

陕西省工程建设标准

中深层地热地埋管供热系统  
应用技术规程

Technical regulation for medium deep geothermal buried  
pipe heating system

DBJ 61/T 166 - 2020

主编部门：陕西省住房和城乡建设厅

批准部门：陕西省住房和城乡建设厅

陕西省市场监督管理局

实施日期：2020 年 05 月 10 日

中国建材工业出版社

2020 北京

本标准的版权受到法律保护，未经著作权人书面许可，任何人不得以任何方式或方法复制抄袭本标准的任何内容，违者承担全部法律责任。

中深层地热地埋管供热系统  
应用技术规程

Technical regulation for medium deep geothermal buried  
pipe heating system

**DBJ 61/T 166 - 2020**

批准部门：陕西省住房和城乡建设厅  
组织编制：陕西省建设标准设计站  
地址：西安市金花北路 32 号 邮政编码：710032  
电话：029 - 83235169

\*

出版发行：**中国建材工业出版社**

地址：北京市海淀区三里河路 1 号

邮政编码：100044

印刷：陕西锦绣印务有限责任公司

开本：889mm × 1194mm 1/32 印张：2 字数：40 千字  
版次：2020 年 5 月第 1 版 印次：2020 年 5 月第 1 次印刷

\*

统一书号：155160 · 2023

定价：20.00 元

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题，可与陕西省建设标准设计站联系退换 029 - 83235169

# 陕西省住房和城乡建设厅 陕西省市场监督管理局

文件

陕建发〔2020〕1022号

## 关于发布《中深层地热地埋管供热系统 应用技术规程》等3项陕西省工程建设 标准的通知

各设区市住房和城乡建设局、市场监督管理局,杨凌示范区住房和城乡建设局、西咸新区规划与住房城乡建设局,韩城市住房和城乡建设局,神木市、府谷县住房和城乡建设局:

《中深层地热地埋管供热系统应用技术规程》等3项陕西省工程建设标准,已经陕西省住房和城乡建设厅与陕西省市场监督管理局组织有关部门和专家审定通过,现发布为陕西省工程建设地方标准,3项标准自2020年5月10日起实施。

各标准由省住房和城乡建设厅负责归口管理,省建设标准设计站负责出版、发行。

附件:批准发布的3项陕西省工程建设地方标准目录

陕西省住房和城乡建设厅  
陕西省市场监督管理局

2020年3月23日

附件：

### 批准发布的3项陕西省工程建设地方标准目录

序号	标准名称	主编单位	标准编号	条文解释单位
1	西安市居住建筑节能设计标准	中国建筑西北设计研究院有限公司、西安市绿色建筑科学技术研究会、西安市住房和城乡建设局	DBJ 61-164-2019	中国建筑西北设计研究院有限公司
2	陕西省城镇综合管廊运行管理与维护技术规程	中建西安综合管廊投资发展有限公司、西安中冶管廊建设管理有限公司、西安市地下综合管廊投资管理有限责任公司	DBJ 61/T 165-2020	中建西安综合管廊投资发展有限公司
3	中深层地热埋管供热系统应用技术规程	西安交通大学	DBJ 61/T 166-2020	西安交通大学

## 前 言

为了贯彻落实国家节约能源、保护环境的方针政策,根据陕西省人民政府《铁腕治霾打赢蓝天保卫战三年行动方案》(陕政发〔2018〕16号)、陕西省住房与城乡建设厅《关于发展地热能供热的实施意见》(陕建发〔2018〕2号)以及“关于对陕西省工程建设标准《中深层地热埋管供热系统应用技术规程》编制计划立项的批复”(陕建发〔2018〕320号)文件要求,编制组参考国内相关标准,广泛征求意见,结合陕西省实际,完成了本规程的编制。

本规程共分7章,主要内容包括:1.总则;2.术语;3.地热地质调查与评价;4.地热换热系统;5.机房供热系统;6.监测与控制系统;7.系统调试、质量验收及运行维护。

本规程由陕西省住房和城乡建设厅归口管理,陕西省建设标准设计站负责出版、发行,西安交通大学负责具体技术内容解释。执行过程中如有意见和建议,请反馈给西安交通大学(地址:陕西省西安市咸宁西路28号,邮编:710049,邮箱:sxgeothermal@163.com)

本规程主编单位:西安交通大学

本规程参编单位:陕西四季春清洁能源股份有限公司

陕西西咸新区沣西新城能源发展有限公司

中国地质调查局西安地质调查中心

陕西省煤田地质集团有限公司

中国建筑西北设计研究院有限公司

清华大学

中联西北工程设计院有限公司

陕西省建筑设计研究院(集团)有限公司

西北大学

中国建筑科学研究院有限公司

中陕核宜威新能源有限公司

陕西德龙地热开发有限公司

本规程主要起草人:王泮浩 张茂省 李建峰 周 敏

魏庆芑 张廷会 刘洪涛 孙建华

鱼向荣 董 英 刘文辉 周晓骏

张海涛 李 骥 刘 凯 邓 军

田廷山 任战利 马致远 姬群星

王志华 韩允红 李 喆

本规程主要审查人:谭新平 魏 博 杨天文 闫增峰

王智伟 张化安 刘建宏 官燕玲

陈建兵

# 目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	地热地质调查与评价	3
3.1	一般规定	3
3.2	地热地质调查	3
3.3	岩土测试与原位试验	5
3.4	地热资源评价	5
4	地热换热系统	7
4.1	一般规定	7
4.2	地热换热系统取热能力评价	7
4.3	地热换热系统设计	8
4.4	地热换热系统管材与循环介质要求	9
4.5	地热换热系统施工与验收	10
5	机房供热系统	13
5.1	一般规定	13
5.2	设备选型和安装要求	13
5.3	机房系统	14
5.4	机房供配电系统	16
5.5	绝热及防腐系统	17
6	监测与控制系统	19
6.1	一般规定	19
6.2	运行控制系统	19
6.3	主要设备运行状态监控	21
6.4	能耗能效监测评估系统	22



7	系统调试、质量验收及运行维护	25
7.1	一般规定	25
7.2	系统调试	26
7.3	质量验收	27
7.4	运行维护	28
附录 A	陕西地区地层热物性参数	30
附录 B	中深层地热同轴套管换热器单孔取热量分布图	32
附录 C	陕西省地温梯度等值线图	34
附录 D	关中盆地各构造单元地温梯度 - 深度变化表	35
附录 E	系统换热能力测试记录表	36
附录 F	系统运行测试记录表	37
	本规程用词说明	39
	引用标准名录	40
	条文说明	43



# Content

1	General Rules .....	1
2	Terminology .....	2
3	Geothermal Exploration Evaluation .....	3
3.1	General provisions .....	3
3.2	Geothermal geological condition survey .....	3
3.3	Geotechnical test and in-situ test .....	5
3.4	Geothermal resources evaluation .....	5
4	Geothermal Heat Exchange Dystem .....	7
4.1	General provisions .....	7
4.2	Geothermal borehole system heat extraction capacity evaluation .....	7
4.3	Design of geothermal borehole system .....	8
4.4	Material and circulating media requirements .....	9
4.5	Design, construction and acceptance of geothermal borehole .....	10
5	Machine Room Heating System .....	13
5.1	General provisions .....	13
5.2	Equipment selection and installation requirements .....	13
5.3	Machine room system .....	14
5.4	Power supply and distribution system of machine room .....	16
5.5	Thermal insulation and anti-corrosion system .....	17
6	Monitor and Control System .....	19

6.1	General provisions	19
6.2	Operation control system	19
6.3	Operation status monitoring of major equipments	21
6.4	Energy efficiency monitoring and evaluation system	22
7	System Debugging, Quality Acceptance and Operation Maintenance	25
7.1	General provisions	25
7.2	System debugging	26
7.3	Quality acceptance	27
7.4	Operation maintenance	28
Appendix A	Thermophysical Parameters in Shanxi area	30
Appendix B	Distribution Map of Heat Transfer Capacity for Single Medium Deep Geothermal Coaxial Borehole Heat Ex- changer	32
Appendix C	Contour Sheet of Geothermal Gradient in Shaanxi Prov- ince	34
Appendix D	Variable Geothermal Gradients With Depth for Geolog- ical Tectonic Units in Guanzhong Basin	35
Appendix E	Testing Records Table of Heat Transfer Capacity for Medium Deep Geothermal Buried Pipe Heating System	36
Appendix F	Testing Records Table of Operation For Medium Deep Geothermal Buried Pipe Heating System	37
	Explanation of Wording in this Regulation	39
	List of Quoted Standards	40
	Addition ; Explanation of Provisions	43

