



同濟大學

TONGJI UNIVERSITY

硕士学位论文

空调系统结构自动化设计

姓名：杨志伟

学号：1630842

所在院系：机械与能源工程学院

学科门类：工学

学科专业：供热、供燃气、通风及空调工程

指导教师：许鹏 教授

二〇一九年五月



同濟大學
TONGJI UNIVERSITY

A dissertation submitted to
Tongji University in conformity with the requirements for
the degree of Master of Philosophy

Automation Design of Air Conditioning System Structure

Candidate: Zhiwei Yang

Student Number: 1630842

School/Department: School of Mechanical Engineering

Discipline: Civil Engineering

Major: Heating, Gas Supply, Ventilation and Air-
conditioning Engineering

Supervisor: Prof. Peng Xu

May, 2019

空调系统结构自动化设计

杨志伟

同济大学

学位论文版权使用授权书

本人完全了解同济大学关于收集、保存、使用学位论文的规定，同意如下各项内容：按照学校要求提交学位论文的印刷本和电子版本；学校有权保存学位论文的印刷本和电子版，并采用影印、缩印、扫描、数字化或其它手段保存论文；学校有权提供目录检索以及提供本学位论文全文或者部分的阅览服务；学校有权按有关规定向国家有关部门或者机构送交论文的复印件和电子版；在不以赢利为目的的前提下，学校可以适当复制论文的部分或全部内容用于学术活动。

学位论文作者签名：

年 月 日

同济大学学位论文原创性声明

本人郑重声明：所提交的学位论文，是本人在导师指导下，进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本学位论文的研究成果不包含任何他人创作的、已公开发表或者没有公开发表的作品的内容。对本论文所涉及的研究工作做出贡献的其他个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本学位论文原创性声明的法律责任由本人承担。

学位论文作者签名：

年 月 日

摘要

空调系统结构的设计是一件主观与客观共存，经验与规范并行的，且在这一百多年间日益发展逐渐成熟的工作。传统的空调系统结构设计主要是在建筑结构图纸基础上，根据设计者的个人经验以及从国际或者国家标准规范中学习构建的知识体系来共同完成。这里有部分工作可重复性强，在当前建筑信息模型愈加成熟的时期，探索空调系统的自动化设计，从而提高工程效率。

首先，根据传统空调系统的设计思路我们提出了从负荷结果到系统生成的三个步骤。1) 概念性系统中回路 (Loop) 的定义与选择。本文空调系统是基于回路进行描述，根据系统形式的不同，分别搭配得到确定的回路类型。每个回路中直接涉及到的设备都包含其中。2) 设备的自动选型。这里分为两部分进行计算，分别是冷热源侧与末端侧，编写了常用的设备的选型代码，这些代码基于工程经验，总结规律，在一定的安全系数的保证下，提供具体设备的选型方法。3) 管网的计算与布置。这里的管网计算主要为建筑各平面中的管路管径计算，在末端设备数量确定的情况下，管网的布置主要分两部分，分别为末端的定位以及管线的连接关系 (管线拓扑)。

然后，提出对空调系统的描述方法。前期进行设备的选型，生成设备明细表。管网拓扑生成连接关系表。由于这里的管路拓扑用来描述建筑平面的连接关系，这里还增加了冷热源侧的固定连接关系 (设备拓扑)，以及通过立管的分布将管网拓扑与设备拓扑连接在一起，形成完整的空调系统。最后，回路信息，设备明细，拓扑关系通过代码生成 IFC 格式文件。

接着，以 Revit 建立的建筑模型为案例，使用本文的方法，进行空调系统的设计。最后评估设计结果的合理性。

关键词：空调系统，自动设计，IFC

ABSTRACT

The design of the air-conditioning system structure is a subjective and objective coexistence, experience and norms in parallel, and has gradually developed and matured over the past 100 years. The traditional air-conditioning system structure design is mainly based on the architectural structure drawings, based on the designer's personal experience and the knowledge system learned from international or national standards. Some of the work here is reproducible. In the period, when the current building information model is more mature, the automation design of the air conditioning system is explored to improve the engineering efficiency.

First, according to the design idea of the traditional air conditioning system, we propose three steps from the load result to the system generation. 1) Definition and selection of loops in conceptual systems. The air conditioning system in this paper is based on the loop description. According to the different system forms, the determined loop types are respectively matched. The devices directly involved in each loop are included. 2) Automatic selection of equipment. Here, it is divided into two parts for calculation, which are the side of the cold and heat source and the end side. The selection code of the commonly used equipment is compiled. These codes are based on engineering experience, summing up the rules, and providing specific equipment under the guarantee of a certain safety factor. Selection method. 3) Calculation and layout of the pipe network. The calculation of the pipe network here is mainly for the calculation of the pipe diameter in each plane of the building. In the case where the number of end equipment is determined, the arrangement of the pipe network is mainly divided into two parts, namely the positioning of the end and the connection relationship of the pipeline (pipeline topology).

Then, a description of the air conditioning system is proposed. In the early stage, equipment selection was performed to generate equipment schedules. The pipe network topology generates a connection relationship table. Since the pipe topology is used to describe the connection relationship of the building plane, the fixed connection relationship (device topology) on the cold heat source side is also added, and the pipe network topology is connected with the device topology through the distribution of the riser. Complete air conditioning system. Finally, the loop information, device details,

and topological relationships are generated by the code in an IFC format file.

Finally, taking the building model established by Revit as an example, the method of this paper is used to design the air conditioning system. the rationality of the design results is evaluated.

Key Words: stochastic structure, Markov process, IFC

目录

第 1 章 引言	6
1.1 空调系统设计的发展	6
1.2 BIM 与 IFC	7
1.3 研究目的与研究内容	9
1.3.1 研究目的	9
1.3.2 研究内容	9
第 2 章 文献综述	11
2.1 国内研究现状	11
2.2 国外研究现状	12
第 3 章 空调系统的选择与回路的生成	15
3.1 空调系统设备库的建立	16
3.2 回路	17
3.3 本章小结	18
第 4 章 自动选型算法描述	20
4.1 负荷计算	20
4.2 冷热源侧的自动选型	20
4.2.1 冷机	20
4.2.2 热泵	22
4.2.3 锅炉	23
4.2.4 水泵	24
4.2.5 冷却塔	25
4.2.6 分集水器	25
4.3 末端侧的自动选型	26
4.3.1 风机盘管	26
4.3.2 新风机组	26
4.4 本章小结	27
第 5 章 输配管线的自动选型	28

5.1 管线选型思路	28
5.2 普里姆 (Prim) 算法简介	28
5.3 供回水管线	29
5.4 风管管线	32
5.5 冷凝水管线	33
5.6 功能性设备的自动匹配	33
5.7 本章小结	33
第 6 章 空调系统的描述方法	35
6.1 基于回路的空调系统设备明细表	35
6.2 基于回路的空调系统设备连接关系表	35
6.2.1 接口 (port) 的定义	35
6.2.2 连接关系表描述	36
6.3 IFC 文件概述	37
6.3.1 IFC 格式	37
6.3.2 IFC 格式输出结果 (节选)	39
6.4 本章小结	41
第 7 章 案例分析	42
7.1 建筑描述	42
7.2 负荷计算结果	42
7.3 自动化设计结果	43
7.4 IFC 格式输出结果	48
第 8 章 结论与展望	50
8.1 文章总结	50
8.2 局限性和展望	51
致谢	54
参考文献	55
附录 A 管路拓扑 (补充)	57
附录 B 管路拓扑代码	65
个人简历、在读期间发表的学术论文与研究成果	78

第 1 章 引言

1.1 空调系统设计的发展

随着社会生产力的发展，科学技术的进步，人们通过改造客观环境来满足工作、生活的需求。同时生产力的发展也会约束生产环境的条件。空气调节的意义正是在一个特定空间中创造适宜的环境，“使空气达到所要求的状态”或“使空气处于正常状态”。

19 世纪后半叶，由于美国纺织业的迅速发展，对其工作环境有更高的要求才足以满足生产力的提高。为此，集中处理空气的喷水室及其洁净空气的过滤装备应运而生。20 世纪初，位于美国的一家印刷厂设置了能够实现全年运行并带喷水室的空气调节系统。同一时期，在美国芝加哥一家电影院中，首次将空气调节技术应用到民用建筑中来。自此工艺性空调与舒适性空调出现在人们的视野中。

自 1902 年，“空调之父”威利斯开利发明了现代空调系统，随着空气调节技术、空气调节设备及其材料的更新换代，更多针对不同应用场景的空调系统应运而生。在这一百多年的空调系统设计发展史中，渐渐形成了基于经验的空调系统设计思路。历经一个世纪的发展，这项技术带来了建筑设计院中的暖通部门。一般来说，暖通专业会细分为几个方向：采暖、供热、通风、空调、除尘和锅炉。在国内设计院，暖通部门设计一般会有 3 个阶段，即方案阶段、初步设计阶段和施工图阶段。

已有的空调系统形式作为备选项，基于业主要求（包括建筑类型运行场景，初投资，后期运营与维护管理费用等），设计师的判断（建筑当前所处环境中冷热源的利用等）在空调系统设计初期确定下空调系统方案。在方案的确立中，主要凭借设计师的个人知识体系以及工程实践经验，具有很强的主观性和创造性。方案确定之后，按照已有的规范（例如《实用供热空调设计手册》等），针对系统中的设备进行依次选型计算。

方案阶段主要确定使用的技术手段。初步设计阶段根据建筑位置和周边环境确定供暖方式，空调形式，冷热源。安排水系统的立管，对水泵，制冷机运行的控制以及消防通风系统等，这个阶段出图，制冷机房的设备布置图，水系统原理图，主管系统平面布置图，主要送排风平面图，消防排烟平面图，机器设备明细表，初步设计说明等。施工图阶段在初步设计阶段的基础上进行深化设计，通过冷热负荷计算，通风量及排烟量的计算及设备的选型计算。这个阶

段出图需要细化到真实施工要求。

在出图阶段，设计院中的工作人员根据国际及国家规范与个人经验相结合，完成不同图纸。从最初的 CAD 平面图到最近兴起的 Revit 三维图，暖通设计人员大部分时间都花费在画图的工作中，这部分工作繁琐复杂，但可重复性强。在设计过程中，由于业主要求改变，与其他部门（建筑结构，水，电）的设计冲突，设计人员需要不断做出调整，这在工程中耗时耗力。

1975 年，“BIM 之父”——乔治亚理工大学的 Chuck Eastman 教授创建了 BIM 理念。Eastman 教授在其研究的课题“Building Description System”中提出“acomputer-based description of-a building”，以便于实现建筑工程的可视化和量化分析，提高工程建设效率。2002 年，Autodesk 公司副总裁 Phil Bernstein 向美国建筑师协会（AIA）提出了建筑信息化模型的设计理念，Building Information Modeling 一词正式诞生。

1.2 BIM 与 IFC

建筑信息模型（BIM）是一个流程，该流程从创建智能三维设计模型开始，然后使用三维模型来实现协作、仿真和可视化，并帮助业主和服务提供者更好地规划、设计、构建和管理建筑与基础设施^[1]。建筑物中的具体信息通过数字信息仿真记录下来，这些数字信息不仅仅包括建筑物的几何信息，也包括材料的属性，性能，厂家，设备的使用时间，采购信息等。

BIM 囊括了建筑全生命周期，从设计、施工到运维管理都包含于此。但这些信息不是杂糅在一起，而是根据要求和使用者的侧重方向，分出不同的深化等级，这也说明了 BIM 的一些特征属性。BIM 带给使用者最直观的感受就是平时使用的二维平面图变成三维图，即可视化性。可以在不同软件、不同项目参与方之间进行综合协调^[2]，即可协调性。基于大量数据的累计，在管线碰撞检测中可以做到优化的目的。BIM 的综合应用场景的意义在于生产效率的有效提高，不同专业之间可以及时的沟通，由于格式的统一，不再需要在读取理解上耗费时间，同时每个阶段的进度也可以显示在模型中，为质量监控把关提供了便利。总之，BIM 的优势在于节省能源、降低成本以及提高效率。

从 2002 年建筑信息模型概念在我国被定义算起，BIM 在中国发展了十几年。随着国家和地方政策的推动，一些公共建筑重点项目如上海世博会博物馆新建工程全生命周期 BIM 应用；铁路项目如京沪高速济南连接线搬倒井互通立交工程 BIM 技术应用；市政项目如长沙市生活垃圾深度综合处理（清洁焚烧）工程等都在 BIM 应用方面取得了很好的成效^[3]。BIM 逐渐被用户接受，在使用这项技术的过程中，也需要不断改进。

由于我国《建筑信息模型应用统一标准》还处于研究和征求意见稿的阶段,且现阶段国内建筑设计还无法摒弃传统的二维施工图标准,所以国内软件的三维设计功能不强,大多只是转三维视图和模拟。国外 BIM 软件三维设计功能比较强大却又不能完美支持中国的设计标准规范。目前国内大多数设计院均先采用 CAD 平台绘制二维施工图,然后将二维施工图导入 BIM 软件如 Revit 平台软件进行重绘和建模,由二维模型转三维模型。然后各专业在基于三维参数化模型中进行协同设计,提前更正设计错误,提高出图质量。

