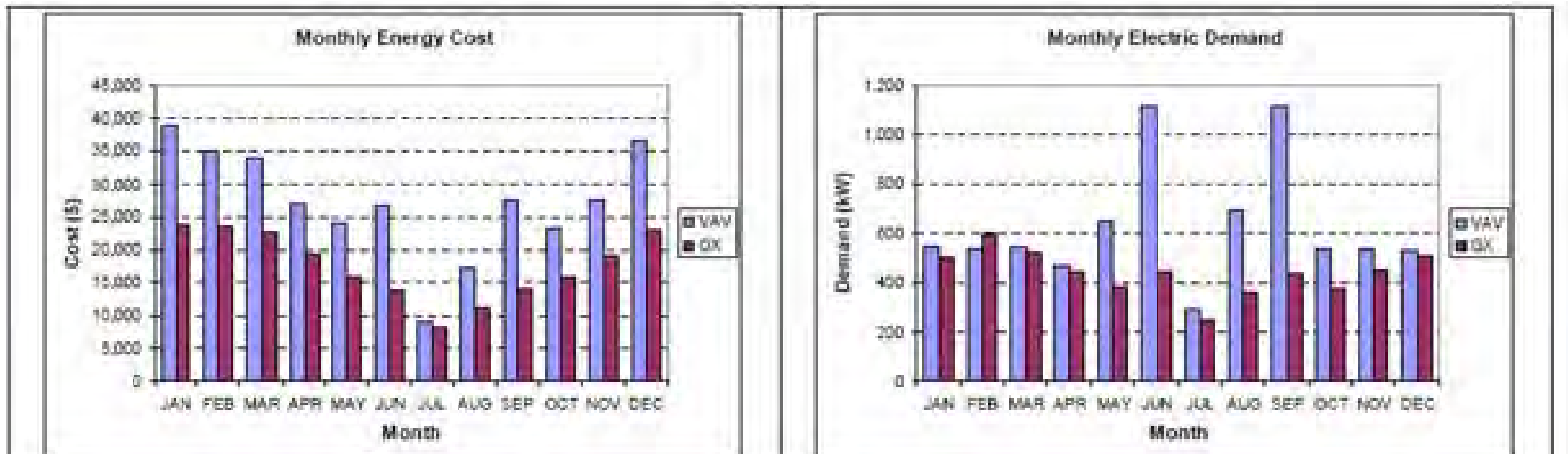


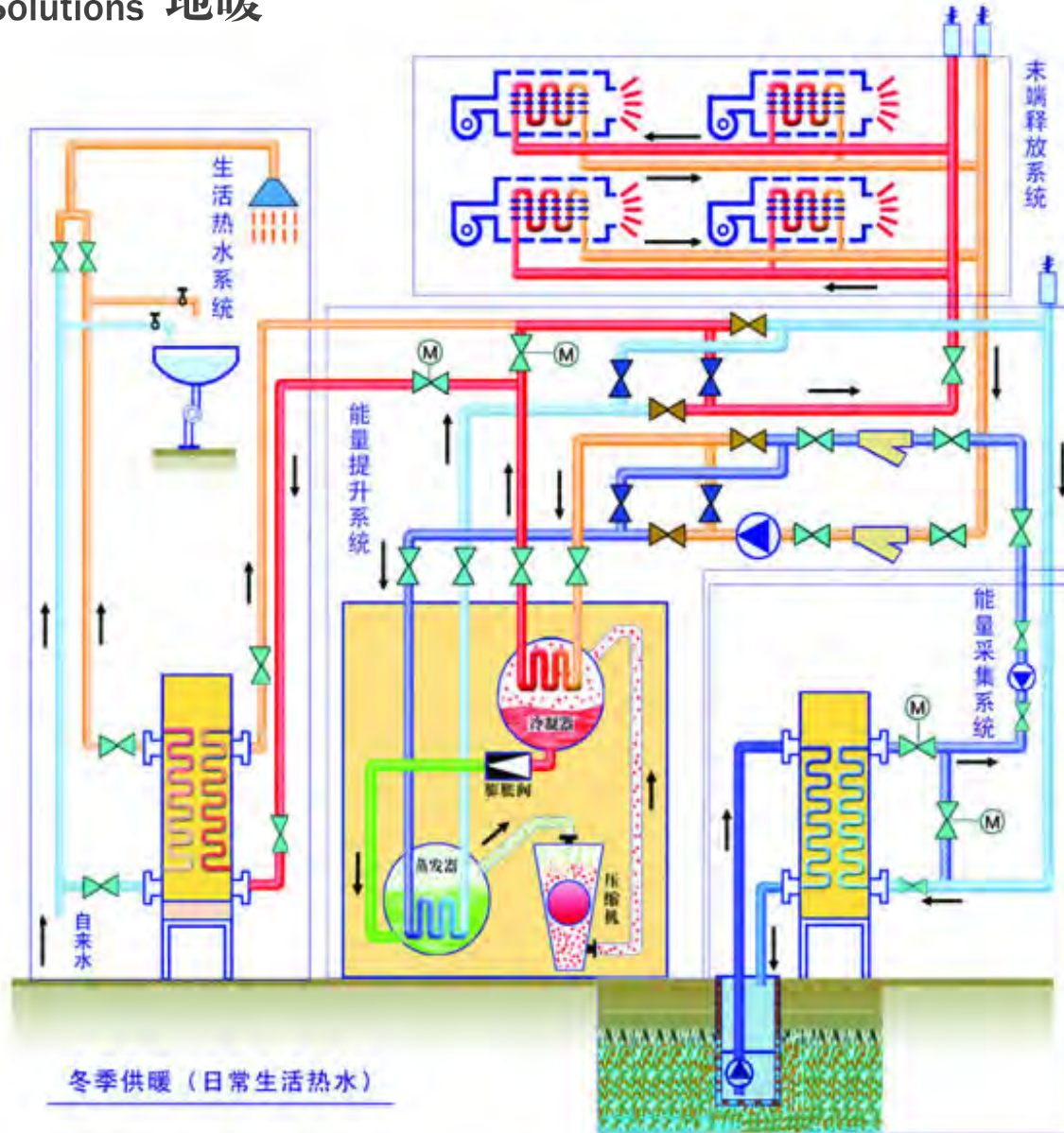
《地源热泵系统工程技术规范》

地源热泵诞生于20世纪80年代中期。

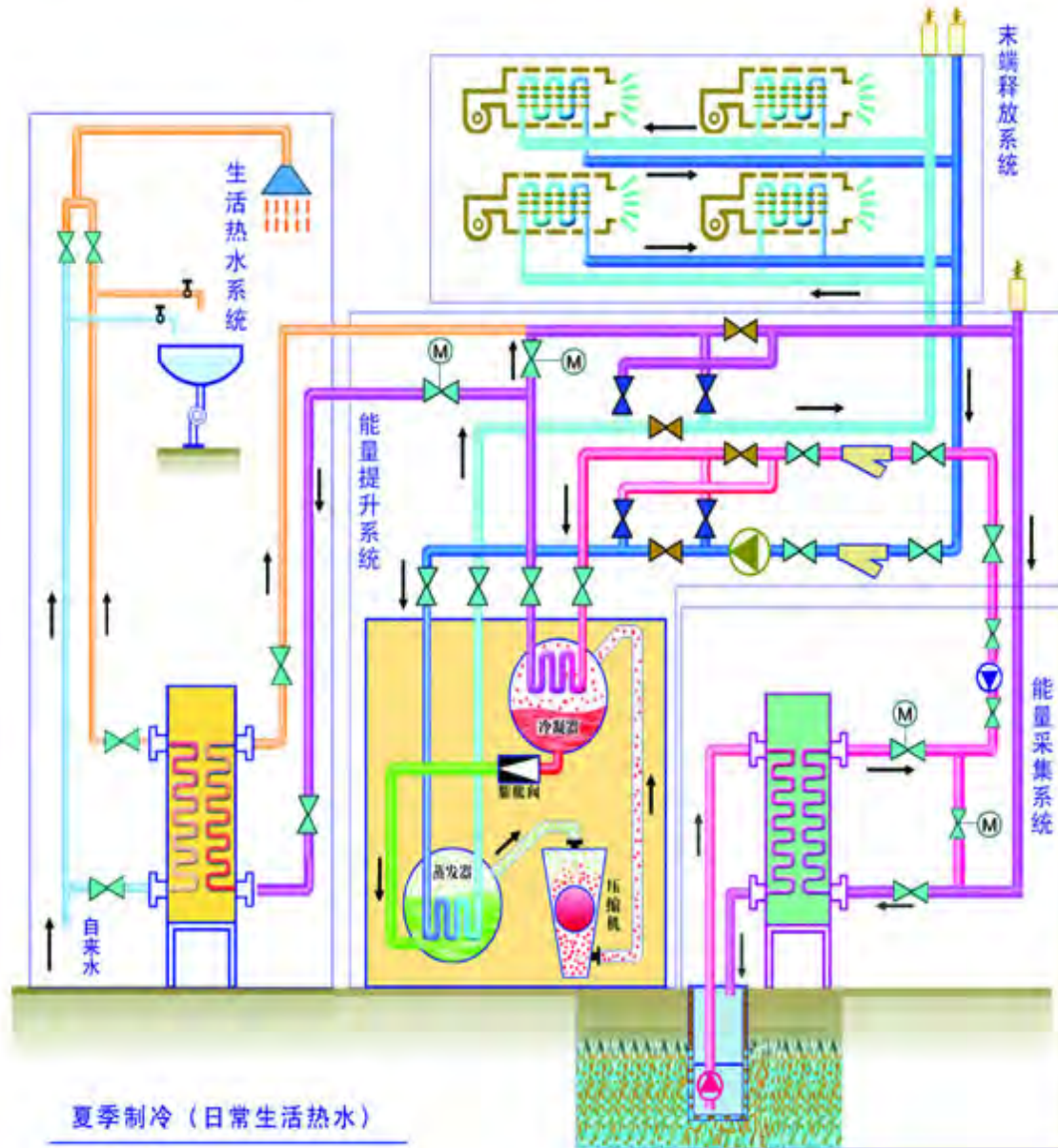
据美国10年来的统计资料，地源热泵的运行费用（采暖）比耗电空调节约22%~25%，比燃油、燃煤锅炉运行费用节约40%~60%。

系统平均寿命预计15~18年，开式循环系统30年，闭式循环系统寿命预计50年。





冬季供暖（日常生活热水）



地源热泵系统简介

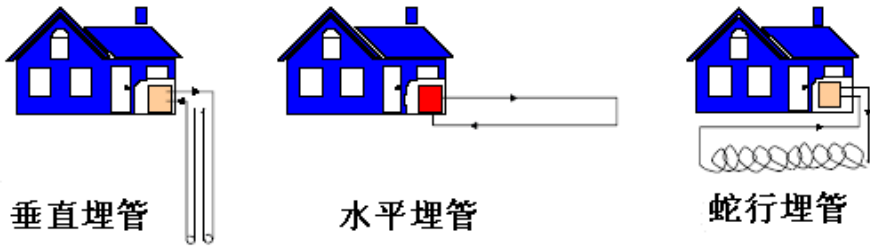