# 1 总 则

**1.0.1** 为促进陕西省地热能开发利用和建筑节能技术发展,指导陕西省中深层地热地埋管供热系统工程开发与利用,制定本规程。

**1.0.2** 本规程规定了中深层地热地埋管供热系统的地热地质调查与评价、地热换热系统、机房供热系统、监测与控制系统、系统调试、质量验收及运行维护等工作内容及相关要求。

**1.0.3** 本规程适用于陕西省新建、改建和扩建的以中深层岩土体为热源,采用地下换热技术进行供热的中深层地热地埋管供热系统工程。

**1.0.4** 本规程制定工作遵循适用性、合理性和可操作性的原则。

**1.0.5** 中深层地热地埋管供热系统工程的建设除执行本规程外,尚应符合现行国家、行业有关标准的规定。

## 2 术 语

**2.0.1 中深层地热地埋管供热系统** medium deep geothermal buried pipe heating system

以中深层岩土体为热源,由地热换热系统、机房供热系统、监测与控制系统组成的供热系统。

**2.0.2 中深层地热热泵机组** medium deep geothermal heat pump unit

以中深层岩土体中蕴含的地热能为热源,以水或水溶液为传热介质,适应中深层地热温度特征的热泵机组。

**2.0.3 中深层取热层** medium deep geothermal extraction reservoir

蕴含于中深层岩土体中,具有开发利用价值的地热资源热储层,深度一般可达 2000m ~ 3000m。

**2.0.4 热源侧循环介质** circulating medium in heat source side

中深层地热地埋管供热系统中,通过中深层地热换热器与中深层岩土体进行热交换的一种液体,一般为水或水溶液。

**2.0.5 中深层地热换热器** medium deep geothermal borehole heat exchanger

深埋地下的密闭循环管组成的换热器,供循环介质与中深层岩土体换热使用。

**2.0.6 地热换热系统** geothermal heat exchange system

循环介质通过中深层地热换热器与中深层岩土体进行热交换的换热系统。

**2.0.7 机房供热系统** machine room heating system

中深层地热地埋管供热系统中,使用地热热泵机组或换热器产生的热水经用户侧循环水泵和输配管网送至用户使用的系统。

## 3 地热地质调查与评价

### 3.1 一般规定

**3.1.1** 中深层地热地埋管供热系统工程实施前,应对拟开发地段进行地热地质调查,包括地质条件调查和地热状况调查。

**3.1.2** 地质条件调查是以获取工程所在地地质基本信息为目的,开展地形地貌和地层岩性、地质构造调查,收集已有的水文地质条件及其他相关信息。

**3.1.3** 地热状况调查是以供热为目的,为获得拟开发地段地热资源及可开采情况,查明主要热储层的类型、分布、埋藏条件、地温特征、岩土体热参数、施工场地工程地质条件、地质灾害分布特征、水文地质特征等所开展的工作,调查结果应能为合理设计地热孔(组)的孔位、孔深、孔结构和孔间距提供依据。

### 3.2 地热地质调查

**3.2.1** 地质条件调查宜包括以下内容:

**1** 地形地貌调查:以现场调查为主,并结合遥感影像解译,实地核查拟开发地段地形地貌特征,查明拟开发地段地面高程和地表形态、所处的地貌单元和微地貌类型,以及已有和规划的地面与地下建(构)筑物、树木植被、池塘等分布状况。

**2** 地层岩性调查:以资料收集为主,分析和补充调查拟开发地段地层层序、地质时代、成因类型、岩性与岩相特征、产状、厚度和接触关系,并划分热储层系统结构。其中,碎屑岩和碳酸盐岩



类宜划分至统或亚统(组),变质岩划分至界或群,岩浆岩宜按岩类结合构造运动期划分,第四纪松散堆积层地层划分至统。

**3 地质构造调查:**以资料收集为主,结合遥感解译、人工地震、氦气测量等手段,分析拟开发地段大地构造单元部位、区域构造和新构造运动特征,基本查明地质构造类型、性质、产状、规模、分布、形成时代、活动性及其对地热传导的控制作用。

**4 不良工程地质问题调查:**以现场调查为主,实地核查拟开发地段是否存在地面沉降、地裂缝、湿陷性黄土、砂土液化、滑坡、崩塌、泥石流等不良工程地质问题。

**5 水文地质条件调查:**以资料收集为主,调查当地具有供水意义的地下水含水层(包括浅层地下水含水层和深层地热水取水层段)的分布特征以及供水水源地分布及保护区划分情况,在地热孔设计时应对其采取相应的保护措施。

### 3.2.2 地热状况调查宜包括以下内容:

**1 资料搜集与分析:**全面搜集区域地热地质研究报告、相邻地段和相近条件的中深层地埋管钻孔、地热水井或其他类型中深层钻孔资料,并进行综合分析。

**2 热储结构调查:**以资料收集为主,结合地质条件调查结果,分析拟开发地段热储地质结构,查明恒温带深度、热储盖层分布以及各热储的岩性、厚度、埋深、分布、相互关系及其边界条件。

**3 地温梯度调查:**以资料收集为主,分析拟开发地段地温梯度及地温场特征,查明采热(换热)深度热储层的温度。

**4 热储参数调查:**以资料收集为主,结合地质条件调查结果,分析拟开发地段各热储的储层参数,依据相邻地段和相近条件的地热孔参数,参照附录 A,确定各热储的导热系数、热扩散系数、比热容等参数。

**5 地热地质勘探:**在地热地质资料匮乏和地热地质条件不

清楚的空白区,应开展地热地质勘探。勘探包括地面物探、钻探和物探测井。钻探及物探测井要求见 3.3.2。

### 3.3 岩土测试与原位试验

**3.3.1** 岩土测试与原位试验在勘探孔及探采结合孔中进行。

**3.3.2** 地热地质资料不充分区域应开展地热地质勘探,并最少选 1 个钻孔作为探采结合孔。岩土测试与原位试验宜包括以下内容:

**1** 样品采集与测试:对勘探孔及探采结合孔取热段每个热储层应采取 1 组~3 组岩心,并进行岩心样密度、孔隙度、导热系数、热扩散系数等测试,取岩心的位置、数量、质量应满足后期实验室测定参数及热储层评价的要求。

**2** 物探测量:探采结合孔地球物理测井宜进行全孔测量,测井参数应包括视电阻率、自然电位、井温,自然伽玛、声波速度、密度、孔径、磁化率、能谱等测量数据,并解译出孔隙度。

### 3.4 地热资源评价

中深层地热地埋管供热系统是通过间接换热方式吸收地热孔周围储存于地层中的地热能,取热不取水。单孔周围一定范围内采热层中的总热量宜采用体积法计算,计算公式如下:

$$Q = AHC_v(T_p - T_c) \quad (3-1)$$

式中: $Q$  —— 热量(J);

$A$  —— 单孔采热面积( $m^2$ );

$H$  —— 采热层厚度(m);

$C_v$  —— 采热层的体积比热容 [ $J/(m^3 \cdot K)$ ];



$T_p$ ——采热层平均温度(℃)；

$T_c$ ——基准温度(℃)。

关中盆地恒温层取 20m,基准温度取 15℃;陕北常温带温度按地热孔所在地常年平均气温计算,深度则根据气温情况取 30m~50m 不等;或取孔口保温层底部的深度及温度作为基准温度。

单孔采热面积计算公式为:

$$A = \pi R^2 \quad (3-2)$$

式中: $R$ ——单孔采热影响半径(m)。

体积比热容计算公式为:

$$C_v = \frac{\lambda}{\alpha} \quad (3-3)$$

式中: $\lambda$ ——导热系数[W/(m·K)]；

$\alpha$ ——热扩散系数(m<sup>2</sup>/s)。

通过钻孔测量获得地层分层热参数数据的地热孔,可分层计算各热储层的体积比热容及热储量,叠加获得总热储量。

单孔允许开采量可参考《地热资源地质勘查规范》GB/T 11615,对盆地型地热田,按开采 100 年、消耗 15% 左右地热储量计算单孔可采资源量,并以其可满足地热换热器取热需求为依据确定合理的孔间距。

## 4 地热换热系统

### 4.1 一般规定

4.1.1 中深层地热地埋管供热系统应以地热地质调查与评价结果为依据进行地热换热系统设计与施工。

4.1.2 地热换热系统施工前,应预留未来地下管线所需埋管空间及埋管区域进出重型设备的车道位置,严禁损坏地下既有管线和构筑物。地热换热系统施工后,应在埋管区域标明管线的定位带。

### 4.2 地热换热系统取热能力评价

4.2.1 单个同轴套管形式的中深层地热换热器取热量可依据地温梯度与中深层地热换热器安装深度进行估算,取热量估取计算公式如下,也可通过附录 B 进行快速查找。

$$Q_i = (17.61 \times T \times k_s + 49.2 \times T - 2.23 \times k_s) \times \frac{H}{1000} - 8.63 \times T \times k_s - 61.93 \times T - 7.92$$

式中: $Q_i$ ——中深层地热换热器单孔取热量(kW);

$k_s$ ——岩土导热系数[W/(m·K)];

$H$ ——中深层地热换热器安装深度(m);

$T$ ——地温梯度(°C/100m),陕西省范围内的地温梯度宜参照附录 C 及附录 D 选取。

4.2.2 地热换热系统取热能力测试主要包括下列内容:

1 地热换热系统建成后可选择代表性换热井进行取热能力测试,观测换热井内不同流量循环介质条件下,取热井热交换量、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;

2 宜进行三次不同流量试验,每次试验的延续时间不少于72 h,评价换热井的合理取热能力;

3 有条件场地,可在下管时安置分布式光纤监测系统,实时监测不同深度地下岩土温度变化。

4.2.3 地热换热系统建成后可建立长期监测井(多井时应选择代表性井),持续观测热交换量和井口温度,并采用预置深井分布式光纤温度监测系统或深井测温仪等方式定期测量不同深度的井温。

### 4.3 地热换热系统设计

4.3.1 地热换热系统应根据建筑物冬季用热负荷和中深层地热地埋管供热系统的供热量进行设计,合理配置蓄能装置、削峰热源形式等。

4.3.2 中深层地热地埋管供热系统的供热量应满足建筑物冬季用热负荷,用热负荷的具体计算方法应符合《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 的有关规定。

