《热泵技术》课程教学大纲

**一、课程基本信息**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **英文名称** | Heat Pump Technology | **课程代码** | BEEE1054 |
| **课程性质** | 专业选修课程 | **授课对象** | 能源与动力工程专业 |
| **学 分** | 2.0 | **学 时** | 34 |
| **主讲教师** | 吴世凤 | **修订日期** | 2021年1月22日 |
| **指定教材** | 姚杨主编，《暖通空调热泵技术》，北京：中国建筑工业出版社，2008 |

**二、课程目标**

（一）**总体目标：**

《热泵技术》是能源与动力工程专业的一门专业选修课，旨在使学生掌握热泵的基础知识与原理、蒸气压缩式热泵技术和吸收式热泵技术及应用。与消耗化石能源的传统供暖方式相比，热泵是一种减少高位能源消耗且清洁的供暖技术。 2020年9月22日，我国在联合国大会上提出：“提高国家自主贡献力度、采取更有力的政策或措施，二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。” 在供暖领域，热泵的应用与发展关系到国家节能降耗和“30‧60”目标的实现，为此，国家发布了与推动热泵应用相关的多项政策和措施。在课程教学中首先应使学生了解热泵在供暖领域实现节能降耗的重要意义，增强社会责任感和使命感，同时着重培养学生的工程素养，具有对实际的供暖项目进行方案选择与评价以及系统设计的能力。

（二）课程目标：

本课程旨在使学生掌握热泵技术的基础知识与原理，热泵的低位热源形式，掌握在暖通空调领域中应用广泛、技术成熟的蒸气压缩式热泵技术与系统，了解吸收式热泵技术。能够结合课外文献资料的阅读，了解各类热泵技术的研究现状与应用进展。