地源热泵技术是一项值得大面积推广的建筑供能技术。地源热泵是一种利用浅层和深层的大地能量，包括土壤、地下水、地表水等天然能源作为冬季热源和夏季冷源，然后再由热泵机组向建筑物供冷供热的系统，是一种利用可再生能源的既可供暖又可制冷的新型中央空调系统。

抽取地下水水源热泵，但由于技术限制，全部回灌不易做到，监督实施也比较困难，而且容易造成地下水污染。

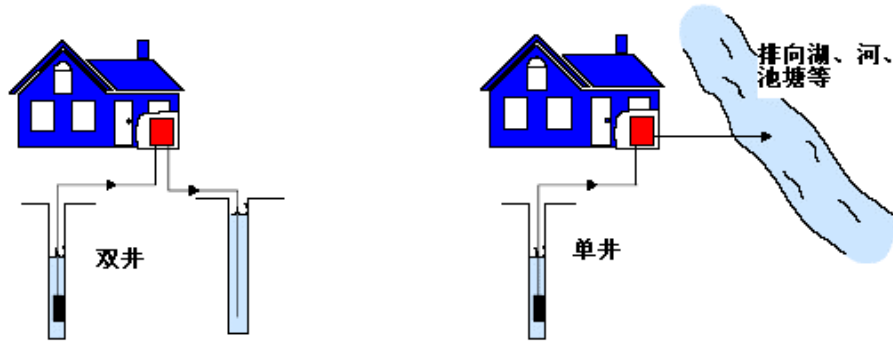
在国外目前大面积推广使用的是埋管式地源热泵技术，是充分利用浅层地热的最佳技术途径。

目前埋管式地源热泵在欧美国家已得到普遍应用，已被充分证明是成熟可行的技术，在我国，建设部和一些省市的建筑节能政策中明确提出要推广使用地源热泵。

(欧美普遍使用的是在别墅中，在冬天取暖、夏天空调的地区)



