

UDC

中华人民共和国国家标准

GB

P

GB 50366—2005

地源热泵系统工程技术规范

Technical standard for ground-source heat pump system

20XX—XX—XX 发布

20XX—XX—XX 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部

国家市场监督管理总局

联合发布

修订说明

本次局部修订是根据住房和城乡建设部《关于印发〈2019 年工程建设标准规范制定、修订计划〉的通知》（建标函〔2019〕8 号）的要求，由中国建筑科学研究院有限公司会同有关单位对《地源热泵系统工程技术标准》GB50366-2005 进行局部修订。

本次修订的主要内容是：1 补充了中深层地埋管系统的工程勘察内容一节；2 补充了中深层地埋管换热系统一章；3 完善了浅层地埋管换热系统、地下水换热系统、地表水换热系统及建筑物内系统章节技术内容；4 完善调试、验收技术内容，补充了监测技术一节。

本规范中下划线表示修改的内容；用黑体字表示的条文为强制性条文，必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释，由中国建筑科学研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送至中国建筑科学研究院有限公司（地址：北京市北三环东路 30 号，邮编：100013）。

本次局部修订的主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人：

主编单位： 中国建筑科学研究院有限公司

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

《地源热泵系统工程技术规范》GB50366—20××

修订对照表

（方框部分为删除内容，下划线部分为增加内容）

现行《规范》条文	修订征求意见稿
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。	2.0.4 地热能资源 <u>geothermal resources</u> <u>蕴藏在岩土体、地下水或地表水中，能够</u> <u>为人类开发和利用的热能资源。</u>
2.0.6 地埋管换热系统 ground heat exchanger system 传热介质通过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。	2.0.6 地埋管换热系统 ground heat exchanger system 传热介质通过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。 <u>分为浅层地埋管换热系统</u> <u>和中深层地埋管换热系统。</u>
	2.0.7.A 浅层地埋管换热系统 <u>shallow</u> <u>ground heat exchange system</u> 采用 <u>竖直或水平地埋管换热器与浅</u> <u>层岩土体进行热交换，可通过热泵供冷、</u> <u>供热的换热系统。</u>
	2.0.7.B 中深层地埋管换热系统 <u>middle</u> <u>and deep borehole heat exchange system</u> 采用 <u>竖直地埋管换热器与中深层岩</u> <u>土体进行热交换，通过热泵仅用于供热</u> <u>的换热系统。</u>
2.0.21 热源井 heat source well	2.0.21 <u>换热井 heat exchange well</u>

现行《规范》条文	修订征求意见稿
	<u>2.0.29 地温梯度 geothermal gradient</u> <u>地温随深度变化的速率。</u>
	<u>2.0.30 无 负 荷 循 环 法 reactive circulation method</u> <u>不向地埋管换热器内循环介质加载冷、热量，利用循环介质和岩土体达到热平衡时的温度，分析岩土体初始平均温度的方法。</u>
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，并对浅层地热能资源进行勘察。	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，并对地热能资源进行勘察。
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。	
3.1.4 工程场地状况调查应包括但不限于内容： 1 场地规划面积、形状及坡度； 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。	<u>3.1.3</u> 工程场地状况调查应包括但不限于内容： 1 场地规划面积、形状及坡度； 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。

现行《规范》条文	修订征求意见稿
	6 <u>工程场区及附近地下水径流方向、速度、地下水静水位、水温、水质分布、冻土层厚度等。</u>
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。	3.2.1 <u>浅层</u> 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以下内容： 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。	3.2.2 <u>浅层</u> 地埋管换热系统勘察应包括以下内容： 1 岩土层的结构； 2 岩土体热物性； 3 岩土体温度。
	3.2.2C <u>浅层地埋管地源热泵系统勘察工作应按下列规定进行：</u> 1 <u>水平地埋管地源热泵系统工程场地勘察应采用槽探、坑探或钎探进行，槽探位置和长度应根据场地形状确定，槽探的深度宜超过埋管深度 1m，钎探应按现行国家标准《建筑地基工程施工质量验收标准》GB50202 的规定执行；</u> 2 <u>竖直地埋管地源热泵系统工程场地勘察采用钻探进行，勘探孔的深度宜超过钻孔深度 2 m 以上，勘探孔施工按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021 的规定执行；</u>

现行《规范》条文	修订征求意见稿															
	3 <u>工程场地内地层岩性差异较小时，应根据浅层地热能工程应用的建筑面积，按表 3.2.2.C 确定勘察工作量。工程场地地层岩性差异较大时，宜根据场地内地质条件增加勘探孔数量；</u> 4 <u>勘探孔布设应充分考虑工程场地内地质条件差异和换热孔分布情况，宜分散布设于换热孔区域；</u> 5 <u>竖直地埋管地源热泵系统勘探孔宜进行岩心编录、地球物理测井，划分地层结构，岩土层单层厚度大于 1m 的，每层宜取代表性的原状样品（砂、砾石层除外），细砂粒径以上应取扰动样；</u> 6 <u>勘探孔的地埋管换热器设置方式和回填方式应与拟建设的工程换热孔一致。</u> 表 3.2.2C 槽探和勘探孔数量 <table><tr><th>埋管方式</th><th>系统应用建筑面积 A（m²）</th><th>槽探、勘探孔数量(个)</th></tr><tr><td rowspan="2">水平</td><td>A<500</td><td>1（探槽）</td></tr><tr><td>500≤A</td><td>≥2（探槽）</td></tr><tr><td rowspan="3">竖直</td><td>A<10000</td><td>1~2（孔）</td></tr><tr><td>10000≤A<50000</td><td>≥2（孔）</td></tr><tr><td>50000≤A</td><td>≥4（孔）</td></tr></table>	埋管方式	系统应用建筑面积 A（m ² ）	槽探、勘探孔数量(个)	水平	A<500	1（探槽）	500≤A	≥2（探槽）	竖直	A<10000	1~2（孔）	10000≤A<50000	≥2（孔）	50000≤A	≥4（孔）
埋管方式	系统应用建筑面积 A（m ² ）	槽探、勘探孔数量(个)														
水平	A<500	1（探槽）														
	500≤A	≥2（探槽）														
竖直	A<10000	1~2（孔）														
	10000≤A<50000	≥2（孔）														
	50000≤A	≥4（孔）														

现行《规范》条文	修订征求意见稿
	<u>3.2.2D 勘察报告应包括下列内容：</u> <u>1 项目概况；</u> <u>2 勘察工作概况；</u> <u>3 拟建工程场区场地条件；</u> <u>4 拟建工程场区地质条件；</u> <u>5 岩土热物性特征；</u> <u>6 地下换热器换热能力分析评价；</u> <u>7 结论与建议。</u>
	<u>3.2A 中深层地埋管换热系统勘察</u> <u>3.2A.1 中深层地埋管地源热泵系统方案设计前，应采用适宜的物探方法对工程场区内中深层地热地质条件进行详细勘察。</u>
	<u>3.2A.2 中深层地埋管换热系统勘察应包括下列内容：</u> <u>1 地层结构、断裂分布和性质；</u> <u>2 地热增温率；</u> <u>3 岩性、厚度、温度平面及剖面分布情况；</u> <u>4 地下流体温度、压力及化学组分；</u> <u>5 地下热储的岩性、埋深、厚度及分布；</u> <u>6 热储盖层的岩性、厚度及分布；</u> <u>7 岩土体热物性分析及地热储层热物性分析；</u> <u>8 开凿地热井所需的全部地质参数；</u> <u>9 钻探方法与成本。</u>

现行《规范》条文	修订征求意见稿
	<u>3.2A.3 地热井建成后，应监测循环介质进出口温度、流量等参数，测算地下换热井换热量。宜进行 3 次不同流量试验，每次试验的延续时间不宜少于 120 h，评价换热井的合理取热能力。</u>
	<u>3.2A.4 勘察报告应包括下列内容：</u> <u>1 项目概况；</u> <u>2 勘察工作概况；</u> <u>3 拟建工程场区场地条件；</u> <u>4 拟建工程场区地质条件；</u> <u>5 岩土热物性特征；</u> <u>6 地下换热器换热能力分析评价；</u> <u>7 结论与建议。</u>
	<u>3.3.5 勘查工作要求应符合下列规定：</u> <u>1 抽水试验及回灌试验可利用已建井开展，不具备合适水井的应专门施工勘查井，勘查井施工应满足现行国家标准《供水水文地质勘察规范》GB50027 的要求；</u> <u>2 根据浅层地热能开发工程的建设需求、工作面积、工程负荷，确定勘查井的数量，按表 3.3.5 确定；</u> <u>3 勘查井的深度，应根据含水层或含水构造带埋藏条件确定，宜小于 200m，当有多个含水层组且无水质分析资料时，宜进行分层勘查，获取各层水化学资料；</u> <u>4 勘查井的布置应依据地下水流</u>

现行《规范》条文	修订征求意见稿						
	场、渗透率及其他水文地质参数确定； 5 抽水试验及回灌试验步骤应满足现行国家标准《供水水文地质勘察规范》GB50027 的要求； 6 在勘查井中取样分析地下水，机组热源侧水质应符合现行国家标准《蒸汽压缩循环冷水(热泵)机组 第1部分工业或商业用及类似用途的冷水(热泵)机组》GB/T18430.1 的要求； 7 岩溶发育地区应对可能引起的地面塌陷等情况进行重点评述。 表 3.3.5 勘查井工作量 <table> <tr> <th>系统应用建筑面积 A (m²)</th><th>勘查井数量 (个)</th></tr> <tr> <td>A<10000</td><td>1~2</td></tr> <tr> <td>10000≤A</td><td>≥2</td></tr> </table>	系统应用建筑面积 A (m ²)	勘查井数量 (个)	A<10000	1~2	10000≤A	≥2
系统应用建筑面积 A (m ²)	勘查井数量 (个)						
A<10000	1~2						
10000≤A	≥2						
	3.3.6 勘察报告应包括下列内容： 1 项目概况； 2 勘察工作概况； 3 拟建工程场地条件； 4 目标含水层分析评价； 5 换热井抽、灌能力分析评价； 6 地质环境影响与评价； 7 结论与建议。						
	3.4.3 蓄水电站等地表水体应以蓄水后的水温、水质和水文勘探部门所提供的水位变化数据作为方案设计基础数据。						

现行《规范》条文	修订征求意见稿
	<u>3.4.4 勘察报告应包括下列内容：</u> 1 <u>项目概况；</u> 2 <u>勘察工作概况；</u> 3 <u>拟建工程场地条件；</u> 4 <u>地表水资源条件；</u> 5 <u>水工构筑物地基基础分析与评价；</u> 6 <u>结论与建议。</u>
4 地埋管换热系统	4 <u>浅层</u> 地埋管换热系统
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。	4.1.1 <u>浅层</u> 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。
	<u>4.1.1A 地埋管换热器宜结合系统末端需求和冷热源机组的设计方案进行分区设置。</u>
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。	4.1.2 地埋管换热系统施工时， <u>应进行详细的施工组织设计，严禁损坏既有地下管线及构筑物，并宜靠近机房或以机房为中心设置。</u>
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，并应采用两个现场的永久目标进行定位。	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，并应采用两个现场的永久目标进行定位， <u>并建立地埋管换热器的数据档案。</u>

现行《规范》条文	修订征求意见稿
	<u>4.1.4 当利用桩基埋管或在建筑物的底板基础下埋管时，应与有关专业协调衔接，考虑基础沉降、安全及施工工艺等因素。当埋管穿越建筑底板时，应采取严格的防水措施。</u>
	<u>4.1.5 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。</u>
	<u>4.1.6 地埋管换热系统应设置反冲洗系统，冲洗流量不应低于工作流量的 2 倍。</u>
4.2.2 地埋管管材及管件应符合以下规定： 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）<u>或聚丁烯管(PB)</u>，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。管材的公称压力不应小于 1.0MPa。地埋管外径及壁厚可按本标准附录 A 的规定选用。	4.2.2 地埋管管材及管件应符合以下规定： 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），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。管材的公称压力不应小于 1.0MPa。地埋管外径及壁厚可按本标准附录 A 的规定选用。
4.3.2 地埋管热泵系统设计应进行全年动态负荷计算，最小计算周期宜为	4.3.2 地埋管热泵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。