**课程目标1：**通过系统学习，掌握热泵技术的基础知识与原理。

1．1 掌握热泵的热力学原理与理论循环；

1．2 掌握热泵的低温热源和驱动能源；

1．3 掌握蒸气压缩式热泵技术与系统；

1．4 掌握吸收式热泵的基本原理与系统。

**课程目标2：**了解与节能减排有关的国家政策法规等，理解热泵在供暖领域实现节能减排的重要意义，增强社会责任感。

2．1 通过对我国能源消费与环境污染现状的介绍，使学生了解节能减排的重要性；

2．2 通过热泵供暖与传统供暖在能源消耗与环境排放方面的对比，使学生了解热泵是一种清洁、节能的供暖技术；

2．3 通过对我国在推动各类热泵应用方面的政策法规的介绍，使学生了解热泵应用的广阔前景。

**课程目标3：**具备一定的工程素养，能够对实际的供暖项目进行方案选择与评价以及具体的系统设计。

3．1 通过对大量工程案例的分析与讨论，培养学生的工程素养；

3．2 通过课程作业“土壤源热泵空调系统地埋管换热器的设计”，培养学生应用专业知识进行实际项目的方案选择、评价及系统设计的能力。

**课程目标4：**培养学生的自主学习意识，通过文献的阅读、研究与归纳，紧跟行业发展动态，了解最新的研究成果。

4．1 通过课程小论文“某类热泵技术的研究现状与进展”，培养学生自主学习意识，提升科技论文的阅读和写作能力；

4．2 通过课堂PPT汇报与展示，培养学生的归纳总结与口头表达能力。

（三）课程目标与毕业要求、课程内容的对应关系

**表1：课程目标与课程内容、毕业要求的对应关系表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **课程目标** | **课程子目标** | **对应课程内容** | **对应毕业要求** |
| **课程目标1**通过系统学习，掌握热泵技术基础知识与原理。 | 1．1 掌握热泵的热力学原理与理论循环。 | 通过第二章“热泵的理论循环”知识点的学习，学生能够掌握热泵的热力学原理和各种理论循环。 | 毕业要求1：1-1通过系统学习，熟练掌握热工基础理论与基础知识。 |
| 1．2 掌握热泵的低温热源和驱动能源。 | 通过第三章“热泵的低温热源和驱动能源”知识点的学习，学生能够了解热泵的低温热源的形式、特点，热泵驱动能源的形式和常见的驱动装置。 | 毕业要求1：1-1通过系统学习，熟练掌握热工基础理论与基础知识。 |
| 1．3 掌握蒸气压缩式热泵技术与系统。 | 通过第四章~第八章知识点的学习，学生能够掌握空气源热泵、水源热泵、土壤源热泵、水环热泵、多联机等空调系统的组成、运行特点、设计要点及实际工程中需要关注的问题。 | 毕业要求1：1-1通过系统学习，熟练掌握热工基础理论与基础知识。 |
| 1．4 掌握吸收式热泵的基本原理与系统。 | 通过第九章“吸收式热泵”学习，学生能够了解吸收式热泵的工作原理、单效吸收式热泵的系统组成、吸收式热泵的常用工质对，掌握其能量守恒关系、热力系数的概念。 | 毕业要求1：1-1通过系统学习，熟练掌握热工基础理论与基础知识。 |
| **课程目标2**了解与节能减排有关的国家政策法规等，理解热泵在供暖领域实现节能减排的重要意义，增强社会责任感。 | 2．1 通过对我国能源消费与环境污染现状的介绍，使学生了解节能减排的重要性。 | 通过第一章“能源与环境”知识点的学习，学生能够了解我国能源消费与环境污染的现状，建立“节能减排”的基本观点。 | 毕业要求2：2-2 在工程实践中贯彻执行节能减排的方针政策和技术路线。 |
| 2．2 通过热泵供暖与传统供暖在能源消耗与环境排放方面的对比，使学生了解热泵是一种清洁、节能的供暖技术。 | 通过第一章“高位能与低位能”、“热泵的定义”等知识点的学习，学生能够了解与传统的消耗化石能源的供暖方式相比，热泵可以节约高位能的消耗，且大大降低环境排放，是一种清洁、节能的供暖技术。 | 毕业要求2：2-2 在工程实践中贯彻执行节能减排的方针政策和技术路线；毕业要求8：8-1 了解专业工程实践对环境和社会可持续发展的影响。 |
| 2．3 通过对我国在推动各类热泵应用方面的政策法规的介绍，使学生了解热泵应用的广阔前景。 | 通过第一章“热泵在我国的应用与发展”知识点的学习，学生能够了解近年来我国在实现能源消费结构转型、推动清洁供热技术方面出台的一系列政策、法规，能够意识到热泵具有广阔的应用前景，增强课程学习的兴趣。 | 毕业要求2：2-1 熟悉与能源生产、转化和利用有关的理论前沿、国家和地方的方针政策；毕业要求9：9-1 具有人文社会科学素养和社会责任感。 |
| **课程目标3**具备一定的工程素养，能够对实际的供暖项目进行方案选择与评价以及具体的系统设计。 | 3．1 通过对大量工程案例的分析与讨论，培养学生的工程素养； | 通过第四章~第九章热泵空调系统中对大量工程案例的讨论和分析，学生能够将理论知识与实际应用结合起来，培养工程观点，提高工程素养。 | 毕业要求4：4-1 具有针对能源动力系统提出、分析及解决问题的能力；毕业要求8：8-1 了解专业工程实践对环境和社会可持续发展的影响。 |
| 3．2 通过课程作业“土壤源热泵空调系统地埋管换热器的设计”，培养学生应用专业知识进行实际项目的方案选择、评价及系统设计的能力。 | 通过完成第六章课后大作业“土壤源热泵空调系统地埋管换热器的设计”，学生能够依据所学专业知识对实际项目进行方案选择、评价及系统的设计计算，提高实践能力。 | 毕业要求4：4-1 具有针对能源动力系统提出、分析及解决问题的能力；4-2 能够系统运用专业知识进行相关的课程设计和毕业设计；毕业要求8：8-2 能够根据环境和社会可持续发展原则评价对工程进行科学地设计、管理和施工。 |
| **课程目标4：**培养学生的自主学习意识，通过文献的阅读、研究与归纳，紧跟行业发展动态，了解最新的研究成果。 | 4．1 通过课程小论文“某类热泵技术的研究现状与进展”，培养学生自主学习意识，提升科技论文的阅读和写作能力； | 通过完成课程小论文“某类热泵技术的研究现状与进展”，学生能够学会查阅文献、归纳总结，并撰写科技小论文。 | 毕业要求6：6-1 熟练掌握现代工程工具和信息技术工具；毕业要求11：11-1 能够就工程实践中出现的问题做出书面和口头的清晰表达；毕业要求12：12-1 具有自主学习的意识。 |
| 4．2 通过课堂PPT汇报与展示，培养学生的归纳总结与口头表达能力。 | 通过编写课堂汇报PPT并进行5~8分钟的口头汇报，学生能够锻炼归纳总结与口头表达能力。 | 毕业要求6：6-1 熟练掌握现代工程工具和信息技术工具；毕业要求11：11-1 能够就工程实践中出现的问题做出书面和口头的清晰表达。 |