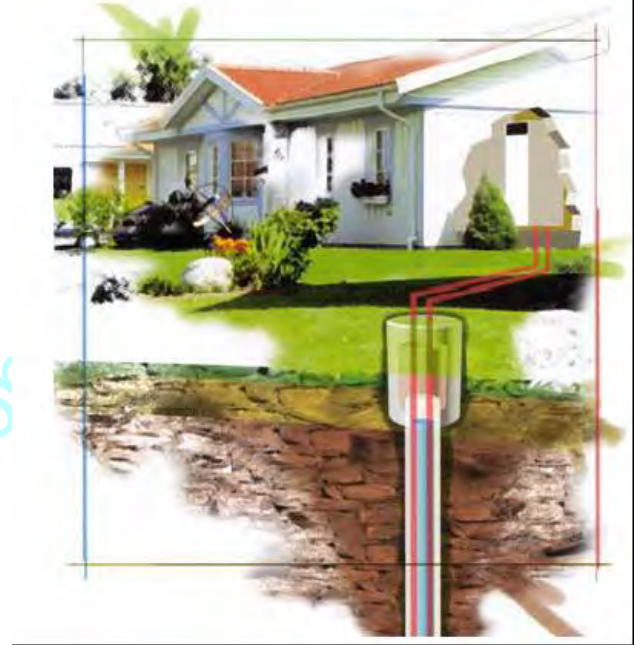
土壤源闭式系统

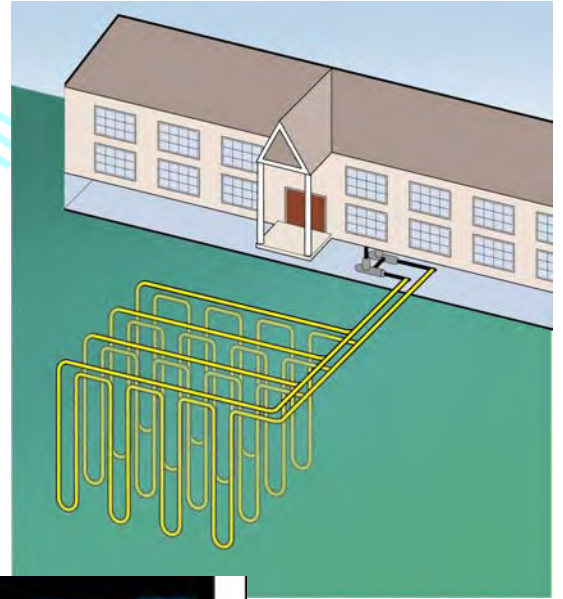
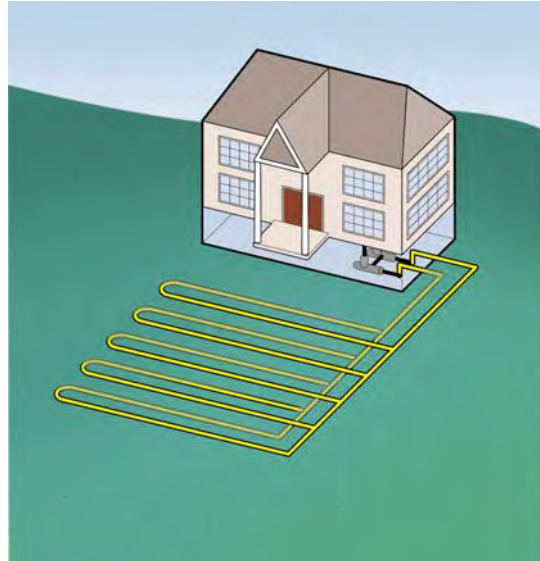
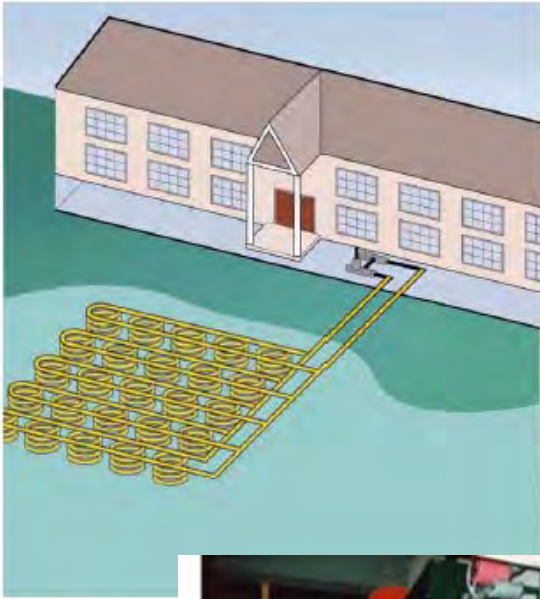


地下水热泵系统（开式系统）



地表水热泵系统





主要内容

- 1 总则**
- 2 术语
- 3 工程勘察
- 4 地埋管换热系统
- 5 地下水换热系统
- 6 地表水换热系统
- 7 建筑物内系统
- 8 整体运转、调试与验收
- 9 附录

1 总则

1.0.1 为使地源热泵系统**工程设计、施工及验收**，做到技术先进、经济合理、安全适用，保证工程质量，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于以**岩土体、地下水、地表水**为低温热源，以水或添加防冻剂的水溶液为传热介质，采用蒸气压缩热泵技术进行供热、空调或加热生活热水的系统工程的设计、施工及验收。

1.0.3 地源热泵系统工程设计、施工及验收除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

主要内容

- 1 总则
- 2 术语
- 3 工程勘察
- 4 地埋管换热系统
- 5 地下水换热系统
- 6 地表水换热系统
- 7 建筑物内系统
- 8 整体运转、调试与验收
- 9 附录

2 术语

2.0.1 地源热泵系统 ground-source heat pump system

以岩土体、地下水或地表水为低温热源，由水源热泵机组、地热能交换系统、建筑物内系统组成的供热空调系统。根据地热能交换系统形式的不同，地源热泵系统分为地埋管地源热泵系统、地下水地源热泵系统和地表水地源热泵系统。

对于制冷来说，地源热泵与常规冷水机组最大的区别是：空调系统的冷却水冷却变为地下水或土壤冷却。

地下水或土壤冷却，又有若干种方式。地埋管换热系统或地下水换热系统，地下水换热系统又分为直接和间接换热等等。

2 术语

2.0.2 水源热泵机组 **water-source heat pump unit**

以水或添加防冻剂的水溶液为低温热源的热泵。通常有水 / 水热泵、水 / 空气热泵等形式。

2.0.3 地热能交换系统 **geothermal exchange system**

将浅层地热能资源加以利用的热交换系统。

2.0.4 浅层地热能资源 **shallow geothermal resources**

蕴藏在浅层岩土体、地下水或地表水中的热能资源。

2.0.5 传热介质 **heat-transfer fluid**

地源热泵系统中，通过换热管与岩土体、地下水或地表水进行热交换的一种液体。一般为水或添加防冻剂的水溶液。

2 术语

2.0.6 地埋管换热系统 ground heat exchanger system

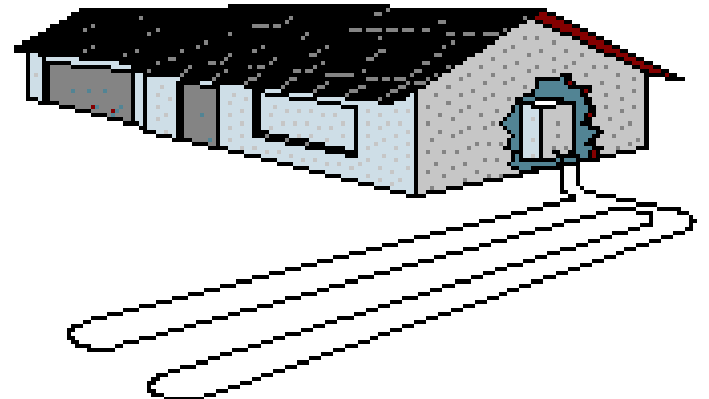
传热介质通过竖直或水平地埋管换热器与岩土体进行热交换的地热能交换系统，又称土壤热交换系统。