4.3.3 中深层地热地埋管供热系统机组供热量与中深层地埋管换热器取热量之间满足以下关系:

$$Q_s = (Q_q + Q_{hl}) \cdot \frac{COP}{COP - 1}$$

式中： $Q_s$ ——中深层地热埋管供热系统机组供热量(kW)；

$Q_q$ ——中深层埋管换热器取热量(kW)， $Q_q = \sum Q_i$ ， $Q_i$ 为单个中深层地热换热器取热量；

$Q_{h1}$ ——热源侧水泵发热量(kW)，一般可以忽略不计；

$COP$ ——地热热泵机组的制热性能系数。

**4.3.4** 地热换热系统的中深层地热换热器安装至中深层取热层，埋深宜为2000m~3000m。

**4.3.5** 地热换热系统的水平连接管深度应满足地下交通、景观、绿化、人防等及地面荷载的要求，在湿陷性黄土地区敷设管线还应采取措施防止黄土湿陷对管线可能产生的影响。

**4.3.6** 地热换热系统的安装位置应靠近供热用户，与附近水井间的距离应满足《陕西省地下水条例》的相关要求。

**4.3.7** 地热孔一般选用水泥作为回填材料的基料。当地热换热系统需穿透含水层时，应选用符合环保要求的回填材料。

**4.3.8** 地热换热系统的管道水力计算应根据实际要求的流量和实际选用的传热介质的水力特性进行管道水力计算。地热换热系统循环阻力，应结合地热换热器构造、流通截面、地热换热器内、外管道材质及粗糙度、以及地热热泵机组热源侧水阻等因素计算确定，并作为地热换热系统循环水泵的选型依据。

**4.3.9** 地热换热系统各单井应独立设置温度、流量、压力等测量仪器。

#### **4.4 地热换热系统管材与循环介质要求**

**4.4.1** 地热换热系统的管材及管件应采用相同材料，且应具有化学稳定性好、耐腐蚀、导热系数大、流动阻力小等特性。中深层地热换热器的管材一般采用可耐压的特制钢管，管材宜符合《无



干扰地热供热系统工程技术规范》DB61/T 的要求；同轴套管换热器的内管应采用高热阻管材，且其强度、耐温性及耐久性应满足设计和使用要求。

**4.4.2 循环介质的材料要求：**循环介质应选用环保、性能稳定、导热率高的换热介质，宜符合《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、腐蚀性弱且与中深层地埋管管材无化学反应；
- 2 较低冰点；
- 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。

**4.4.3** 为防止因泄露等原因对地层造成污染，循环介质中不得加注乙二醇等添加剂。

## 4.5 地热换热系统施工与验收

### 4.5.1 一般原则

地热换热系统宜实行“探采结合”原则，地热勘查井和开采井均应进行地质设计、钻孔工程设计、施工组织设计等，作为钻孔施工和完井验收的依据。

### 4.5.2 地热换热系统地质设计

**1** 地热换热系统地质设计宜参考《地热井钻井地质设计规范》NB/T 10267；

**2** 地热换热系统地质设计应包括地热孔基础数据、井场自然状况、区域地质简介、设计依据及钻探目的、设计井预测、地层压力与地温梯度预测及钻孔液使用要求、录井项目及要求、地球物理测井、井身结构及井身质量要求、技术说明及要求、钻孔地质

设计附表和附图等；

**3** 地质设计应考虑降低浅部循环介质的热散失,提高深部取热效率。针对深部承压地热水串层污染风险,应提出具体要求。

#### **4.5.3 地热换热系统钻孔工程设计**

**1** 地热换热系统钻孔工程设计可参考《地热钻探技术规程》DZ/T 0260、《地热井钻井工程设计规范》NB/T 10266；

**2** 地热换热系统钻孔工程设计应包括地质概况、设计依据、质量要求、定向井剖面设计、井身结构、钻进方法、钻孔设备、钻具组合与强度校核、钻头与钻孔参数设计、取芯设计、钻孔液设计、热储层保护要求、地热孔压力控制、固井设计、钻孔施工重点技术要求、测试要求、井口装置、SHE 要求、钻孔资料要求、钻孔进度计划、相关表格等；

**3** 钻孔工程设计应以完成地质设计任务为目标,并确保钻孔施工的安全且质量符合设计和规范要求。

#### **4.5.4 钻孔施工与录井工作应符合下列内容：**

**1** 场地要求：施工场地宽度应大于 15m,长度应大于 35m,场地平整；

**2** 施工前准备工作：整理分析项目区域的地热地质资料、设计文件和相关图件,编制施工组织设计；掌握地热换热系统地下所有管线及构筑物的功能及准确位置,由建设单位和施工单位共同标记,确保既有管线及建(构)筑物；施工设备污染物排放达到国家和地方相关环保标准要求；

**3** 钻孔施工与录井：钻孔施工可参考 DZ/T 0260,录井工作可参考 GB/T 10268；

**4** 钻孔资料：按照设计文件和相关规范要求,及时整理钻孔过程中的各项资料。完井后分类组卷装订,验收通过按时归档。

#### **4.5.5 固井应符合下列内容：**

1 管材标准可参考《石油天然气开采工业油气井套管或油管用钢管》SY/T 6194;固井作业可参考《固井作业规程》SY/T 5374.1 及《固井质量评价方法》SY/T 6592;

2 地热换热系统进行严格固井。采用延迟水泥固井技术,封固套管外部环形空间。延迟固井水泥应选用无毒、稠化时间长且流动性好的材料;

3 固井作业宜在钻孔作业结束后 24 h 之内完成,防止施工过程中出现地下水串层现象。

**4.5.6 地球物理测井应符合以下要求:**

1 地球物理测井可参考《地热测井技术规范》NB/T 10269;

2 地热孔在完钻后应进行孔深、孔径、孔斜、孔温的测量;

3 地热孔固井后 7 天内应进行固井质量检查。

**4.5.7 完井应做好井口保护,完善井口装置,包括:安装控制阀门,进水口及出水口的流量计、温度计、压力计等。**

**4.5.8 完井验收应符合以下要求:**

1 地热孔的实物验收在现场进行,并应符合以下规定:钻孔结构应符合设计要求;施工单位提供相应的钻孔施工记录、套管购买及下入记录以便验证钻孔实际深度;孔口地面封闭硬化,按设计安装孔口装置及相应的测量仪表;

2 钻孔验收结束后,提交验收报告;

3 地热孔工程应提交钻孔成孔报告,报告文字说明包括设计与合同的工程要求、钻孔结构、钻遇地层概况、热储层情况、成孔质量、套管、换热器管材、施工说明等,报告内容应客观、详实,数据要真实、准确,应全面反映钻孔施工和地质情况。报告附件应有钻孔平面位置图、综合柱状图,钻孔班报表,钻孔岩屑记录表、钻孔泥浆进出口测温记录表,测井曲线以及工程管理文件。



## 5 机房供热系统

### 5.1 一般规定

5.1.1 机房供热系统由输配管网、换热器或热泵机组、末端用户组成。

5.1.2 机房供热系统设计应按如下要求进行：

1 机房供热系统设计前期应开展必要的可行性研究或初步设计,中深层地热换热器取热量可通过估算确定；

2 施工图设计或实施阶段,宜按实际测试对埋管取热量进行修正。

5.1.3 机房供热系统设计要求：

1 中深层地热换热器与供热末端用户宜分系统设置,当合用系统时应有相应的防护措施；

2 机房供热系统应按末端形式合理选择供回水温度和温差,供回水温差宜取 $5^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$ ；

3 当条件允许时,机房供热系统应优先选用中深层地热换热器直接供热的形式与运行模式。

### 5.2 设备选型和安装要求

5.2.1 用于中深层地热埋管供热系统的热泵机组,热源侧进水温度应按 $20^{\circ}\text{C} \sim 55^{\circ}\text{C}$ 设置,进出水温差可按 $10^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$ 选取,设备容量与参数应根据项目设计工况适时选用。

5.2.2 设备与辅助配件选用选型依照如下要求：

1 设备与辅助配件的材料与承压选用,应按地热换热系统与供热末端系统要求选用;

2 热泵应按设计(非测试)工况进行选取;水泵应配合地热换热系统或供热末端系统及要求分别选用,系统宜优先选用具有变频调节功能的水泵;

3 为保障产品整机质量、节省机房占地,热泵、水泵宜采用一体化装配式装置。

**5.2.3 系统及设备安装依照如下要求:**

1 供热末端系统依据《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 要求,进行安装与调试;

2 热泵与水泵的安装应根据周围环境要求,设置相应的隔振与消音装置;

3 为保证系统整体质量,节省工期以及减少设备用地,设备机房内系统安装宜采用装配式机房。

## **5.3 机房系统**

**5.3.1** 民用建筑机房供热系统设计应符合《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 的有关规定,工业建筑机房供热系统设计应符合《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019 的有关规定。其中,生活热水系统设计应符合《建筑给水排水设计规范》GB 50015 的有关规定。

**5.3.2** 中深层地热热泵机组的选择应符合以下要求:

1 应根据建筑使用功能、供暖系统形式、供暖(或空调)系统热负荷,确定相适应机组的相关参数;