**三、教学内容**

**第一章 导论与基础**

1. 教学目标

（1）了解当今社会能源与环境问题的紧迫性；

（2）理解热泵供热的热力学原理，认识到热泵是一种节能且清洁的供热技术；

（3）了解热泵及其空调系统的种类；

（4）了解氟利昂工质对环境的影响及其替代问题。

2.教学重难点

重点/难点：对不同供热方式从热力学第一定律、第二定律的角度进行分析与评价，把握科学用能的原则。

3.教学内容

1.1 能源与环境

1.2 高位能与低位能

1.3热泵的定义

1.4 热泵的种类

1.5 热泵空调系统的分类

1.6 热泵工质及其替代问题

1.7 热泵在我国的应用与发展的问题

1.8 热泵的历史

1. 教学方法

（1）自主学习：利用雨课堂平台预习课程内容并完成课后思考题；

（2）讲授法：相关概念和理论框架；

（3）讨论法：课堂围绕“锅炉供热与热泵供热消耗一次能源与产生环境排放的对比”进行讨论。

5.教学评价

回答以下问题：

（1）为什么说热泵是可实现节能减排的供暖技术？

（2）怎么理解能量的品位有高低之分？科学用能的原则是什么？

（3）热泵有哪些类型？热泵系统由哪几部分组成？

（4）对热泵工质有什么要求？为什么热泵工质存在替代问题？未来的研究方向是什么？

**第二章 热泵的理论循环**

1.教学目标

（1）了解热泵循环的热力学原理；

（2）掌握逆卡诺循环的形式及供热系数的计算；

（3）掌握各类热泵理论循环（蒸气压缩式热泵循环、布雷顿循环、吸收式热泵循环、CO2跨临界热泵循环）的原理、特点；

（4）对供热系统中应用最广泛的蒸气压缩式热泵循环，结合p-h、T-s图进行循环的热力学计算。

2.教学重难点

（1）重点：蒸气压缩式热泵循环原理及热力学计算；

（2）难点：吸收式热泵循环与蒸气压缩式热泵循环的异同点。

3.教学内容

2.1 逆卡诺循环

2.2 蒸气压缩式热泵的理论循环

2.3布雷顿循环

2.4 吸收式热泵的理论循环

2.5 温差电热泵

2.6 CO2跨临界热泵循环

4.教学方法

（1）自主学习：利用雨课堂平台预习课程内容并完成课后思考题；

（2）讲授法：相关原理和理论知识；

（3）讨论法：课堂围绕“蒸气压缩式热泵循环与吸收式热泵循环在消耗能源的形式、基本设备、工质的种类等方面有哪些异同点？”进行讨论。

5.教学评价

回答以下问题：

（1）逆卡诺循环的供热系数与哪些因素有关？

（2）蒸气压缩式热泵的供热系数与哪些因素有关？

（3）布雷顿循环与蒸气压缩式热泵循环采用的工质有何不同？

（4）吸收式热泵与蒸气压缩式热泵相比有哪些优点？

**第三章 热泵的低位热源和驱动能源**

1.教学目标

（1）了解常见的热泵低位热源的种类；从保证热泵经济运行的角度，理解对低位热源的各项要求；

（2）理解空气、水、土壤、太阳能作为热泵低位热源时的特性及优缺点；

（4）了解热泵驱动能源及驱动装置的形式；

（5）了解热泵系统蓄能的意义、蓄热系统的形式及常见的蓄热材料。

2.教学重难点

（1）重点：各种低位热源的特性及其对应的热泵空调系统的适用性。

（2）难点：不同驱动能源或驱动装置驱动的热泵系统能流图的表示方法及一次能源利用系数的计算。

3.教学内容

3.1 概述

3.2 空气

3.3 水

3.4 土壤

3.5 太阳能

3.6 驱动能源和驱动装置

3.7 热泵系统中的蓄能

4. 教学方法

（1）自主学习：利用雨课堂平台预习课程内容并完成课后思考题；

（2）讲授法：相关基础和理论知识；

（3）讨论法：课堂围绕“从保证热泵经济运行的角度，对低位热源有哪些要求？”、“电能驱动的热泵和内燃机驱动的热泵能流图如何表示？哪一种热泵系统的能源利用系数更高？”等问题进行讨论。