2.0.7 地埋管换热器 ground heat exchanger

供传热介质与岩土体换热用的，由埋于地下的密闭循环管组构成的换热器，又称土壤热交换器。根据管路埋置方式不同，分为水平地埋管换热器和竖直地埋管换热器。

2.0.8 水平地埋管换热器 horizontal ground heat exchanger

换热管路埋置在水平管沟内的地埋管换热器，又称水平土壤热交换器。



2 术语

2.0.9 竖直地埋管换热器 vertical ground heat exchanger

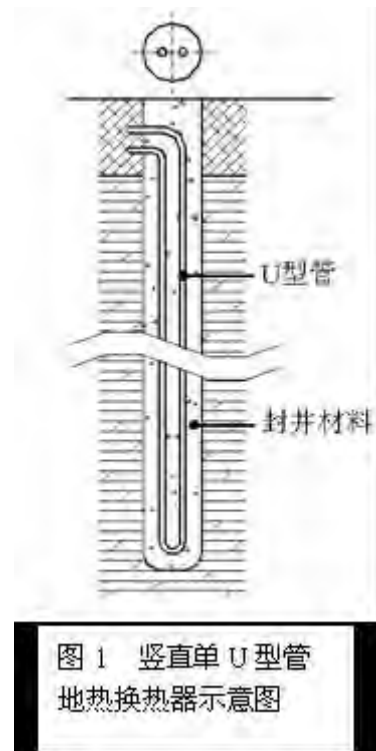
换热管路埋置在竖直钻孔内的地埋管换热器，又称竖直土壤热交换器。

2.0.10 地下水换热系统 ground water system

与地下水进行热交换的地热能交换系统，分为直接地下水换热系统和间接地下水换热系统。

2.0.11 直接地下水换热系统

由抽水井取出的地下水，经处理后直接流经水源热泵机组热交换后返回地下同一含水层的地下水换热系统。



2 术语

2.0.12 间接地下水换热系统

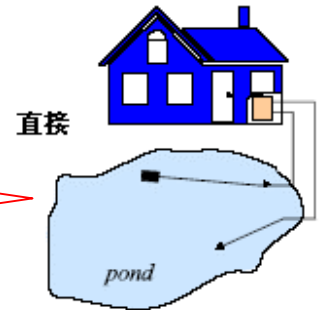
由抽水井取出的地下水经中间换热器热交换后返回地下同一含水层的地下水换热系统。

2.0.13 地表水换热系统

与地表水进行热交换的地热能交换系统，分为开式地表水换热系统和闭式地表水换热系统。

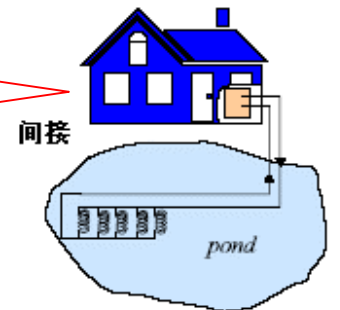
2.0.14 开式地表水换热系统

地表水在循环泵的驱动下，经处理直接流经水源热泵机组或通过中间换热器进行热交换的系统。



2.0.15 闭式地表水换热系统

将封闭的换热盘管按照特定的排列方法放入具有一定深度的地表水体中，传热介质通过换热管管壁与地表水进行热交换的系统。



2 术语

2.0.16 环路集管 **circuit header**

连接各并联环路的集合管，通常用来保证各并联环路流量相等。

2.0.17 含水层 **aquifer**

导水的饱和岩土层。

2.0.18 井身结构 **well structure**

构成钻孔柱状剖面技术要素的总称，包括钻孔结构、井壁管、过滤管、沉淀管、管外滤料及止水封井段的位置等。

2.0.19 抽水井 **production well**

用于从地下含水层中取水的井。

2.0.20 回灌井 **injection well**

用于向含水层灌注回水的井。

2 术语

2.0.21 热源井 **heat source well**

用于从地下含水层中取水或向含水层灌注回水的井，是抽水井和回灌井的统称。

2.0.22 抽水试验 **pumping test**

一种在井中进行计时计量抽取地下水，并测量水位变化的过程，目的是了解含水层富水性，并获取水文地质参数。

2.0.23 回灌试验 **injection test**

一种向井中连续注水，使井内保持一定水位，或计量注水、记录水位变化来测定含水层渗透性、注水量和水文地质参数的试验。

2.0.24 岩土体 **rock-soil body**

岩石和松散沉积物的集合体，如砂岩、砂砾石、土壤等。

主要内容

- 1 总则
- 2 术语
- 3 工程勘察**
- 4 地埋管换热系统
- 5 地下水换热系统
- 6 地表水换热系统
- 7 建筑物内系统
- 8 整体运转、调试与验收
- 9 附录

3.1 一般规定

3.1.1 地源热泵系统方案设计前，应进行工程场地状况调查，并应对浅层地热能资源进行勘察。

（此为强制性条文，本标准共2个强制性条文）

3.1.2 对已具备水文地质资料或附近有水井的地区，应通过调查获取水文地质资料。

3.1.3 工程勘察应由具有勘察资质的专业队伍承担。工程勘察完成后，应编写工程勘察报告，并对资源可利用情况提出建议。

3.1 一般规定

3.1.4 工程场地状况调查应包括下列内容：

- 1 场地规划面积、形状及坡度；（是否满足打井或埋管面积和位置要求）
- 2 场地内已有建筑物和规划建筑物的占地面积及其分布；
- 3 场地内树木植被、池塘、排水沟及架空输电线、电信电缆的分布；
- 4 场地内已有的、计划修建的地下管线和地下构筑物的分布及其埋深；
- 5 场地内已有水井的位置。

3.2 地埋管换热系统勘察

3.2.1 地埋管地源热泵系统方案设计前，应对工程场区内岩土体地质条件进行勘察。

3.2.2 地埋管换热系统勘察应包括下列内容：

- 1 岩土层的结构；
- 2 岩土体热物性；
- 3 岩土体温度；
- 4 地下水静水位、水温、水质及分布；
- 5 地下水径流方向、速度；
- 6 冻土层厚度。

3.3 地下水换热系统勘察

3.3.1 地下水地源热泵系统方案设计前，应根据地源热泵系统对水量、水温和水质的要求，对工程场区的水文地质条件进行勘察。

3.3.2 地下水换热系统勘察应包括下列内容：

- 1 地下水类型；
- 2 含水层岩性、分布、埋深及厚度；
- 3 含水层的富水性和渗透性；
- 4 地下水径流方向、速度和水力坡度；
- 5 地下水水温及其分布；
- 6 地下水水质；
- 7 地下水水位动态变化。

3.3 地下水换热系统勘察

3.3.3 地下水换热系统勘察应进行水文地质试验。试验应包括下列内容：

- 1 抽水试验；
- 2 回灌试验；
- 3 测量出水水温；
- 4 取分层水样并化验分析分层水质；
- 5 水流方向试验；
- 6 渗透系数计算。

3.3.4 当地下水换热系统的勘察结果符合地源热泵系统要求时，应采用成井技术将水文地质勘探孔完善成热源井加以利用。成井过程应由水文地质专业人员进行监理。

3.4 地表水换热系统勘察

3.4.1 地表水地源热泵系统方案设计前，应对工程场区地表水源的水文状况进行勘察。

3.4.2 地表水换热系统勘察应包括下列内容：

- 1 地表水水源性质、水面用途、深度、面积及其分布；
- 2 不同深度的地表水水温、水位动态变化；
- 3 地表水流速和流量动态变化；
- 4 地表水水质及其动态变化；
- 5 地表水利用现状；
- 6 地表水取水和回水的适宜地点及路线。

主要内容

- 1 总则
- 2 术语
- 3 工程勘察
- 4 地埋管换热系统**
- 5 地下水换热系统
- 6 地表水换热系统
- 7 建筑物内系统
- 8 整体运转、调试与验收
- 9 附录

4.1 一般规定

4.1.1 地埋管换热系统设计前，应根据工程勘察结果评估地埋管换热系统实施的**可行性及经济性**。

4.1.2 地埋管换热系统施工时，严禁损坏既有地下管线及构筑物。

4.1.3 地埋管换热器安装完成后，应在埋管区域做出标志或标明管线的定位带，并应采用**2个现场的永久目标**进行定位。

4.2 地埋管管材与传热介质

4.2.1 地埋管及管件应符合设计要求，且应具有质量检验报告和生产厂的合格证。

4.2.2 地埋管管材及管件应符合下列规定：

1 地埋管应采用化学稳定性好、耐腐蚀、导热系数大、流动阻力小的塑料管材及管件，宜采用聚乙烯管（PE80或PE100）或聚丁烯管（PB），不宜采用聚氯乙烯（PVC）管。管件与管材应为相同材料。

2 地埋管质量应符合国家现行标准中的各项规定。管材的公称压力及使用温度应满足设计要求，且管材的公称压力不应小于1.0MPa。地埋管外径及壁厚可按本规范附录A的规定选用。

4.2 地埋管管材与传热介质

4.2.3 传热介质应以水为首选，也可选用符合下列要求的其他介质：

- 1 安全，腐蚀性弱，与地埋管管材无化学反应；
- 2 较低的冰点；
- 3 良好的传热特性，较低的摩擦阻力；
- 4 易于购买、运输和储藏。

4.2.4 在有可能冻结的地区，传热介质应添加防冻剂。防冻剂的类型、浓度及有效期应在充注阀处注明。

4.2.5 添加防冻剂后的传热介质的冰点宜比设计最低运行水温低 $3\sim 5^{\circ}\text{C}$ 。选择防冻剂时，应同时考虑防冻剂对管道与管件的腐蚀性，防冻剂的安全性、经济性及其对换热的影响。