现行《规范》条文	修订征求意见稿
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。	计算周期内，地源热泵 <u>地埋管换热</u> 系统总释热量宜与其总吸热量相平衡。
	<u>4.3.2A 大规模地埋管地源热泵系统，宜进行 10 年以上地源侧热平衡计算。</u>
	<u>4.3.2B 地埋管地源热泵系统应监测运行过程中土壤温度变化。</u>
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，采用专用软件进行。竖直地埋管换热器的设计也可按本标准附录 B 的方法进行计算。	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，采用专用软件进行。 <u>中、小型</u> 竖直地埋管换热器的设计也可按本标准附录 B 的方法进行计算。
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。	4.3.7 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。 <u>供暖为主时，单层管埋设深度宜为 1.2 m~2.0m，双层管宜为 1.6 m~2.4m，其它埋深以经济挖掘深度为宜。</u>
	<u>4.3.7A 水平地埋管换热器宜进行分组连接，并应在各环路的总接口处设置检查井，井内设置相应的阀门和仪表。</u>
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	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

现行《规范》条文	修订征求意见稿
布置。每对供、回水环路集管连接的地埋管环路数宜相等。供、回水环路集管的间距不应小于 0.6m。	对供、回水环路集管连接的地埋管环路数宜相等。供、回水环路集管的间距不应小于 0.6m， <u>否则管道应进行保温。</u>
	<u>4.3.10A 每组供、回水集管连接的竖直地埋管孔数不宜超过 8 个，集管与分、集水器之间应设置关断阀。</u>
<u>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。</u>	<u>4.3.11 采用桩基埋管和竖直埋管的复合地下换热系统时，应保证桩基埋管换热器与竖直地埋管换热器间的水力平衡。</u>
<u>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。</u>	<u>4.3.12 大规模的地埋管系统宜分区设置分、集水器，各区所有回路连接地埋管换热器数量、埋管深度宜保持一致。</u>
<u>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。</u>	<u>4.3.17 地埋管换热器的承压能力可按下式计算确定：</u> $P = P_0 + \rho gh + 0.5P_h$ (4.3.17) <u>式中：P——管路最大压力 (Pa)；</u> <u>P_0——当地大气压力 (Pa)；</u> <u>ρ——地埋管中流体密度 (kg/m^3)；</u> <u>g——重力加速度 (m/s^2)；</u> <u>h——地埋管承压最不利点与闭式循环系统最高点的高度差 (m)；</u> <u>P_h——水泵扬程 (m)。</u>

现行《规范》条文	修订征求意见稿
	<u>4.3.18 地埋管换热器的环路平均比摩阻宜控制在 10 kPa/100m ~30kPa/100m, 最大不应超过 50kPa/100m。</u>
4.4.4 管道连接应符合以下规定； 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 型弯管接头，宜选用定型的 U 型弯头成品件，不宜采用直管道煨制弯头。 3 竖直地埋管换热器 U 型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 型管的两开口端部，应及时密封。	4.4.4 管道连接应符合以下规定； 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现行行业标准《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 型弯管接头，宜选用定型的 U 型弯头成品件，不宜采用直管道煨制弯头。 3 竖直地埋管换热器 U 型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 型管的两开口端部，应及时密封。 <u>4 竖直地埋管换热器使用的管道，应组对整根放入，不得拼接。</u>
	<u>4.4.6A 水平地埋管换热器铺设及回填应符合现行行业标准《埋地聚乙烯给水管道工程技术规范》CJJ 101 的要求。</u>
4.4.9 竖直地埋管换热器灌浆回填料宜采用膨润土和细沙（或水泥）的混合浆或专用灌浆材料。当地埋管换热器设在密实或坚硬的岩土体中时，宜采用水泥基料灌浆回填。	4.4.9 竖直地埋管换热器灌浆回填料宜采用膨润土和细沙（或水泥）的混合浆或专用灌浆材料。当地埋管换热器设在密实或坚硬的岩土体中时，宜采用水泥基料灌浆回填。<u>回填材料应与周围岩土相适应，宜具有良好的导热性能和密封</u>

现行《规范》条文	修订征求意见稿
	<u>低渗透性能。</u>
	<u>4.4.12 警示带宜铺设于管道上方，沟槽深度的 1/2 处。</u>
	<u>4.5.2A 不应在有结冰的危险的寒冷天气中进行水压测试。不应使用空气进行压力测试。</u>
	<u>4A 中深层地埋管换热系统</u> <u>4A.1 一般规定</u>
	<u>4A.1.1 中深层地埋管换热供热系统工程实施前应进行拟开采区域及周边地热地质状况调查，调查内容应包括拟开采区域的地层构造、主要热储类型及分布、岩土体热导率、施工场地工程地质条件及地质灾害分布特征等。</u>
	<u>4A.1.2 中深层地埋管换热系统设计前，应根据地热地质条件及工程勘察结果评估地埋管换热系统实施的技术可行性、经济性和风险性。</u>
	<u>4A.1.3 中深层地埋管换热系统建设完成后，应在地埋管的埋管区域作出标志或标明管线的定位带，并应采用 2 个现场永久目标进行定位。</u>
	<u>4A.1.4 中深层地埋管换热系统建成后宜建立长期监测井（多井时应选择代表性井），持续观测热交换量和换热井口温度。</u>
	<u>4A.1.5 中深层地热换热器的埋管型式应</u>

现行《规范》条文	修订征求意见稿
	<u>根据可使用地面面积、岩土结构、岩土竖向温度分布、钻井成本等因素综合确定，宜优先采用同轴套管型式。</u>
	<u>4A.1.6 中深层地埋管换热器位置宜靠近机房，远离水井及室外排水设施，若有多个钻井，宜以机房为中心进行布置。</u>
	<u>4A.2 中深层换热管材与传热介质</u>
	<u>4A.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。</u>
	<u>4A.2.2 地埋管管材及管件应符合下列规定：</u> <u>1 地埋管应采用化学稳定性好、耐腐蚀、承压能力大、流动阻力小的钢管或塑料管材及管件。</u> <u>2 对套管式地埋管换热器，外管应采用不锈钢管或石油套管等导热系数大、承压能力强的材料；内管宜采用聚乙烯管（PE100）等导热系数小、承压能力较大的材料。</u> <u>3 管件与管材应为相同材料。</u>
	<u>4A.2.3 中深层地埋管换热系统用传热介质以水为主，应具有良好的环保性能和传热性能，不得加注乙二醇等添加剂。</u>
	<u>4A.3 中深层地埋管换热系统设计</u>

现行《规范》条文	修订征求意见稿
	<u>4A.3.1 中深层地埋管换热系统设计范围应包括中深层地埋管换热器和地源侧相应管路及设备。</u>
	<u>4A.3.2 中深层地埋管换热系统应根据建筑负荷和地埋管取热量进行动态计算，最小计算周期不宜少于 2 年。</u>
	<u>4A.3.3 中深层地埋管换热器安装至中深层热储层，埋深宜为 2000m~3000m。</u>
	<u>4A.3.4 项目前期，单个中深层地埋管换热器取热量可依据地热增温率、中深层地埋管换热器安装深度以及岩土导热系数按附录 D 中图表进行估算。</u>
	<u>4A.3.5 施工图设计阶段，中深层地埋管换热器换热能力宜根据埋管深度、岩体导热率、地热增温率等，采用专业设计软件或根据附录 D 开发程序计算分析，并应根据实测值对地埋管取热量进行修正。</u>
	<u>4A.3.6 对于多个换热井的设计，应监测热媒进出口温度及流量，采用现场实验的方法预测换热井换热能力。</u>
	<u>4A.3.7 同轴套管中深层地埋管换热器应采用外进内出的形式。</u>
	<u>4A.3.8 中深层地埋管换热系统应根据地质特征确定回填材料配方，宜选用水泥作为回填材料的基料。</u>
	<u>4A.3.9 同轴套管式中深层地埋管换热器进行内管、外管规格选取时，应综合考</u>

现行《规范》条文	修订征求意见稿
	<u>虑设计参数对取热能力与水泵功耗的影响，外管流速宜小于 1.0m/s。</u>
	<u>4A.3.10 同轴套管式中深层地埋管换热器，深度为 2000m 左右时，地源侧循环水设计流量宜为 18~27m³/h。</u>
	<u>4A.3.11 中深层地埋管换热系统设计时，地埋管换热系统宜采用变流量设计。</u>
	<u>4A.3.12 中深层地埋管换热系统的补水应进行除氧及软化处理。</u>
	<u>4A.3.13 中深层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。</u>
	<u>4A.4 中深层地埋管换热系统施工</u>
	<u>4A.4.1 中深层换热井应实行“探采结合”，换热井的钻井、测试实验应分别按成井技术要求和地质勘察要求实施，并收集整理各项地热地质资料。</u>
	<u>4A.4.2 中深层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，并应先进进行通水、通电、通路到现场，平整场地，合理利用周围空间。</u>
	<u>4A.4.3 应做好施工前准备，做好组织管理和施工后现场保护以及资料记录。</u>
	<u>5.4.4 钻孔应布置在施工场地建筑物周边，与建（构）筑物、市政管网及其设</u>

现行《规范》条文	修订征求意见稿
	<u>施的水平距离不应小于 10m。</u>
	<u>4A.4.5 钻孔工艺所使用的材料必须为无毒性材料,成井材料应满足承压能力、导热性能及设计使用年限要求。</u>
	<u>4A.4.6 单个钻孔施工场地宽度应大于 15 m~20m,长度应大于 35 m~40m,场地坡度应小于 3‰。</u>
	<u>4A.4.7 施工钻进过程中应作好岩屑录井,并应符合下列规定:</u> <u>1 每钻进 5m,宜捞取岩屑样一个;进入目的层后,每钻进 2m 宜捞取岩屑样 1 个;</u> <u>2 每个岩屑样不宜小于 0.5kg;</u> <u>3 每个岩屑样应装袋保存,并分别编号记录。</u>
	<u>4A.4.8 中深层地埋管换热系统水平连接管路应采取保温措施,埋深宜低于冻土层底部 1m。回填后地表应设立标志标明管线走向和埋设位置。</u>
	<u>4A.4.9 中深层地热换热井钻孔作业时污染物排放应达到国家和地方相关环保标准要求。</u>
	<u>4A.4.10 成井之后,应立即安装井下换热器,安装完毕后应固井。钻井作业结束应做好孔口保护工作,并安装控制阀门,进出水流量计、温度计、压力计等。</u>

现行《规范》条文	修订征求意见稿
	<u>4A.5 中深层地埋管换热系统检验与验收</u>
	<u>4A.5.1 中深层地埋管热泵供热项目系统应调试、试运行均合格，验收通过后交付使用。</u>
	<u>4A.5.2 中深层地埋管换热系统工程竣工后应及时整理《钻井施工报告》，存档备案。</u>
	<u>4A.5.3 中深层地埋管热泵供热系统测试应进行典型供暖日测试；典型供暖日应进行连续测试，且连续测试时间不应少于 24h。</u>
	<u>4A.5.4 中深层地埋管热泵供热系统整体试运转与调试应符合下列规定：</u> <u>1 整体运转与调试前应制定整体运转与调试方案；</u> <u>2 热泵机组试运转前应进行水系统平衡调试，系统循环换热媒介总流量、各分支流量及各末端板进出换流量均达到设计要求为合格；</u> <u>3 水系统平衡调试合格后，应进行热泵机组的单机试运转，试运转合格后应按要求填写试运转记录，签字盖章，存档备案；</u> <u>4 热泵机组试运转正常后，应进行系统连续试运转，运转时间宜为 24h，合格后填写运转记录签字盖章，存档备案。</u>