工业基础类别(IFC)是一种数据模型,站在知识本体的角度来看,IFC 就是一个概念的集合,最早由国际协作联盟(International Alliance of Interoperability, IAI)制定,目的在于加强不同的 BIM 工具之间的互操作性。IFC 标准面向的是建筑全生命周期,数据架构丰富。IFC 作为一种开放的数据模型标准,广泛用于建筑行业中提供建筑设计、工程设计以及施工服务的综合部分(Architecture, Engineering & Construction, AEC)它是一个通用的面向对象的数据模型,目标是为共享数据在整个项目生命周期中定义一个规范。自 1995 年以来 IFC 模型不断发展。现在常用的版本是 IFC 2 x 3 和最新版本是 IFC4。一个 IFC 数据模型可以包含所有建筑信息,所以它通常包含成千上万的文本行,很难手动提取特定信息。AEC 应用程序中 IFC 的使用都是基于 IFC 工具箱,它可以提供 IFC 的读写功能。

以前,人们通过手工输入数据来定义一个建筑,IFC 数据模型通过构件模型将人们解放出来,是一个提供便利的工具。用户使用能源仿真工具,如 Energy Plus,需要用第三方工具(Sketch-up 或 Design Builder)构建一个几何模型,然后由第三方工具输出 IDF 文件供 Energy Plus 解析。整个过程需要很大的努力。由劳伦斯伯克利国家实验室(LBNL)开发的 IFC 空间边界工具(SBT)可实现在符合 IFC 标准的 CAD 软件中定义的“平面”建筑几何形状的半自动转换,以供 Energy Plus 模拟引擎导入和使用。

除了 IFC 格式以外,BIM 交换格式常用的还有 gbXML,gbxml 主要面向绿色建筑分析,例如能耗计算过程就经常会使用到。在选择 gbXML 作为 BIM 模型数据交换的标准时,应采用以下流程:(1)通过 BIM 建模软件建立 BIM 模型,并对 BIM 模型进行简化处理,例如删除模型中非主要构件,简化 gbXML 文件,设置模型详细程度等;(2)检查简化模型及房间信息设置是否正确,导出 gbXML 文件;(3)将 gbXML 文件导入绿色建筑性能分析软件;而 IFC 标准则是面向建筑全生命周期,数据架构丰富,包含的信息量更大。在数据结构中,“自下而上”gbXML 模式易于理解,这有助于为不同的设计目的更快地实现模式扩展。gbXML 采用“自下而上”的方法,它是灵活的,开源的,以及相对简单的数据模式。这种方法在为行业提供模拟服务(特别是绿色建筑工作室)方面是成功的。相比较而言,

IFC “自上而下”的关系方法，它产生相对复杂的数据表示模式和数据文件。当架构中元素的一个值发生更改时，“自上而下”方法会追溯所有语义更改。理想情况下，它具有自动维护语义完整性的能力。通过全面的“自上而下”数据模式，IFC 展示了其高度组织化和关系型数据表示的潜在优势。

综上，本文在系统描述方式上使用 IFC 格式，为了体现出数据之间的联系以及设备与管路拓扑关系。

1.3 研究目的与研究内容

1.3.1 研究目的

空调系统设计是工程实践中的必经之路。当前实际工程中暖通设计主要是在建筑结构 CAD 图纸基础上根据规范和经验设计空调系统，(1)确定室内设计参数，计算房间负荷。(2)确定系统方案，选定主要设备型号。(3)布置设备管网、进行水力计算及设备校验。(4)与其它各专业之间协同设计，包含管线综合检测、标准制定等。这里有部分工作可重复性强，在当前建筑信息模型愈加成熟的时期，探索空调系统的自动化设计，从而提高工程效率。

建筑能耗模拟可以为建筑节能提供有力依据。暖通空调系统需要一个准确且创建迅速的模型，通过本论文方法可以生成空调系统结构供能耗模拟使用。空调系统设计过程重复性强，占用设计人员工作时间。通过本课题提出的方法，在已知负荷和建筑结构的基础上，自动生成多种空调系统结构，供设计师选择调整，提高效率，能将更多精力用于设计本身。

1.3.2 研究内容

本文包括以下几个主要内容：

第二章：整理、分析当前国内外在空调系统设计相关领域的研究进展。

第三章：建立空调系统设备库，为选择的空调系统形式做准备；根据系统形式的不同，分别搭配得到确定的回路类型。每个回路中直接涉及到的设备都包含其中。

第四章：针对确定的回路，依次对回路中的设备进行选型计算。其中包括冷热源侧，末端侧的选型。编写了常用的设备的选型代码，这些代码基于工程经验，总结规律，在一定的安全系数的保证下，提供具体设备的选型方法。

第五章：输配管线的选型及其功能性设备的匹配。这里的管网计算主要为建筑各平面中的管路管径计算，在末端设备数量确定的情况下，管网的布

置主要分两部分，分别为末端的定位以及管线的连接关系（管线拓扑）

第六章：生成基于回路的空调系统设备明细表，基于回路的空调系统设备连接关系表；并将结果展示在 IFC 格式中。

第七章：通过既有建筑的案例，来对以上设计方法进行验证评估。

第八章：总结与展望

第 2 章 文献综述

2.1 国内研究现状

董大纲^[4]通过工程实践经验,介绍了 BIM 在空调设计中的应用。BIM 应用于暖通空调设计初期,可以增加暖通与土建的更直观、更深入的专业协作。优点在于建筑信息模型的建立,可以使不同专业的人员及时沟通,相互协作。缺点在于设计初步时间延长,建议比二维设计延长 50%。

靳翔宇^[5]通过工程实践经验,介绍了 BIM 技术对冷热源、负荷、设计方案的影响。建立信息模型的优点在于增加数据互通性,同时也需要设计人员与技术人员共同完成,初投资较大。

根据设计院关于 BIM 模型的反馈,目前在设计阶段,BIM 主要应用场景在于碰撞检测,这也发挥了三维设计的可视化优点。但在正向设计方面,由于行业中习惯使用二维设计,且三维设计当前只停留在可视化这一优点上,针对三维设计在暖通空调领域的推动力不足。这里也有当前社会发展大环境的影响,房地产不再像往年一样繁华,同时带来的问题是设计工作的减少,设计院不愿花费大量的功夫来做详细的信息模型,从经济性的角度考虑是合理的。

冯小平^[6-9]以图论和遗传算法为理论基础,应用改进单亲遗传算法进行了树状管网的优化布置,并设计了相应的适应度函数、单亲换位算子和逆转算子。并且以上海世博园第一能源站冷却水系统管网布局为例,进行验证。

虽然一些 BIM 工具同时具备能耗模拟的功能,不过工程上更多地将 BIM 应用在管线检查方面。而 BIM 本身对暖通空调系统的描述欠佳,大量设备、人行为模式和控制策略缺失^[10]。因此,实际模拟过程中 BIM 模型并没由被直接用来进行能耗模拟,而是需要人工重新建立能耗模型。

现有 BIM 模型到建筑能耗模型 (Building Energy Mode, BEM) 转化的研究聚焦在 BIM 平台和能耗模拟引擎的信息对接,主要是 BIM 的 IFC (Industry Foundation Class) 文件格式或 gbXML (green building eXtensible Markup Language) 文件格式同 EnergyPlus 的 IDF (Input Data File) 文件格式之间的数据转换^[11-13]。IFC 标准是一种广泛用于描述建筑模型的开放性数据模型标准,绝大多数 BIM 系列软件都支持将数据转换到 IFC 文件。IFC 标准可以非常好的描述建筑几何结构等信息,是 BIM 与其他软件进行数据共享与传递的主要标准。但是 IFC 标准面向的是建筑全生命周期,整合了建筑设计、施工和运维的信息,对于设计来说存在较多信息冗余^[14]。

gbXML 是面向绿色建筑分析的可扩展标记语言,相比于 IFC, gbXML 的数据结构灵活,数据之间通过数据编号进行联系调用,绿色建筑性能分析软件对

gbXML 数据的支持度比对 IFC 的数据支持度要高。但是由于 gbXML 文件储存的建筑平面为单线模型，不存在平面厚度，所以 BIM 建模软件中导出的 gbXML 文件往往存在着数据不完整、描述不正确的问题，并且 gbXML 文件对建筑模型的要求较高，从 BIM 模型中导出 gbXML 的可操作性较差。IDF 则是美国能源部与劳伦兹伯克利国家实验室共同开发的能耗模拟软件 EnergyPlus 主要采用的数据格式。

西安建筑科技大学梁思雨则结合 IFC 信息对 gbXML 缺失数据进行补充，然后转换为 IDF 数据文件，在几何结构上对 gbXML 文件进行完善补充^[15]。

2.2 国外研究现状

Lee WL 等人^[16]考虑到冷水机组的数量和容量，开发了一种简化的模型，用于评估冷水机组的性能。

动态规划算法是解决多阶段决策过程最优化问题的一种常用方法。Tsal RJ 等人^[17,18]提出了基于动态规划算法的管道设计的 T-方法。优化目标是使全生命周期成本最小，它包括初始管道系统成本和风机的全年能量消耗。通过整个系统中的最佳压力分布来确定最佳管道尺寸，ASHRAE 手册为常规设计实践推荐了 T 法。但是这种方法存在一些问题。计算程序复杂^[19]，不适用于多风机管道系统等^[20]。

Moon JS 等人^[19]提出了一种改进的 T 法，可以解决多风机管道系统的流量分布，并选择 20 层住宅楼的浴室通风系统作为示例应用。

Ting CC 等人^[20]提出了一种动态规划算法，它考虑系统压力平衡和最小全生命周期成本，以得出管道尺寸和风机容量。与 T 法相比，这种方法计算出的管道面积较小，因此初始成本较低。

遗传算法是模拟达尔文生物进化论的自然选择和遗传学机理的生物进化过程的计算模型，是一种通过模拟自然进化过程搜索最优解的方法。Asiedu Y 等人^[21]提出了一种基于遗传算法的管道设计方法，该方法能够结合标准（离散）管道尺寸，可变时间操作条件和可变时间使用率，从而得到最小全生命周期成本条件下的管路。Galeano H 等人^[22,23]使用遗传算法方法确定水系统的最佳管径和水泵尺寸，同时考虑到成本的最小化以及速度，流量和压力的限制。

Kim T 等人^[24,25]采用下降单纯形法来解决 VAV 风管系统优化问题。通过检查具有高峰时段气流的系统设计点和用于变化气流的其他系统操作点是否驻留在风机运行区域中来选择风机。选择风机后，通过下降单纯形法评估生命周期成本来搜索最佳管道尺寸。

Jorens S 等人^[26]指出，以前的研究主要集中在管道尺寸和材料选择的优化

上。他们提出了一个优化问题，它集成了管道布局，尺寸和材料。它的特点是离散决策变量和非线性约束。

Bres A 等人^[27]提出了一种新的基于进化算法（EA）的自动设计综合与优化方法。该方法一般适用于基于组件的系统，并演示了供暖、通风和空调（HVAC）系统结构。系统设计的整个过程，包括通常需要大量人参与的初始阶段，都被视为一个约束满足问题。优化过程的设计体现了设计问题的复杂性，使用不同类型的变量（实数和整数）表示系统的物理和拓扑性质，目的是设计一个可行的和有效的系统。

Zhang Y 等人^[28-30]进行了广泛的优化工作，优化了 HVAC 组件的配置。为了优化系统，提出一个遗传算法，复杂的问题需要开发一个新的“老龄化算子”^[31]，使该算法能够成功地解决高度约束的拓扑问题。其中变量包括组件选择、网络拓扑、流量和热容量。

Stanescu M 等人^[32]根据不同系统、不同区域来优化 HVAC 网络的配置。他们使用了一种遗传算法，对一个区域号码列表进行，用来表示不同的系统，并研究了不同遗传算子的影响。

Runde S 等人^[33]提出了一种自上向下的自动化设计方法。整个自动化系统由两个步骤组成以完成自动设计。概念性设计是通过基于平台和制造商提供的独立的功能模块生成程序进行设计。细节设计通过进化技术取代了平台和厂商指定的功能模块。

Park JH 等人^[34]提出了一种自动管道布线算法，适用于主要的细节设计方面。首先，该算法使用模式匹配方法提供候选路径。提出了一种满足几何约束的单元生成方法。这使得生成和评价路径有效且高效。接下来，从经济角度评估各种非几何方面，如材料成本、安装成本和阀门可操作性。然后，从组合树中，该算法为候选路径中的每一条管道选择一条适当的路径。最后，提出了实现细节设计自动化的一般方法。

大量的程序可用于暖通空调系统的设计和选型。其中最突出的是管道和管道系统设计程。一些程序还可以执行热增益计算、产生量表和进行应力分析。管道和管道的尺寸与绘图工具密切相关。因此，这些程序中有相当一部分可以与计算机辅助设计打包一起使用^[35]。

许多软件工具可以帮助设计师预设商业建筑的管道系统。许多工具在 CAD 环境中工作，或者可以将最终结果导出到 CAD 绘图的一层中。例如加拿大的 AutoDuct，美国的 Duct Design 以及英国的 INDUS 等^[36]。考虑流量分配和液体/空气分配系统，又有许多管道生成软件（AFT Fathom, DOLPHIN, Duct Calculator, DUCTSIZE, Pipe-Flo, PYTHON 等）^[37]。