5.教学评价

回答以下问题：

（1）对热泵的低位热源有什么要求？

（2）空气作为热泵低位热源的优缺点和应用的局限性？

（3）太阳能作为热泵低位热源的优缺点和应用的局限性？

（4）有了供热系数这一经济性指标，为什么还要引入一次能源利用系数对热泵系统进行评价？

**第四章 空气源热泵空调系统**

1.教学目标

（1）了解空气源热泵机组的常见形式；

（2）掌握空气源热泵机组的特性参数及其及其随工况变化的特性；

（3）了解空气源热泵结霜的原因、危害、除霜方法与控制方式；

（4）掌握平衡点的概念，了解最佳能量平衡点的确定方法，了解辅助加热与能量调节方式；

（5）理解空气源热泵在寒冷地区应用存在的问题及改善其低温运行特性的技术措施。

2.教学重难点

（1）重点：空气源热泵的运行特性；改善空气源热泵低温运行特性的技术措施。

（2）难点：最佳能量平衡点的确定方法。

3.教学内容

4.1 空气源热泵机组

4.2 空气源热泵机组的运行特性

4.3 空气源热泵的结霜与融霜

4.4 空气源热泵机组的最佳平衡点

4.5 空气源热泵的低温适应性

4. 教学方法

（1）自主学习：利用雨课堂平台预习课程内容并完成课后思考题；

（2）讲授法：相关概念和理论知识；

（3）案例教学法：围绕空气源热泵的实际工程案例进行具体分析，以加深对理论知识的理解，培养学生的工程素养；

（4）讨论法：课堂围绕“空气源热泵在我国严寒地区、寒冷地区、夏热冬冷地区、温和地区和夏热冬暖地区的适应性？”进行讨论。

5.教学评价

回答以下问题：

（1）反映空气源热泵机组运行特性的参数有哪些？这些参数对一台热泵装置来说是定值吗？

（2）空气源热泵在冬季运行时室外换热器为什么会结霜？结霜对机组运行产生什么影响？

（3）常用的融霜方式有哪些？有哪些除霜控制方式？

（4）何为空气源热泵的平衡点？

（5）空气源热泵在寒冷地区应用时会产生什么问题？

**第五章 水源热泵空调系统**

1.教学目标

（1）了解水源热泵机组的分类及运行特性；

（2）了解各类水源热泵系统的形式、组成、设计要点及应用中需注意的问题或采用的特殊技术措施。

2.教学重难点

重点/难点：各类水源热泵机组的设计要点。

3.教学内容

5.1 水源热泵机组

5.2 地下水源热泵空调系统

5.3 地表水源热泵空调系统

5.4 海水源热泵空调系统

5.5 污水源热泵空调系统

4. 教学方法

（1）自主学习：利用雨课堂平台预习课程内容并完成课后作业；

（2）讲授法：相关理论知识；

（3）案例教学法：围绕水源热泵的实际工程案例进行具体分析，以加深对理论知识的理解，培养学生的工程素养；

（4）讨论法：课堂围绕“开式地表水换热系统和闭式地表水换热系统相比有哪些优缺点？”