现行《规范》条文	修订征求意见稿
	<u>4A.5.5 中深层地埋管热泵供热系统验收应符合下列规定：</u> 1 <u>中深层换热器出水温度，地下换热系统取热量应符合设计要求；</u> 2 <u>中深层换热系统换热媒介压力、温度、流量等技术参数应符合设计要求，各循环管路水流量应该平衡；</u> 3 <u>中深层地下换热系统、地上换热系统应连续稳态运行，管路沿程阻力、阀门局部阻力、循环水泵功率应符合设计要求；</u> 4 <u>监控系统各监测传感器、动作执行器为工作正常状态，满足对中深层地埋管供热系统进行监测和控制的设计要求，监控中心能正确显示监测结果，自动调节、自动保护等功能正常；</u> 5 <u>监控系统各监测设备工作状态正常，至少每 15min 对监测数据进行记录，并将数据存储于监控单元中、远传至数据监测机房或上传至系统监测云平台，以备导出查验分析；</u> 6 <u>中深层地埋管供热系统验收后应形成验收报告，包括调试前的准备记录、机组及系统试运转的全部测试数据和分析结果。</u>
	<u>4A.5.6 中深层地埋管热泵供热系统调试、试运行与验收除应符合本标准规定外，还应符合现行国家标准《通风与空</u>

现行《规范》条文	修订征求意见稿
	<u>调工程施工质量验收规范》GB 50243 和《建筑节能工程质量验收规范》GB 50411 的相关规定。</u>
	<u>4A.5.7 中深层地埋管热泵供热系统的测试应符合下列规定：</u> <u>1 在进行长期监测前，应保证系统已至少持续稳定运行 3d 且平均负荷率不小于设计值 50%，长期监测期间的平均负荷率应不小于设计值的 50%；</u> <u>2 长期监测应与采暖季同步，短期测试的时间不应少于 3d；</u> <u>3 热泵机组制热性能系数的测定工况应尽量接近机组的额定工况，测定工况机组的负荷率宜达到机组额定值的 80%以上；</u> <u>4 短期测试期间，系统能效比的测定工况应尽量接近系统的设计工况，测定工况系统的负荷率宜达到设计值的 60%以上；</u> <u>5 室内温湿度的监测应在中深层地埋管热泵系统稳定运行且建筑物热工参数已稳定后进行，测试期间的室内外温湿度监测应与中深层地热热泵系统监测同时进行。</u>
	<u>5.1.1A 地下水地源热泵系统取用地下水，应根据当地地下水开采区划和地下水管理办法向水资源管理部门提出申请，获得取水许可后进行热源井的设计</u>

现行《规范》条文	修订征求意见稿
	<u>和施工。</u>
	<u>5.1.4 地下水换热系统应根据水源水质条件选用直接或间接换热系统，水系统宜采用变流量设计，地下水取水管道宜保温。</u>
5.2.1 热源井的设计单位应具有水文地质勘察资质。	5.2.1 <u>换热</u> 井的设计单位应具有水文地质勘察资质。
	<u>5.2.1A 换热井设计前应调查了解工程场地及周边建、构筑物及地下水利用情况，如总体规划、周边建、构筑物特征、地下管线、市政设施、原有水井资料及运行情况等。</u>
5.2.2 热源设计应符合现行国家标准《供水管井技术标准》GB50296 的相关规定，并应包括以下内容： 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。	5.2.2 <u>换热</u> 井设计应符合现行国家标准《供水管井技术标准》GB50296 的相关规定，并应包括以下内容： 1 <u>换热</u>井抽水量和回灌量、水温和水质； 2 <u>换热</u>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。

现行《规范》条文	修订征求意见稿
	<u>5.2.2A 抽水井和回灌井的平面布局应根据下列规定确定：</u> 1 <u>根据专项勘察报告和水资源评估报告，结合项目建设情况，确定抽水井和回灌井井位；</u> 2 <u>根据地下水位的季节性动态变化、径流方向、渗透系数、水力坡度、影响半径等因素，确定抽水井之间的距离；</u> 3 <u>根据项目场地水文地质结构和抽水、回灌试验数据，结合水位变化和热干扰等因素，综合确定抽水井与回灌井、回灌井与回灌井之间的距离；</u> 4 <u>换热井井位的设置避开有污染的地面或地层。</u>
5.2.3 热源井设计时应采取减少空气侵入的措施。	<u>5.2.3 换热井设计时应采取减少空气侵入的措施。</u>
	<u>5.2.9 地下水供回水管网的布置应考虑多口取水井、回灌井水力的平衡。</u>
	<u>5.2.10 应根据专项勘察成果，考虑地下水含水层结构、含水层组成物质的粒径进行回灌井设计。</u>
	<u>5.2.11 地下水回灌方式宜采用自然回灌。特殊情况，在不改变含水层渗透率的前提下，可采用加压回灌方式。</u>
	<u>5.2.12 回灌水管出水孔段应布置在主要含水层厚度的 1/2 处。泵井管的连接部</u>

现行《规范》条文	修订征求意见稿
	<u>位，泵管与井管之间应做好密封。</u>
	<u>5.2.13 取用河流冲洪积一级阶地的砂及砂卵石层中地下水时，换热井设计应对因抽水引起的沉降值、沉降范围进行计算，并不得超过周边地面、管线设施、建（构）筑物沉降要求限值。</u>
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和回灌试验。	5.3.5 <u>换热井在成井后应及时洗井。洗井结束后应进行抽水和回灌试验，管网安装完成后应进行群井抽水和回灌试验。</u>
	<u>5.3.7 换热井设置的检查井应设专门标志，地下水供回水管应在地面做出标明管线的定位带。</u>
	<u>5.3.8 地下水供回水管宜采用无缝钢管或聚乙烯管，连接方式可采用法兰连接或焊接，换热井中的供回水管应采用法兰连接。</u>
5.4.1 热源井应单独进行验收，且应符合现行国家标准《供水管井技术标准》GB50296 及《供水水文地质钻探与凿井操作规程》CJJ13 的规定。	5.4.1 <u>换热井应单独进行验收，且应符合国家现行标准《供水管井技术标准》GB50296 及《供水水文地质钻探与凿井操作规程》CJJ13 的规定。</u>
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满足本标准第 5.3.6 条的规定。	5.4.2 <u>换热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满足本标准第 5.3.6 条的规定。</u>
6.1.1 地表水换热系统设计前，并对	6.1.1 地表水换热系统设计前， <u>应进行水</u>

现行《规范》条文	修订征求意见稿
地表水地源热泵系统运行对水环境的影响进行评估。	<u>资源论证，并对地表水地源热泵系统运行对水环境的影响进行评估。</u>
	<u>6.1.1A 取用地表水应向当地水资源管理部门提出申请，获得许可后进行设计和施工。</u>
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。	6.1.2 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、 <u>全年动态水位、水温、水体与建筑之间的地质情况</u> 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。	6.1.3 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， <u>同时需要满足水体的热承载能力，计算周期为1年。</u>
	<u>6.1.4 地表水地源热泵系统设计方案应综合分析取水温度和取水能耗，保证系统的节能率。</u>
	<u>6.1.5 应根据地表水的流动状态、水质情况等，综合确定地表水换热系统方案以及取水方案。</u>
6.2.1 开式地表水换热系统取水口应远离回水口，并宜位于回水口上游。取水口应设置污物过滤装置。	6.2.1 开式地表水换热系统取水口应远离回水口，并宜位于回水口上游。取水口应设置污物过滤装置。 <u>相邻地表水地源热泵系统应做排水温度对取水温度的热影响分析。</u> 取水口应设置污物过滤装置。 <u>污水源热泵系统中的原生污水取水口应设置反冲洗防堵装置。</u>
	<u>6.2.7 开式地表换热系统在滞留水体中</u>

现行《规范》条文	修订征求意见稿
	<u>宜采用同温层排水。在地表水体表层排水时，应在满足当地环保部门对排水升温要求前提下，以大温差设计确定排水温度。</u>
	<u>6.2.8 开式地表换热系统在滞留水体中取水宜采用多点取水的方式。</u>
	<u>6.2.9 取水方案应根据全年动态水位、水质、地质条件、地形等因素综合确定。对于采用干式取水泵房的开式地表水换热系统，应考虑 50 年一遇的洪水位标高对水泵房的影响。</u>
	<u>6.2.10 取水构筑物的型式，应根据取水量和水质要求，结合河床地形及地质、河床冲淤、水深及水位变幅、泥沙及漂浮物，冰情和航运等因素以及施工条件，在保证安全可靠的前提下，通过技术经济比较确定。</u>
	<u>6.2.11 开式地表水换热系统宜采用自清洗功能设备或换热器型式避免泥沙等含量对系统的影响；对于微生物、藻类的处理，宜采用物理方法。</u>
	<u>6.2.12 选择地表水源冷水（热泵）机组时，应考虑机组源侧水质、污垢等因素对机组性能的影响，采用合理的污垢系数对供冷（热）量进行修正，并宜设置在线清洗装置。</u>
	<u>6.2.13 地表水地源热泵系统设计时，应符合下列规定：</u>

现行《规范》条文	修订征求意见稿
	1 <u>冬季极端不利工况下,当地表水源热泵系统不能满足供热需求时,应考虑设置备用辅助热源;</u> 2 <u>取水量应充分考虑地表水体的热容量,排放水应符合现行国家标准《污水综合排放标准》GB8978、《地表水环境质量标准》GB3838 中有关规定;</u> 3 <u>水质处理应采用物理方式,不应采用加药等化学处理方式;</u> 4 <u>取水宜采用重力流或虹吸的取水方式,当能源站与取水泵房的高差大于 40m 时,应设置间接换热器或势能回收装置;</u> 5 <u>排放水宜与城市绿化、景观等相结合,实现一水多用;</u> 6 <u>取水泵房距离能源站宜在 1km 内,地表水夏季换热量与水泵输送功率之比宜控制在 40 以上,冬季换热量与水泵输送功率之比宜控制在 30 以上。</u>
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标准》GB50019 的要求。其中涉及到生活热水或其它热水供应部分,应符合现行国家标准《建筑给水排水设计标准》GB50015 的要求。	7.1.1 <u>根据建筑类型不同,建筑物内系统的设计应符合现行国家标准《民用建筑采暖通风与空气调节设计规范》GB50736、《工业建筑采暖通风与空气调节设计规范》GB50019、《公共建筑节能设计标准》GB50189 的要求。</u>其中涉及到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》GB50015 的要求。

现行《规范》条文	修订征求意见稿
	<u>7.1.1A 建筑物内系统方案应根据地热能交换系统条件、建筑空调与供热技术要求与负荷特点，通过技术、节能与经济比较后合理确定。</u>
	<u>7.1.1B 应通过协调优化地热能交换系统与建筑物内系统设计、施工与运行管理，使得地源热泵系统全年能效比高于传统空调供热系统。</u>
	<u>7.1.2A 水源热泵机组设计运行工况与名义工况不一致时，应根据性能曲线对其实际出力进行修正。</u>
	<u>7.1.2B 地源侧换热系统中添加防冻液时，应对水源热泵机组的制冷量、制热量和换热器阻力进行修正。</u>
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。	<u>7.1.5 建筑物内系统应根据地热能交换系统特性、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，宜优先选用高温供冷、低温供热末端装置。</u>
	<u>7.1.5A 终端用户冷热负荷需求时空异大，物权划分及计量要求高，或存在内外分区需要同时供冷、供热时，宜采用分散式水源热泵系统或水环热泵形式。</u>