Mark Christian E 等人^[38]介绍了拓扑优化在确定最佳风管布局中的适用

性。并通过案例验证其合理性，并展望了拓扑优化对初始管道设计的适用性。本文从从结构力学到流体动力学介绍拓扑优化的方法，确定给定空间中的最佳管道布局。

劳伦斯伯克利国家实验室 (LBNL) 利用中间工具 BPro COM-Server 开插件，实现了 IFC 几何数据、HVAC 数据到 IDF 的转化^[39,40]。

第 3 章 空调系统的选择与回路的生成

在工程实践中，空调系统方案的选择受多方因素的影响：

- 1) 业主的需求。无论是大型企业还是独立厂房，业主在建筑设计初期，往往会提出自己的要求。例如，针对某办公建筑，业主对舒适度要求较为严格，提出使用中央空调全空气系统。
- 2) 周围环境。在选择冷热源的过程中，需要考虑建筑周边环境是否适用于所选冷热源，即在经济性与实用性上做权衡。例如，建筑周围有水源，可以考虑使用水源热泵系统。
- 3) 设计师的经验。工作经验丰富的设计师在面对一栋待设计建筑时，会基于个人经验和知识储备，提出空调系统方案的建议。

在方案确定的情况下，需要针对不同方案确定其所需设备列表，供选型计算使用。

图 3.1 展示常见的 14 种冷热源类型可供选择

表 3.1 常见冷热源方案

序号	冷热源方案
1	冷水机组供冷+余热（废热）或热网供热
2	冷水机组供冷+天然气或人工煤气供热
3	蒸汽（热水）溴化锂吸收式冷水机组供冷+燃煤锅炉供热
4	水冷电动冷水机组供冷+燃煤锅炉供热
5	水冷电动冷水机组供冷+燃油（气）锅炉供热
6	水冷电动冷水机组供冷+电锅炉供热
7	风冷电动冷水机组供冷+燃煤锅炉供热
8	风冷电动冷水机组供冷+燃油（气）锅炉供热
9	燃油（气）直燃式溴化锂吸收式冷热水机组供冷、供热
10	燃油（气）直燃式溴化锂吸收式冷热水机组供冷+燃油（气）锅炉供热
11	空气源/水源/地源热泵冷热水机组供冷、供热
12	空气源/水源热泵冷水机组供冷+燃油（气）锅炉供热
13	闭式水环热泵空调系统供冷、供热
14	蓄冷（热）系统供冷（热）

末端方案类型主要分两种，分别是风机盘管加新风机组、空调箱（AHU）加变风量箱（VAVBOX）

3.1 空调系统设备库的建立

随着空调方案的确定，需要明确每种方案所需的设备类型。

通过搜集整理实际工程中所建立的系统。分别针对各种空调方案进行分析。表 3.3 罗列的其中一种空调方案的设备库。

首先从设备所在位置进行分类，分为冷热源侧，末端侧，输配管线，功能性设备。其中，冷热源侧指与冷源热源直接相连的设备；末端侧指每个楼层平面房间中的主要制冷制热设备；输配管线指水系统管线和风系统管线；功能性设备包含控制器件等辅助空调系统的设备，在本文选型工作中不做赘述。

设备代号是这一设备类型的唯一名称，在后续具体设备命名中会用到。

例如夏季冷水机组，冬季市政热力供暖（使用汽水换热器），在这种冷热源方式下需要使用汽水换热器、热水分水器、热水集水器、热水循环泵、冷水机组、冷水分水器、冷水集水器、冷冻水循环泵、冷却塔、冷却水循环泵、电子除污器、全自动软化装置、软化水箱、补水泵、凝水水箱、凝水泵。管件会用到球阀、截止阀、闸阀、手动调节阀、快放阀、平衡阀、压差开关、电动二通阀、角阀、温度计、止回阀、流量计。

当冷热源方式为地源热泵加水蓄冷时，在这种冷热源方式下需要使用地源热泵机组、分水器、换热器、集水器、冷却水泵、全自动软化装置、软化水箱、补水泵、落地式膨胀装置、蓄水池、供冷泵、板式换热器、蓄冷泵、板式换热器、一次泵、分水器、二次泵、集水器。管件会用到自控三通阀、过滤网、压力表、温度计、流量控制阀、过滤器、闸阀、蝶阀、电动调节阀。

当冷热源方式为冷水机组加水源热泵机组时，在这种冷热源方式下需要使用螺杆式水源热泵机组，螺杆式水冷冷水机组、水源侧深井潜水泵、空调侧循环水泵（热泵）、空调侧循环水泵（冷机）、冷却水循环水泵、全自动智能控制加药设备、水源全程处理器、水源侧分/集水器、空调侧分/集水器、冷却塔、组合式空调机组、地暖分/集水器、风机盘管、膨胀水箱。

当冷热源方式为锅炉时，在这种冷热源方式下需要使用热水电锅炉或者蒸汽电锅炉、蓄热泵、供热泵、热水补水泵、蒸汽电锅炉补水泵、蓄热水箱、凝结水箱、定压罐、全自动软水器、板式换热器、立式除污器、集水器、分水器、分汽缸、电动三通调节阀。

以上几种冷热源形式例举了所需的主要设备，而针对末端需要另外一套设备库。当末端形式为风机盘管加新风机组，主要设备有风机盘管、新风机组、排风风机、风口、静压箱。当末端形式为变风量系统，主要设备有空气处理单元 AHU、VAVbox、排风风机、风口、静压箱、风机、过滤器、加热器、冷却器、加湿器、减湿器等。值得注意的是空气处理单元 AHU 是有不同功能段组成，分别为新回风

混合段、新风段、回风段、初/中效过滤段、中间段、排风段、二次回风段、表冷段、加热段、喷淋段、挡水段、加湿段、全热回收段、新风机段、排风机段、送风机段、回风机段、消声段、杀菌段、送风段、出风段。这里我们只考虑空气处理机组的整体效能，对于具体功能段的搭配不做详细计算。

3.2 回路

本文中是基于回路描述的空调系统，将概念阶段的空调系统用冷热源侧回路与末端回路分别描述。

冷热源侧回路主要分为冷冻水回路，冷却水回路，热水回路。

末端侧回路依据分区结果，每个分区建立一个回路。如果风系统与水系统一一对应，可以将风系统和水系统写在一个回路中，反之，需要单独列出风系统回路。

如表 3.2，在冷热源侧有 3 个回路（回路 1，回路 2，回路 3），回路 1 中所包含的设备都罗列在所包含设备类型中，成为一个独立的设备元，选型调用。

空调水系统形式有多种，水泵布置方式分为单级泵和多级泵，一级泵流量变化方式分为定流量和变流量，系统开闭方式分为开式和闭式，系统管程布置方式分为同程式和异程式，末端盘管的管数也有不同。不同形式存在不同的连接方式。

表 3.2 回路及其设备元类型

回路定位	回路编号	包含设备类型				
冷热源	回路 1	设备元	设备元	设备元	设备元	设备元
	回路 2	设备元	设备元	设备元		
	回路 3	设备元	设备元	设备元	设备元	设备元
末端	回路 4	设备元	设备元	设备元	设备元	
	回路 5	设备元	设备元	设备元	设备元	
	回路 6	设备元	设备元	设备元	设备元	
	回路 7	设备元	设备元	设备元	设备元	
	回路 8	设备元	设备元	设备元	设备元	
	回路 9	设备元	设备元	设备元	设备元	

表 3.3 冷机锅炉+风盘新风机组系统设备库

空调系统方案	设备定位	设备类型	设备代号
冷水机组+锅炉+风机盘管+新风机组	冷热源侧	冷水机组	CL
		冷冻水泵	PMCH
		分水器	DICH
		集水器	COCH
		冷却塔	CT
		冷却水泵	PMCO
		锅炉	BO
		供热水泵	PMHW
		分水器	DIHW
		集水器	COHW
	末端侧	风机盘管	FCU
		新风机组	FAU
	输配管线	气体管道	GS
		液体管道	LQ
	功能性设备	电子除污器	
		全自动软化装置	
		软化水箱	
		补水泵	
		凝水水箱	
		凝水泵	
		球阀	
		截止阀	
		闸阀	
		手动调节阀	
		快放阀	
		平衡阀	
		压差开关	
		电动二通阀	
角阀			
温度计			
止回阀			
流量计			

3.3 本章小结

本章主要介绍了可供选择不同的空调系统方案以及其对应的设备库。方案的选择作为本文的输入，即已知条件，从而生成空调系统设备表，这一步是为了确定需要设备类型都有哪些。接着用回路来描述所选的空调系统，每个回路中包含

前期得到的设备表中的设备元。这一步是为了后续调用选型计算代码，并且针对每一个设备生成全局唯一名称，供连接关系描述使用。概念性系统中回路(Loop)的定义与选择。本文空调系统是基于回路进行描述，按照回路类型可以分为冷冻水回路，冷却水回路，热水回路，热泵回路，末端分区多回路，共 5 种。根据系统形式的不同，分别搭配得到确定的回路类型。每个回路中直接涉及到的设备都包含其中。这一步的设计思路是，基于系统方案确定回路类型，基于回路类型确定设备类型。输入为已确定的系统形式，输出为包含设备类型的回路清单。

第 4 章 自动选型算法描述

4.1 负荷计算

负荷计算结果作为本空调系统设计的输入，即已知条件。后续案例中使用 EnergyPlus 得到负荷计算结果供选型使用

4.2 冷热源侧的自动选型

本文冷热源侧选型计算主要对常见冷热源设备进行选型计算，包括：冷机、风冷热泵、锅炉、水泵、分集水器集等。

4.2.1 冷机

冷机设计过程中主要考虑的因素包括系统总冷量、冷机样本、运行能耗、机房面积、成本等。故本文冷机选型输入变量包括冷负荷、冷机设备库、选型放大系数 (sizing factor)、机房面积 (默认为无限大)、备用类型 (默认不备用冷机) 以及选型优化依据 (可根据能耗最优、价格最优、占地面积最优三种情况进行选择)。选型流程如图 4.1 所示。

建立冷机设备库。冷机设备库中包含型号, 厂家, 类型 (离心式、螺杆式等), 制冷量, 性能系数 (COP), 尺寸大小, 机组综合部分负荷性能指标 (NPLV), 冷凝器侧水流量, 冷凝器侧管径, 蒸发器侧水流量, 蒸发器侧管径, 价格等。

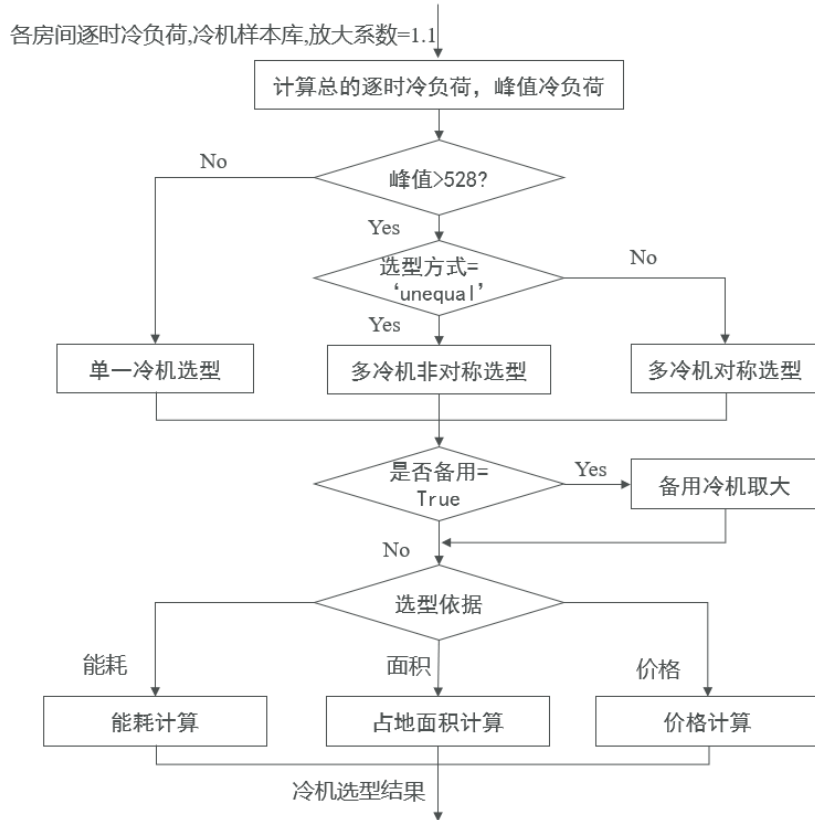


图 4.1 冷机选型路线图

根据负荷计算结果，得到各房间的逐时冷负荷，计算结果计算空调系统的总冷负荷峰值，如果冷负荷峰值小于 528kW（基于《公共建筑节能设计标准》表 4.2.10 名义制冷工况和规定条件下冷水（热泵）机组的制冷系数），选用一台冷机，继续后续计算。否则，需进行多台冷机的选型。

多台冷机选型可分为对称选型与非对称选型。对称选型指冷机全部选用统一规格冷机；非对称选型指选用多台制冷量不完全一样的冷机，即有大有小。多冷机选型方式可以进行选择，默认设为非对称选型。