进行讨论。

5.教学评价

回答以下问题：

（1）水源热泵机组有哪些类型？

（2）地下水源热泵在设计时，如何进行地下水循环量的计算？

（3）地下水源热泵为什么要进行地下水回灌？有哪些回灌方法？

（4）海水源热泵有哪些特殊性？可以采取哪些技术措施？

（5）污水源热泵系统有哪些特殊性？

**第六章 土壤耦合热泵空调系统**

1.教学目标

（1）了解土壤耦合热泵空调系统的组成和分类；

（2）了解地埋管换热器的布置形式；

（3）掌握地埋管换热系统的设计方法。

2.教学重难点

（1）重点：地埋管换热系统的设计。

（2）难点：地埋管换热器的传热计算。

3.教学内容

6.1 土壤耦合热泵空调系统简介

6.2 现场调查与工程勘察

6.3 地埋管换热器的管材与传热介质

6.4 地埋管换热器的布置形式

6.5 地埋管换热器的传热计算

6.6 地埋管换热器系统的水力计算

4. 教学方法

（1）自主学习：利用雨课堂平台预习课程内容并完成课后作业；

（2）讲授法：相关理论知识；

（3）案例教学法：围绕土壤耦合热泵的实际工程案例进行具体分析，以加深对理论知识的理解，培养学生的工程素养。

5.教学评价

回答以下问题：

（1）土壤耦合热泵空调系统由哪些部分组成？

（2）什么是土壤热响应实验？在地埋管换热器设计前为什么要进行土壤热响应实验？

（3）垂直地埋管和水平地埋管方式有哪些优缺点？适用于什么场合？

完成课程设计：“土壤源热泵空调系统地埋管换热器的设计”。

**第七章 水环热泵空调系统**

1.教学目标

（1）了解水环热泵空调系统的组成与运行特点；

（2）了解水环热泵空调系统的适用场合和节能原理；

（3）了解水环热泵空调系统的设计要点；

（4）了解实际工程中如何拓宽水环热泵空调系统的应用范围。

2.教学重难点

（1）重点：水环热泵空调系统的组成和运行工况；

（2）难点：采用混合系统，拓宽水环热泵空调系统的应用范围。

3.教学内容

7.1 概述

7.2 水环热泵空调系统的组成与运行

7.3 水环热泵空调系统的特点

7.4 水环热泵空调系统的设计要点

7.5 水环热泵空调系统的问题与对策

4. 教学方法

（1）自主学习：利用雨课堂平台预习课程内容并完成课后作业；

（2）讲授法：相关原理与理论知识；

（3）案例教学法：围绕水环热泵的实际工程案例进行具体分析，以加深对理论知识的理解，培养学生的工程素养；

（4）讨论法：课堂围绕“如何拓宽水环热泵空调系统的应用范围？你能想到的混合系统形式有哪些？”进行讨论。

5.教学评价

回答以下问题：

（1）水环热泵空调系统有哪些部分组成？

（2）水环热泵空调系统在运行时有哪些控制模式？

（3）请举例说明水环热泵应用在哪种场合最能体现节能效益？

**第八章 变制冷剂流量热泵式多联机空调系统**

1.教学目标

（1）了解变制冷剂流量多联式空调机组的特点和组成；

（2）了解变制冷剂流量多联式空调机组的变频方式和原理，风冷方式和水冷方式的特点；

（3）了解变制冷剂流量多联式空调系统在应用中需要注意的问题及对策。

2.教学重难点

（1）重点：多联机在我国不同建筑气候区的地域适应性。

（2）难点：多联机空调系统解决新风问题的方式。

3.教学内容

8.1 概述

8.2 变制冷剂流量热泵式多联机组

8.3 变制冷剂流量多联式空调系统类型

8.4 变制冷剂流量多联式空调系统中的几个关注问题

4. 教学方法

（1）自主学习：利用雨课堂平台预习课程内容并完成课后作业；

（2）讲授法：相关理论知识。

5.教学评价

回答以下问题：

（1）变频多联机和数码涡旋多联机技术相比有哪些优缺点？

（2）多联机在我国不同建筑气候区的地域适应性怎么样？

（3）多联机空调系统如何解决新风问题？

**第九章 吸收式热泵**

1.教学目标

（1）掌握吸收式热泵的工作原理和系统组成；

（2）了解吸收式热泵在余热回收及分布式能源系统中的应用。

2.教学重难点

（1）重点：单效第一类吸收式热泵的工作原理及系统组成。

（2）难点：吸收式热泵与蒸气压缩式热泵的异同点。

3.教学内容

9.1 概述

9.2 吸收式热泵的工作原理

9.3 吸收式热泵的工程应用

4. 教学方法

（1）自主学习：利用雨课堂平台预习课程内容并完成课后作业；

（2）讲授法：相关原理和理论知识；

（3）案例教学法：围绕吸收式热泵的实际工程案例进行具体分析，以加深对理论知识的理解，培养学生的工程素养。

（4）讨论法：课堂围绕“吸收式热泵与蒸气压缩式热泵在消耗能源形式、系统组成、循环形式、工质种类等方面有何异同？”进行讨论。

5.教学评价

回答以下问题：

1. 请画出单效溴化锂第一类吸收式热泵的系统流程图。
2. 吸收式热泵常用的工作物质有哪些？
3. 请写出第一类吸收式热泵的能量平衡方程。
4. 与蒸气压缩式热泵相比，吸收式热泵有哪些优点？