4.3 地埋管换热系统设计

4.3.1 地埋管换热系统设计前应明确待埋管区域内各种地下管线的种类、位置及深度，预留未来地下管线所需的埋管空间及埋管区域进出重型设备的车道位置。

4.3.2 地埋管换热系统设计应进行全年动态负荷计算，最小计算周期宜为1年。计算周期内，**地源热泵系统总释热量宜与其总吸热量相平衡。**

4.3.3 **地埋管换热器换热量应满足地源热泵系统最大吸热量或释热量的要求。在技术经济合理时，可采用辅助热源或冷却源与地埋管换热器并用的调峰形式。**

4.3.4 地埋管换热器应根据可使用地面面积、工程勘察结果及挖掘成本等因素确定埋管方式。

4.3 地埋管换热系统设计

4.3.5 地埋管换热器设计计算宜根据现场实测岩土体及回填料热物性参数，采用**专用软件**（**瑞典隆德大学EED、美国Solar Energy 实验室TRNSYS等**）进行。竖直地埋管换热器的设计也可按本规范附录B的方法进行计算。

4.3.6 地埋管换热器设计计算时，环路集管不应包括在地埋管换热器长度内。

4.3.7 水平地埋管换热器可不设坡度。最上层埋管顶部应在冻土层以下**0.4m**，且距地面不宜小于**0.8m**。

4.3.8 竖直地埋管换热器埋管深度宜大于**20m**，钻孔孔径不宜小于**0.11m**，钻孔间距应满足换热需要，间距宜为**3~6m**。水平连接管的深度应在冻土层以下**0.6m**，且距地面不宜小于**1.5m**。

4.3.9 地埋管换热器管内流体应保持紊流流态，水平环路集管坡度宜为**0.002**。

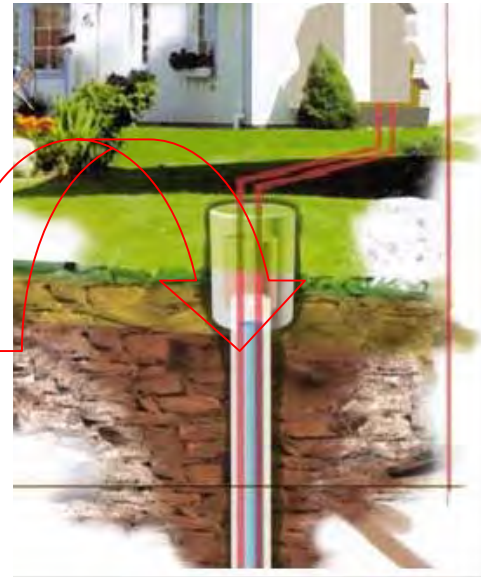
4.3 地埋管换热系统设计

4.3.10 地埋管环路两端应分别与供、回水环路集管相连接，且宜同程布置。每对供、回水环路集管连接的埋管环路数宜相等。供、回水环路集管的间距不应小于0.6m。

4.3.11 地埋管换热器安装位置应远离水井及室外排水设施，并宜靠近机房或以机房为中心设置。

4.3.12 地埋管换热系统应设自动充液及泄漏报警系统。需要防冻的地区，应设防冻保护装置。

4.3.13 地埋管换热系统应根据地质特征确定回填料配方，回填料的导热系数不应低于钻孔外或沟槽外岩土体的导热系数。



4.3 地埋管换热系统设计

4.3.14 地埋管换热系统设计时应根据实际选用的传热介质的水力特性进行水力计算。

4.3.15 地埋管换热系统宜采用变流量设计。

4.3.16 地埋管换热系统设计时应考虑地埋管换热器的承压能力，若建筑物内系统压力超过地埋管换热器的承压能力时，应设中间换热器将地埋管换热器与建筑物内系统分开。

4.3.17 地埋管换热系统宜设置反冲洗系统，冲洗流量宜为工作流量的2倍。

4.4 地埋管换热系统施工

4.4.1 地埋管换热系统施工前应具备埋管区域的工程勘察资料、设计文件和施工图纸，并完成施工组织设计。

4.4.2 地埋管换热系统施工前应了解埋管场地内已有地下管线、其他地下构筑物的功能及其准确位置，并应进行地面清理，铲除地面杂草、杂物，平整地面。

4.4.3 地埋管换热系统施工过程中，应严格检查并做好管材保护工作。

4.4 地埋管换热系统施工

4.4.4 管道连接应符合下列规定：

1 埋地管道应采用热熔或电熔连接。聚乙烯管道连接应符合国家现行标准《埋地聚乙烯给水管道工程技术规程》CJJ101的有关规定；

2 竖直地埋管换热器的U形弯管接头，宜选用定型的U形弯头成品件，不宜采用直管道煨制弯头；

3 竖直地埋管换热器U形管的组对长度应能满足插入钻孔后与环路集管连接的要求，组对好的U形管的两开口端部，应及时密封。

4.4 地埋管换热系统施工

4.4.5 水平地埋管换热器铺设前，沟槽底部应先铺设相当于管径厚度的细砂。水平地埋管换热器安装时，应防止石块等重物撞击管身。管道不应有折断、扭结等问题，转弯处应光滑，且应采取固定措施。

4.4.6 水平地埋管换热器回填料应细小、松散、均匀，且不应含石块及土块。回填压实过程应均匀，回填料应与管道接触紧密，且不得损伤管道。

4.4.7 竖直地埋管换热器U形管安装应在钻孔钻好且孔壁固化后立即进行。当钻孔孔壁不牢固或者存在孔洞、洞穴等导致成孔困难时，应设护壁套管。下管过程中，U形管内宜充满水，并宜采取措施使U形管两支管处于分开状态。

4.4.8 竖直地埋管换热器U形管安装完毕后，应立即灌浆回填封孔。当埋管深度超过40m时，灌浆回填应在周围临近钻孔均钻凿完毕后进行。

4.5 地埋管换热系统的检验与验收

4.5.1 地埋管换热系统安装过程中，应进行现场检验，并提供检验报告。检验内容应符合下列规定：

- 1 管材、管件等材料应符合国家现行标准的规定；
- 2 钻孔、水平埋管的位置和深度、地埋管的直径、壁厚及长度均应符合设计要求；
- 3 回填料及其配比应符合设计要求；
- 4 **水压试验**应合格；
- 5 各环路流量应平衡，且应满足设计要求；
- 6 防冻剂和防腐剂的特性及浓度应符合设计要求；
- 7 循环水流量及进出水温差均应符合设计要求。

4.5 地埋管换热系统的检验与验收

4.5.2 水压试验应符合下列规定：

1 试验压力：当工作压力小于等于**1.0MPa**时，应为工作压力的**1.5**倍，且不应小于**0.6MPa**；当工作压力大于**1.0MPa**时，应为工作压力加**0.5MPa**。

2 水压试验步骤：

1) 竖直地埋管换热器插入钻孔前，应做第一次水压试验。在试验压力下，稳压至少**15min**，稳压后压力降不应大于**3%**，且无泄漏现象；将其密封后，在有压状态下插入钻孔，完成灌浆之后保压**1h**。水平地埋管换热器放入沟槽前，应做第一次水压试验。在试验压力下，稳压至少**15min**，稳压后压力降不应大于**3%**，且无泄漏现象。

2) 竖直或水平地埋管换热器与环路集管装配完成后，回填前应进行第二次水压试验。在试验压力下，稳压至少**30min**，稳压后压力降不应大于**3%**，且无泄漏现象。

4.5 地埋管换热系统的检验与验收

3) 环路集管与机房分集水器连接完成后，回填前应进行第三次水压试验。在试验压力下，稳压至少**2h**，且无泄漏现象。

4) 地埋管换热系统全部安装完毕，且冲洗、排气及回填完成后，应进行第四次水压试验。在试验压力下，稳压至少**12h**，稳压后压力降不应大于**3%**。

3 水压试验宜采用手动泵缓慢升压，升压过程中应随时观察与检查，不得有渗漏；不得以气压试验代替水压试验。

4.5.3 回填过程的检验应与安装地埋管换热器同步进行。

主要内容

- 1 总则
- 2 术语
- 3 工程勘察
- 4 地埋管换热系统
- 5 地下水换热系统**
- 6 地表水换热系统
- 7 建筑物内系统
- 8 整体运转、调试与验收
- 9 附录

