节：空调不运行，提供生活热水加热；（3）夏季：空调制冷，提供生活热水。

水(地)源热泵机组参数表						
机组型号		GSHP90K	GSHP130K	GSHP160K	GSHP200K	GSHP240K
制冷量 (kW)		90	130	160	200	240
压缩机	类型	全封闭涡旋压缩机				
	台数	2	3	4	5	6
	制冷额定功率 (kW)	16.7	24.1	29.6	37	45
	制热额定功率 (kW) (45°C)	19.6	28.5	35.2	44	53
使用电源		三相 380V / 50Hz				
能量控制		2 级	3 级	4 级	5 级	6 级
最大运行电流 (A)		2×26	3×26	4×26	5×26	6×26
启动电流 (A)		173	320	467	585	702
制冷剂	类型	R22				
	充注量 (kg)	2*7	3*7	4*7	5*7	6*7

图 3 热泵机组选型

地埋管地源热泵作为一种节能环保的可再生能源利用技术，近年来得到了广泛应用，若在高校建筑中合理使用可实现冬季供暖、夏季制冷、全年提供生活热

水，不仅使资源得到了合理利用，更能够降低运行成本。除此之外，目前地埋管地源热泵技术已经相当成熟，相关技术的改造也是较容易实现的，如果将其推广与使用，将会创造更多的经济效益与价值，在大力提倡节能的当今社会具有极大的现实意义。