现行《规范》条文	修订征求意见稿
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。	7.1.6 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时， <u>宜采用满液式水源热泵机组</u> ，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，不足部分由其它方式解决。水源热泵系统提供生活热水时，应采用换热设备间接供给。	7.1.7 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，不足部分由其它方式解决。水源热泵系统提供生活热水时，应采用换热设备间接供给。 <u>热（冷）回收型水源热泵机组应具有参数自动监控与工况自动转换功能。</u>
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）装置或其它节能设施。	7.1.8 建筑物内系统设计时， <u>应根据建筑物的使用功能和负荷分布情况</u> ，通过技术经济比较后，增设辅助热源、蓄热（冷）装置或其它节能设施。
	<u>7.1.9 集中布置的大型水源热泵机组应能适应空调负荷全年变化规律，满足季节及部分负荷要求，一般不宜少于 2 台。</u>
	<u>7.1.10 地源侧循环系统与空调冷热水系统补水、定压系统应独立，并分别计量，应有异常补水报警措施。间接地下水或地表水换热系统循环回路上应设置排气、定压、膨胀、自动补水及水过滤装置。换热器应预留清洗、维修空间。</u>

现行《规范》条文	修订征求意见稿
	<u>7.1.11 供冷季地热能交换系统的供水温度低于 18℃时，宜直接利用换热系统的循环水对室内空气进行冷却处理或预冷。</u>
	<u>7.1.12 地源热泵系统与其他冷热源系统复合供冷供热时，应采用基于岩土体热平衡的系统全年能效最优方案。</u>
	<u>7.2.3 空调水系统安装完毕后，应进行系统试压和冲洗，系统冲洗时应设置临时旁通系统，关闭主要设备的阀门。</u>
	<u>7.2.4 检验阀门严密性的排水短管及阀门应接至方便操作与观察处。</u>
	<u>7.2.5 施工与检验、冲洗、调试过程中，应避免建筑屋内水系统与“源”侧水系统相混。</u>
	<u>7.2.6 地源侧与建筑物内系统循环水补水水表、系统安装的温度表、压力表量程、精度、工作压力应符合计量标准与设计要求，应设于便于观测与维护的位置。</u>
8 整体运转、调试与验收	<u>8 调试、验收与监测</u> <u>8.1 调试、验收</u>
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。	<u>8.1.1 地源热泵系统交付使用前，应进行整体运转、调试与验收。</u>
	<u>8.1.2 地源热泵系统调试前应检查以下内容，确认满足调试要求：</u> <u>1 现场安全防护措施可靠、供电、供水、排水等配套条件满足要求；</u>

现行《规范》条文	修订征求意见稿
	<u>2 相关设备及管路冲洗、严密性试验已完成且符合要求；</u> <u>3 相关电气系统和设备安全性、供电稳定性符合试运转要求；</u> <u>4 放气阀应能正常工作，时排出管道内的气体；</u> <u>5 系统安全阀安装前应经过校验，并按有关要求调整其压力，铅封；</u> <u>6 管道上的阀门、过滤器、软连接等附件正确安装、功能正常；</u> <u>7 水系统压力表、温度计、流量计等仪表正确安装、读数正常。</u>
8.0.2 地源热泵系统整体运转与调试应符合以下规定： 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； 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；	8.1.3 地源热泵系统整体运转与调试应符合以下规定： 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； 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

现行《规范》条文	修订征求意见稿
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。	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。
	<u>8.1.4 水泵调试运转与调试步骤及内容应符合下列规定:</u> <u>1 检查水泵的地脚螺栓及减震装置,确保其运行的稳定性,水泵接地装置应良好;</u> <u>2 对水泵进行通电点试,确定叶轮旋转方向正确;</u> <u>3 停泵时检查叶轮不应出现反转,检查水泵出口止回阀应完好;</u> <u>4 水泵电机温升正常,确保运转时不得出现过热现象;</u> <u>5 调试过程中应对水泵的进口过滤网进行多次清洗,保证泵进口水流通畅;</u> <u>6 对空调侧及地源侧补水泵,在运行时应进行观察,若无法补水,则停泵后,对水泵进行放气,确保其叶轮内充满水后,再开启水泵;</u> <u>7 水泵运行稳定后,应对水泵性能进行测试,包括水泵流量、扬程、转速、三相电压、电流、功率因数、输入功率、噪声等参数。测试结果应符合要求。</u>

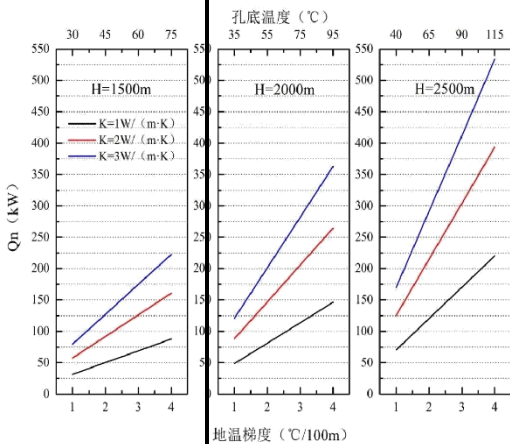
现行《规范》条文	修订征求意见稿
	<u>8.1.5 水源热泵机组运转与调试步骤及内容：</u> <u>1 调试时通过地源侧和空调侧旁通管冲洗管道，应避免冲洗管道的水进入水源热泵机组而损坏设备；</u> <u>2 应对热泵机组地源侧、空调侧进水口过滤器进行多次清洗，确保设备的安全。</u> <u>3 管道清洗打压后，关闭地源侧、空调侧旁通阀，使系统水进入机组内，机组地源侧、空调侧水系统进出口压力应正常，压力损失应小于 100kPa；</u> <u>4 水源热泵机组制冷剂系统进出口压力应正常，温差、流量、压缩机吸排气温度、电流、电压、噪声等控制指标应符合有关要求。</u> <u>5 应在典型工况下对水源热泵机组制热（冷）性能进行测试，测试机组负荷不宜小于其额定负荷 80%，测试参数包含热机组用户侧及热源侧进、出口水温、流量、供冷（热）量、机组输入电压、电流、功率因数、功率等。</u>
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。	<u>8.1.6</u> 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、调试与验收应符合本标准规定外，还应符合现行国家标准《通风与空调工程	<u>8.1.7</u> 地源热泵系统整体运转、调试与验收应符合本标准规定外，还应符合现行国家标准《通风与空调工程施工质量

现行《规范》条文	修订征求意见稿
施工质量验收标准》GB50243 和《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收标准》GB50274 的相关规定。	验收标准》GB50243 和《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收标准》GB50274 的相关规定。
	<u>8.1.8 对操作人员进行交底，一旦出现情况应按有关要求进行的。</u>
	<u>8.2 监测与控制</u>
	<u>8.2.1 地源热泵系统应设置监测与控制系统。</u>
	<u>8.2.2 地源热泵系统应对下列参数进行监测：</u> <u>1 地源侧供回水温度、流量、压力；</u> <u>2 末端侧供回水温度、流量、压力；</u> <u>3 中间换热器一、二次侧供回水温度、流量、压力；</u> <u>4 水源热泵机组、水泵、工况转换及连锁阀门的启停；</u> <u>5 水过滤器及水处理设备的压差；</u> <u>6 系统安全保护及故障报警；</u> <u>7 系统冷热量的瞬时值和累积值；</u> <u>8 水源热泵机组、水泵等设备的运行参数。</u>
	<u>8.2.3 监测与控制系统应根据建筑物规模、使用功能、系统形式、相关标准等综合确定，应包括下列功能：</u> <u>1 运行参数监测、显示和记录；</u> <u>2 各设备工作状态显示、启停连锁控制、报警及保护功能；</u>

现行《规范》条文	修订征求意见稿
	<u>3 热泵机组台数、加减速控制功能；</u> <u>4 水系统温度或压力控制功能；</u> <u>5 用能分项计量；</u> <u>6 系统调节与工况转换。</u>
	<u>8.2.4 地源热泵监测与控制系统的设置应符合现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736、《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019、《自动化仪表工程施工及验收规范》GB 50093 的相关规定。</u>
	<u>8.2.5 地埋管换热系统应根据埋管分区选择典型位置设置测温装置。宜设置测温井，监测岩土温度和地下水环境变化。</u>
	<u>8.2.6 地下水换热系统应对抽水量、回灌量、水温、水质、水位变化等进行监测。必要时，应对周边建构筑物、地面等进行沉降观测。</u>
	<u>8.2.7 地表水换热系统应对水温、水质、水位变化、水流速、水体环境、过滤器堵塞情况等进行监测。</u>
	<u>8.2.8 项目设有集中楼宇监控系统时，地源热泵系统应纳入集中监控系统。</u>
	<u>8.2.9 水源热泵机组应采取机组群控策略，优先采用由冷（热）量优化控制运行台数的方式。</u>
	<u>8.2.10 地源热泵系统各相关设备及附件应根据设计的运行顺序进行连锁启停控</u>

现行《规范》条文	修订征求意见稿
	制。
	<u>8.2.11 应根据设置的地埋管系统分区通过电动阀进行分组控制，实现地埋管换热器的分区运行。</u>
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。 表 A.0.2 聚丁烯（PB）管外径及公称壁厚（mm）	
附录 B 竖直地埋管换热器的设计计算	附录 B <u>浅层</u> 竖直地埋管换热器的设计计算
$R_s = \frac{1}{2\pi k_s} I \left(\frac{r_b}{2\sqrt{a\tau}} \right) \quad (\text{B.01-5})$	$R_s = \frac{1}{2\pi k_s} I \left[\frac{r_b}{2\sqrt{a\tau}} \right]^2 \quad (\text{B.0.1-5})$
C.3.4 岩土初始平均温度的测试应采用布置温度传感器的方法。测点的布置宜在地埋管换热器埋设深度范围内，且间隔不宜大于 10m；以各测点实测温度的算术平均值做为岩土初始平均温度。	C.3.4 岩土初始平均温度的测试应采用布置温度传感器的方法。测点的布置宜在地埋管换热器埋设深度范围内，且间隔不宜大于 10m；以各测点实测温度的算术平均值做为岩土初始平均温度。 <u>采用无负荷循环法测试岩土初始平均温度时，每 10s 记录一组数据，应连续监测地埋管出水温度 12h，12h 内温度变化不应大于 0.5℃；而后采用算术平均的方法，得到岩土体的初始平均温度。</u>
	附录 D <u>中深层地埋管换热器的传热分析模型与取热量估算</u> <u>D.0.1 中深层套管地埋管传热分析宜采用下列方法：</u>

现行《规范》条文	修订征求意见稿
	1 <u>套管换热器的传热分析模型可按下式计算：</u> $\frac{1}{a} \frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 t}{\partial \sigma^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \quad (\text{D.0.1-1})$ $\sigma = \ln\left(\frac{r}{r_0}\right) \quad (\text{D.0.1-2})$ 2 <u>流动方式为内进外出时内管流体的能量控制方程可按下式计算：</u> $C_2 \frac{\partial t_{f2}}{\partial \tau} = \frac{t_{f1} - t_{f2}}{R_2} - C \frac{\partial t_{f2}}{\partial z} \quad (\text{D.0.1-3})$ 3 <u>流动方式为内进外出时外管流体的能量控制方程可按下式计算：</u> $C_1 \frac{\partial t_{f1}}{\partial \tau} = \frac{t_{f2} - t_{f1}}{R_2} + \frac{t_b - t_{f1}}{R_1} + C \frac{\partial t_{f1}}{\partial z} \quad (\text{D.0.1-4})$ 4 <u>流动方式为外进内出时内管流体的能量控制方程可按下式计算：</u> $C_2 \frac{\partial t_{f2}}{\partial \tau} = \frac{t_{f1} - t_{f2}}{R_2} + C \frac{\partial t_{f2}}{\partial z} \quad (\text{D.0.1-5})$ 5 <u>流动方式为外进内出时外管流体的能量控制方程可按下式计算：</u> $C_1 \frac{\partial t_{f1}}{\partial \tau} = \frac{t_{f2} - t_{f1}}{R_2} + \frac{t_b - t_{f1}}{R_1} - C \frac{\partial t_{f1}}{\partial z} \quad (\text{D.0.1-6})$ 6 <u>外管流体与套管外表面之间单位长度的热阻可按下式计算：</u> $R_1 = \frac{1}{\pi d_{1i} h_1} + \frac{1}{2\pi \lambda_{p1}} \ln \frac{d_{1o}}{d_{1i}} +$