对称选型即将冷机样本库中的冷机容量进行去重，用峰值冷量乘放大系数后除冷机容量取整确定冷机选型备选方案，所选冷机均为同一型号冷机。

非对称选型则根据最大（ c_{max} ）、最小（ c_{min} ）冷量缩小样本范围。设置三种容量的冷机，其制冷量分别为 c_1 , c_2 , c_3 ，台数分别为 n_1 , n_2 , n_3 ，满足如下条件： $c_1 < c_2 < c_3$ 。其中小冷机 c_1 即为缩小样本库中的最小冷机，即 c_1 为定值。

求解满足冷量要求的所有冷机容量及台数的组合，满足以下条件：

- 变量 c_2 , c_3 在样本库容量中选取
- 变量 n_1 取 1-100 整数（小冷机必选）
- 变量 n_2 , n_3 取 0-100 整数

- 约束 1:
 $n1*c1+n2*c2+n3*c3 \geq cmax/sizingfactor$ and $n1*c1+n2*c2+n3*c3 \leq cmax$
- 约束 2: $c1 < c2 < c3$
- 约束 3: $n2+n3 \neq 0$

由于冷机在实际中可能会有备用的情况,故选型过程增加备用冷机选型功能,默认不被用冷机。若需备用一台冷机,则备用冷机型号与大冷机型号一致。

在实际设计过程中机房面积往往是给定的,因此选型结果的尺寸不应超过机房面积。故在所有备选方案中,需计算冷机总占地面积,冷机间留有空隙,故计算时考虑 1.5 的空余系数,如果冷机面积超过如机房面积限值,从备选方案中删除。

最后根据冷机选型的依据(默认为能耗最优),选择 1 个冷机方案。

表 4.1 冷水机组设备库(节选)

NO	Manufacturer	Type	Capacity	L	W	H	Cdwater flow
YGWS095CA	York	Screw	330.5	2427	1280	1483	70.92
YGWS100CA	York	Screw	347.9	2427	1280	1483	74.88
YGWS130CA	York	Screw	430	2726	1280	1492	92.52
YGWS160CA	York	Screw	564.1	2726	1300	1554	121.32
YGWS175CA	York	Screw	624.5	2749	1380	1604	134.28
YGWS200CA	York	Screw	677.7	2749	1380	1604	145.8
YGWS230CA	York	Screw	809.3	3114	1630	1897	173.88
YGWS260CA	York	Screw	921.4	3114	1630	1897	198
YKC3CPQ45EHG	York	Centrifugal	1055	4256	1676	2197	216
YGWS300CA	York	Screw	1063	3595	1680	2003	228.6
YGWS330CA	York	Screw	1161	3595	1680	2003	249.48
YKC3CPQ55EJG	York	Centrifugal	1231	4256	1676	2402	252

4.2.2 热泵

与冷机选型流程类似,风冷热泵选型也可分为对称与非对称两种。但是与冷机不同的是热泵既制冷又制热,因此需要考虑冷热负荷。

建立风冷热泵选型设备库。设备库中包含型号,厂家,类型,额定制冷量,额定制热量,制冷功率,制热功率。额定冷水流量,额定热水流量,水管管径,尺寸大小,价格等信息。

表 4.2 热泵设备库（节选）

No	Manufactor	Type	NorminalCL	NorminalHL	CCPower	HCPower	Cpwaterflow
30RQ039	Carrier	Scroll	38.7	41.8	12	12.2	1.8
30RQ060	Carrier	Scroll	59.2	61.9	18.7	17.5	2.8
30RQ078	Carrier	Scroll	75	78.5	25.9	23.9	3.6
30RQ100	Carrier	Scroll	100	102.4	32.4	29.6	4.8
30RQ120	Carrier	Scroll	114.9	118.3	38.9	34.9	5.5
30RQ160	Carrier	Scroll	151.8	160.2	52.6	47.3	7.2
30RQ162G	Carrier	Scroll	165	176	47.5	50	28.1
30RQ202G	Carrier	Scroll	197	218	64.5	63.7	33.8
30RQ232G	Carrier	Scroll	216	225	67.4	67	37.1

根据负荷计算结果得到的建筑冷负荷与建筑热负荷，在这里以冬季热负荷为主，作为选型依据。如果冬季热负荷最大值小于单机限值，那么就选择一台热泵机组，在样本库中匹配满足热量要求的最小容量冷机。反之，即进行热泵非对称选型，方法与冷机非对称选型方法类似，在此不作赘述。接着需要判断热泵是否需要备用，在这里默认不备用。然后，计算热泵总面积（1.3 空余系数）。如果热泵面积小于面积限额，就在样本库中查找该方案下热泵的信息，由此得到热泵的选型结果。

4.2.3 锅炉

首先，建立锅炉设备库。设备库中包含型号，厂家，类型（燃油或燃气），制热量，能效比，尺寸大小，额定水流量，价格等信息。

表 4.3 锅炉设备库（节选）

NO	Manufacturer	Type	Capacity	Fuel consumption	Eff
WNS0.35-0.7	Devotion	oil	350	32.4	0.902
WNS0.7-0.7	Devotion	oil	700	64	0.916
WNS1.4-1.0	Devotion	oil	1400	127.4	0.92
WNS2.1-1.0	Devotion	oil	2100	191	0.922
WNS2.8-1.0	Devotion	oil	2800	254.2	0.922
WNS4.2-1.0	Devotion	oil	4200	380	0.925
WNS5.6-1.25	Devotion	oil	5600	504	0.93
WNS7.0-1.25	Devotion	oil	7000	625.4	0.937
CWNS0.15	Devotion	gas	150	13.5	0.914
CWNS0.18	Devotion	gas	180	16.2	0.915
CWNS0.21	Devotion	gas	210	18.8	0.916
CWNS0.3	Devotion	gas	300	27	0.921

根据负荷计算结果，可以得到建筑逐时热负荷。提取最大热负荷，遍历锅炉设备库，寻找比最大热负荷值稍大的制冷量所对应的锅炉。接着需要判断是否需要备用，在这里默认备用一台。在所有的备选方案中，计算锅炉总面积（1.5 空余系数），如果锅炉面积小于面积限额（如机房面积），就在样本库中查找该方案锅炉信息，最后得到合理方案的选型结果。

室内负荷参数的确定由设计日负荷进行确定，根据《锅炉房设计规范》第 3.0.7 条，锅炉房的容量应根据设计热负荷确定。设计热负荷宜在绘制热负荷曲线或热平衡系统图，并计入各项热损失、锅炉房自用热量和可供利用的余热量后进行计算确定。

最大计算热负荷：

$$Q_{max} = K_0(K_1Q_1 + K_2Q_2 + K_3Q_3(or K_4Q_4) + K_5Q_5) \quad (3.1)$$

其中：

K0-管网热损失及锅炉房自用热系数, 1.1~1.2

K1-生产热负荷同时使用系数, 0.7~0.9

K2-通风热负荷同时使用系数, 0.7~1.0

K3-采暖热负荷同时使用系数, 1.0

K4-空调热负荷同时使用系数, 1.0

K5-生活热负荷同时使用系数, 0.5

4.2.4 水泵

水泵分为冷冻水泵，冷却水泵，热水水泵。三者选型方法类似。在这里以冷冻水泵为例。首先，建立水泵设备库。设备库中包含型号，厂家，类型，流量，扬程，尺寸大小等信息。

表 4.4 水泵设备库（节选）

型号	类型	流量 (m ³ /h)	扬程 (kPa)	管径 (mm)	长 (mm)	宽 (mm)	高 (mm)
CR32	Centrifuge	32	2800	65	199	199	786
CR45	Centrifuge	45	3300	80	219	219	894
CR64	Centrifuge	64	2200	100	244	244	933
CR90	Centrifuge	90	2000	100	244	244	962
CR120	Centrifuge	120	2100	125	302	302	1334
CR150	Centrifuge	150	1900	125	302	302	1334

在选型过程中，以流量和扬程作为判断依据进行选型。水泵与冷机/热泵一一对应并备用 1 台（若冷机/热泵备用则水泵不多再备用），根据所选冷机蒸发侧水

流量作为流量判断依据，在水泵设备库中选择满足流量要求与最不利环路扬程要求的水泵型号。最不利环路扬程估计如下：

$$H_1 = 0.3 \times 2 \times (L + W + H) \quad (3.2)$$

$$H_i = 1.1 \times 9.8 \times (H_s + H_t) \quad (3.3)$$

其中： H_1 为沿程阻力，Pa；

H_j 为局部阻力，Pa；

L, W, H分别为最不利点距机房距离的长、宽、高，m；

H_s 为机房阻力，mH₂O，冷水取16，热水取13；

H_t 为用户侧阻力，mH₂O，冷水取12，热水取9。

4.2.5 冷却塔

首先，建立冷却塔设备库。设备库中包含型号，厂家，类型，额定水流量，尺寸大小，价格等信息。

表 4.5 冷却塔设备库（节选）

型号	类型	水流量 (m ³ /h)	功率 (Kw)	高度 (mm)	进水口管径 (mm)	出水口管径 (mm)
LBCM-3	N	3	0.125	1410	40	40
LBCM-5	N	5	0.125	1690	40	40
LBCM-10	N	10	0.1875	1940	50	50
LBCM-15	N	15	0.5625	2170	50	50
LBCM-20	N	20	0.75	2205	65	65
LBCM-30	N	30	0.75	2410	65	65
LBCM-50	N	50	1.5	2565	100	100
LBCM-65	N	65	2.25	2645	100	100
LBCM-80	N	80	2.25	2780	125	125

选择冷却塔数目与已选冷机数目相同，如有备用冷机，不考虑备用数目。默认选择同一种冷却塔，根据冷机冷凝器侧总水流量与冷却塔数量，得到一台冷却塔的水流量目标。遍历冷却塔设备库，查找额定水流量略大于冷凝器侧总水流量的冷却塔，作为选型结果。

4.2.6 分集水器

分集水器筒体直径的确定：

1) 按断面流速计算：

分集水器 $V=0.1 \sim 1\text{m/s}$

2) 按照经验值估算

筒体直径 D 等于 1.5~3 倍的接入分集水器筒体上支管的最大直径。

4.3 末端侧的自动选型

以下是空调系统末端的选型算法，主要以风机盘管加新风机组，空气处理单元（AHU）加变风量箱（VAVbox）两种形式

4.3.1 风机盘管

风机盘管在空调系统中很常见，本文中设计选型的思路是，由房间面积确定风机盘管数量。根据负荷计算结果中的房间冷负荷和数量，计算出每台风机盘管的制冷量。再遍历风机盘管样本，找到与之匹配的设备作为选型结果。

表 4.6 风机盘管设备库（节选）

编号	风量 (m ³ /h)	供冷量 (W)	供热量 (W)	噪声 dB(A)	电功率 (W)	水阻力 (mH ₂ O)	水流量 (m ³ /h)
FP-34	255	1440	2160	37	37	20	0.31
FP-51	383	2160	3240	39	52	20	0.46
FP-68	510	2880	4320	41	62	25	0.62
FP-85	638	3600	5400	43	76	30	0.77

4.3.2 新风机组

新风机组的选型与空气处理单元(AHU)的方法一致，只是处理的空气来源不同。输入参数需要有冷负荷或者热负荷，风量，房间面积，默认选型因子为 1.1。根据计算结果在设备库中进行匹配。

```
def AHU_sizing(heatingload, coolingload, volumeflowrate, zonename,\
    sizingfactor = 1.1, AHUtype:"build-up or package"= "build-up",\
    AHU_example:"When choosing package as AHUtype AHU_sample are\n
    needed, \n
    else build-up AHU sizing result will be provided" = [],\
    coolingfirst = True, max_limit_factor = 1.5):
```

表 4.7 新风机设备库（节选）

编号	形式	风量 (m ³ /h)	冷量 (kW)	热量 (kW)	水流量 (m ³ /h)	长 (mm)	宽 (mm)	高 (mm)	机外静压 (Pa)	水阻力 (mH ₂ O)	电机功率 (kW)	重量 (kg)
DB FP0 10I	吊 装 式	1000	12. 6	13.2	2.16	680	986	380	220	5.34	0.4	47

DB FP0 15I	吊 装 式	1500	19	19.8	3.28	875	986	380	215	5.04	0.48	55
------------------	-------------	------	----	------	------	-----	-----	-----	-----	------	------	----

4.4 本章小结

本章分为两部分进行计算，分别是冷热源侧与末端侧，编写了常用的设备的选型代码，这些代码基于工程经验，总结规律，在一定的安全系数的保证下，提供具体设备的选型方法。这一步的选型思路是，基于回路清单中的设备类型调用相应的选型代码，基于负荷计算结果与建筑基础信息逐次完成各设备的选型。输入为回路清单，负荷计算结果，建筑基本信息，输出为设备选型结果表。

第 5 章 输配管线的自动选型

5.1 管线选型思路

空调系统中水管、风管将每个设备连接起来，构成一个有机整体，作用在于输送流体。本节的目标是通过房间坐标，在末端设备选型结果的基础上，生成建筑平面中管路的连接关系，再基于流量（已知或者通过负荷求得）确定管路尺寸（假定流速法）。

建筑平面中的管路分成两部分求解。第一部分为平面干路，不涉及连接末端设备的支路。需要强调的是，不能造成管径变化的局部装置忽略不计，例如弯头。第二部分为支路，即与末端设备直接相连的管路，通常管径较小。后者较为简单，只需要考虑末端设备，在此不做赘述。前者涉及到连接关系，在计算管径的时候又涉及到流量的加和，需要通过以下方法来求解。