**四、学时分配**

**表2：各章节的具体内容和学时分配表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 章节 | 章节内容 | 学时分配 |
| 第一章 | 导论与基础 | 2 |
| 第二章 | 热泵的理论循环 | 4 |
| 第三章 | 热泵的低位热源和驱动能源 | 4 |
| 第四章 | 空气源热泵空调系统 | 4 |
| 第五章 | 水源热泵空调系统 | 6 |
| 第六章 | 土壤耦合热泵空调系统 | 4 |
| 第七章 | 水环热泵空调系统 | 2 |
| 第八章 | 变制冷剂流量热泵式多联机空调系统 | 2 |
| 第九章 | 吸收式热泵 | 2 |
|  | 课程小论文与课堂汇报 | 4 |

**五、教学进度**

**表3：教学进度表**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 周次 | 日期 | 章节名称 | 内容提要 | 授课时数 | 作业及要求 | 备注 |
| 1 |  | 第一章 导论与基础 | 1.1 能源与环境1.2 高位能与低位能1.3 热泵的定义1.4 热泵的种类1.5 热泵的历史1.6 热泵在我国应用与发展的回顾 | 2 | 作业：完成“雨课堂”平台上的课后思考题。要求：1、能从热力学基本定律的角度阐述科学用能的原则；2、能阐明热泵实现节能减排的原理；3、能描述热泵的主要类型。 |  |
| 2-3 |  | 第二章 热泵的理论循环 | 2.1 逆卡诺循环2.2 蒸气压缩式热泵的理论循环2.3 布雷顿循环2.4 吸收式热泵理论循环2.5 温差电热泵2.6 CO2跨临界热泵循环 | 4 | 作业：完成“雨课堂”平台上的课后思考题。要求：1、能理解逆卡诺循环原理及供热系数的计算；2、能阐述各类热泵循环的工作原理；3、能进行蒸气压缩式热泵循环的热力计算。 |  |
| 4-5 |  | 第三章 热泵的低温热源和驱动能源 | 3.1 概述3.2 空气3.3 水3.4 土壤3.5 太阳能3.6 驱动能源和驱动装置3.7 热泵系统中的蓄热 | 4 | 作业：完成“雨课堂”平台上的课后思考题。要求：1、能阐述对热泵低位热源的基本要求；2、能说明各种低位热源的优缺点；3、能说明一次能源利用系数这一评价指标的意义。 |  |
| 6-7 |  | 第四章 空气源热泵空调系统 | 4.1 空气源热泵机组4.2 空气源热泵机组的运行特性4.3 空气源热泵的结霜与融霜4.4 空气源热泵机组的最佳平衡点4.5 空气源热泵的低温适应性 | 4 | 作业：完成“雨课堂”平台上的课后思考题。要求：1. 能描述空气源热泵机组的特性参数如何随工况变化；
2. 能说明理解空气源热泵机组冬季结霜的原因及危害、融霜方式及控制方法；
3. 能阐述理解空气源热泵机组平衡点的概念；
4. 能阐述空气源热泵在低温地区应用时出现的主要问题。
 |  |
| 8-10 |  | 第五章 水源热泵空调系统 | 5.1 水源热泵机组5.2 地下水源热泵空调系统5.3 地表水源热泵空调系统5.4 海水源泵空调系统5.5 污水源热泵空调系统 | 6 | 作业：完成“雨课堂”平台上的课后思考题。要求：1、能说明水源热泵机组的常见形式；2、能计算地下水热泵系统需要的地下水循环量；3、能阐述海水源热泵和污水源热泵的特殊性和应用时需采取的技术措施。 |  |
| 11-12 |  | 第六章 土壤耦合热泵空调系统 | 6.1 土壤耦合热泵空调系统简介6.2 现场调查与工程勘察6.3 地面管换热器的管材与传热介质6.4 地埋管换热器的布置形式6.5 地埋管换热器的传热计算6.6 地埋管换热器系统的水力计算 | 4 | 作业：1. 完成“雨课堂”平台上的课后思考题。