现行《规范》条文

修订征求意见稿

$$\frac{1}{2\pi\lambda_g} \ln \frac{d_b}{d_{2i}} \quad (\text{D.0.1-7})$$

7 内管流体与外管流体之间单位长度的热阻可按下列公式计算：

$$R_2 = \frac{1}{\pi d_{2i} h_2} + \frac{1}{2\pi\lambda_{p2}} \ln \frac{d_{2o}}{d_{2i}} + \frac{1}{\pi d_{2o} h_1} \quad (\text{D.0.1-8})$$

$$C_1 = \frac{\pi}{4} (d_{1i}^2 - d_{2o}^2) \rho c + \frac{\pi}{4} (d_{1o}^2 - d_{1i}^2) \rho_2 c_2 + \frac{\pi}{4} (d_b^2 - d_{1o}^2) \rho_g c_g \quad (\text{D.0.1-9})$$

$$C_2 = \frac{\pi}{4} d_{2i}^2 \rho c + \frac{\pi}{4} (d_{2o}^2 - d_{2i}^2) \rho_1 c_1 \quad (\text{D.0.1-10})$$

式中： C_1 ——为单位长度的内管中流体以及管壁的热容量，kJ/m.K；

C_2 ——为单位长度的外管中流体以及管壁的热容量，kJ/m.K；

ρc ——为水的体积比热容，kJ/m³.K；

$\rho_1 c_1$ ——为内管材料的体积比热容，kJ/m³.K；

$\rho_2 c_2$ ——为外管材料的体积比热容，kJ/m³.K；

$\rho_g c_{g, g}$ ——为回填材料的体积比热容，kJ/m³.K。

D.0. 2 中深层地埋管换热器名义取热量可按图 D.0.2 查取，作为方案设计的参考。

现行《规范》条文	修订征求意见稿
	图 D.0.2 中深层地埋管换热器名义取热量估算 线图

中华人民共和国国家标准

地源热泵系统工程技术标准

Technical standard for ground-source heat pump system

GB 50366—20××

条文说明

2.0.7A 浅层地埋管换热系统通过与岩土体间的热交换，可以作为热泵供热的低温热源和供冷的放热热汇，具有供冷、供热双重功能，岩土体深度一般为地表下200m以内，温度通常低于25℃。

2.0.7B 与中深层地热水利用不同，本标准中的中深层地埋管换热系统是以中深层岩土体为低温热源，采用封闭环路取热不取水，只做供热应用，不具有供冷功能，岩土体深度一般为地表下1000~3000m，温度通常高于40℃。中深层地埋管地源热泵系统也可简称中深层地源热泵系统。

2.0.21 本标准中抽水井和回灌井用作地源热泵系统的供热时的低温热源或供冷时的高温热汇，故将抽水井和回灌井统称为换热井，较之热源井更加合理，在地下水源热泵中。

2.0.29 与中深层地热水利用不同，本标准中的中深层地埋管换热系统是以中深层岩土体（深度200m~3000m）为低温热源，采用封闭环路，取热不取水。

2.0.30 无负荷循环法是一种便捷的岩土体初始温度测试方法，但是循环水泵运行功率及自然地表温度变化对内循环温度带来一定影响，需要做好地表附近管道及连接部分的保温措施，同时要保证循环流体稳流状态。

3.1.1 工程场地状况及地热能资源条件是能否应用地源热泵系统的基础。地源热泵系统方案设计前，应根据调查及勘察情况，选择采用地埋管、地下水或地表水地源热泵系统。浅层地热能资源勘察包括地埋管换热系统勘察、地下水换热系统勘察及地表水换热系统勘察。中深层地热能资源勘察主要指中深层地埋管换热系统勘察。

3.1.3 工程场地可利用面积应满足修建地表水抽水构筑物（地表水换热系统）或修建地下水抽水井和回灌井（地下水换热系统）或埋设水平或竖直地埋管换热器（地埋管换热系统）的需要。同时应满足运输、置放和操作施工机具及埋设室外管网的需要。

工程场地情况调查应尽量详细，为后期的地源热泵项目建设提供基础资料，除原国标规定内容外，调查内容还应包括工程场区及附近地下水径流方向、速度，地下水静水位、水温、水质分布，冻土层厚度等。

3.2.2C 采用水平地埋管换热器时，地埋管换热系统勘察采用槽探或钎探进行。槽探是为了了解构造线和破碎带宽度、地层和岩性界限及其延伸方向等在地表挖掘探槽的工程勘察技术，探槽应根据场地形状确定，钎探方法可与槽探配合使用，

并参照相关标准执行。采用竖直地埋管换热器时，地埋管换热系统勘察采用钻探进行，钻探方案应根据现场情况确定。探槽和勘查孔的深度比地埋管埋设深度大，是为了探明可能存在的地层起伏变化。

水平埋管方式所需场地大，适于小型工程。竖直埋管方式所需场地较小，适于较大的工程。工程规模大，负荷越大，所需的换热器布设场地越大，产生地层和换热能力变化的可能性就越大，因此探槽或勘查孔的数量应随工程建筑规模的增大而增加，且尽量分散布置，使勘察结果可以代表换热孔布设区域的地质条件和换热条件。

3. 2. 2D 勘察报告应信息完整，满足后续设计、施工工作需求。

3. 2A. 1 物探方法包括电法、磁法、重力法、人工地震、电磁探测、谐振探测、微动探测、氦气测量等方法。

3. 2A. 2 地热条件勘察过程中，在中深层地埋管热泵技术应用成熟、地热地质资料丰富的地区，以收集资料为主，并进行综合分析，调查拟开发区域不同深度的地温变化，确定恒温带深度、热储盖层的地热增温率和热储的温度，研究开发深度内的地温场特征；调查区内各热储的岩性、厚度、埋深、分布，分析各热储的热导率、热扩散系数等参数，详细研究主要热储的密度、比热容、热传导系数、温度、压力及其变化，为中深层地埋管换热器设计提供依据。在没有中深层地埋管热泵技术应用，但有地热开发井的地区，在收集资料的同时，宜进行勘探研究，为中深层地埋管换热器设计提供依据。在无地热开发的地区，应进行勘察钻孔研究，全井段测温，各热储层分别采取岩心，送检分析，获取地热地质基础参数，为中深层地埋管换热器设计提供依据。

待埋管区域的岩土热物性参数应在钻井阶段进行取样检测分析，取样位置应考虑不同的地层结构，对于岩土竖向温度分布的测定，应考虑钻井液对实际井温的影响，取得稳态地温资料。

3. 2A. 3 地下换热井建成后应测试其换热能力，对换热井循环介质进出口温度、流量等参数进行监测，记录换热井的位置、类型、结构、深度、地层剖面、出水量、水位、水温及水质情况。宜做不同流量下单一变量取热试验，试验的延续时间宜不少于 120h，为评价地下换热井取热能力提供依据。

地热换热系统建成后可选择代表性换热井进行换热能力测试，观测换热井内

不同流量循环介质条件下的热交换量、井口温度和取热段温度及观测孔温度。通过测试取得换热井进出口热媒温度、流量等参数，绘制进出口温度、流量和时间的关系曲线，作为评估的依据。

3.2A.4 勘查深度报告深度可根据工程场区已有基本地质资料和初步设计要求进行确定。勘察报告应信息完整，满足后续设计、施工工作需求。

3.3.5 通过勘察，查明拟建换热井场地的水文地质条件，即场地所在区域地下水的分布、埋藏，地下水的补给、径流、排泄条件以及水质和水量等特征。对地下水资源作出可靠评价，提出地下水合理利用方案，并预测地下水的动态及其对环境的影响，为换热井设计和布置提供依据。

岩溶发育地区普遍存在洞穴，且埋藏浅、分布密，顶部岩土体强度低，在地下水取水过程中可能引起地面坍塌，不同程度地威胁建筑物的安全和正常使用。进行地下水换热系统勘察时，应根据岩溶发育地区的地层、构造及水文地质情况进行可行性评价，并给出是否可以取水的明确结论。。

3.3.6 应根据工程场地应用现状调查和勘察结果，对场地范围、大小、地形地貌、已有建筑物及地下建（构）筑物情况；换热井成井工艺；地下水分布、流向、流速、渗透系数、影响半径、降深等；多井取水（回灌）时取水、回灌量的变化、场地温度场分布以及“热贯通”现象的防范；取水（回灌）对周边地质状况和建筑物的影响，对生态和环境的潜在影响等进行描述和分析；对拟建场地地下水利用作出可行性评价，给出地下水合理利用方案，并提出在设计和施工中应注意的问题。

3.4.3 目前已经出现了大量蓄水电站，蓄水后和原有水体相比较水温、水质、水位等发生较大变化。原有水体附近的建筑若采用蓄水前的资料进行地表水源热泵的设计，必然和实际条件差异较大。因此，应该采用蓄水后的水文特征进行地表水地源热泵的设计，以满足实际运行的需要。

3.4.4 勘察报告需要包括所有勘察信息，满足后续设计、施工工作需求。

4.1.1A 分区设置地埋管换热器与集中设置相比，便于地下土壤温度场的恢复，在部分负荷工况下，可以实现地埋管换热系统各换热环路的轮换或间歇运行，有利于减少岩土体的换热强度，便于系统分区管理、维护，提高地埋管换热系统使用的可靠性。

4.1.2 施工时应明确输配管线的位置和埋管区域，同时确定进出重型设备的车道位置，应避开既有地下管线及构筑物，保证在保护线以外。管沟开挖施工中遇有文物古迹时，应予以保护，避开并及时与有关部门取得联系。使地埋管换热器远离水井、室外排水设施等构筑物，以减少这些设施的影响，距离水井、化粪池宜不少于 15m。靠近机房或者以机房为中心是为了缩短供、回水集管的长度。

4.1.3 埋管区域不应以树木、灌木、花园等作为标识，每孔地埋管换热器都应建立数据档案，包括定位坐标、实际深度、钻孔完成时间等。

4.1.4 利用建筑物桩基和底板下的空间敷设地埋管换热器可有效降低钻孔成本，增加埋管数量。但在施工操作上需要与其他专业交叉、配合和衔接。因此，应根据埋管方式进行详细的施工组织设计，与桩基和土建施工方密切配合，综合考虑地埋管绑扎、混凝土浇灌、成品保护及对桩基底板、防水的影响等各种因素。

4.1.5 目的在于增加系统的安全性、可靠性。便于系统充液，一般可在分水器或者集水器上预留充液管。地埋管换热器系统上要设置排气、定压、膨胀、自动补水及水过滤等装置，和压力表、温度计等仪器。

4.1.6 目的在于防止地埋管换热系统堵塞。

4.3.2 全年冷、热负荷平衡失调，将导致地埋管区域岩土体温度持续升高或降低，从而影响地埋管换热器的换热性能，降低地埋管换热系统的运行效率。因此，地埋管换热系统设计应考虑全年冷热负荷的影响。

地源热泵地埋管系统的全年总释热量和总吸热量(单位：kWh)应基本平衡。对于地下水径流流速较小的地埋管区域，在计算周期内，地源热泵系统总释热量和总吸热量应平衡。两者相差不大指两者的比值在 0.8~1.25 之间。对于地下水径流流速较大的地埋管区域，地源热泵系统总释热量和总吸热量可以通过地下水流动(带走或获取热量)取得平衡。地下水的径流流速的大小区分原则：1 个月内，地下水的流动距离超过沿流动方向的地埋管布置区域的长度为较大流速；反之为较小流速。

4.3.2A 经过地源热泵在我国近 20 年的应用发展，项目规模不断增加，地源热泵系统应用建筑面积 50000 m² 以上的大规模项目应用中，地源侧的冷热平衡决定了其可持续性和能效水平，因此，进行 10 年以上末端负荷与地埋管的耦合计算，可以从设计层面，为系统的节能性、安全性提供保障。对存在随使用时段显著变