2 机组应具备容量或热量调节功能,应满足热负荷变化及部分负荷运行的调节要求;

3 机组用户侧循环流量应按机组的供热量及用户侧供回水温差计算确定；

4 热源侧传热介质应充足稳定，满足所选机组供热时对热源侧进水温度和流量的要求。

5.3.3 中深层地埋管地热直接供热作为中深层地热地埋管供热系统的一种工况，宜选用变流量系统或使用可调节流量的循环泵，该工况的开启时段应结合当地气候、热源情况、供热负荷等综合确定。

5.3.4 当中深层地热地埋管供热系统用于四季生活热水时，供热系统应有直接供热的形式与运行模式；当直接供热不能满足要求时，开启热泵机组进行供热。

5.3.5 地热换热系统宜采用大温差小流量水系统，以提高中深层地热换热器的取热能力，同时降低地热换热系统的输送能耗。中深层地热换热器的换热温差，宜结合中深层地热换热器的取热效率、热损失情况，以及地热热泵机组一次水侧水温要求等因素综合确定。

5.3.6 中深层地热换热器一次循环系统以及地热热泵机组后二次供热循环系统的补水应进行软化处理，其水质按《采暖空调系统水质》GB/T 29044 要求执行。

5.3.7 机房供热系统应设置热泵机组用电、一次、二次循环系统循环水泵用电、机房照明用电计量，一次、二次循环水系统补水量计量装置，热泵机组的供热量计量装置。

5.3.8 集中供暖系统末端侧输配系统，应按照《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 进行水泵输配比计算和审核。

5.3.9 机房设置应符合下列规定：

- 1 机房宜设置控制值班室；
- 2 机房应有良好的通风设施，地下层机房应设置机械通风，

必要时应设置事故通风装置；

3 机房应预留安装洞及运输通道；

4 机房应设电话及事故照明装置,照度不宜小于 300lx,测量仪表集中处应设局部照明；

5 机房内的地面和设备机座应采用易于清洗的面层；机房内应设置给水与排水设施,并应满足水系统冲洗、排污要求；

6 控制室或值班室等有人员停留的场所宜设空气调节装置。

**5.3.10** 机房内设备布置应符合下列规定：

1 机组与墙之间的净距不宜小于 1m,与配电柜的距离不宜小于 1.5m；

2 机组与机组或其他设备之间的净距不宜小于 1.2m,应留有 0.8m 的维修距离；

3 机组与其上方管道、烟道或电缆桥架的净距不宜小于 1m；

4 机房主要通道的宽度不宜小于 1.5m。

## 5.4 供电系统

**5.4.1** 中深层地热地埋管供热系统的供配电系统设计应符合《供配电系统设计规范》GB 50052 的相关规定。

**5.4.2** 中深层地热地埋管供热系统的用电负荷等级的确定应符合下列规定：

1 供热对象为医院、政府部门、学校、国防、科研单位时,其用电负荷为二级；

2 其余供热对象的用电负荷为三级。

**5.4.3** 供配电系统电压等级宜根据负荷容量确定,进线线路宜



采用电力电缆进线方式。户外电力电缆根据实际情况宜选用交联铠装电力电缆,电缆导体截面应满足负荷要求和动热稳定要求。

**5.4.4** 输电线路应尽量利用城市建设的城市综合管廊系统和电缆沟、电缆隧道等公共设施,以敷设方便和减少输电线路距离为原则。

**5.4.5** 中深层地热地埋管供热系统宜设计专用配电室,条件受限时也可设在其它建筑设施内。

## 5.5 绝热及防腐系统

**5.5.1** 中深层地热地埋管供热绝热防腐系统设计应符合现行国家、行业标准《工业设备及管道绝热工程设计规范》GB 50264、《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、《锅炉房设计规范》GB 50041、《城镇供热管网设计规范》CJJ 34。

**5.5.2** 供热管道及设备在敷设保温层前应采取防腐措施。管道及设备表面应先除锈和清洁,后刷防锈漆两道,对于软化水箱、高位膨胀水箱、蓄热水箱(罐)内壁应刷防腐涂料。

**5.5.3** 供热系统应采用带压闭式系统,供热管道及设备非采暖期应满水保养。

**5.5.4** 供热系统供、回水均须保温,保温材料可选用岩棉、离心玻璃棉、橡塑发泡、聚氨酯发泡、硅酸盐制品等,对于冷热共用管道宜选用橡塑发泡等闭孔材料。

**5.5.5** 管道保温厚度选择应根据供热系统全年累计运行时间、环境温度、电费等按经济性厚度计算确定。

**5.5.6** 管道保温燃烧等级应按不燃 A 级、难燃 B1 级、难燃 B2 级

根据不同建筑类别和使用场合按相应防火规范要求选取。

**5.5.7** 除安装在不易碰触处的橡塑发泡和自身成形牢固的材料(聚氨酯发泡)等外均应设外保护壳,其材料有沥青玻璃丝布、金属铝箔、镀锌铁皮、不锈钢薄板、铝合金薄板、玻璃钢薄板、阻燃PVC(机房内)等。

陕西省地热协会  
www.sxsdrxh.com

## 6 监测与控制系统

### 6.1 一般规定

- 6.1.1 中深层地热地埋管供热系统应在便于观察到的位置设置现场监测仪表,以监测重要参数。
- 6.1.2 中深层地热地埋管供热系统除设置现场监测仪表外,宜采用集中监控系统。
- 6.1.3 流量、温度、压力传感器的测量范围和精度应与二次仪表匹配。

### 6.2 运行控制系统

- 6.2.1 中深层地热地埋管供热系统应采用智能控制系统,实现对中深层地热地埋管供热系统中的地热热泵机组、换热设备、输配水泵、供热系统主要末端等设备的监测与控制,以及对设备仪表的信息采集和处理。
- 6.2.2 现场控制器宜在脱离主控或分控计算机控制后仍能维持掉线前的控制状态,并独立完成各种控制及监测工作。
- 6.2.3 热源侧水泵和用户侧水泵宜采用变频控制装置。
- 6.2.4 宜设置视频监控系统,将主要设备参数及水位信号等远传至控制中心。
- 6.2.5 控制系统应具备以下基本功能:
- 1 控制系统可根据运行状态预设,并根据系统实际制热量、温度、水量等需要对中深层地热地埋管供热系统进行调节,实现



与运营区域相关设备的控制和管理；

2 所有受控设备在启动时,凡可能危及到设备和操作人员安全时,应设有手动/自动转换开关,在中央控制器上显示上述设备的运行状态和手动/自动状态及故障报警显示；

3 控制系统宜具备多级操作权限的级别设置和用户口令,只有经过授权的操作人员才能完成系统有关程序和运行参数的增删和修改；

4 控制系统软件宜包括但不限于:运行系统、数据库管理、通信控制、操作人员接口、程序调度、时间与联锁程序等部分。工作站提供彩色动态图像显示,实时显示设备的运行状态,一旦发生故障,会立即报警,便与运营人员日常管理维护；

5 控制系统宜提供实时 24 小时在线帮助功能,以便操作人员及时获得处理疑难状况所需资源。系统应集中监控和管理机电设备的工作状态,及时诊断、显示设备的故障,对所有监视、控制点位的状态、运行数据、故障报警等历史记录进行存储、统计和打印。

**6.2.6** 中深层地热地埋管供热系统各种机电设备控制柜应给自动控制系统预留硬连接接口,并提供电气二次回路需预留的监视和控制接点。地热热泵机组应在厂家成套控制柜内预留 RS485 硬连接通信接口,通信协议可采用市场主流的 MODBUS RTU 或 BACnet MSTP 通信协议;各种水泵控制柜电气二次回路预留水泵运行状态、故障状态、手自动状态和远程启停干接点接口,如果是变频泵,还需要提供变频控制及频率反馈接口。

**6.2.7** 各系统分级控制器宜采用冗余设计。

## 6.3 主要设备运行状态监控

### 6.3.1 地热热泵机组应监控的内容宜包括：

- 1 运行状态,开启或停止；
- 2 故障报警；
- 3 用户侧热水供回水温度以及供热量；
- 4 地热换热系统进出口温度以及取热量；
- 5 机组运行电流、电功率、累计耗电量以及机组能效比；
- 6 机组蒸发器饱和温度、压力,冷凝器饱和温度、压力。

### 6.3.2 热源侧系统和设备应监控的内容宜包括：

- 1 热源侧水泵耗电量；
- 2 地热换热系统设备流量,进出口温度,进出口压力或压降。

### 6.3.3 用户侧输配系统和设备应监控的内容宜包括：

- 1 用户侧水泵耗电量；
- 2 用户侧干管及主要支路的流量、回水温度、压力、供热量；
- 3 用户侧末端换热器、热源侧和用户侧的流量、进出口温度、压力以及热源侧供热量和用户侧换热量,换热器热损失及换热器效能；
- 4 用户侧输配管网供水温度沿程降低量,从供热站出口到最远端供热末端换热器或建筑物入口。

### 6.3.4 其他需监控的系统和设备运行基本状态：

- 1 水泵工作状态,启动或停止；
- 2 水泵变频器工作状态,手动或自动,变频器控制频率和反馈频率；
- 3 电动阀门工作状态,阀门开度控制值和反馈值；

4 软水器、除氧器等供热水处理设备工作状态。

## 6.4 能耗能效监测评估系统

6.4.1 能耗能效监测评估系统的目标是使管理者对中深层地热地理管供热系统的能源供应量、能源效率、能源成本的现状、历史及未来发展趋势有准确的掌握；通过设备运行效率数据，使得管理者充分了解中深层地热地理管供热系统和设备实际运行效率，保证系统和设备的始终运行在有条不紊、协调一致的绿色节能、清洁供热状态。