5.2 普里姆（Prim）算法简介

普里姆（Prim）算法用于确定管路的连接关系。

普里姆（Prim）算法是解决最小生成树问题的较为常见的算法。一个极小连通子图包括图中全部顶点，并且有尽可能数量少的边。遍历一个连通图得到图的一棵生成树，一个带权值的连通图，需要考虑在权值之和最小的情况下，将各点连接起来。这就是构造连通图的最小生成树问题。普里姆（Prim）算法就是解决最小生成树问题的较为常见的算法。

普里姆（Prim）算法建立在下面的结论之上。

设图 $G=(V, E)$ 是一个带权值的连通图， U 是顶点集合 V 的一个非空子集。若 (u, v) 是一条具有最小权值的边，其中， $u \in U, v \in V-U$ ，则必存在一棵包含边 (u, v) 的最小生成树。

设 $G=(V, E)$ 是带权值的连通图， $T=(V', E')$ 是正在构造中的生成树。在初始状态下，这棵生成树只有一个顶点，没有边，即 $V' = \{u_0\}, E' = \{\}$ ， u_0 是任意选定的顶点。

从初始状态开始，重复执行下列运算：

寻找一条权值最小的边 (u', v') ，边 (u', v') 是一个端点 u 在构造中的生成树上（即 $u \in V'$ ），另一个端点 v 不在该树上（即 $v \in V-V'$ ）的所有这样的边 (u, v) 中权值最小的。将这条最小边 (u', v') 加到生成树上（即将 v' 并入集合 V' ，边 (u', v') 并入 E' ）。重复以上操作，直到 $V=V'$ 为止。这时 E' 中

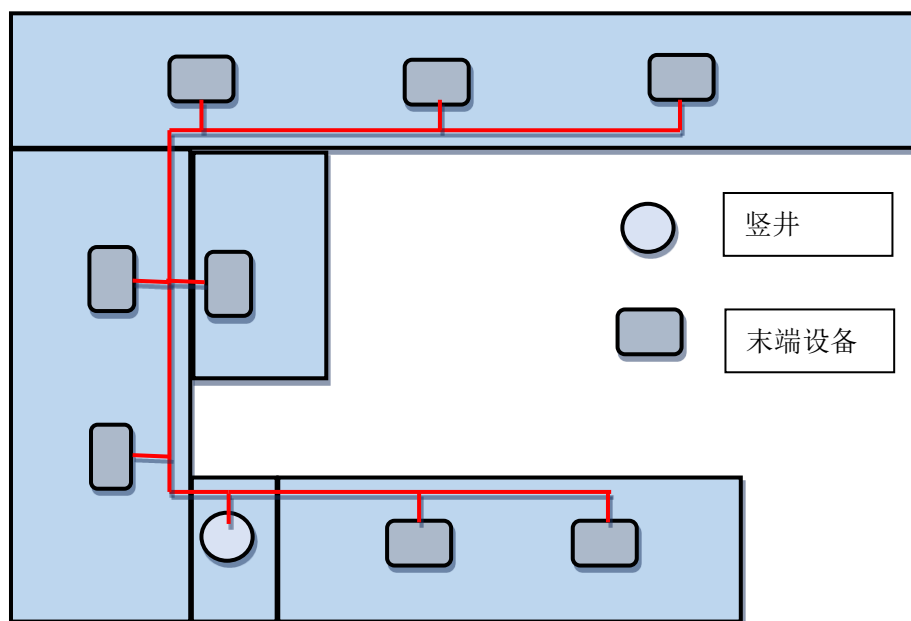
必有 $n-1$ 条边， $T=(V', E')$ 是图 G 的一棵最小生成树。

5.3 供回水管线

首先，需要将实际建筑平面管线转化为求最小生成树的问题。

如图 4.2a，是建筑平面图中的供水管线示意图，从竖井出发，依次将末端设备连入管网中，可以观察得到，存在三通或者四通。将管线提取出来，如图 4.2b 所示。将管线与末端设备抽象化，如图 4.2c 所示。在这里，以平面管线的干路为主，将支路与末端设备合并为一个节点，四通处看作两条干路（即其中一路不与其设备合并为一个节点）。至此将平面管线抽象为树状结构，如图 4.2d 所示。节点表示末端设备及其支路（或者在四通处，仅表示末端设备），边表示干路上不同管线，在图 b-图 d 中一一对应做了标注，方便理解。

图 4.2a 建筑平面管线示意图



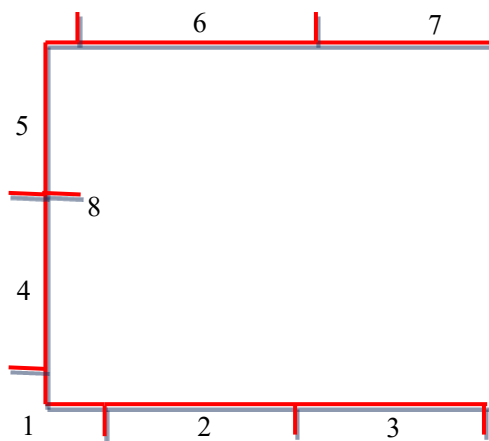


图 4.2b 提取平面管线示意图

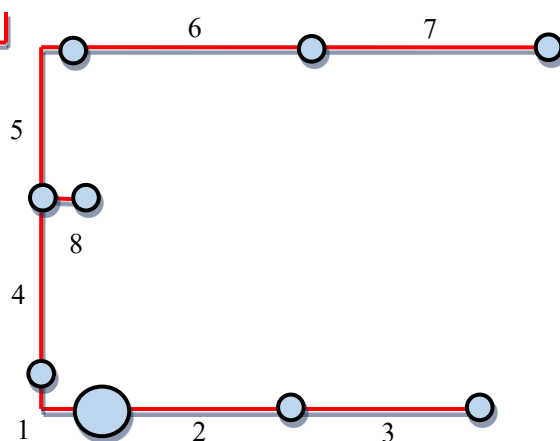


图 4.2c 管线节点化处理示意图

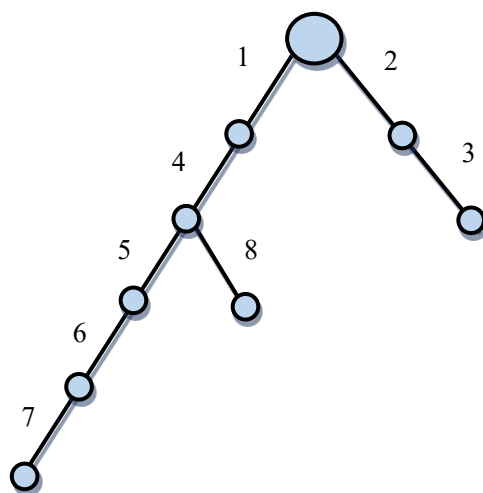


图 4.2d 管线连接关系抽象化为树结构

所以基于以上方法可以描述大部分平面管线。实际建筑平面管线可以转化为求最小生成树的问题。

本文中使用 python 编程求解。需要先解决权值问题和起点问题。

对于管线连接关系的确定，权值设置为末端设备之间的距离。因为目标是求解连接关系，不涉及到管路的具体放置位置，且所求节点均在同一个分区之内，所以使用设备之间的距离可以反应出合理的先后关系。

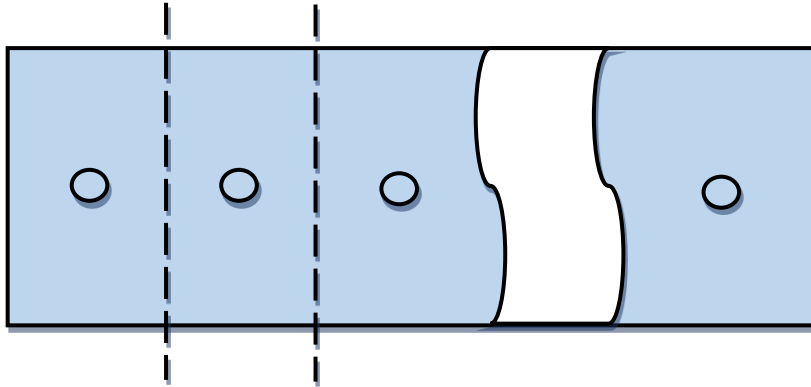


图 4.1 计算距离时末端设备的定位

求解距离。首先需要从建筑 IDF 文件或者其他包含建筑几何坐标信息的文件中提取空调房间的坐标。提取后发现，由于房间不一定是矩形，所以有些房间会出现超过 4 个坐标点，提取所有房间各点坐标后，筛选出坐标最大最小的 x 坐标和 y 坐标，由此生成一个面积覆盖原房间的矩形 L，如图 4.1。由于 4.3 节我们已经得到了末端设备的选型结果，这里需要同一房间中的设备数量 n。提取矩形 L 的较长边，将矩形切割为 n 等份。取每一份矩形的形心点坐标作为该设备的位置，由此可以计算出所有设备之间的距离。图中原点即为设备位置。将设备与设备之间的距离做成权值矩阵，供后续求解使用。

确定起点。如果既有建筑已经明确了竖井位置，只需要从文件中提取竖井坐标，求其形心点坐标，作为起始点。如果没有明确竖井位置，可以通过循环试错，将所有房间的形心（未切割的矩形形心）坐标作为起始点，考虑不同连接方案中主干道分叉后两端流量的差距，选择差距较小的方案，并考虑实际房间的功能，确定下有利于管路排布的竖井位置，即竖井位置优化问题。

确定权值矩阵和起始点坐标可以开始求解最小生成树的问题。求解得到如下管路连接关系。每一行代表一条管路，输入节点相关代表该段管路的输入节点是与那个设备相关，输出节点相关代表该段管路的输出节点是与那个设备相关，第 4 列管路名称为该段管路的唯一名称。

表 4.1 管路连接关系节选

序号	输入节点相关	输出节点相关	管路名称
0	1F:18wellhole_1	2F:66corridor3_1	1F:18wellhole_1_2F:66corridor3_1
1	2F:66corridor3_1	2F:66corridor3_2	2F:66corridor3_1_2F:66corridor3_2
2	2F:66corridor3_2	2F:66corridor3_3	2F:66corridor3_2_2F:66corridor3_3
3	2F:66corridor3_3	2F:66corridor3_4	2F:66corridor3_3_2F:66corridor3_4
4	2F:66corridor3_4	2F:59office_2	2F:66corridor3_4_2F:59office_2
5	2F:59office_2	2F:66corridor3_5	2F:59office_2_2F:66corridor3_5

计算管路管径。通过选型计算结果可以得到末端设备的负荷，考虑到风机盘管送风温差一般为 5 摄氏度，可以计算得到末端设备水流量。由此与设备直接相连的支路管径可以求出，而干路流量需要依次加和得出。基于上一步生成的管路连接关系，需要搜索每个管路的输出节点都有哪些子孙节点，接着将其子孙节点所对应的设备流量加和，就可以得到该管路中所输送的流量，接着就可以求出管径。求得管径再与实际管路模数匹配，原则上取大的模数作为最终管径，考虑到与设备相连的管径尺寸收到设备制约，这部分基于设备信息进行修正。另外表中管长为距离取整，仅作参考。

表 4.12 管路选型结果节选

序号	名称	负荷	管长	管径 DN
0	1F:18wellhole_1_2F:66corridor3_1	67552.86	1	100
1	2F:66corridor3_1_2F:66corridor3_2	64020.04	3	100
2	2F:66corridor3_2_2F:66corridor3_3	53036.97	4	80
3	2F:66corridor3_3_2F:66corridor3_4	49504.15	4	80
4	2F:66corridor3_4_2F:59office_2	45971.33	2	80
5	2F:59office_2_2F:66corridor3_5	40894.61	3	70

5.4 风管管线

风管管线选型与水管类似，不同点在于管道形式可以为矩形，所以在管径选择的时候，不在通过流量计算管径，而是调用管径模数列表，根据流量直接进行选择。

表 4.3 风管管径模数列表（部分）

支路流量	干路流量	圆形	矩形 1	矩形 2	矩形 3	矩形 4
108	133.2	125	200*75	125*100	125*125	
180	216	150	250*75	200*100	150*125	
270	360	180	275*100	200*125	175*150	
360	468	200	375*100	175*125	225*150	200*175
540	648	230	500*100	375*125	300*150	250*175

5.5 冷凝水管线

冷凝水管线的区别在于需要识别卫生间的位置作为计算最小生成树的起始点。根据同一分区中的卫生间个数，再分出子分区，用于连接关系的计算。

5.6 功能性设备的自动匹配

如图水泵两侧可供选择的阀门有限，在此列举一种，包含球阀，止回阀，流量表，蝶阀。

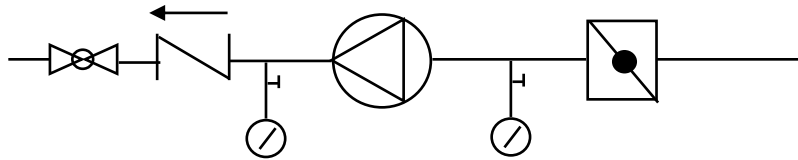


图 4.3 水泵两侧阀门分布示意图

所以可以将以上选型设备与阀门匹配在一起，模式化处理。每当选出一个设备，两侧的阀门自动匹配。

阀门的选型依据管路管径

其他设备只做补充，不做选型

5.7 本章小结

本章提出了基于优化算法（最小生成树确定连接关系，遍历子孙节点完成管路选型。以及对于功能性设备匹配的简单描述。这里的管网计算主要为建筑各平面中的管路管径计算，在末端设备数量确定的情况下，管网的布置主要分两部分，