5.1 一般规定

5.1.1 地下水换热系统应根据水文地质勘察资料进行设计。必须采取可靠回灌措施，确保置换冷量或热量后的地下水全部回灌到同一含水层，并不得对地下水资源造成浪费及污染。系统投入运行后，应对抽水量、回灌量及其水质进行定期监测。（强条，实际上，由于这种系统出现越来越多的无法回灌情况，造成地下水被大量抽取浪费，逐渐受到限制）

5.1.2 地下水的持续出水量应满足地源热泵系统最大吸热量或释热量的要求。

5.1.3 地下水供水管、回灌管不得与市政管道连接。

5.2 地下水换热系统设计

5.2.1 热源井的设计单位应具有水文地质勘察资质。

5.2.2 热源井设计应符合现行国家标准《供水管井技术规范》**GB 50296**的相关规定，并应包括下列内容：

- 1 热源井抽水量和回灌量、水温和水质；
- 2 热源井数量、井位分布及取水层位；
- 3 井管配置及管材选用，抽灌设备选择；
- 4 井身结构、填砾位置、滤料规格及止水材料；
- 5 抽水试验和回灌试验要求及措施；
- 6 井口装置及附属设施。

5.2 地下水换热系统设计

5.2.3 热源井设计时应采取减少空气侵入的措施。

5.2.4 抽水井与回灌井宜能相互转换，其间应设排气装置。抽水管和回灌管上均应设置水样采集口及监测口。

5.2.5 热源井数目应满足持续出水量和完全回灌的需求。

5.2.6 热源井位的设置应避开有污染的地面或地层。热源井井口应严格封闭，井内装置应使用对地下水无污染的材料。

5.2.7 热源井井口处应设检查井。井口之上若有构筑物，应留有检修用的足够高度或在构筑物上留有检修口。

5.2.8 地下水换热系统应根据水源水质条件采用直接或间接系统；水系统宜采用变流量设计；地下水供水管道宜保温。

5.3 地下水换热系统施工

5.3.1 热源井的施工队伍应具有相应的施工资质。

5.3.2 地下水换热系统施工前应具备热源井及其周围区域的工程勘察资料、设计文件和施工图纸，并完成施工组织设计。

5.3.3 热源井施工过程中应同时绘制地层钻孔柱状剖面图。

5.3.4 热源井施工应符合现行国家标准《供水管井技术规范》**GB 50296**的规定。

5.3.5 热源井在成井后应及时洗井。洗井结束后应进行抽水试验和回灌试验。

5.3.6 抽水试验应稳定延续**12h**，出水量不应小于设计出水量，降深不应大于**5m**；回灌试验应稳定延续**36h**以上，回灌量应大于设计回灌量。

5.4 地下水换热系统检验与验收

5.4.1 热源井应单独进行验收，且应符合现行国家标准《供水管井技术规范》**GB 50296**及《供水水文地质钻探与凿井操作规程》**CJJ13**的规定。

5.4.2 热源井持续出水量和回灌量应稳定，并应满足设计要求。持续出水量和回灌量应符合本规范第**5.3.6**条的规定。

5.4.3 抽水试验结束前应采集水样，进行水质测定和含砂量测定。经处理后的水质应满足系统设备的使用要求。

5.4.4 地下水换热系统验收后，施工单位应提交热源井成井报告。报告应包括管井综合柱状图，洗井、抽水和回灌试验、水质检验及验收资料。

5.4.5 输水管网设计、施工及验收应符合现行国家标准《室外给水设计规范》**GB 50013**及《给水排水管道工程施工及验收规范》**GB 50268**的规定。

主要内容

- 1 总则
- 2 术语
- 3 工程勘察
- 4 地埋管换热系统
- 5 地下水换热系统
- 6 地表水换热系统
- 7 建筑物内系统
- 8 整体运转、调试与验收
- 9 附录

6.1 一般规定

6.1.1 地表水换热系统设计前，应对地表水地源热泵系统运行对水环境的影响进行评估。

6.1.2 地表水换热系统设计方案应根据水面用途，地表水深度、面积，地表水水质、水位、水温情况综合确定。

6.1.3 地表水换热盘管的换热量应满足地源热泵系统最大吸热量或释热量的需要。

6.2 地表水换热系统设计

6.2.4 地表水换热系统可采用开式或闭式两种形式，水系统宜采用变流量设计。

6.2.5 地表水换热盘管管材与传热介质应符合本规范第4.2节的规定。

6.2.6 当地表水体为海水时，与海水接触的所有设备、部件及管道应具有防腐、防生物附着的能力；与海水连通的所有设备、部件及管道应具有过滤、清理的功能。

【这种方式在香港应用较为普遍，我们称之为海水冷却。】

6.4 地表水换热系统检验与验收

6.4.1 地表水换热系统安装过程中，应进行现场检验，并提供检验报告，检验内容应符合下列规定：

- 1 管材、管件等材料应具有产品合格证和性能检验报告；
- 2 换热盘管的长度、布置方式及管沟设置应符合设计要求；
- 3 水压试验应合格；
- 4 各环路流量应平衡，且应满足设计要求；
- 5 防冻剂和防腐剂的特性及浓度应符合设计要求；
- 6 循环水流量及进出水温差应符合设计要求。

6.4 地表水换热系统检验与验收

6.4.2 水压试验应符合下列规定：

1 闭式地表水换热系统水压试验应符合以下规定：

1) 试验压力：当工作压力小于等于**1.0MPa**时，应为工作压力的**1.5**倍，且不应小于**0.6Mpa**；当工作压力大于**1.0MPa**时，应为工作压力加**0.5MPa**。

2) 水压试验步骤：换热盘管组装完成后，应做第一次水压试验，在试验压力下，稳压至少**15min**，稳压后压力降不应大于**3%**，且无泄漏现象；换热盘管与环路集管装配完成后，应进行第二次水压试验，在试验压力下，稳压至少**30min**，稳压后压力降不应大于**3%**，且无泄漏现象；环路集管与机房分集水器连接完成后，应进行第三次水压试验，在试验压力下，稳压至少**12h**，稳压后压力降不应大于**3%**。

2 开式地表水换热系统水压试验应符合现行国家标准《通风与空调工程施工质量验收规范》**GB 50243**的相关规定。

主要内容

- 1 总则
- 2 术语
- 3 工程勘察
- 4 地埋管换热系统
- 5 地下水换热系统
- 6 地表水换热系统
- 7 建筑物内系统
- 8 整体运转、调试与验收
- 9 附录

7.1 建筑物内系统设计

7.1.1 建筑物内系统的设计应符合现行国家标准《采暖通风与空气调节设计规范》**GB 50019**的规定。其中，涉及生活热水或其他热水供应部分，应符合现行国家标准《建筑给水排水设计规范》**GB 50015**的规定。

7.1.2 水源热泵机组性能应符合现行国家标准《水源热泵机组》**GB / T19409**的相关规定，且应满足地源热泵系统运行参数的要求。

7.1.3 水源热泵机组应具备能量调节功能，且其蒸发器出口应设防冻保护装置。

7.1.4 水源热泵机组及末端设备应按实际运行参数选型。

7.1.5 建筑物内系统应根据建筑的特点及使用功能确定水源热泵机组的设置方式及末端空调系统形式。

7.1 建筑物内系统设计

7.1.6 在水源热泵机组外进行冷、热转换的地源热泵系统应在水系统上设冬、夏季节的功能转换阀门，并在转换阀门上作出明显标识。地下水或地表水直接流经水源热泵机组的系统应在水系统上预留机组清洗用旁通管。