6.4.2 能耗能效监测评估系统应具备的基本功能：

- 1 能耗数据采集功能及模块；
- 2 能源站能耗实时监测功能及模块；
- 3 能效指标实时分析展示功能及模块；
- 4 能源站历史数据管理功能及模块；
- 5 能源站用户管理功能及模块；
- 6 告警管理功能及模块；
- 7 依据天气状况智能运行调节功能及模块；
- 8 能耗能效对标分析功能及模块；
- 9 日常运维管理功能及模块；
- 10 数据报表管理功能及模块。

6.4.3 能耗能效监测评估系统除具备本地、本系统的能耗能效监测评估功能外，还应预留数据上传接口。

6.4.4 中深层地热地理管供热系统能耗监测主要指标：

- 1 供热站总瞬时耗电功率，单位 kW；
- 2 供热站某时间段内（一个小时、一日或一个采暖季）累积耗电量，单位 kWh；

3 地热换热系统瞬时取热量(如果有多个取热孔,应包括每个孔的取热量,和多个孔的总取热量),单位 kW;

4 地热换热系统某时间段内(一个小时、一日或一个采暖季)累积取热量,单位 GJ;

5 供热站瞬时供热量,单位: kW;

6 供热站某时间段内(一个小时、一日或一个采暖季)累积供热量,单位: GJ;

7 用户侧各建筑物瞬时耗热量,单位: kW(在各建筑物热入口或换热器处测量);

8 建筑物某时间段内(一个小时、一日或一个采暖季)累积耗热量,单位: GJ。

#### 6.4.5 中深层地热地埋管供热系统能效评价主要指标:

1 中深层地热地埋管供热系统制热性能系数,应按下式计算:

$$COP_s = \frac{Q_s + Q_{h2} - Q'}{N_s}$$

式中:  $Q_s$ ——中深层地热地埋管供热系统机组供热量(kW);

$Q_{h2}$ ——用户侧水泵发热量(kW),一般可以忽略不计;

$Q'$ ——管道及设备散热量(kW),一般可以忽略不计;

$N_s$ ——中深层地热地埋管供热系统总输入功率(kW),包括地热热泵机组、热源侧水泵及用户侧水泵的功率;

$COP_s$ ——中深层地热地埋管供热系统制热性能系数。

2 中深层地热热泵机组制热性能系数,应按下式计算:

$$COP = \frac{Q_s}{N_{hp}}$$

式中:  $N_{hp}$ ——地热热泵机组功率(kW)。

3 用户侧水泵输送系数,应按下式计算:



$$WTF_u = \frac{Q_s + Q_{h2} - Q'}{N_u}$$

式中： $N_u$ ——用户侧水泵功率(kW)；

$WTF_u$ ——用户侧水泵输送系数。

4 热源侧水泵输送系数,应按下式计算:

$$WTF_h = \frac{Q_s}{N_h}$$

式中： $N_h$ ——热源侧水泵功率(kW)；

$WTF_h$ ——热源侧水泵输送系数。

**6.4.6** 中深层地热埋管供热系统效果及环境影响评估应参考以下要求:

1 地热换热系统出水温度应连续测量并记录,记录间隔不大于15分钟一次;

2 在条件允许的情况下,宜对不同深度的地下温度进行连续测量并记录,记录的时间间隔不大于1小时一次,温度传感器沿地下深度方向布置,间隔宜小于200米;

3 在供热期和地温恢复期,宜对地热换热器的换热能力和地下岩层的地温变化进行监测,通过传热模型分析评估其换热能力的变化及供热能力的变化,评价地热换热系统对地下温度场的影响;

4 对大规模应用中深层地热埋管供热技术的行政区县应进行区域地下环境监测,对浅层地下水含水层的深度及水质进行定期监控。

## 7 系统调试、质量验收及运行维护

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 中深层地热地埋管供热系统交付使用前应进行完整的系统调试、试运行与验收,其中供热系统部分的机房和设备验收流程参照相关国家标准或行业标准。

**7.1.2** 中深层地热地埋管供热系统试运行期间的测试与调整应符合下列规定:

1 中深层地热换热系统的换热介质压力、温度、流量等技术参数应符合设计要求;

2 地面供热系统末端的介质压力、温度、流量等技术参数应符合设计要求;

3 中深层地热换热系统和地面供热系统实现连续运行平稳,水管阻力、阀门阻力和水泵效率、电机功率应符合设计要求,消除不合理的管道阻力;

4 控制与监测系统的计量和检测传感器、执行器的工作正常、通讯正常,满足对中深层地热供热系统进行监测和控制的设计要求,能正确显示监测结果,实现设备连锁、自动调节、自动保护等功能;

5 控制和监测系统检测的数据、设备状态,应按一定时间间隔(不长于15分钟一次)进行记录,并将记录结果自动存储于控制和监测系统的服务器存储器或云端存储器中,以备随时查验;

6 中深层地热地埋管供热系统验收调试后应形成调试报告,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

测试数据和现场图像记录。

**7.1.3** 中深层地热地埋管供热系统的验收应填写系统验收记录表,存档备案。

**7.1.4** 中深层地热地埋管供热系统工程质量由区县以上建设行政主管部门委托的建设工程质量监督机构(如区、县建设工程质量监督站)实施监督管理及工程备案。

**7.1.5** 中深层地热地埋管供热系统调试、试运行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《建筑节能工程质量验收规范》GB 50411 的相关规定。

## 7.2 系统调试

**7.2.1** 中深层地热地埋管供热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,并报送专业工程师审核批准;

2 地热热泵机组试运转前应进行水系统平衡调试,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,应进行地热热泵机组的试运转,并填写运转记录,运行数据应达到设备技术要求;

4 地热热泵机组试运转正常后,应连续进行 24h 的系统试运转,并填写运转记录。

**7.2.2** 中深层地热地埋管供热系统的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。



## 7.3 质量验收

**7.3.1** 中深层地热地埋管供热系统的验收由建设单位组织开展,验收合格后应出具验收报告。

**7.3.2** 中深层地热地埋管供热系统整体验收前,应进行换热能力测试(可参考附录 E),并对中深层地热地埋管供热系统的实际换热性能做出评价。

**7.3.3** 中深层地热地埋管供热系统测评的目的是对系统运行情况进行全面、客观、合理的评价,并通过监测设备对系统安全性、节能性进行长期追踪。包括地热热泵机组性能测评、室内应用效果测评、地热换热系统环境影响测评、系统能效测评等。

**7.3.4** 中深层地热地埋管供热系统应在典型供暖日进行测试,连续测试时间不少于 24h。

**7.3.5** 中深层地热地埋管供热系统的测试条件应符合如下规定:

- 1** 在进行长期监测前,应保证系统在平均负荷率不小于设计值 50% 的条件下连续运行 3d,测试期内的平均负荷率应不小于设计值的 50%;

- 2** 长期监测的周期应与采暖季同步,短期测试的时间应不少于 3d;

- 3** 地热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,机组的负荷率宜达到机组额定值的 80% 以上;

- 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,系统的负荷率宜达到设计值的 60% 以上;

- 5** 室内温湿度的检测应在建筑物达到热稳定后进行,测试期间的室外温度监测应与室内温湿度的检测同时进行。

**7.3.6** 用于中深层地热地埋管供热系统测试的设备仪器应符合以下规定：

- 1 液体流量的测量准确度应为  $\pm 1.0\%$ ；
- 2 质量测量的准确度应为  $\pm 1.0\%$ ；
- 3 计时测量的准确度应为  $\pm 0.2\%$ ；
- 4 长度测量的准确度应为  $\pm 1.0\%$ ；
- 5 类空气温湿度计,准确度应不低于 0.5 级；
- 6 换热设备进出口温度,准确度要求应不低于 0.2 级；
- 7 功率表、电力分析或电流电压表进行功率测量,准确度应不低于 2.0 级；
- 8 热量表的准确度应达到《热量表》CJ 128 规定的 2 级；
- 9 周围空气速率测量的准确度应达到  $\pm 0.5\text{m/s}$ ；
- 10 模拟或数字记录仪的准确度应等于或好于满量程的  $\pm 0.5\%$ ,其时间常数应不大于 1s。信号的峰值指示应在满量程的 50% ~ 100% 之间。使用的数字技术和电子积分器的准确度应等于或好于测量值的  $\pm 1.0\%$ 。记录仪的输入阻抗应大于传感器阻抗的 1000 倍或  $10\text{M}\Omega$ ,二者取其高值。仪器或仪表系统的最小分度不应超过规定精度的两倍。

## 7.4 运行维护

**7.4.1** 中深层地热地埋管供热系统冬季运行过程中,应定期对实际运行状态进行测试(可参考附录 F),包括供热建筑物室内环境参数及供热系统运行能耗能效的测定。其中供热系统运行能耗测试,应包括地热热泵机组、地热换热侧和用户供热侧的循环水泵,以及供热末端设备的电耗和实际取热量、供热量等。

**7.4.2** 系统运行能效提升

系统运行过程中宜参照本标准第六章设置能耗能效监测评估系统,定期对系统运行能效进行测评,并根据结果改进运行调节策略,从而提升运行能效。能效提升的主要措施包括(但不限于):