分别为末端的定位以及管线的连接关系（管线拓扑）。末端的定位，使用 EnergyPlus 输出的 IDF 文件中提取得到目标房间的各坐标点，依据设备选型得到的各房间的末端数量完成目标房间的面积分割，选择各个面积的形心作为管路与末端的连接点。管路的连接关系（管路拓扑），使用最小生成树普里姆（Prim）算法，完成管路连接的先后顺序，这里将末端与支路看作节点，将干路各个管段看作边，忽略了弯头等对管径没有影响的管件。以上方法适用于水管，也适用于风管。这一步的计算思路，基于房间坐标确定末端与管路连接点的位置，基于普里姆算法，以连接点间的距离作为权值，完成管路拓扑。

第 6 章 空调系统的描述方法

6.1 基于回路的空调系统设备明细表

本节内容作为第 4 章选型结果的汇总，生成空调系统设备明细表。这里简要介绍明细表格式，详细内容见附录 X。

6.2 基于回路的空调系统设备连接关系表

6.1 节汇总的明细表中的设备唯一名称，用于建立系统连接关系表。

本文通过调研大量案例，提取多种冷热源侧设备连接关系方式作为标准模式，依据设备唯一名称，进行识别，从而确定当前系统冷热源侧设备连接关系表。阀门作为模块与设备直接相连。

立管作为冷热源与平面末端的接合处，单独进行命名，并且根据分区情况，确定立管具体连接方式。

平面中设备中的连接方式已经通过 4.4 节得出，即平面管线的连接关系。

6.2.1 接口（port）的定义

如同 4.4 节得到的管线连接关系表中的输入节点与输出节点，这里针对每个设备进行接口的命名。按照设备种类，定义一定数量的节点，通常一种设备的节点数取默认值。

不同与平面管线的连接关系，针对冷热源侧设备的连接，无法忽略多通节点，所以在这里针对每一处多通节点进行定义，多通节点的性质是既会出现在输入节点中，也会出现在输出节点中。

6.2.2 连接关系表描述

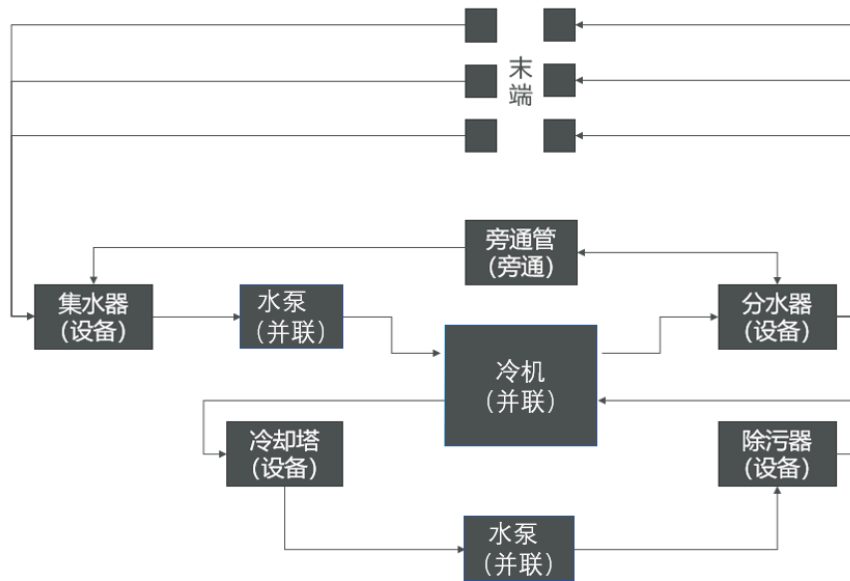


图 6.1 冷热源测连接关系示意图

设备连接关系的确定。在空调系统中，主要针对选型设备设置三种节点，分别为设备单元、并联单元（如冷机并联，水泵并联），旁通单元。在空调系统中，用“边”来描述节点间的物理连接关系。功能性部件（如阀门等）随选型部件的确定而确定。如图 6.1，仅对冷源端进行分析。冷源端有冷冻水循环和冷却水循环，冷冻水回路中，由并联水泵节点提供动力，将回水送入并联冷机节点，制冷完成后，由分水器从各出口连接至末端节点（末端节点在此未细致描述），末端节点回水，通过集水器节点再次进入并联水泵节点完成循环。其中分集水器间设旁通装置，单列为一种节点。核心设备的连接关系确定，每个节点预设相对应的功能性部件，如各种阀门，温度计，压力表。连接关系仪确定，在描述文件中，核心是对每条“边”的定义，定义内容包括两节点的引用，流体的类型，流量。

如表 6.1 所示，这里展示了冷热源测几个主要设备的连接关系。流向为由左向右，分别包括冷水机组，冷冻水泵，分水器，集水器，以及并联所产生的节点。每一行代表的是一条管路，同时也代表设备间的连接关系（这里作简化，没有考虑阀门等管件）。

表 6.1 冷热源测连接关系表

port_02_CL_Loopcold_0	portCL_02_02
port_02_CL_Loopcold_1	portCL_02_02
portCL_02_02	portPMCH_03_01
portPMCH_03_01	port_01_PMCH_Loopcold_0
portPMCH_03_01	port_01_PMCH_Loopcold_1
portPMCH_03_01	port_01_PMCH_Loopcold_2
port_02_PMCH_Loopcold_0	portPMCH_03_02
port_02_PMCH_Loopcold_1	portPMCH_03_02
port_02_PMCH_Loopcold_2	portPMCH_03_02
portPMCH_03_02	port_01_DICH_Loopcold_0
port_02_DICH_Loopcold_0	port_02_COCH_Loopcold_0
port_01_COCH_Loopcold_0	portCL_02_01
portCL_02_01	port_01_CL_Loopcold_0
portCL_02_01	port_01_CL_Loopcold_1

6.3 IFC 文件概述

6.3.1 IFC 格式

IFC 文件是由带有实例号的语句构成。例如：

```
#828= IFCBUILDINGELEMENTPROXY ('2ed$$CN9r7yuJAK3NucxeH', #41, 'H-
\X2\98CE673A76D87BA1\X0\-\X2\53675F0F669788C5\X0\-\X2\6392\X0\-\
\X2\5E9590E856DE98CE\X0\-\X2\5E2656DE98CE53E3\X0\-\
\X2\56DB7BA15236\X0\:FP-08:1792218', $, 'FP-08', #827, #822, '1792218', $)
```

IFCBUILDINGELEMENTPROXY 表明这是描述设备的语句。828 是 IFC 文件中的实例号，作为语句的代号，后面需要使用此设备，只需调用‘#828’即可。括号内为此设备的信息。

以下对每项信息做出详细说明：

- 1) '2ed\$\$CN9r7yuJAK3NucxeH' 是 IFC 文件中此设备的全局唯一编号 (Global ID);
- 2) '#41' 是历史 (OwnerHistory)，用来描述创建的人员, 应用程序及创建时间等;

```
#41= IFCOWNERHISTORY (#38, #5, $, .NOCHANGE., $, $, $, 1495778580);
```

```
3)'H-\X2\98CE673A76D87BA1\X0\-\X2\53675F0F669788C5\X0\-\
2\X2\6392\X0\-\X2\5E9590E856DE98CE\X0\-\X2\5E2656DE98CE53E3\X0\-\
\X2\56DB7BA15236\X0\:FP-08:1792218' 是该设备的名称 (Name);
```

- 4) 实际上为设备描述 (Description) 可以忽略不写, 记为\$;
- 5) 'FP-08' 是对象类型 (ObjectType);
- 6) '#827' 表示设备位置信息, 由于是相对坐标描述, 所以会调用到 #824、#826 以及#124);
- ```
#824=
IFCCARTESIANPOINT((29500.3546161379,25083.9595339398,5395.5337885753)
);
```
- #826= IFCAXIS2PLACEMENT3D(#824,\$,\$);
- #827= IFCLOCALPLACEMENT(#124,#826);
- 7) '#822' 是设备形状描述;
- ```
#822= IFCPRODUCTDEFINITIONSHAPE($,$,(#816,#820));
```
- 8) '1792218' 是标识符 (Tag), 仅仅作为一个机器可读的字符串;
- 9) 实际上为设备类型枚举, 这里可以忽略, 记为\$。
- 这里, 列出了本文输出文件中常用的语句。

表 6.2 输出文件中常用的语句

常用语句		
设备清单	IfcBuildingElementProxy	设备
	IfcEnergyConversionDevice	
	IfcFlowMovingDevice	
	IfcFlowStorageDevice	
	IfcFlowTreatmentDevice	
	IfcFlowTerminal	终端
	IfcFlowSegment	管段
	IfcFlowFitting	管件
	IfcFlowController	控制元件
设备参数	IfcPropertySingleValue	参数
设备拓扑	IfcDistributionPort	接口定义
	IfcRelConnectsPortToElement	接口与设备
	IfcRelConnectsPorts	两接口相连

本文输出的 IFC 文件主要包含两部分内容, 即设备信息与设备拓扑。其中设备信息又包含设备清单与设备参数两部分; 而设备拓扑由接口定义与接口连接两部分组成。从表 6.2 中可以知道, IFC 格式中有 9 大类元件, 分别是:

IfcBuildingElementProxy 不具有特殊意义的预定义类型的建筑元件

IfcEnergyConversionDevice 通常参与流量分配系统并且执行能量转换或传热的设备 (例如, 换热器)

IfcFlowMovingDevice 用于分配, 循环或执行流体输送的装置, 包括液体

和气体，并且通常参与流量分配系统（例如，泵，风机）

IfcFlowStorageDevice 参与分配系统并用于临时存储诸如液体或气体的流体的设备（例如，膨胀水箱）

IfcFlowTreatmentDevice 通常用于从液体或气体中去除不需要的物质的装置，通常参与流量分配系统（例如，空气过滤器）

IfcFlowTerminal 作为分配系统的终点或开头的设备（例如，出风口，排水口，水槽等）

IfcFlowSegment 流体输配元件（例如，水管，风管等）

IfcFlowFitting 管线连接元件（例如，三通等）

IfcFlowController 用于调节通过分配系统流量的元件（例如阀门，开关等）

第 4 章的选型结果可以作为设备参数写入文件中，IfcPropertySingleValue 语句包含参数类型以及参数大小。

设备拓扑就是设备间的连接关系。这里通过三步来完成一个连接关系的确立。第一步，设备接口的定义。连入系统的设备至少有一个接口与其余相连，这一步在 5.2.1 节已有定义，不做赘述。需要将接口的信息写入

IfcDistributionPort 语句中。IfcDistributionPort 语句中前七项与 IfcBuildingElementProxy 一致，不作赘述。第八项为流向类型枚举

(FlowDirection)，共有 3 种可选择。分别是出口 (Source)、入口 (Sink) 以及出入口 (SinkAndSource)；第九项为标识的系统类型枚举

(PredefinedType)，如果是定义的系统类型，此接口可以仅连接到具有相同系统类型的其他接口上；第十项为系统类型枚举 (SystemType)。

第二步，将接口与所属设备共同写入 IfcRelConnectsPortToElement 语句种，完成接口的归属问题。这里前四项与 IfcBuildingElementProxy 一致，不作赘述。第五项与第六项分别为接口与所属设备的实例号。

第三步，将两接口连接起来。IfcRelConnectsPorts 语句前四项与 IfcBuildingElementProxy 一致，不作赘述。第五项与第六项分别为两个接口的实例号。第七项分两种情况考虑，在 IFC 文件中，表达两接口的连接方式分显性表述和隐性表述两种。在显性表达中，9 大元件都定义了接口，这里第七项记为\$；而在隐性表达中，只有设备和终端定义了接口，管路等都没有接口，所以第七项需要填入管路或者管件的实例号，才能满足连接关系。由于两者都可以描述清楚拓扑关系，但是显性表达方式每个元件均设置接口，可拓展性强，所以本文均采用显性表达。

6.3.2 IFC 格式输出结果（节选）

通过识别设备的唯一名称，进行设备连接点的定义以及设备参数的输入。

1) 连接点的定义

这里#51-#56 共六句，描述的是设备风机盘管拥有 6 个接口，默认优先级为冷水进水口，冷水出水口，热水进水口，热水出水口，冷凝水口，送风口。这里针对四管制风机盘管。

```
#51=IFCDISTRIBUTIONPORT($,$,$,$,portFCU06-0,sink)
#52=IFCDISTRIBUTIONPORT($,$,$,$,portFCU06-1,source)
#53=IFCDISTRIBUTIONPORT($,$,$,$,portFCU06-2,sink)
#54=IFCDISTRIBUTIONPORT($,$,$,$,portFCU06-3,source)
#55=IFCDISTRIBUTIONPORT($,$,$,$,portFCU06-4,source)
#56=IFCDISTRIBUTIONPORT($,$,$,$,portFCU06-5,source)
```