7.1.7 地源热泵系统在具备供热、供冷功能的同时，宜优先采用地源热泵系统提供（或预热）生活热水，不足部分由其他方式解决。水源热泵系统提供生活热水时，应采用换热设备间接供给。

7.1.8 建筑物内系统设计时，应通过技术经济比较后，增设辅助热源、蓄热(冷)装置或其他节能设施。

7.2 建筑物内系统施工、检验与验收

7.2.1 水源热泵机组、附属设备、管道、管件及阀门的型号、规格、性能及技术参数等应符合设计要求，并具备产品合格证书、产品性能检验报告及产品说明书等文件。

7.2.2 水源热泵机组及建筑物内系统安装应符合现行国家标准《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范》**GB 50274**及《通风与空调工程施工质量验收规范》**GB 50243**的规定。

主要内容

- 1 总则
- 2 术语
- 3 工程勘察
- 4 地埋管换热系统
- 5 地下水换热系统
- 6 地表水换热系统
- 7 建筑物内系统
- 8 整体运转、调试与验收
- 9 附录

8 整体运转、调试与验收

8.0.1 地源热泵系统交付使用前，应进行整体运转、调试与验收。

8.0.2 地源热泵系统整体运转与调试应符合下列规定：

1 整体运转与调试前应制定整体运转与调试方案，并报送专业监理工程师审核批准；

2 水源热泵机组试运转前应进行水系统及风系统平衡调试，确定系统循环总流量、各分支流量及各末端设备流量均达到设计要求；

3 水力平衡调试完成后，应进行水源热泵机组的试运转，并填写运转记录，运行数据应达到设备技术要求；

8 整体运转、调试与验收

4 水源热泵机组试运转正常后，应进行连续24h的系统试运转，并填写运转记录；

5 地源热泵系统调试应分冬、夏两季进行，且调试结果应达到设计要求。调试完成后应编写调试报告及运行操作规程，并提交甲方确认后存档。

8.0.3 地源热泵系统整体验收前，应进行冬、夏两季运行测试，并对地源热泵系统的实测性能作出评价。

8.0.4 地源热泵系统整体运转、调试与验收除应符合本规范规定外，还应符合现行国家标准《通风与空调工程施工质量验收规范》**GB 50243**和《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范》**GB 50274**的相关规定。

主要内容

- 1 总则
- 2 术语
- 3 工程勘察
- 4 地埋管换热系统
- 5 地下水换热系统
- 6 地表水换热系统
- 7 建筑物内系统
- 8 整体运转、调试与验收
- 9 附录

附录A 地埋管外径及壁厚

A.0.1 聚乙烯（PE）管外径及公称壁厚应符合表A.0.1的规定。

A.0.2 聚丁烯（PB）管外径及公称壁厚应符合表A.0.2的规定。

附录B 垂直地埋管换热器的设计计算

B.0.1 垂直地埋管换热器的热阻计算宜符合下列要求：

1 传热介质与U形管内壁的对流换热热阻可按下式计算：

$$R_f = \frac{1}{\pi d_i K}$$

式中 R_f ——传热介质与U形管内壁的对流换热热阻（ $\text{m}\cdot\text{K} / \text{W}$ ）

d_i ——U形管的内径（ m ）

K ——传热介质与U形管内壁的对流换热系数

附录B 竖直地埋管换热器的设计计算

2 U形管的管壁热阻可按下列公式计算：

$$R_{pe} = \frac{1}{2 \pi \lambda_p} \ln \left(\frac{d_e}{d_e - (d_0 - d_i)} \right) \quad (\text{B.0.1-2})$$

$$d_e = \sqrt{n d_0} \quad (\text{B.0.1-3})$$

式中 R_{pe} ——U形管的管壁热阻($\text{m}\cdot\text{K} / \text{W}$)；

λ_p ——U形管导热系数

d_0 ——U形管的外径 (m)；

d_e ——U形管的当量直径 (m)；

对单U形管， $n = 2$ ；对双U形管， $n = 4$ 。

附录B 竖直地埋管换热器的设计计算

3 钻孔灌浆回填材料的热阻可按下式计算：

$$R_b = \frac{1}{2\pi\lambda_b} \ln\left(\frac{d_b}{d_c}\right) \quad (\text{B.0.1-4})$$

式中 R_b ——钻孔灌浆回填材料的热阻（ $\text{m}\cdot\text{K} / \text{W}$ ）；

λ_b ——灌浆材料导热系数；

d_b ——钻孔的直径（ m ）。

附录B 竖直地埋管换热器的设计计算

4 地层热阻：即从孔壁到无穷远处的热阻可按下列公式计算：
对于单个钻孔：

$$R_s = \frac{1}{2\pi\lambda_s} I\left(\frac{r_b}{2\sqrt{\alpha\tau}}\right)$$

$$I(u) = \frac{1}{2} \int_u^\infty \frac{e^{-s}}{s} ds$$

附录B 竖直地埋管换热器的设计计算

对于多个钻孔：

$$R_s = \frac{1}{2\pi\lambda_s} \left[I\left(\frac{r_b}{2\sqrt{\alpha\tau}}\right) + \sum_{i=2}^N I\left(\frac{x_i}{2\sqrt{\alpha\tau}}\right) \right]$$

式中 R_s ——地层热阻 ($\text{m}\cdot\text{K} / \text{W}$) ；

I ——指数积分公式，可按公式 (B.0.1-6) 计算；

λ_s ——岩土体的平均导热系数；

α ——岩土体的热扩散率 (m^2 / s) ；

r_b ——钻孔的半径 (m) ；

τ ——运行时间 (s) ；

x_i ——第*i*个钻孔与所计算钻孔之间的距离 (m) 。

附录B 竖直地埋管换热器的设计计算

5 短期连续脉冲负荷引起的附加热阻可按下式计算：

$$R_{sp} = \frac{1}{2\pi\lambda_s} I \left(\frac{r_b}{2\sqrt{\alpha\tau_p}} \right)$$

式中 R_{sp} ——短期连续脉冲负荷引起的附加热阻（ $\text{m}\cdot\text{K} / \text{W}$ ）；

τ_p ——短期脉冲负荷连续运行的时间，例如8h。

附录B 竖直地埋管换热器的设计计算

B.0.2 竖直地埋管换热器钻孔的长度计算宜符合下列要求：

1 制冷工况下，竖直地埋管换热器钻孔的长度可按下列公式计算：

$$L_c = \frac{1000Q_c [R_f + R_{pe} + R_b + R_s \times F_c + R_{sp} \times (1 - F_c)]}{(t_{\max} - t_{\infty})} \left(\frac{EER + 1}{EER} \right)$$

$$F_c = T_{c1} / T_{c2}$$

式中 L_c ——制冷工况下，竖直地埋管换热器所需钻孔的总长度

Q_c ——水源热泵机组的额定冷负荷（kW）

EER ——水源热泵机组的制冷性能系数

附录B 竖直地埋管换热器的设计计算

t_{\max} ——制冷工况下，地埋管换热器中传热介质的设计平均温度，通常取 37°C ；

T_{∞} ——埋管区域岩土体的初始温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

F_c ——制冷运行份额；

T_{c1} ——一个制冷季中水源热泵机组的运行小时数，当运行时间取一个月时，为最热月份水源热泵机组的运行小时数；

T_{c2} ——一个制冷季中的小时数，当运行时间取一个月时，为最热月份的小时数。

附录B 垂直地埋管换热器的设计计算

2 供热工况下，垂直地埋管换热器钻孔的长度可按下列公式计算：

$$L_h = \frac{1000Q_h [R_f + R_{pe} + R_b + R_s \times F_h + R_{sp} \times (1 - F_h)]}{(t_\infty - t_{\min})} \left(\frac{COP - 1}{COP} \right)$$