1 根据建筑物实际供热需求,设定地热换热系统投入运行的地热孔数量、循环水流量和地下换热器入口水温,在保证供热系统效果的前提下合理取热;

2 根据建筑物实际供热需求,调节热泵供热的供水温度,避免过量供热;

3 根据建筑实际供热需求和管网平衡状况,调节供热侧水泵台数和频率,使得供热侧供回水温差达到设计值;

4 如当地有峰谷电价或消纳风力发电等可再生能源电价优惠政策,在运行中应充分考虑,以降低系统运行成本。

陕西省地热能协会  
www.sxsdrxh.com

## 附录 A 陕西地区地层热物性参数

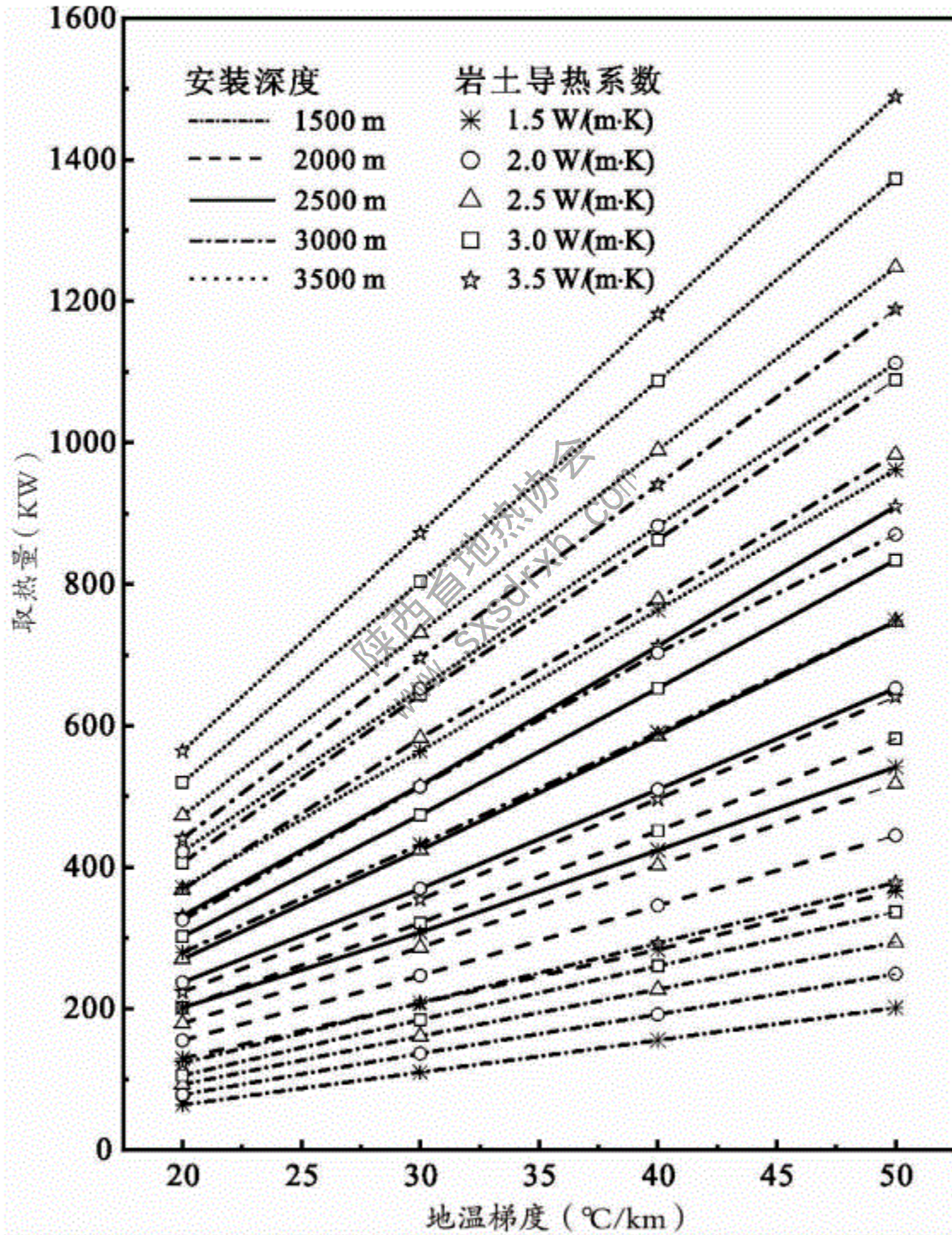
分区	地层	岩性	导热系数 W/(m·k)	热扩散系 数 m <sup>2</sup> /s	体积比热容 MJ/(m <sup>3</sup> ·k)
陕北	白垩系下统洛河组	砂岩	1.44	0.93	1.55
		砂泥岩	1.65	0.92	1.79
	侏罗系中统直罗组	砂岩	1.75	0.88	2.01
		中砂岩	1.38	0.88	1.57
		砂泥岩	1.72	0.90	1.91
		泥岩	1.99	1.03	1.93
		砂岩	1.53	1.50	1.02
	侏罗系下统延安组	中砂岩	1.76	1.07	1.65
		砂泥岩	1.27	0.89	1.43
		泥岩	1.82	0.92	1.98
		砂岩	2.59	1.20	2.16
	三叠系上统	泥岩	2.13	1.24	1.72
		泥岩含煤	2.23	1.24	1.80
		砂岩	2.27	1.29	1.76
	三叠系中统	泥岩	2.23	1.22	1.83
		砂岩	3.51	1.89	1.86
	三叠系中统	粉砂岩	2.75	1.99	1.38
		泥质粉砂岩	3.48	1.62	2.15
		泥岩	2.42	1.47	1.65
		砂岩	2.54	1.33	1.83
	二叠系上统石千峰组	砂岩	2.54	1.33	1.83
二叠系中统石盒子组	砂岩	3.61	1.74	2.07	
二叠系下统山西组	砂岩	4.00	1.99	2.01	
石炭系下统	砂岩	1.82	1.21	1.51	
	泥岩	2.25	1.20	1.88	
奥陶系下统马家沟组	砂岩	3.40	1.12	3.04	
	灰岩	3.40	1.97	1.72	

续附录 A 陕西地区地层热物性参数

分区	地层	岩性	导热系数 W/(m·k)	热扩散系 数 m <sup>2</sup> /s	体积比热容 MJ/(m <sup>3</sup> ·k)
关中	第四系秦川群	砂岩	1.90	0.84	2.26
		粉质黏土	1.75	0.68	2.58
	新近系蓝田灞河组	砂岩	3.0	1.11	2.70
		粉砂岩	1.89	1.05	1.80
		砂质泥岩	1.40	0.78	1.79
		泥岩	2.09	0.90	2.32
	新近系高陵群	粗砂岩	1.97	1.02	1.93
		细砂岩	1.84	1.34	1.37
		砂质泥岩	1.41	0.78	1.81
	古近系白鹿原组	砂岩	1.30	0.77	1.69
		泥岩	1.28	0.63	2.03
古近系红河组	砂质泥岩	1.92	1.14	1.68	
陕南	早中元古代秦岭群	断层泥	1.58	0.77	2.08
		断层角砾岩	1.74	0.81	2.16
		石英岩	4.23	3.12	1.41
		斜长角闪岩	2.49	1.18	2.20



## 附录 B 中深层地热同轴套管换热器单孔取热量分布图



中深层地热同轴套管换热器单孔取热量分布图

不同管径组合的中深层地热同轴套管换热器取热量调整系数

外管径 内管径	$\phi 177.8 \times 9.19 \text{mm}$	$\phi 193.7 \times 8.33 \text{mm}$	$\phi 244.5 \times 10.3 \text{mm}$
$\phi 90 \times 8.2 \text{ mm}$	1.05	1.12	1.16
$\phi 110 \times 10 \text{ mm}$	1	1.09	1.14

备注:基准工况为(外管径  $\phi 177.8 \times 9.19$ ,内管径  $\phi 110 \times 10$ )中深层地热同轴套管换热器的取热量。

陕西省地热协会  
www.sxsdrxh.com

## 附录 C 陕西省地温梯度等值线图



## 附录 D 关中盆地各构造单元地温 梯度——深度变化表

单位: °C/100m

深度 (m)	西安 凹陷	咸礼凸起		临蓝 凸起	固市 凹陷	宝鸡 凸起	蒲城 凸起
		扶风-礼泉断阶	杨凌-咸阳断阶				
1000	3.65		4.51	3.23		2.81	2.71
1500	3.06	3.52	2.46	2.82	3.92	2.57	2.63
2000	3.32	3.30	2.18	2.32	3.88		2.60
2500	3.12	3.05	2.92	2.90	3.76		2.59
3000	2.97	2.79	2.58		3.59		2.58
4000	2.65		2.56		3.10		2.56
5000	2.50				2.80		

## 附录 E 系统换热能力测试记录表

工程名称：			施工单位：			
机组名称：			机组编号：			
测试日期：			第测试周期		测试持续时间：	
时间	热媒流量/(m <sup>3</sup> /h)		热媒温度/(°C)		制热量/(kW)	
	设计值	实测值	进口温度	出口温度	设计值	实测值
测试期间 平均值						
测试人：		记录人：		核查人：		