化的内热扰动情况的大规模项目，应计算内热变化情况土壤温度场平衡情况。在地源热泵全生命期内，可能存在功能调整的大规模系统，地源热泵系统宜预留系统冷热平衡调节装置接口，以保证建筑功能改变后岩土体热平衡。

4.3.2B 对于小型地埋管地源热泵系统，可以通过设置在地埋管出水总管上的温度检测系统，监测地埋管出水温度，作为土壤温度变化定性评估指标。50000 m²以上的大规模地源热泵系统，除了监测检测出水温度外，需要专门设置土壤温度监测系统，在埋管区域的最不利换热孔设置温度传感器，分区域埋设地埋管换热器的项目，则需要在分别监测每个分区内部的最不利换热孔。在单个地埋管换热器钻孔深度范围内设置温度传感器数量与项目所在地质条件相关，一般不宜少于3个，分别设置于钻孔底部、中部和顶部，若钻孔深度范围内地质条件变化显著则应适当增加温度测点。

4.3.5 地埋管换热器设计计算是地源热泵系统设计所特有的内容，由于地埋管换热器换热效果受岩土体热物性及地下水流动情况等地质条件影响非常大，使得不同地区，甚至同一地区不同区域岩土体的换热特性差别都很大。为保证地埋管换热器设计符合实际，满足使用要求，通常，设计前需要对现场岩土体热物性进行测定，并根据实测数据进行计算。此外建筑物全年动态负荷、岩土体温度的变化、地埋管及传热介质特性等因素都会影响地埋管换热器的换热效果。因此，考虑地埋管换热器设计计算的特殊性及其复杂性，宜采用专用软件进行计算。该软件应具有以下功能：

- 1 能计算或输入建筑物全年动态负荷；
- 2 能计算当地岩土体平均温度及地表温度波幅；
- 3 能模拟岩土体与换热管间的热传递及岩土体长期储热效果；
- 4 能计算岩土体、传热介质及换热管的热物性；
- 5 能对所设计系统的地埋管换热器的结构进行模拟，（如钻孔直径、换热器类型、灌浆情况等）。

目前，在国际上比较认可的埋管换热器的计算核心为瑞典隆德大学开发的g-functions 算法。根据程序界面的不同主要有：瑞典隆德 Lund 大学开发的 EED 程序；美国威斯康星 Wisconsin-Madison 大学 Solar Energy 实验室（SEL）开发的 TRNSYS 程序；美国俄克拉荷马州 Oklahoma 大学开发的 GLHEPRO 程序。在国

内，许多大专院校也曾对地埋管换热器的计算进行过研究并编制了计算软件。

附录 B 为引自国际地源热泵协会（IGSPA）的经验计算公式，由于无法计算地源热泵系统总释热量和吸热量，从岩土体热平衡对地源热泵系统安全性及节能性影响的考虑，大型地源热泵项目不建议选用。对于中、小型地源热泵系统项目，按照附录 B 计算数值地埋管管长，与采用专用计算软件得到的管长存在一定的偏差，对项目的经济性产生影响。

4.3.7 水平埋管埋设深度应以不受外界气温日变化影响和避免相互热干扰为宜，且要同时考虑对埋管的保护。综合考虑，单层管埋深宜为 $1.2\text{ m} \sim 2.0\text{ m}$ ，双层管宜为 $1.6\text{ m} \sim 2.4\text{ m}$ 。对于年供冷和供暖负荷基本平衡的水平地埋管系统，可在挖掘机较经济的挖掘深度范围内（如 5.0 m ）布置地埋管，并可分层布置。

4.3.7A 从水平地埋管系统安全性角度考虑进行分组连接，同时分组连接可以较好的实现各组间水力平衡。

4.3.10 利于水力平衡及降低压力损失，小型系统也可多个单孔分组并联连接到中间分、集水器。供、回水环路集管的间距不小于 0.6 m ，是为了减少供回水管间的热传递。

4.3.10A 考虑系统安全因素，采用集管并联连接方式，出现个别钻孔内换热器破损情况，可采用关闭该集管环路的方法，避免影响整个地下换热系统。若并联的地埋管换热器数量过多，一方面单个集管环路可能发生的故障率上升，另一方面由于故障关闭集管环路后，对地下换热系统的换热量和系统性能会有显著影响。

4.3.11 地埋管换热系统，可结合建筑桩基进行地埋管换热器设置，宜将换热管捆扎在桩基的钢筋网架上，浇灌混凝土，将换热管固定在桩基内。桩基内的换热器与竖直地埋管换热器间水力平衡，是换热效率保证的基础。

4.3.12 钻孔区域根据工程实际情况划分，分区设置分、集水器可有效控制各区域地埋管换热器间水力平衡。

4.3.17 采用此公式可对地埋管管材选择进行校核。

4.3.18 根据地埋管材料、施工和输送成本综合比较的经济比摩阻范围。考虑到大型工程埋管占地面积较大，埋管系统管线较长，可能还需要分区设置，此时连接各区域分、集水器和热泵机组的管道管径、流量都较大，可参考空调水系统经济比摩阻进行选择。

4.4.4 考虑到安全强度，为了避免增加换热器泄露风险，禁止采用拼接管道作为换热器。

4.4.6A 本条旨在指导水平地埋管铺设及回填施工。

4.4.9 灌浆回填料一般为膨润土和细沙(或水泥)的混合浆或其它专用灌浆材料。膨润土的比例宜占 4%~6%。钻孔时取出的泥沙浆凝固后如收缩很小时，也可用作灌浆材料。如果地埋管换热器设在非常密实或坚硬的岩土体或岩石情况下，宜采用水泥基料灌浆，以防止孔隙水因冻结膨胀损坏膨润土灌浆材料而导致管道被挤压节流。对地下水流丰富的地区，为保持地下水的流动性，增强对流还热效果，不宜采用水泥基料灌浆。

回填材料应具有周围岩土相适应的较高的导热性能和保证钻孔密封性的低渗透率。所有使用的非水泥灌浆混合物可参考加拿大地源热泵系统设计安装标准《Design and Installation of Ground Source Heat Pump Systems for Commercial and Residential Buildings》ANSI/CAS C448 Series-16 满足按照如下条件选取：

- 1 回填灌浆最小导热系数为 0.71W/m. K；
- 2 水力渗透系数不大于 1×10^{-7} cm/s；
- 3 惰性且无毒；
- 4 不可生物降解。

同时灌浆混合料应保持其热力学，水文和机械性能在系统全寿命期内退化不超过 10%。

4.4.12 警示带应清楚地标识其保护对象，例如“下面有地热管道”。宜可检测，以防止将来任何的施工工程损坏管道。

4.5.2A 不恰当的试验方法和试验条件，均会影响试验结果，还会影响地埋管换热器安全性。

4A.1.1 地热地质调查是以满足建筑供热负荷为目的，确定地热孔（组）的取热能力，为合理设计地热孔（组）的孔体位置、深度、结构、间距提供依据。

4A.1.5 中深层地埋管换热器常见的两种型式为同轴套管式和 U 形管式。U 形管式深埋管具有深层水平连接管，且埋管处于高温岩土区，埋管单位延米换热量一般较大，但钻井工艺复杂，成本较大。图 4 中（a）为同轴套管式深埋管，（b）

为 U 形管式深埋管。

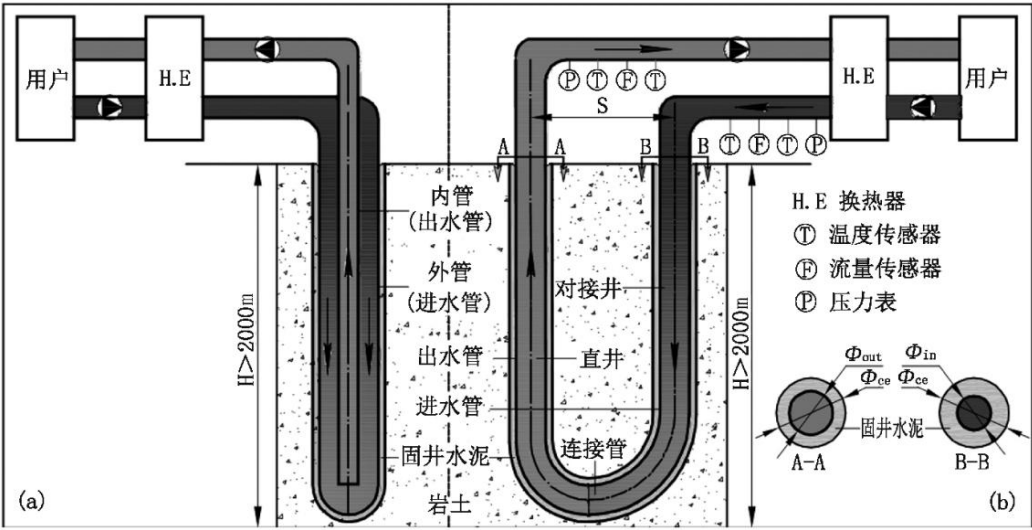


图 4 两种常见的地埋管换热系统的埋管型式

(a) 同轴套管式深埋管； (b) U 形管式深埋管

地热换热系统是决定中深层地埋管热泵系统供热能力的基础，其设计过程中应充分结合项目条件，优化方案和工艺。中深层地埋管换热系统设计时，应结合可使用地面面积、岩土结构、岩土竖向温度分布、钻井成本等因素确定埋管型式，宜优先采用经济性好的同轴套管式中深层地下换热器。

4A. 1. 6 具有多个地热孔的地埋管换热系统，各钻井孔径、间距宜满足以下条件：

- 1 中深层地埋管换热系统的钻孔孔径不宜小于 220mm。
- 2 同轴套管式地热换热系统地表处水平连接管埋深应满足景观、绿化、人防等及地面荷载的要求，并避让地下既有管线、地下交通及构筑物。地埋管换热系统水平埋管顶部应在冻土层以下 0.6m，且距地面不宜小于 1.5m。地埋管换热系统地表处的水平管路坡度不宜小于 2‰。

4A. 2. 1 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。

4A. 2. 2 中深层地埋管换热器的外管一般采用耐压特制钢管，导热系数不宜小于 $90\text{W/m} \cdot \text{k}$ ，承压系数应高于 16MPa；内管管材应具有高热阻性能。外管管径规格宜采用 $\phi 177.8 \times 9.19$ 、 $\phi 193.7 \times 8.33$ 、 $\phi 244.5 \times 10.3$ ，内管管径规格宜采用 dn90, dn110, SDR11。

4A. 2. 3 宜符合现行国家标准《蒸气压缩循环冷水（热泵）机组第 1 部分：工业或商业用及类似用途的冷水（热泵）机组》GB/T18430.1 附录 D 的要求，也可选

用符合下列要求的其他介质：

- 1 安全可靠，腐蚀性低，与地埋管内外管材均无化学反应；
- 2 较低的冰点；
- 3 良好的传热性能，较低的比摩阻；
- 4 易于运输和储藏。

考虑地下环境保护，为防止对地层造成污染，且中深层地埋管换热无防冻需求，传热介质中不应添加防冻剂，且防冻剂对管道、管件的腐蚀性会影响换热系统安全性。

4A.3.1 地埋管换热系统设计是对地源侧整体工艺的设计，包括但不限于以下内容：

1 中深层地埋管换热器的结构及尺寸、材质，钻井结构及尺寸，埋管与钻孔壁间的填充要求；

2 地源侧管路设计、管沟及回填的要求、与其他回路的连接、建筑预留孔洞要求；

3 应包括管路集成、循环泵选型、供需匹配、管路布置的相关要求。

4A.3.2 由于中深层地埋管换热系统单向取热，可能会造成热失衡，岩土温度逐年下降，因此需要计算两个以上的供暖季来对比分析埋管换热能力的前后变化。

4A.3.3 中深层地埋管换热器安装深度与地热资源条件相关，深度为 2000m~3000m 时可以获得较好换热效果，可适当增加部分换热器的安装深度，以减少钻井数量。根据目前部分项目实际运行数据，在一定边界条件下，1000m 深地埋管的取热上限可达 65kW，2000m 深地埋管的取热上限可达 300kW。热源侧最高供水温度能达到 30℃ 以上的地热条件较好的地区，单个取热井的采暖季总取量可达到 2800GJ~3300GJ。