$$F_h = T_{h1} / T_{h2}$$

式中 L_h ——供热工况下，垂直地埋管换热器所需钻孔的总长度

Q_h ——水源热泵机组的额定热负荷（kW）；

COP ——水源热泵机组的供热性能系数；

附录B 竖直地埋管换热器的设计计算

t_{\max} ——供热工况下，地埋管换热器中传热介质的设计平均温度，通常取 $-2\sim 5^{\circ}\text{C}$ ；

F_{h} ——供热运行份额；

T_{h1} ——一个供热季中水源热泵机组的运行小时数，当运行时间取一个月时，为最冷月份水源热泵机组的运行小时数；

T_{h2} ——一个供热季中的小时数，当运行时间取一个月时，为最冷月份的小时数。

工程范例

- ❖ 1、广东省恩平市良西镇地表水式系统
- ❖ 2、北京市海淀区地埋管式系统
- ❖ 3、北京嘉和丽园地下水式系统

广东省恩平市良西镇地表水式系统

建筑总面积为2950m²;室外换热系统采用地表水式换热方式;室内换热系统为地源热泵机组换热系统。

项 目		传统中央空调	地源热泵空调
制 冷	运行天数	240	240
	供冷耗电(kWh)	169344	82944
供 暖	运行天数	120	120
	供热耗电(kWh)	120960	55296
供冷费用(元)		203212.8	99532.8
供热费用(元)		243855.36	66355.2
年度运行费用(元)		447068.16	165888
年度节省运行费(元)			281180.16
地源热泵节约率			63%

用地源热泵系统供暖时,其运行费用可比传统中央空调系统降低30%-70%;地源热泵系统制冷时,其运行费用可比传统中央空调系统降低40%-50%。

北京市海淀区地理管式系统

四层综合楼，总建筑面积为2070.8m²。空调使用面积约为1600m²。

制冷效果：室外38℃有太阳照射时，室内25℃以下；

供暖效果：室外-15℃夜间时，室内20℃以上；

舒适性：送风均匀，室内最大温差±1℃，气流速度小于0.3米/秒，无吹风感。空气品质大大优于风机盘管系统。

北京市海淀区地理管式系统

系统类型	总投资(万元)	年运行费用(万元)	年节约运行费用(万元)	节约率
冷水机组 制冷加市 政管网供 热	72.5	4.2		
地源热泵 冷暖空调 系统	78.7	1.8	2.4	57%

初投资大体与传统中央空调加锅炉系统的投资相同，但运行费用比传统中央空调加锅炉系统低40-60%，即使用地源热泵系统供暖后，其运行费用可比传统中央空调系统降低30%-70%；用地源热泵系统制冷后，其运行费用可比传统中央空调系统降低40%-50%，实现了真正意义上的节能，环保，舒适。

北京嘉和丽园地下水式系统

建筑类型：高档公寓

总建筑面积：88,000平方米

采暖空调面积：70,000平方米

系统		土一气型热泵系统		传统中央空调加 燃气锅炉系统	
		单位价格 (元/ m ²)	总价格 (万元)	单位价格 (元/ m ²)	总价格 (万元)
费用					
总 投 资	设备费	224	1572	219	1533.9
	工程费	136	952	147	1029
合 计		360	2524	366	2562.9
预 测 运 行 费 * (一年)	供 暖	12.9	190.1	26.23	266.2
	制 冷	8.5		11.81	
占地费		2500	31.5	2500	81.5

总结

长江流域及其周边地区具有丰富的低温环境资源，夏热冬冷，需要供热和空调。因此该地区地源热泵技术具有广阔的应用前景。地源热泵在南方地区使用可以，但是不如夏热冬冷地区理想，所以要进行经济分析和技术分析。

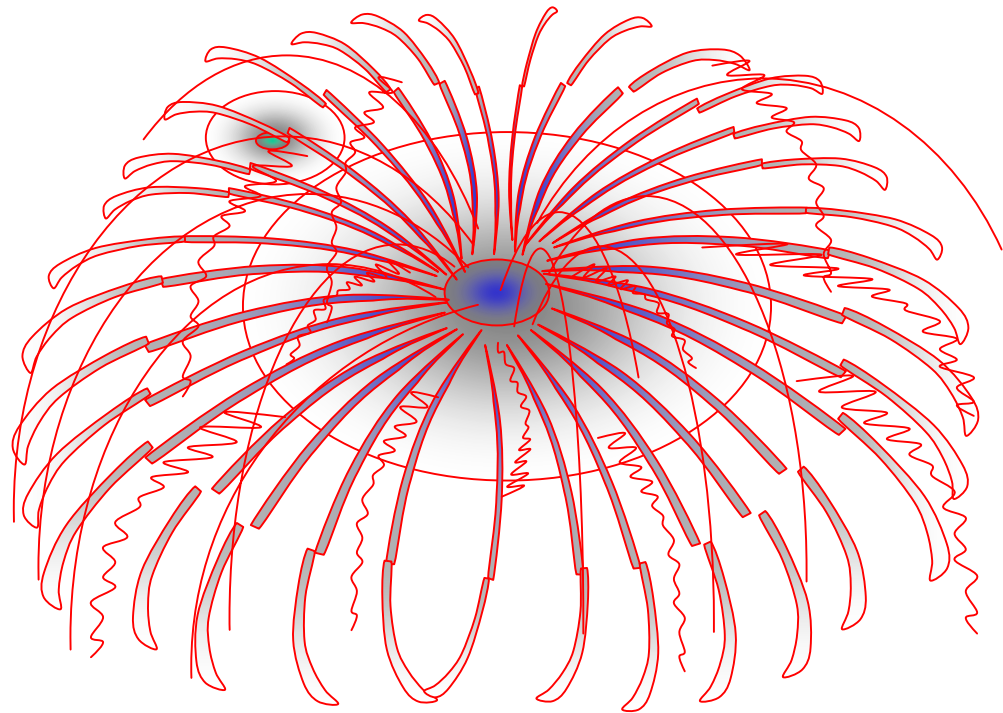
总结

影响土壤源热泵广泛应用的主要原因：

- 1、地埋式换热器的传热强化、土壤源热泵系统仿真及最佳匹配参数的研究还不够深入，无法为设计提供最简介的方法；
- 2、土壤源热泵自身存在的缺点：地埋换热器受土壤性质影响较大；连续运行时，热泵的冷凝温度或蒸发温度受土壤温度变化的影响而发生波动；土壤导热系数小，使地埋换热器的面积较大等；
- 3、关于埋地盘管的数学模型和土壤热场特点的理论研究还不够深入，仍处于试验阶段；由于它涉及钻探工程，使施工困难，系统投资比较大。因此在热泵技术开发应用中，应通过热泵的批量生产和技术改进来降低成本，使热泵技术的优越性更加突出；
- 4、我国有关地源热泵的现成技术资料不多，缺少这方面的设计、生产、安装和维护人员，而且生产相关设备的厂家少，需加强相关技术人才的培养；

总结

- 5、需向世界上热泵技术比较发达的国家学习，但应注意：由于我国气候条件不同，因此不能照搬外国的技术成果，而应注意吸收国外正反经验，合理布局，稳步发展，在条件相对成熟的地区多进行试验和总结；
- 6、地下情况远比地上的复杂，需要进行详细的勘察。提供正确可靠供工程设计参考的技术数据；
- 7、使用地源热泵系统，要优化，扬长避短；
- 8、开发成熟的可供工程设计参考的设计计算方法；现有的设计只有专业公司会做，一般设计人员基本不会，严重制约了该技术的推广；
- 9、现有的产品规格、品种还不够齐全，影响使用；
- 10、地下换热器的安装、施工技术还没有普及，一般的施工队伍无法保证质量。
这些问题都是制约地源热泵发展的重要因素。



谢谢!