## 附录 F 系统运行测试记录表

**附表 F.1 中深层地热地埋管供热系统运行基本参数测试记录表**

工程名称：		施工单位：		
机组名称：		机组编号：		
测试日期：		第测试周期		测试持续时间：
时间	用户侧流量/ (m <sup>3</sup> /h)	用户侧进口介质 温度/(°C)	用户侧出口介质 温度/(°C)	用户侧进出口介 质温差/(°C)
测试期间 平均值				
测试期间地热热泵机组累计消耗电量(kWh)				
测试期间水泵累计消耗电量(kWh)				
测试人：		记录人：		核查人：

附表 F.2 地热热泵机组运行基本参数测试记录表

工程名称:			施工单位:		
机组名称:			机组编号:		
测试日期:		第测试周期		测试持续时间:	
时间	地热热泵机组用户侧流量/(m <sup>3</sup> /h)	地热热泵机组用户侧进口介质的温度/(°C)	地热热泵机组用户侧出口介质的温度/(°C)	地热热泵机组用户侧进出口介质的温差/(°C)	地热热泵机组输入功率/(kW)
测试期间平均值					
测试人:		记录人:		核查人:	

## 本规程用词说明

**1** 为便于在执行本规程条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均需这样做:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

**2** 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 1 《地热资源地质勘查规范》 GB/T 11615
- 2 《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》 GB 50019
- 3 《水(地)源热泵机组》 GB/T 19409
- 4 《建筑给水排水设计标准》 GB 50015
- 5 《蒸气压缩循环冷水(热泵)机组》 GB/T 18430.1
- 6 《20kV 及以下变电所设计规范》 GB 50053
- 7 《低压配电设计规范》 GB 50054
- 8 《3~110kV 高压配电装置设计规范》 GB 50060
- 9 《供配电系统设计规范》 GB 50052
- 10 《电力工程电缆设计标准》 GB 50217
- 11 《通风与空调工程施工质量验收规范》 GB 50243
- 12 《建筑节能工程施工质量验收标准》 GB 50411
- 13 《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》 GB 50736
- 14 《工业设备及管道绝热工程设计规范》 GB 50264
- 15 《锅炉房设计规范》 GB 50041
- 16 《采暖空调系统水质》 GB/T 29044
- 17 《城市电力电缆线路设计技术规定》 DL/T 5221
- 18 《民用建筑电气设计规范》 JGJ 16
- 19 《城镇供热管网设计规范》 CJJ 34
- 20 《固井作业规程》 SY/T 5374.1
- 21 《固井质量评价方法》 SY/T 6592
- 22 《无干扰地热供热系统工程技术规范》 DB 61/T 1053
- 23 《地质岩心钻探规程》 DZ/T 0227

- 24 《地热井钻井地质设计规范》 NB/T 10267
- 25 《地热钻探技术规程》 DZ/T 0260
- 26 《地热井钻井工程设计规范》 NB/T 10266
- 27 《地热测井技术规范》 NB/T 10269

陕西省地热协会  
www.sxsdrxh.com



陕西省地热协会  
www.sxsdrxh.com

陕西省工程建设标准

中深层地热地埋管供热系统  
应用技术规程

**DBJ 61/T 166 – 2020**

条 文 说 明

陕西省地热协会  
www.sxsdrxh.com

# 目 次

1	总则	45
2	术语	46
3	地热地质调查与评价	47
3.1	一般规定	47
3.2	地热地质调查	48
3.3	岩土测试与原位试验	48
3.4	地热资源评价	49
4	地热换热系统	50
4.1	一般规定	50
4.2	地热换热系统取热能力评价	50
4.3	地热换热系统设计	50
4.5	地热换热系统施工与验收	52
5	机房供热系统	53
5.2	设备选型和安装要求	53
5.3	机房系统	53
6	监测与控制系统	55
6.2	运行控制系统	55
6.4	能耗能效监测评估系统	55
7	系统调试、质量验收及运行维护	56
7.1	一般规定	56
7.3	质量验收	56

# 1 总 则

**1.0.1** 本规程适用于地热能开发利用和建筑节能技术有关领域。

**1.0.3** 本规程的颁布实施将规范中深层地热地埋管供热技术相关术语和定义,对发展清洁供热技术和推广可再生能源利用技术应用起积极作用。

各术语和条文的定义力求通俗易懂,为避免歧义,对于容易产生不同理解和需要详细解释的条目将在本条文说明中加以解释。

陕西省地热协会  
www.sxsdrxh.com

## 2 术 语

**2.0.1** 中深层地热地埋管供热系统通过闭式循环提取深度多为2000m~3000m的中深层岩土体中由地核放射性衰变产生的热量,不抽取地下水,因而不存在回灌以及水处理等问题,对地下水体无干扰,具有取热不取水的特点,故又称中深层无干扰地热供热系统。

中深层地热地埋管供热系统一般需要地热热泵机组二次加热以确保长期、稳定、持续供热,但考虑到地热地质资源禀赋差异、钻孔深度及过渡季使用等因素,也可通过中深层地热换热系统直供用户侧使用。

**2.0.2** 中深层地热热泵机组区别于传统浅层地源热泵机组,需要适应热源侧较高的出口温度及热源侧大温差的工况特点,能稳定可靠地为用户侧供热。

**2.0.5** 中深层地热换热器又称中深层地埋管换热器,根据结构形式可分为同轴套管式和U型管式,同轴套管式由内管和外管组成,U型管式由下行管、水平管和上行管组成。

**2.0.6** 地热换热系统除包括中深层地埋管换热器及循环介质外,还包括热源侧循环水泵以及地上部分连接管路、阀门及监测部件。



## 3 地热地质调查与评价

### 3.1 一般规定

**3.1.1** 在充分考虑科学性和准确性,参考相关地质专有名词和《地热能术语》NBT 10097,尽量避免产生概念混淆的前提下,本规程针对系统设计阶段、施工钻进阶段使用“钻孔”、“成孔”、“孔深”等概念,只在钻到设计孔深深度后使用“测井”、“固井”、“完井”等概念。从而区分中深层地热地埋管供热技术与传统水热型技术的不同,即不涉及传统水热型技术的取水、回灌问题,“取热不取水”。

**3.1.3** 调查拟开发地段的地温场特征,确定恒温带深度、温度,不同深度地层的温度、地温梯度以及开发范围内地温空间变化特征。

调查区内各热储层的岩性、厚度、埋深、分布、相互关系及其边界条件,分析各热储层的空隙率、有效空隙率、导热系数、热扩散系数等参数,详细研究主要取热层的密度、比热容、导热系数、热扩散系数、单位延米取热量、温度、压力及其变化,为地热钻孔设计提供依据。

在有中深层地热地埋管换热井开采的成熟地区,或地热水井多,资料丰富,地热地质条件清楚的地区,以收集资料为主。收集区域地热地质研究报告和相邻地段的地热地埋管换热井、地热水井和其它类型中深层钻孔资料,进行综合分析,查明拟开发地段的热储层及地温场特征。

在没有中深层地热地埋管换热井,但有地热水井,资料较丰

富,地热地质条件较清楚的地区,在收集资料的基础上,投入一定的勘探手段,获取地热地质特征相关资料,以满足地热钻孔设计要求。

既没有中深层地热地埋管换热井,也没有地热水井及其它类型中深层钻井,地热地质条件不清楚的地区,应根据区域地质特征,设计施工中深层地埋管地热勘探孔,进行全孔段地球物理测井、测温,每个热储层宜采取 1 组 ~3 组岩心,获取地热地质基础参数,为后期的中深层地埋管设计提供依据。岩心采取方法可参考《地质岩心钻探规程》DZ/T 0227。

## 3.2 地热地质调查

3.2.1 地质条件调查及地热状况调查可一同开展,在参阅相关已有材料的基础上对项目所在地区的特殊地质构造和地热地质条件进行专门调查,所得结果可对后期设计工作起到指导作用。

## 3.3 岩土测试与原位试验

3.3.1 对中深层地热地埋管勘探孔及探采结合过程中采取的岩心,应进行密度、孔隙度、导热系数、热扩散系数的测试。

3.3.2 本规程中“热储层”,在关中盆地指古近系、新近系、第四系地层,包括古近系红河组、白鹿原组,新近系高陵群(冷水沟组、寇家村组)、蓝田组、灞河组、沈河组(以往关中盆地地热研究报告中常按照第三石油普查大队地层划分系统,将沈河组称为张家坡组),第四系三门组;在陕北鄂尔多斯盆地指二叠系、三叠系、侏罗系、白垩系地层;碳酸盐岩地区主要有中元古蓟县系,寒武系张夏组,奥陶系马家沟组、贾汪组地层。

测井目的为能够有效识别岩性,划分热储层,满足地层对比的要求;定量计算储层孔隙度、渗透率、井温及其它地质参数;有效地对孔旁构造、沉积环境、裂缝等进行评价;

### 3.4 地热资源评价

本规程中单孔可采资源量可参考《地热资源地质勘查规范》GB/T 11615 中单井允许开采量可按开采 100 年,消耗 15% 左右地热储量的要求确定。后期随着地热孔长期运行观测数据的积累,可考虑从中深层地热地埋管供热系统使用寿命的角度考虑确定开采年限,并根据供热系统实际运行数据推算地热资源的可采出能力。