4A.3.4 对于深度在 1000m~3000m 的中深层地热资源，岩土的温度随深度向下一般逐步升高，宜增加取热点的深度以获得温度更高的低温热源。

同轴套管中深层地埋管换热器在不同地质条件下的取热能力是不同的，其主要受地温梯度、岩土导热率的影响。

结合国内多个项目调研、测试数据以及多个研究团队数值模拟结果，总结如下：

在一定的边界条件下，同轴套管换热器短期（单一采暖周期）持续供热时存在取热上限值：1000m 换热器的取热上限约为 65kW，延米换热量约为 65W/m；1200m 换热器的取热上限约为 100kW，延米换热量约为 80W/m。1000m 换热器短期（单一采暖周期）持续供热，可实现 100W/m 持续换热功率；间歇供热（每天运行 12h），可实现 200W/m 持续换热功率。同轴套管换热器长期持续供热，可实现 100W/m 持续换热功率，不宜超过 150W/m。

需要说明的是，附录 D 中图表为目前各个研究团队模拟和测试数据的经验总结，限于目前研究的深度和此类项目的开展数量和规模，图表中数据可能存在一定的局限性。而且图表中数值与部分团队研究成果相比较，单个换热器换热量偏小。为稳妥起见，为有序健康的推进该项技术发展，同时也为工程查阅便利，本次修编采用附录 D 中图表作为项目前期估算依据之一。

该公式仅适用于项目前期估算换热量，项目实际开展时需要进行详细的模拟计算分析和实验验证。

4A.3.5 中深层地埋管换热器设计计算是整个系统设计、施工、成本计算的重要内容，其影响因素包括岩土体、固井材料、埋管管材的热物性参数以及岩土上下的温度分布，还有埋管型式、取热负荷以及管中循环介质的热物性和流态等。由于埋管的取热为管内外耦合的动态换热过程，需要采用专用软件建模计算，而不应按钻孔深度等于每个换热孔应承担的热负荷除以每延米换热量的方式进行计算。

专业设计模拟软件可根据热物性参数、温度等关键信息，对地热换热系统的工况进行模拟，得到较准确的计算结果，具备设计水平、设计工具的项目宜采用该方式。

目前国内外尚无得到广泛认可的中深层地埋管换热器专门设计软件，已有研究采用的软件包括 OpenGeoSys、ANSYS、COMSOL 等，更多采用的是研究者自己编写的计算分析软件。

4A.3.6 对于多个埋管系统的设计，可以先对一口井进行恒定进水温度或恒定取热量的运行实验，运行时间应大于 72h，两个工况之间时间间隔应大于 15d。实时监测埋管进出水温度、流量等，得到该运行条件下的埋管换热能力。根据实验结果分析，预测设计条件下的埋管换热能力。

4A. 3. 7 采用外进内出形式是为了防止内外管热回流。

4A. 3. 8 回填料的材质及配比应考虑以下因素：采热段回填材料的导热系数不应低于钻孔外热储层岩土体的导热系数；当穿透含水层时，应采取措施防止地下水串层，避免对地下水造成污染。选择水泥基回填材料可以保证传热能力和水力封阻特性，宜选用延迟水泥固孔工艺。

4A. 3. 11 由于中深层埋管比较长，且循环介质流量大，循环泵功耗比较大，地埋管换热系统宜采用变流量设计，根据建筑负荷变化进行流量调节，节约运行电耗。

根据不同内外管管径组合，同轴套管地埋管换热器的管道比摩阻推荐值如下表。

表 3 不同管径组合的同轴套管地埋管换热器的管道比摩阻推荐值（Pa/m）

外管径 内管径	$\varnothing 177.8 \times 9.19\text{mm}$	$\varnothing 193.7 \times 8.33\text{mm}$	$\varnothing 244.5 \times 10.3\text{mm}$
dn90, SDR11	184.07~284.10	172.98~266.54	164.45~253.09
dn110, SDR11	111.86~217.34	79.95~153.74	63.08~120.34

备注：传热介质为水，流量范围为 $18\text{m}^3 \sim 27\text{m}^3$

4A. 3. 12 石油钢管、隔热油管均是非防腐钢管，为了防止埋管内壁产生氧化腐蚀，需要对系统补水进行除氧处理；另外，由于岩土温度向下逐步升高的特点，深埋管周围岩土温度会接近 90°C ，为了防止结垢，需要对补水进行软化处理，水质要求应按现行国家标准《工业锅炉水质》GB/T 1576 中热水锅炉水质标准执行。

4A. 4. 1 对于供热负荷较大工程，宜先开钻一眼换热井，钻至热储层时，每层分别进行岩心取样，测试其岩土密度、热导率、热扩散系数，为后续换热井优化设计提供依据。

4A. 4. 3 为保证中深层地埋管换热井钻孔的施工质量，施工前应做好以下准备工作：整理分析拟开发区域的地热地质资料、相关预测分析报告，完成施工组织设计；标记地下换热井系统周边地下管线及构筑物位置分布，防止对其进行破坏；平整、清理施工场地。

4A. 4. 4 考虑降低钻孔对周围建筑物的影响，分布较为集中的钻孔（组）可采用丛式井布置，地面孔口位置设计应满足场地布置及施工要求，孔底位置设计则以取热处土壤温度得以恢复，地热钻孔长期有效运行为目的。

4A. 4. 6 为便于开展施工工作，需保证场地满足要求。

4A. 5. 2 《钻井施工报告》应包括施工过程记录，以及地下换热器测试记录，由专业工程师填写系统验收记录表，签字盖章，资料存档便于后续查阅。

4A. 5. 3 中深层地埋管热泵供热系统测评的目的是对系统运行情况客观、科学的评价，并通过各传感器长期监测系统运行工况。包括热泵机组性能测评、中深层地埋管热泵系统能效测评等。

4A. 5. 5 中深层地埋管热泵供热系统的调试结果应满足设计要求。调试完成后应编写调试报告，签字盖章，经甲方确认后，存档备案。中深层地埋管热泵供热系统的验收由监理单位组织，验收合格后应出具验收合格报告。

5. 1. 1A 地下水的利用，应严格执行各地有关地下水资源的管理办法，在地下水资源丰富且政策允许的地区，拟采用地下水的地源热泵项目，应委托有资质的单位编制水资源利用论证报告，经相关部门组织评审，并报水资源主管部门审批通过，在取得取水许可审批和凿井批准手续后，方可利用地下水，并严格按审批许可的取水量进行取水。

5. 1. 4 较优的地下水利用温差和地下水量的确定，应使地下水地源热泵系统能效比（EER）和性能系数（COP）达到较高。加大地下水使用温差，可以减少地下水使用量，减少井泵功率和环路阻力，但在一定条件下会增大水源热泵机组的使用功率，反之则相反。因此，一定要根据实际工程的使用情况，在两者之间进行分析和比较，得出最优结合点。一般来说，在地下水温度较低、单井出水量较小的情况下，可选择较大的地下水利用温差；在地下水温度较高、单井出水量较大的情况下，可选择较小的地下水利用温差。

5. 2. 1A 现场情况勘察是设计的基础和前提。

5. 2. 2A 抽水井和回灌井的平面布局对地下水地源热泵系统换热效果及稳定持续运行影响极大，应高度重视。抽水井和回灌井的平面布置应避免抽水井和回灌井之间发生热贯通，同时应尽量避开对地面变形反应敏感的建（构）筑物和地下管网，与化粪池等污染源或潜在污染源间的距离应大于抽水井水力梯度的影响半径。根据现有地下水地源热泵工程经验，抽水井与抽水井之间的距离不应小于 50m。回灌井应根据工程场地最高水位进行合理设计，距抽水井的距离不应小于 35m，避免因回灌形成局部反漏斗，增加基坑壁外侧的水头高度，加大坑壁承受的压力；

回灌井与回灌井之间的距离应根据勘察期间的回水水位壅高进行合理设计。

5.2.9 多个抽水井、回灌井供回水管网布置时应采取有效的水力平衡措施，特别是回灌井，应尽量避免因管道阻力差异影响回灌量。

5.2.10 抽水井是从井内向井外抽水，主要应防止出水量小、含砂量超标；回灌是将经热泵交换使用后的地下水用一定压力再灌入含水层，其物理性质和化学组成都有了不同。这种不同会导致产生新的成分，新成分和回灌水中的既有颗粒进入含水层就会造成堵塞，由于回灌水压力作用，使堵塞逐渐向管井四周扩散，最终导致回灌井效能下降，故应充分考虑地下水含水层结构、含水层组成物质的粒径进行回灌井设计。

5.2.11 加压回灌时应分析换热井渗透稳定性和水井井管顶托及下沉影响，控制抽水降深和回灌压力，并采取措施稳定井管。

5.2.12 为了防止微生物生长、化学沉淀和气泡堵塞，泵管与井管的连接部位应做好密封，必要时在回灌管的出口装节流阀，使整个回灌管中不致出现负压。

5.2.13 特殊地质条件下，处于建筑物安全考虑，对抽水沉降做此规定。

5.3.5 洗井应在热源井成井后及时进行，并应从上部开始逐渐加深，以防止冲洗介质固结在井壁上而影响井的出水能力。洗井方法应根据含水层特性、管井结构及井管强度等因素选用，并宜采用两种或两种以上洗井方法联合进行，实施时，还应参照施工方面的经验。

洗井后即应进行抽水试验，以在较短的时间内达到水位和出水量的稳定。回灌试验根据试验目的、回灌地层特征、经济技术条件选用地面入渗法或地下灌注法。无论采用何种方法都不能污染地下水。

由于群井效应、地下水动态变化、管网影响等，单井试验结果与地下水换热系统整体运行状态可能存在差异，为保证达到设计要求，应进行群井整体抽水、回灌试验。

5.3.7 不宜以树木或其他非永久固定的目标作为标识。

5.3.8 地下水供回水管采用聚乙烯管（PE100）直埋敷设时，采用热熔连接；地下水供回水管采用无缝钢管时，采用法兰或焊接连接，供水管宜保温。

6.1.1 目的是减小对地表水体及其水生态环境和航运等的影响。人为造成的环境水温变化应满足现行国家标准《地表水环境质量标准》GB 3838 中的规定：周平

均最大温升不大于 1℃，周平均最大温降不大于 2℃。

6.1.1A 地表水利用应严格执行各地有关管理政策和办法，向水资源主管部门提出申请并获得批准后开展后续工作。

6.1.2 地表水体应具有一定的深度和面积，具体大小应根据当地气象条件、水体流速、建筑负荷等因素综合确定。对于流动水体，大量存在枯水位和洪水位。水位不同直接影响取水管以及水泵方的标高确定。因此，必须进行全年的水位高度变化关系确定设计方案。而水体和建筑之间的地质状况是确定主管路安装的必要条件，若为卵石层或软土分布，即可采用顶管技术实现非开挖安装。地质构造也可作为换热系统设计的初投资提供参考。

地表水地源热泵系统设计前，应获得一年完整的地表水水量、水温、水质相关资料，并宜通过现场测量获得数据。若地表水最热月平均温度高于 30℃，最冷月平均温度低于 8℃，或冬季有结冰可能的地表水，则地表水不应作为区域供冷供热系统的热源。

6.1.3 地源热泵系统最大吸热量或释热量按本标准第 4.3.3 条条文说明的规定计算。大量的调研表明，对于滞留水体，若不进行水体的热承载能力计算，将会导致运行后期取水温度过高或过低，系统的节能率下降甚至系统无法运行。因此，对于滞留水体，通过水体的热承载能力计算，可以得到全年的水温变化规律，从而得到地表水源热泵相对传统空调系统的节能率。