2) 设备名称与设备参数的输入

#115 描述的是风机盘管 FCU_Client01_6 的语句行

#116-#132 为此风机盘管的属性参数描述，可以看到关于选型的关键信息冷量这里用特殊的字符串 IFCREAL 来表示，类似的在选型过程中的关键信息都有特殊符号表示，其余未标注的参数都是根据设备库中的信息调取获得，而非计算所得。

```
#115=IFCFLOWTERMINAL($,$,$,$,FCU_Client01_6,$,$,$)
#116=IFCPROPERTYSINGLEVALUE(NO,$,IFCTEXT(YGWS130CA),$)
#117=IFCPROPERTYSINGLEVALUE(Manufacturer,$,IFCTEXT(York),$)
#118=IFCPROPERTYSINGLEVALUE(Type,$,IFCTEXT(Screw),$)
#119=IFCPROPERTYSINGLEVALUE(REAL,$,IFCREAL(430),$)
#120=IFCPROPERTYSINGLEVALUE(COP,$,IFCTEXT(4.988),$)
#121=IFCPROPERTYSINGLEVALUE(NPLV,$,IFCTEXT(nan),$)
#122=IFCPROPERTYSINGLEVALUE(L,$,IFCTEXT(2726),$)
#123=IFCPROPERTYSINGLEVALUE(W,$,IFCTEXT(1280),$)
#124=IFCPROPERTYSINGLEVALUE(H,$,IFCTEXT(1492),$)
#125=IFCPROPERTYSINGLEVALUE(Cdwaterflow,$,IFCTEXT(92.52),$)
#126=IFCPROPERTYSINGLEVALUE(Cdinlet,$,IFCTEXT(125),$)
#127=IFCPROPERTYSINGLEVALUE(Cpwaterflow,$,IFCTEXT(73.8),$)
#128=IFCPROPERTYSINGLEVALUE(Cpinlet,$,IFCTEXT(125),$)
#129=IFCPROPERTYSINGLEVALUE(c0,$,IFCTEXT(0.193615200000000002),$)
#130=IFCPROPERTYSINGLEVALUE(c1,$,IFCTEXT(0.3375574),$)
#131=IFCPROPERTYSINGLEVALUE(c2,$,IFCTEXT(0.4704892),$)
#132=IFCPROPERTYSINGLEVALUE(Price,$,IFCTEXT(nan),$)
```

6.4 本章小结

前期进行设备的选型，生成设备明细表。管网拓扑生成连接关系表。由于这里的管路拓扑用来描述建筑平面的连接关系，这里还增加了冷热源侧的固定连接关系（设备拓扑），以及通过立管的分布将管网拓扑与设备拓扑连接在一起，形成完整的空调系统。最后，回路信息，设备明细，拓扑关系通过代码生成 IFC 格式文件。

第 7 章 案例分析

本章将以 Revit 实例建筑作为设计案例，使用自动设计的算法，完成大楼的空调系统结构的设计方案。

7.1 建筑描述

本文选用某栋三层建筑楼作为案例，该建筑模型为 Revit 官方网站上的示例建筑，本文假设此建筑位于上海市，建筑完全位于地上，无地下室及地下车库，每层层高 3.8 米，建筑总高度为 12 米，建筑总面积为 4750.17 平方米。



图 7.1 建筑三维图

7.2 负荷计算结果

本文的研究内容为空调系统结构的自动化设计，主要内容包括设备的选型与拓扑，管路的计算与拓扑，以及信息写入 IFC。选型所需几个要素，分别是建筑基本信息（由 BIM 模型得知），系统形式的确定（由用户指定）以及负荷计算结果。

本文使用 EnergyPlus 作为能耗模拟软件，通过能耗模拟软件计算出建筑全年逐时冷热负荷等结果，作为自动化设计的输入条件之一。以下描述计算结果。如图 7.2 和图 7.3 可知，建筑总的冷负荷为 526.07kW，建筑总的热负荷为 365.61kW。由于本案例中办公建筑的总面积为 4752.17m²，而空调区域的面积为 4457.34m²。所以，单位面积冷负荷为 118.02W/m²，单位面积热负荷为

82.02W/m²，冬季负荷为夏季负荷的 67.8%，与实际工程相比较为合理，进而可以使用此负荷计算结果作为后续的输出。

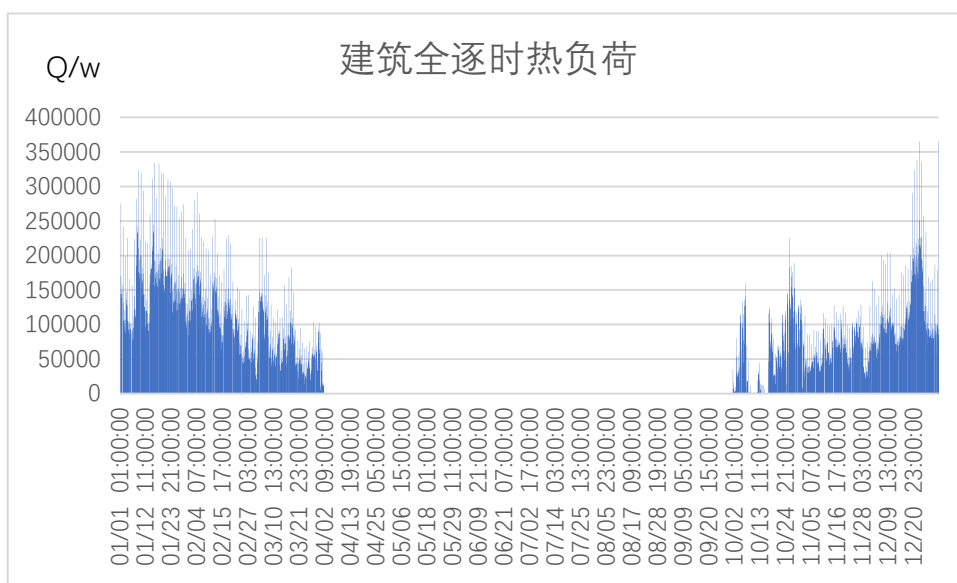


图 7-2 建筑全年逐时总热负荷

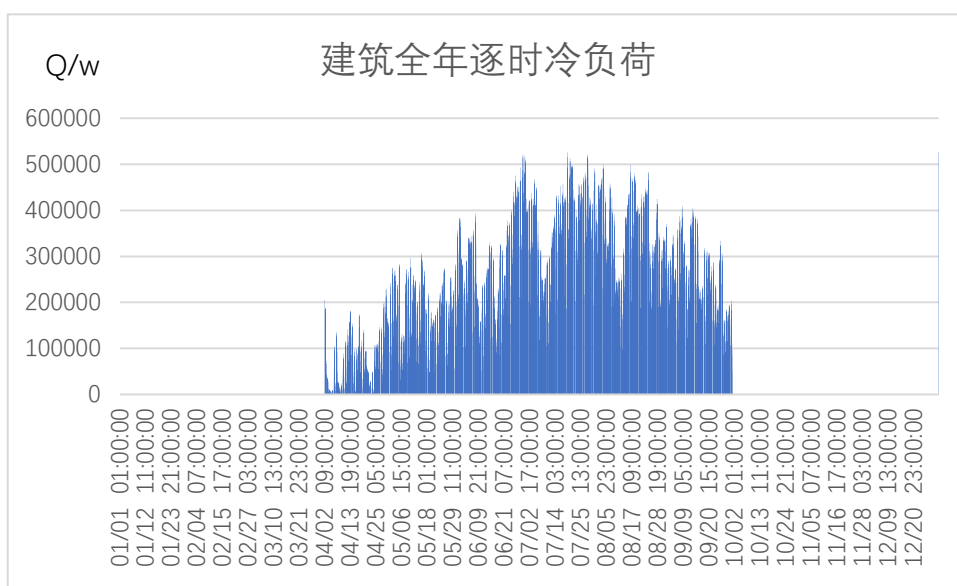


图 7-3 建筑全年逐时总冷负荷

7.3 自动化设计结果

此建筑使用冷热源测使用热泵机组，末端使用风机盘管加新风机组的形式。通过第 3 章的内容，生成如下系统回路表。观察可以看出，冷热源侧存在一个热泵回路 (Loophp) 其中包含热泵，水泵，分水器和集水器。末端按照分区结果，一层一个分区，每个分区包含风机盘管，新风机组，水管网，风管网。

表 7.1 系统回路表

Loopphp	HPHO	PMHO	DIHP	COHP
Client1	FCU	FAU	LQ	GS
Client2	FCU	FAU	LQ	GS
Client3	FCU	FAU	LQ	GS

通过第 4 章所描述的设备自动选型代码，从建立的设备库中，选取出如下设备，分别列于表 7.2 热泵、表 7.3 水泵、表 7.5 新风机组及表 7.6 风机盘管。

表 7.2 风冷热泵选型参数表

编号	类型	名义制冷量 (kW)	名义制热量 (kW)	制冷电功率 (kW)	制热电功率 (kW)	冷冻水流量 (m^3/h)	热水流量 (m^3/h)	长 (mm)	宽 (mm)	高 (mm)
30RQ162G	螺杆	165	176	47.5	50	28.1	30.6	2410	2253	2297
30RQ412G	螺杆	378	432	128.2	128	64.8	75.2	4798	2253	2297

表 7.3 水泵选型表

编号	类型	名义流量 (m^3/h)	扬程 (kPa)	功率 (kW)	管径 (mm)	长 (mm)	宽 (mm)	高 (mm)
KQW80/185-11/2	卧式	56.4	392	11	80	785	330	527
KQW80/185-11/2	卧式	56.4	392	11	80	785	330	527
KQW80/185-11/2	卧式	56.4	392	11	80	785	330	527

表 7.4 各层楼新风冷负荷及新风量

楼层编号	新风冷负荷 (kw)	新风量 (m^3/h)
OAD1	87.5112979965173	12301.437456
OAD2	86.1917278832807	12117.865914
OAD3	88.4053181705732	12338.795007

表 7.5 新风机选型表

分区名称	编号	形式	风量 (m^3/h)	冷量 (kW)	热量 (kW)	水流量 (m^3/h)	长 (mm)	宽 (mm)	高 (mm)	机外静压 (Pa)	水阻力 (mH_2O)	电机功率 (kW)
OAD1	DBFP150	吊装	15000	198.2	206.8	27.11	2260	1795	712	330	14.66	4.62
OAD2	DBFP150	吊装	15000	198.2	206.8	27.11	2260	1795	712	330	14.66	4.62
OAD3	DBFP150	吊装	15000	198.2	206.8	27.11	2260	1795	712	330	14.66	4.62

表 7.6 风机盘管选型表

房间名称	编号	风量 (m^3/h)	供冷量 (W)	供热量 (W)	噪声 dB(A)	电功率 (W)	水阻力 (mH_2O)	水流量 (m^3/h)	数量
2F:62 OFFICE	FP-51	383	2160	3240	39	52	20	0.46	2

同济大学 硕士学位论文 空调系统结构自动化设计

3F:82 CORRIDOR1	FP-136	1020	5760	8640	46	134	40	1.24	12
1F:28 OFFICE	FP-34	255	1440	2160	37	37	20	0.31	1
2F:65 OFFICE	FP-51	383	2160	3240	39	52	20	0.46	2
2F:34 OFFICE	FP-51	383	2160	3240	39	52	20	0.46	1
2F:47 CORRIDOR1	FP-85	638	3600	5400	43	76	30	0.77	10
2F:64 OFFICE	FP-51	383	2160	3240	39	52	20	0.46	2
3F:67 OFFICE	FP-68	510	2880	4320	41	62	25	0.62	2
3F:88 OFFICE	FP-51	383	2160	3240	39	52	20	0.46	3
2F:37 OFFICE	FP-34	255	1440	2160	37	37	20	0.31	1
1F:30 CORRIDOR2	FP-85	638	3600	5400	43	76	30	0.77	2
2F:49 OFFICE	FP-68	510	2880	4320	41	62	25	0.62	2
2F:66 CORRIDOR3	FP-102	765	4320	6480	45	96	35	0.93	5
3F:93 CORRIDOR3	FP-136	1020	5760	8640	46	134	40	1.24	5
1F:12 OFFICE	FP-51	383	2160	3240	39	52	20	0.46	2
3F:73 OFFICE	FP-68	510	2880	4320	41	62	25	0.62	5
3F:92 OFFICE	FP-51	383	2160	3240	39	52	20	0.46	3
1F:1 OFFICE	FP-51	383	2160	3240	39	52	20	0.46	5
2F:38 OFFICE	FP-51	383	2160	3240	39	52	20	0.46	2
3F:76 OFFICE	FP-68	510	2880	4320	41	62	25	0.62	2
3F:75 OFFICE	FP-68	510	2880	4320	41	62	25	0.62	2
3F:83 OFFICE	FP-51	383	2160	3240	39	52	20	0.46	2
2F:48 OFFICE	FP-85	638	3600	5400	43	76	30	0.77	2
2F:45 CORRIDOR2	FP-102	765	4320	6480	45	96	35	0.93	4
3F:91 OFFICE	FP-51	383	2160	3240	39	52	20	0.46	3
3F:90 OFFICE	FP-51	383	2160	3240	39	52	20	0.46	2
1F:17 OFFICE	FP-34	255	1440	2160	37	37	20	0.31	2
3F:89 OFFICE	FP-51	383	2160	3240	39	52	20	0.46	3
2F:51 OFFICE	FP-68	510	2880	4320	41	62	25	0.62	5
1F:11 OFFICE	FP-51	383	2160	3240	39	52	20	0.46	5
1F:10 OFFICE	FP-34	255	1440	2160	37	37	20	0.31	1
3F:74 CORRIDOR2	FP-170	1275	7200	10800	48	152	40	1.55	2
3F:78 OFFICE	FP-34	255	1440	2160	37	37	20	0.31	1
2F:46 OFFICE	FP-51	383	2160	3240	39	52	20	0.46	5
2F:58 OFFICE	FP-68	510	2880	4320	41	62	25	0.62	3
1F:33 CORRIDOR1	FP-68	510	2880	4320	41	62	25	0.62	12
3F:79 OFFICE	FP-68	510	2880	4320	41	62	25	0.62	2
1F:23 OFFICE	FP-51	383	2160	3240	39	52	20	0.46	3
2F:39 OFFICE	FP-34	255	1440	2160	37	37	20	0.31	1
3F:70 OFFICE	FP-51	383	2160	3240	39	52	20	0.46	2
1F:8 OFFICE	FP-34	255	1440	2160	37	37	20	0.31	1
1F:9 OFFICE	FP-34	255	1440	2160	37	37	20	0.31	1
1F:5 OFFICE	FP-34	255	1440	2160	37	37	20	0.31	2
2F:53 OFFICE	FP-51	383	2160	3240	39	52	20	0.46	2