陕西省地热协会  
www.sxsdrxh.com

## 4 地热换热系统

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 中深层地热换热器现有同轴套管式和 U 型管式两种。鉴于已有工程的实际情况,同轴套管形式技术较为成熟,本章重点对同轴套管式的中深层地埋管换热器设计、施工等内容进行相关规定。

### 4.2 地热换热系统取热能力评价

**4.2.1** 估取计算公式基准工况:流量  $26\text{m}^3/\text{h}$ , 入口水温  $17^\circ\text{C}$ , 管径规格为外管  $\phi 177.8 \times 9.19$ , 内管  $\phi 110 \times 10$ 。

中深层地热换热器入口温度宜取  $15^\circ\text{C} \sim 19^\circ\text{C}$ , 入口流量宜取  $20\text{m}^3/\text{h} \sim 26\text{m}^3/\text{h}$ , 地热换热系统运行工况可根据实际情况在推荐范围内进行入口流量调整, 此时应根据流量的大小使用插值计算方法选取计算修正系数(宜取  $0.9 \sim 1.0$ )。并且在管径规格变化时, 参照附录 B 进行取热量估算。

**4.2.2** 宜在下地埋管后静置 12 小时、24 小时、48 小时各采集一条井温数据(曲线), 保证井温为原始地层温度, 未受钻孔液干扰。

### 4.3 地热换热系统设计

**4.3.3** 中深层地热地埋管供热系统机组供热量根据地热热泵机组制热性能系数计算, 在计算时需要为中深层地埋管换热器取热量附加热源侧水泵发热量(可忽略不计)。根据实际工程测试结



果,中深层地热换热器平均入口温度  $17^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$ ,入口流量  $20\text{m}^3 \sim 26\text{m}^3/\text{h}$  的运行工况下,中深层地热热泵机组的 COP 不宜低于 5.0。

中深层地热埋管供热系统机组 COP 的制定参照《水(地)源热泵机组》GB/T 19409 及《水(地)源热泵机组能效限定值及能效等级》GB 30721 中单热型埋管式机组制热性能系数。鉴于中深层地热埋管供热系统机组较浅层埋管式机组的正常工作热源温度高  $7 \sim 8^{\circ}\text{C}$ ,且浅层单热型埋管式机组的 COP 不应低于 4.4,基于热泵机组 COP 与工作热源温度之间的线性关系,中深层地热热泵机组的 COP 不宜低于 5.0。

**4.3.4** 中深层地热换热器的埋深可根据实际工程情况开展技术经济性分析,可考虑适当加大。即根据建筑负荷需求适当增加同轴套管式换热器的安装深度或增加 U 型管式换热器的水平管长度,以期减少换热器的安装数量。

**4.3.6** 为减少管路热损失,地热换热系统的安装位置应靠近供热用户。此外,地热换热系统与附近水井间的距离应满足《陕西省地下水条例》(陕西省人民代表大会常务委员会公告〔十二届〕第三十一号)的相关要求。

**4.3.7** 为避免对地下水造成污染,当地热换热系统需穿透含水层时,应采取止水措施防止地下水串层。

**4.3.8** 根据不同内外管管径组合,同轴套管埋管换热器的管道比摩阻推荐值如下表:

**表 4.3.8 不同管径组合的同轴套管埋管换热器的管道比摩阻推荐值(Pa/m)**

外管径 \ 内管径	$\phi 177.8 \times 9.19\text{mm}$	$\phi 193.7 \times 8.33\text{mm}$	$\phi 244.5 \times 10.3\text{mm}$
$\phi 90 \times 8.2\text{mm}$	184.07 ~ 284.10	172.98 ~ 266.54	164.45 ~ 253.09
$\phi 110 \times 10\text{mm}$	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  $20\text{m}^3 \sim 26\text{m}^3$ 。



## 4.5 地热换热系统施工与验收

**4.5.1** 中深层地热地埋管供热系统的热源是通过安装在钻孔中封闭的换热器和管内介质循环换取地下热量。对于成片开发区域,宜先布置一眼勘查井,在钻进至换热目标热储层时,每层采取1组~3组岩心样品,测试其岩土密度、导热系数、热扩散系数,为后续生产孔设计提供依据。

**4.5.2** 根据以往研究,关中盆地内对于无裂缝、构造断裂地段,采用最大过剩温度法计算的地热换热系统单孔影响半径砂泥岩最大为27m,碳酸盐岩地层为17m;采用基于热传导原理建立的单孔取热数值模拟模型计算的砂泥岩最大影响半径不超过30m;考虑地裂缝、构造断裂可能存在的情况,中深层地埋管地热孔的影响半径宜取40m。

考虑到实际施工场地条件限制,本规程规定中深层地埋管地热孔孔口间距不宜小于15m,建议通过丛式井技术方案保证主要换热目标层段孔间距不小于100m,确保中深层地热地埋管供热系统长期稳定可靠工作。

**4.5.8** 钻孔验收时需检查孔身质量,具体要求为:

1 垂直孔其它孔段孔斜每百米 $\leq 1^\circ$ ,2000m以内 $\leq 7^\circ$ ,2000m以深 $\leq 10^\circ$ 。

2 定向孔按设计井身轨迹钻进,一般全角变化率要求连续三个测点的计算值 $\leq 5^\circ/30\text{m}$ 。

## 5 机房供热系统

### 5.2 设备选型和安装要求

**5.2.1** 地热热泵机组宜设置大温差进出水,从而以提高地热换热器的取热量,并进一步提高热泵能效。

### 5.3 机房系统

**5.3.1** 机房供热系统的设计方案,应根据工程项目热用户的供热负荷、热负荷类型、供暖系统形式、地热换热系统设置情况以及热源侧工程造价等因素综合考虑,选择全部采用中深层地热埋管供热亦或中深层地热埋管供热+空气源热泵供热、中深层地热埋管供热+自备燃气热水锅炉供热等多能耦合联供方案,经技术经济比较后确定工程项目的最优供热方案。

**5.3.3** 中深层地热埋管直接供热系统设计应遵循以下要求:

1 宜选用变流量系统或使用可调节流量的循环泵;

2 地热换热系统介质出水温不宜低于 $45^{\circ}\text{C}$ ;

3 根据地下换热器的承压能力,当地面建筑高度超过50米时,不宜采用直接供热方式,宜采用换热机组供热方式。

**5.3.5** 在机房系统设计中,为适应地热换热器循环介质小流量大温差系统运行,提高地热换热器的取热量,可采用如下两种做法:

1 在地下专用换热器一次水循环侧,设置两台串联大温差地热热泵机组,采用复叠式梯级取热系统,拉大地热换热器循环

介质的进水及出水温差。因两台地热热泵机组一次侧进水温度的不同,导致两台地热热泵机组的制热性能系数有所差别;

2 在机房系统设计中宜增设调节蓄热水箱(水池)作为低品位热源的蓄热水箱,在地热换热器与调蓄水箱之间及调蓄水箱与地热热泵机组之间形成各自不同循环水温差的循环水系统,地热换热系统与调蓄水箱之间采用小流量大温差或正常流量大温差运行,以尽量提高单个中深层地热换热器的取热量,减少地下地热换热器的数量,同时降低地热换热系统循环水泵输送能耗;在蓄热水箱与地热热泵机组之间采用常规水源热泵机组要求的 $5^{\circ}\text{C}$ 温差或 $7^{\circ}\text{C}$ 大温差循环水温运行,形成调节蓄热水箱(水池)+中深层地热埋管供热系统模式。调节蓄热水箱存在冷水、热水混合问题,应采取有效措施,保持调蓄水箱的冷热水分层,减少混层发生。

陕西省地热协会  
www.sxsdrxh.com

## 6 监测与控制系统

### 6.2 运行控制系统

**6.2.3** 由于建筑末端负荷变化及供暖季内室外气温波动,热源侧和用户侧水泵非额定工况工作时间较长,因此应使用变频控制装置以降低运行费用。……

### 6.4 能耗能效监测评估系统

**6.4.4** 中深层地热地埋管供热系统能效评价主要指标,可采用瞬时值或某时间段内(一个小时、一日或一个采暖季)平均值进行计算。

**6.4.5** 参考《可再生能源建筑应用工程评价标准》GB/T 50801中6.2.7正文规定及条文说明的解释,地源热泵系统能效指标应根据系统制热量及热泵机组和所用水泵耗电量综合计算。其中的水泵耗电量包括热源侧和用户侧的所有水泵耗电量。结合中深层地热地埋管供热系统的特点及已有的工程项目运行实际,本规程提出中深层地热地埋管供热系统制热性能系数不宜低于3.0,中深层地热热泵机组制热性能系数不宜低于5.0。

**6.4.6** 大规模应用中深层地热地埋管供热技术是指布置中深层地埋管管群为建筑供热。对于较大体量的中深层地热地埋管供热系统工程,如具备开展地下温度场地温监测的条件,宜进行地温监测以了解地下温度场变化情况。

## 7 系统调试、质量验收及运行维护

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 本标准主要设置针对地下换热装置和循环系统验收调适和运行维护的要求。

### 7.3 质量验收

**7.3.4** 典型供暖日一般选取供暖季中期,即12月至次年1月之间的非极端天气日(晴天、阴天均可),从而确保测试结果的准确性。

**7.3.6** 在建筑入住率没有较大变化的情况下,一般在中深层地热地埋管供热系统运行一个月后,可认为建筑物达到热稳定。此时进行室内温湿度以及能效比等的检测更为准确。