2、完成课程设计：“土壤源热泵空调系统地埋管换热器的设计”。要求：1、能阐述土壤耦合空调系统的组成和工作原理；2、能阐述垂直埋管换热器和水平埋管换热器的优缺点和适用场合；3、能对地埋管换热器进行设计计算。 |  |
| 13 |  | 第七章 水环热泵空调系统 | 7.1 概述7.2 水环热泵空调系统的组成与运行7.3 水环热泵空调系统的特点7.4 水环热泵空调系统的设计要点7.5 水环热泵空调系统的问题与对策 | 2 | 作业：完成“雨课堂”平台上的课后思考题。要求：1、能说明水环热泵空调系统的组成与工作原理；2、能阐述水环热泵空调系统的运行模式；3、能举例说明拓宽水环热泵空调系统应用范围的混合系统形式。 |  |
| 14 |  | 第八章 变制冷剂流量热泵式多联机空调系统 | 8.1 概述8.2 变制冷剂流量热泵式多联机组8.3 变制冷剂流量热泵式多联机空调系统类型8.4 变制冷剂流量热泵式多联机空调系统中的几个关注问题 | 2 | 作业：完成“雨课堂”平台上的课后思考题。要求：1、能阐述变频多联机和数码涡旋多联机的原理和优缺点；2、能概括变制冷剂流量热泵式多联机在我国不同气候区的适应性；3、能说明变制冷剂流量热泵式多联机系统如何解决新风问题。 |  |
| 15 |  | 第九章 吸收式热泵 | 9.1 概述9.2 吸收式热泵的工作原理9.3 吸收式热泵的工程应用 | 2 | 作业：完成“雨课堂”平台上的课后思考题。要求：1、能画出单效第一类吸收式热泵的系统流程图；2、能举例说明吸收式热泵的工作物质；3、能列出吸收式热泵的能量平衡关系；4、能阐明吸收式热泵与蒸气压缩式热泵的异同点。 |  |
| 16-17 |  | 课程小论文与课堂汇报 | 1. 课程小论文“某类热泵技术的研究现状与进展”；
2. PPT展示与课堂汇报
 | 4 | 作业：1. 查阅文献，撰写小论文“某类热泵技术的研究现状与进展”；

2、编写汇报PPT，每位同学进行5~8分钟的课堂汇报。要求：1. 能自主查阅文献，归纳、总结，撰写科技小论文；
2. 能将论文内容编写为PPT，在课堂上进行简明扼要、条理清晰的口头汇报。
 |  |

**六、教材及参考书目**

[1] 龙惟定.建筑节能与建筑能效管理.北京：中国建筑工业出版社，2005

[2] 徐伟.中国地源热泵发展研究报告（2018）.北京：中国建筑工业出版社，2019

[3] 俞炳丰.中央空调新技术及其应用.北京：化学工业出版社，2005

[4] 王如竹，丁最良.最新制冷空调技术.北京：科学出版社，2002

[5] 马最良等.水环热泵空调系统设计.北京：化学工业出版社，2005

[6] 刘时彬.地热资源及其开发利用和保护. 北京：化学工业出版社，2005

[7] 城市污水的资源再生及热能回收利用. 北京：化学工业出版社，2003

[8]刁乃仁，方肇洪.地埋管地源热泵技术.北京：高等教育出版社，2006

**七、教学方法**

本课程利用雨课堂平台发布预习资料和思考题，要求学生在课前观看，并按时完成课后思考题。课堂教学中采用讲授法、案例教学法、讨论法等，并充分利用APP互动软件进行课前和课后的线上交流。

1. 讲授法：对热泵技术中的基本理论、原理等进行课堂讲授，使学生能够理解和掌握这些基础理论和基础知识。

2. 案例教学法：在各类热泵空调系统的教学中选择相应的工程案例，进行分析与讨论，以加深对理论知识的理解，培养学生的工程素养。

3. 讨论法：课堂围绕“锅炉供热与热泵供热消耗一次能源与产生环境排放的对比”、“空气源热泵在我国严寒地区、寒冷地区、夏热冬冷地区、温和地区和夏热冬暖地区的适应性如何？”、“开式地表水换热系统和闭式地表水换热系统相比有哪些优缺点？”、“如何拓宽水环热泵空调系统的应用范围？你能想到的混合系统形式有哪些？”、“吸收式热泵与蒸气压缩式热泵在消耗能源形式、系统组成、循环形式、工质种类等方面有何异同？”等问题组织课堂讨论，培养学生理论联系实际的能力，巩固对理论知识的理解，同时增强语言表达能力。