6.1.4 对于开式系统，取水标高和取水温度决定了系统的节能率。若取水能耗过大，即使取水温度很低都有可能导致系统能效低于传统空调。取水能耗小，取水温度可以允许高一些，总体的系统能效能够大于传统空调，选择地表水地源热泵就是合适的。相关研究表明，取水能耗和取水温度呈现近似线性的变化规律。因此，必须通过取水温度和取水能耗的综合分析，进行技术经济比较，确定合理方案，保证地表水地源热泵系统的节能率。

6.1.5 通常情况下，在流动水体中很难实现闭式换热器的安装，不推荐使用闭式换热系统。而水质较差的流动水体，若地质情况允许，可以采用河床渗滤井取水方案避免水质的影响。这些方案的确定，均需要水文地质特征来进行综合权衡。

6.2.1 取水口应远离回水口，目的是避免热交换短路。

6.2.7 在滞留水体中，夏季状况下存在明显的温度分层现象。采用同温层排水，

目的是保证水体的水温不受地表水地源热泵系统运行的影响。而实际工程中，保证同温层排水不易实施。换热系统通过表层排水工程造价低，但需要注意的是若采用低温差设计，有可能导致排水温度低于表层水温，导致太阳辐射直接加热达到表面的低水温，从而严重影响水体的冷量。通过大温差排水，不仅节约了水泵能耗，而且避免了低层温度较低的水被系统带入到水体表面被“翻晒”。

6.2.8 在滞留水体中采用单水管取水，由于水量较大，通常直接导致水体上部高温度的水被卷吸进入到取水管中，无法实现该深度的取水温度。因此，采用多点取水的方案，可以有效降低取水管的负压，达到需求取水温度。另外，在取水管路设计中，采用在管道表面进行微孔取水，同样可以实现在该水层取水，避免上部高温水的卷入。实际工程表明，这是一个行之有效的方法。

6.2.9 取水方案的确定，均需要水文地质特征来进行综合权衡。对于适宜在岸边直接修建水泵房作为取水泵房，对地表水地源热泵系统而言，造价低且维修管理方便。其设计要点在于取水泵房的标高。若洪水位高于取水泵房的标高，将导致取水泵房被淹没，造成干式水泵以及电气系统的损害。为避免洪水位的影响，也可以采用造价较高的淹没式水泵房避免洪水的影响。因此，洪水位是确定方案的关键数据，而最近几年的调研表明，100 年一遇的洪水位也经常出现。为此，综合考虑，采用 50 年一遇的洪水位标高对水泵房的影响。水质较差的流动水体，若地质情况允许，可以采用河床渗滤井取水方案避免水质的影响。

6.2.11 在初期地表水地源热泵发展阶段，由于设备以及系统认识的限制，在取水侧的水质处理代价太大。大量实测表明，主要的水质问题是泥沙含量的问题。目前，球刷机、自动毛刷机等设备的出现，完全没有必要采用水厂水质处理的方式去处理水质。同时，水源热泵换热器新型结构型式的出现，也同样可以实现简易的清洗功能。

6.2.12 地表水源包括江河、湖泊和城市污水等，因这些地表水的水质比经冷却塔冷却后的水质差，与机组标准工况所规定的水质存在区别，而结垢对机组的性能影响很大，因此需进行修正，并设置在线清洗装置。一般来说，常规机组的污垢系数为：蒸发器侧取 $0.018 \text{ (m}^2 \cdot ^\circ\text{C/kW)}$ ，冷凝器侧取 $0.044 \text{ (m}^2 \cdot ^\circ\text{C/kW)}$ 。对于以地表水为低位热源的系统，经水质处理，并设置在线清洗装置后，冷凝器侧污垢系统可以取 $0.086 \text{ (m}^2 \cdot ^\circ\text{C/kW)}$ 。

6.2.13 采用地表水作为冷热源的水源热泵系统应具有较高的节能性与安全性。

7.1.2A 修正后的热泵机组出力，与实际应用工况相符合，才能衡量是否满足设计需求。

7.1.2B 防冻剂水溶液的密度、比热容、粘度以及导热系数与水有较大不同，应根据选用的防冻剂水溶液的热物性参数计算循环管路的阻力，水源热泵机组的制冷/热量和蒸发器/冷凝器阻力也应联系供应商进行修正。

7.1.5 不同地区岩土体、地下水或地表水水温差别较大，设计时应按实际水温参数进行设备选型。各个项目的负荷特点和运行时间也差别较大，设计时应按实际运行的换热水温参数进行设备选型。根据水源热泵机组的设置方式不同，分为集中、水环和分体热泵系统。水环热泵系统是小型水/空气热泵的一种应用方式，即用水环路将小型水/空气热泵机组并联在一起，构成以回收建筑物内部余热为主要特征的热泵供热、供冷的系统。水环热泵系统机组的进风温度不应低于 10℃ 或高于 32.2℃。当进风温度低于 10℃ 时，应进行预热处理。对于冬季间歇使用的建筑物，宜采用分体热泵系统，以防止停止使用时设备冻损。在满足建筑需求的前提下，选用高温供冷末端、低温供热末端，可以有效的提高系统能效，发挥更佳的节能作用。

7.1.5A 住宅类建筑以及出租用的办公建筑，由于使用时间差异较大，宜采用分散式水源热泵系统，一般可采用分户水源热泵机组、水源多联机或水环式水源热泵系统。

7.1.7 当采用地源热泵系统提供（或预热）生活热水较其它方式提供生活热水经济性更好时，宜优先采用水源热泵提供生活热水，不足部分由辅助热源解决。生活热水的制备可以采用水路加热的方式或制冷剂环路加热两种方式。建筑物同时存在生活热水需求时，宜采用部分热回收或全部热回收型水源热泵机组提供（或预热）生活热水。用作全年供热水时，应选用全部热回收型水源热泵机组或高温水源热泵热水机组。水源热泵热水机组宜采用“冷回收”运行模式。回收的冷量可以不计入其他机组的总制冷量。系统提供生活热水时，宜采用换热设备间接供给。自来水硬度较低时，生活热水可由水源热泵热水机组或热回收型水源热泵机组直接加热，热泵机组冷凝器材质应符合现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB 50015 相关规定。

7.1.8 为达到节能目的，可采用水侧或风侧节能器，且根据实际情况设置蓄能水箱。对于平均水温低于 10℃ 的地区，由于供热量大，地埋管换热器出水温度较低，为节省热量，此时宜在水侧或风侧设置热回收装置对排热进行回收；或根据室外气象条件及系统特点采用过渡季增大新风量的等节能措施。

7.1.9 出于供能安全性和调节性角度考虑，2 台热泵机组可以提高大型系统的安全性，调节也更加灵活。同理用于生活热水供应的水源热泵热水机组，机组数量不宜少于 2 台，当选用 1 台机组时，宜采用多压缩机、多制冷回路的多机头水源热泵热水机组。

7.1.10 排气、定压、膨胀、自动补水及水过滤装置是闭式换热系统应该考虑的措施。为及时发现换热器的渗漏，换热系统宜设置泄漏报警装置。虽然地下水或地表水在进入换热器前经过了多重过滤处理，但仍发现换热器的地下（表）水侧很容易堵塞，影响使用效果，因此需要对换热器经常进行清洗和维护。为了避免影响使用，对于重要使用场合，建议设有备用换热器，以免因换热器的维护而影响系统正常工作。

7.1.11 由于浅层地埋管系统、地下水系统、地表水系统在在一定的时间段内可提供自然冷源，通过直接换热可得到高温冷源，因此末端系统设计在经济性合理的情况下，需要考虑直接利用自然冷源。

7.1.12 地源热泵系统与其他冷热源系统复合供冷供热时，系统组合形式应有利于发挥地源热泵系统的节能特性，应有基于满足岩土体热平衡与系统全年能效的不同季节运行控制预案。

7.2.3 空调水系统安装完毕后，内有泥沙、焊渣或其他施工污物，如不冲洗，在随流水循环过程中，极易堵塞在热泵机组冷凝器、蒸发器的换热管束内，导致制冷（热）量下降。因此在空调水系统安装完毕后，应进行系统整体冲洗，冲洗前应将管道上安装的孔板、滤网、温度计、调节阀等拆除，关闭主要设备的阀门，冲洗完毕应清除除污器（或过滤器）内污物，恢复原管道系统。

8.1.2 配套条件包括水路各阀门的状态及补水系统是否正常；电气电缆及空开及接触器等的大小是否匹配；是否是正式电，电气控制是否正常；机房排水系统是否完工且可正常排等水。

8.1.3 地源热泵系统试运转需测定与调整的主要内容包括：

- 1 系统的压力、温度、流量等各项技术数据应符合有关技术文件的规定；
- 2 系统连续运行应达到正常平稳；水泵的压力和水泵电机的电流不应出现大幅波动；
- 3 各种自动计量检测元件和执行机构的工作应正常，满足建筑设备自动化系统对被测定参数进行监测和控制的要求；
- 4 控制和检测设备应能与系统的检测元件和执行机构正常沟通，系统的状态参数应能正确显示，设备连锁、自动调节、自动保护应能正确动作。

调试报告应包括调试前的准备记录、水力平衡、机组及系统试运转的全部测试数据。

8.1.6 地源热泵系统的冬、夏两季运行测试包括室内空气参数及系统运行能耗的测定。系统运行能耗包括所有水源热泵机组、水泵和末端设备的能耗。

8.2.10 尤其对于复合式地源热泵系统，制冷工况下，水源热泵机组进水温度高于其最高设定温度时，应连锁启动辅助冷却塔运行。制热工况下，水源热泵机组进水温度低于其最低设定温度时，应连锁启动辅助加热设备运行。

C.3.4 随着岩土深度以及岩土性质的不同，各个深度的岩土初始温度也会有所不同。待钻孔结束，钻孔内岩土温度恢复至岩土初始温度后，可采用在钻孔内不同深度分别埋设温度传感器（如铂电阻温度探头）或向测试孔内注满水的 PE 管中，插入温度传感器的方法获得岩土初始的温度分布。

循环水泵运行功率及自然地表温度变化对内循环温度带来一定影响，需要做好地表附近管道及连接部分的保温措施。在采用无负荷循环法的情况下，要求一方面管内流动的状态要为紊流，以确保流体与周围岩土体的充分换热，使管内流体温度尽可能接近土壤温度；另一方面，适当提高数据记录的频次，每 10s 记录一组数据，而后再采用算术平均的方法，得到岩土体的初始平均温度。若实施的岩土热物性测试，目的是服务于工程设计或咨询，则两种初始地温的测试方法均可使用。但若用于岩土热物性参数的研究，采用分层测试初始地温的方法更佳。

D.0.1 套管换热器的传热分析模型为式（21）：

$$\frac{1}{a} \frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial t}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \quad (21)$$

考虑到柱坐标中在径向中心部分的温度梯度大而边缘部分的梯度小，在径向可以采用不均等的差分步长。为此引进新变量 σ , $\sigma = \ln \left(\frac{r}{r_0} \right)$ 则(21)为(D.0.1-3)：

$$\frac{1}{a} \frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 t}{\partial \sigma^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2}$$

用数值计算或商用计算机软件处理中深层地埋管换热器系统，因耗时巨大的计算，妨碍了在工程设计和优化方面的实际应用。宜采用适当的传热分析和设计工具解决这一复杂的流体和传热问题。

D. 0. 2 中深层地埋管换热器名义取热量指的是在特定运行工况下，一个深层钻孔可以提供的最大的取热量。本标准中这种特定工况是：

- 1 取热量在三个月内（90 天）内是恒定的。
- 2 中深层地埋管换热器系统的进口温度在取热期间不得低于 5℃。
- 3 岩土层的初始温度分布在取热开始时未受中深层地埋管换热器系统的扰动。

影响中深层地埋管换热器取热量的因素很多，钻孔深度、地温梯度和岩土导热系数是三个最主要的因素。基于以上数学描述，采用适宜的数值分析方法，在模拟计算和参数分析基础上，将中深层地埋管换热器名义取热量的估算制成简便的线图 D. 0. 2，作为方案设计的参考。