4．在雨课堂平台发布预习资料和思考题，采用线上、线下相结合，增加课前课后互动的方式来提升教学效果。

 **八、考核方式及评定方法**

**（一）课程考核与课程目标的对应关系**

**表4：课程考核与课程目标的对应关系表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程目标** | **考核要点** | **考核方式** |
| 课程目标1 | 是否熟练掌握热泵技术的基本原理与基础知识。 | 课后作业、闭卷笔试 |
| 课程目标2 | 是否了解与节能减排有关的国家政策法规，是否理解热泵在供暖领域实现节能减排的重要意义，增强了社会责任感。 | 课堂互动 |
| 课程目标3 | 是否具备一定的工程素养，能够对实际的供暖项目进行方案选择与评价以及具体的系统设计。 | 课程设计、闭卷笔试 |
| 课程目标4 | 是否具有自主学习意识，具有文献查阅、科技小论文写作和口头表达能力。 | 课前预习完成度、课程小论文、课堂汇报 |

**（二）评定方法**

**1．评定方法**

平时成绩：25%（平时作业+课程设计）

期中考核：25%（课程小论文+课堂汇报）

期末考试：50%（理论考试）

**2．课程目标的考核占比与达成度分析**

**表5：课程目标的考核占比与达成度分析表**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  **考核占比****课程目标** | **平时** | **期中** | **期末** | **总评达成度** |
| 课程目标1 | 30% | 10% | 75% | （课程目标1达成度={0.25ｘ平时目标1成绩+0.25ｘ期中目标1成绩+0.5ｘ期末目标1成绩}/目标1总分。） |
| 课程目标2 | 10% | 5% | 5% |
| 课程目标3 | 50% | 10% | 15% |
| 课程目标4 | 10% | 75% | 5% |

**（三）评分标准**

| **课程****目标** | **评分标准** |
| --- | --- |
| **90-100** | **80-89** | **70-79** | **60-69** | **＜60** |
| **优** | **良** | **中** | **合格** | **不合格** |
| **A** | **B** | **C** | **D** | **F** |
| **课程****目标1** | 熟练掌握热泵技术的基本原理与基础知识。 | 较熟练掌握热泵技术的基本原理与基础知识。 | 基本掌握热泵技术的基本原理与基础知识。 | 对热泵技术的基本原理与基础知识掌握得不全面。 | 热泵技术的基本原理与基础知识很欠缺。 |
| **课程****目标2** | 深入了解与节能减排有关的国家政策法规，深入理解热泵在供暖领域实现节能减排的重要意义，具有很强的社会责任感。 | 一般了解与节能减排有关的国家政策法规，理解热泵在供暖领域实现节能减排的重要意义，具有较强的社会责任感。 | 对与节能减排有关的国家政策法规基本了解，基本理解热泵在供暖领域实现节能减排的重要意义，社会责任感一般。 | 对与节能减排有关的国家政策法规和热泵在供暖领域实现节能减排的意义了解不够全面，社会责任感一般。 | 不太了解与节能减排有关的国家政策法规，也不太理解热泵在供暖领域实现节能减排的意义，不具有社会责任感。 |
| **课程****目标3** | 具备很好的工程素养，能够对实际的供暖项目独立提出可行性方案，进行合理的评价和正确的系统设计。 | 具备较好的工程素养，在教师指导下能够对实际的供暖项目提出可行性方案，进行较为合理的评价和较为正确的系统设计。 | 具备一定的工程素养，在教师指导下能够对实际的供暖项目提出部分可行性方案，评价基本合理，设计计算基本正确。 | 工程素养一般，在教师多次指导下仍不能够对实际的供暖项目提出可行性方案，设计计算部分正确。 | 缺乏工程素养，不能够对实际的供暖项目提出可行性方案，评价和设计计算错误较多。 |
| **课程****目标4** | 积极完成教学平台上发布的课前预习和课后思考题，积极参加课堂讨论，课程小论文和课堂汇报成绩优秀，形成很强的自主学习能力、书面及口头表达能力。 | 能完成教学平台上发布的课前预习和课后思考题，较课堂讨论较为积极，课程小论文和课堂汇报成绩良好，形成较强的自主学习能力、书面及口头表达能力。 | 基本能完成教学平台上发布的课前预习和课后思考题，课堂讨论表现尚可，课程小论文完成度尚可,课程小论文和课堂汇报成绩中等，自主学习能力、书面及口头表达能力一般。 | 能部分完成教学平台上发布的课前预习和课后思考题，课堂分组讨论不够积极，课程小论文和课堂汇报成绩及格，自主学习能力较差，口头和书面表达能力较弱。 | 不能按时完成教学平台上发布的课前预习和课后思考题，课堂讨论很不积极，课程小论文和课堂汇报成绩不及格，自主学习能力很差，口头和书面表达能力差。 |