2F:40 OFFICE	FP-34	255	1440	2160	37	37	20	0.31	2
3F:80 OFFICE	FP-68	510	2880	4320	41	62	25	0.62	3
1F:24 OFFICE	FP-34	255	1440	2160	37	37	20	0.31	2
2F:60 OFFICE	FP-51	383	2160	3240	39	52	20	0.46	2
2F:59 OFFICE	FP-68	510	2880	4320	41	62	25	0.62	2
2F:52 OFFICE	FP-68	510	2880	4320	41	62	25	0.62	4
1F:27 OFFICE	FP-34	255	1440	2160	37	37	20	0.31	2
1F:31 CORRIDOR3	FP-68	510	2880	4320	41	62	25	0.62	5
1F:26 OFFICE	FP-34	255	1440	2160	37	37	20	0.31	2
2F:44 OFFICE	FP-51	383	2160	3240	39	52	20	0.46	1
1F:25 OFFICE	FP-34	255	1440	2160	37	37	20	0.31	4
3F:81 OFFICE	FP-68	510	2880	4320	41	62	25	0.62	3
3F:71 OFFICE	FP-68	510	2880	4320	41	62	25	0.62	2
2F:61 OFFICE	FP-51	383	2160	3240	39	52	20	0.46	2
1F:2 OFFICE	FP-34	255	1440	2160	37	37	20	0.31	1
1F:7 OFFICE	FP-34	255	1440	2160	37	37	20	0.31	1
1F:13 OFFICE	FP-34	255	1440	2160	37	37	20	0.31	2
1F:14 OFFICE	FP-51	383	2160	3240	39	52	20	0.46	5
2F:63 OFFICE	FP-68	510	2880	4320	41	62	25	0.62	2

通过第 5 章所描述的管网计算代码，计算出合适的管网分布顺序，并计算出管径，列于下表中。这里只展示了第一层楼的连接情况，其他楼层的信息见附录。

表 7.7 连接关系表

	inport	outport	name	load	length	DN
0	1F:18wellhole_1	1F:33corridor1_1	1F:18wellhole_1_1F:33corridor1_1	68880.15	4	100
1	1F:33corridor1_1	1F:17office_2	1F:33corridor1_1_1F:17office_2	2041.711	2	15
2	1F:33corridor1_1	1F:33corridor1_2	1F:33corridor1_1_1F:33corridor1_2	64540.25	4	100
3	1F:33corridor1_2	1F:33corridor1_3	1F:33corridor1_2_1F:33corridor1_3	62242.07	4	100
4	1F:33corridor1_3	1F:33corridor1_4	1F:33corridor1_3_1F:33corridor1_4	59943.88	4	100
5	1F:33corridor1_4	1F:33corridor1_5	1F:33corridor1_4_1F:33corridor1_5	57645.7	3	80
6	1F:33corridor1_5	1F:33corridor1_6	1F:33corridor1_5_1F:33corridor1_6	55347.51	4	80
7	1F:33corridor1_6	1F:33corridor1_7	1F:33corridor1_6_1F:33corridor1_7	53049.33	4	80
8	1F:33corridor1_7	1F:33corridor1_8	1F:33corridor1_7_1F:33corridor1_8	50751.14	4	80
9	1F:33corridor1_8	1F:33corridor1_9	1F:33corridor1_8_1F:33corridor1_9	48452.96	4	80
10	1F:17office_2	1F:17office_1	1F:17office_2_1F:17office_1	1020.856	4	15
11	1F:18wellhole_1	1F:31corridor3_1	1F:18wellhole_1_1F:31corridor3_1	37155.82	5	70
12	1F:31corridor3_1	1F:31corridor3_2	1F:31corridor3_1_1F:31corridor3_2	34732.13	4	70
13	1F:31corridor3_2	1F:31corridor3_3	1F:31corridor3_2_1F:31corridor3_3	32308.43	4	70
14	1F:31corridor3_3	1F:31corridor3_4	1F:31corridor3_3_1F:31corridor3_4	29884.74	4	70
15	1F:31corridor3_4	1F:24office_2	1F:31corridor3_4_1F:24office_2	6325.833	3	25
16	1F:31corridor3_4	1F:31corridor3_5	1F:31corridor3_4_1F:31corridor3_5	21135.21	4	50

同济大学 硕士学位论文 空调系统结构自动化设计

17	1F:31corridor3_5	1F:31corridor3_6	1F:31corridor3_5_1F:31corridor3_6	18711.51	4	50
18	1F:31corridor3_6	1F:31corridor3_7	1F:31corridor3_6_1F:31corridor3_7	16287.82	4	50
19	1F:31corridor3_7	1F:31corridor3_8	1F:31corridor3_7_1F:31corridor3_8	13864.13	4	40
20	1F:31corridor3_8	1F:31corridor3_9	1F:31corridor3_8_1F:31corridor3_9	11440.43	4	32
21	1F:31corridor3_9	1F:31corridor3_10	1F:31corridor3_9_1F:31corridor3_10	2293.286	4	20
22	1F:31corridor3_10	1F:27office_2	1F:31corridor3_10_1F:27office_2	2293.286	3	20
23	1F:31corridor3_9	1F:26office_2	1F:31corridor3_9_1F:26office_2	6723.449	4	32
24	1F:24office_2	1F:24office_1	1F:24office_2_1F:24office_1	1095.55	4	15
25	1F:27office_2	1F:27office_1	1F:27office_2_1F:27office_1	1146.643	4	15
26	1F:26office_2	1F:26office_1	1F:26office_2_1F:26office_1	1153.835	4	15
27	1F:26office_2	1F:25office_4	1F:26office_2_1F:25office_4	4415.779	4	25
28	1F:25office_4	1F:25office_3	1F:25office_4_1F:25office_3	3311.834	3	20
29	1F:25office_3	1F:25office_2	1F:25office_3_1F:25office_2	2207.889	3	15
30	1F:25office_2	1F:25office_1	1F:25office_2_1F:25office_1	1103.945	3	15
31	1F:24office_2	1F:23office_3	1F:24office_2_1F:23office_3	4134.733	5	25
32	1F:23office_3	1F:23office_2	1F:23office_3_1F:23office_2	2756.489	3	20
33	1F:23office_2	1F:23office_1	1F:23office_2_1F:23office_1	1378.244	3	15
34	1F:33corridor1_9	1F:30corridor2_1	1F:33corridor1_9_1F:30corridor2_1	46154.78	5	80
35	1F:30corridor2_1	1F:30corridor2_2	1F:30corridor2_1_1F:30corridor2_2	43097.46	4	80
36	1F:30corridor2_2	1F:5office_1	1F:30corridor2_2_1F:5office_1	31234.69	3	70
37	1F:30corridor2_2	1F:30corridor2_3	1F:30corridor2_2_1F:30corridor2_3	8805.451	3	32
38	1F:30corridor2_3	1F:30corridor2_4	1F:30corridor2_3_1F:30corridor2_4	5748.132	4	25
39	1F:30corridor2_4	1F:8office_1	1F:30corridor2_4_1F:8office_1	2690.813	2	20
40	1F:8office_1	1F:9office_1	1F:8office_1_1F:9office_1	2339.523	2	20
41	1F:9office_1	1F:7office_1	1F:9office_1_1F:7office_1	1071.291	3	15
42	1F:9office_1	1F:10office_1	1F:9office_1_1F:10office_1	765.1417	3	15
43	1F:5office_1	1F:5office_2	1F:5office_1_1F:5office_2	30224.88	4	70
44	1F:5office_2	1F:2office_1	1F:5office_2_1F:2office_1	29215.07	5	70
45	1F:2office_1	1F:1office_5	1F:2office_1_1F:1office_5	28045.34	3	70
46	1F:1office_5	1F:1office_4	1F:1office_5_1F:1office_4	26648.75	3	70
47	1F:1office_4	1F:1office_3	1F:1office_4_1F:1office_3	25252.16	3	50
48	1F:1office_3	1F:1office_2	1F:1office_3_1F:1office_2	23855.56	3	50
49	1F:1office_2	1F:1office_1	1F:1office_2_1F:1office_1	1396.594	3	15
50	1F:1office_2	1F:11office_5	1F:1office_2_1F:11office_5	21062.37	5	50
51	1F:11office_5	1F:11office_4	1F:11office_5_1F:11office_4	19598.39	3	50
52	1F:11office_4	1F:11office_3	1F:11office_4_1F:11office_3	18134.41	3	50
53	1F:11office_3	1F:11office_2	1F:11office_3_1F:11office_2	16670.42	3	50
54	1F:11office_2	1F:11office_1	1F:11office_2_1F:11office_1	15206.44	3	40
55	1F:11office_1	1F:28office_1	1F:11office_1_1F:28office_1	13742.46	3	40
56	1F:28office_1	1F:12office_2	1F:28office_1_1F:12office_2	12788.8	4	40
57	1F:12office_2	1F:12office_1	1F:12office_2_1F:12office_1	1627.824	4	15
58	1F:12office_2	1F:13office_2	1F:12office_2_1F:13office_2	9533.151	5	32
59	1F:13office_2	1F:14office_5	1F:13office_2_1F:14office_5	8455.498	4	32

60	1F:14office_5	1F:14office_4	1F:14office_5_1F:14office_4	5902.276	3	25
61	1F:14office_4	1F:14office_3	1F:14office_4_1F:14office_3	4426.707	3	25
62	1F:14office_3	1F:14office_2	1F:14office_3_1F:14office_2	2951.138	3	20
63	1F:14office_2	1F:14office_1	1F:14office_2_1F:14office_1	1475.569	3	15
64	1F:14office_5	1F:13office_1	1F:14office_5_1F:13office_1	1077.653	4	15

7.4 IFC 格式输出结果

将自动设计结果写入 IFC 格式文件中，下面为选型得到的风冷热泵在 IFC 格式文件中表达。首先第 1 句数据与第 13 句都表示这是一个核心设备，语句中包含 8 个属性，其中第 5 个“HPHO_Loophp_0”或者“HPHO_Loophp_1”代表这是此设备的类型名称，主要作用在于生成接口 port 时的判断依据。第 2 句到第 12 句表示风冷热泵“HPHO_Loophp_0”这个设备的各项参数，例如型号是

“30RQ162G”，设备的名义制冷量为 165kW，名义制热量为 176kW 等。

```
#1=IFCBUILDINGELEMENTPROXY($,$,$,$,HPHO_Loophp_0,$,$,$)
#2=IFCPROPERTY SINGLEVALUE(No,$,IFCTEXT(30RQ162G),$)
#3=IFCPROPERTY SINGLEVALUE(Type,$,IFCTYPE(Scroll),$)
#4=IFCPROPERTY SINGLEVALUE(NominalCL,$,IFCTEXT(165),$)
#5=IFCPROPERTY SINGLEVALUE(NominalHL,$,IFCTEXT(176),$)
#6=IFCPROPERTY SINGLEVALUE(CCPower,$,IFCTEXT(47.5),$)
#7=IFCPROPERTY SINGLEVALUE(HCPower,$,IFCTEXT(50),$)
#8=IFCPROPERTY SINGLEVALUE(Cpwaterflow,$,IFCTEXT(28.1),$)
#9=IFCPROPERTY SINGLEVALUE(HWaterFlow,$,IFCTEXT(30.6),$)
#10=IFCPROPERTY SINGLEVALUE(L,$,IFCTEXT(2410),$)
#11=IFCPROPERTY SINGLEVALUE(W,$,IFCTEXT(2253),$)
#12=IFCPROPERTY SINGLEVALUE(H,$,IFCTEXT(2297),$)
#13=IFCBUILDINGELEMENTPROXY($,$,$,$,HPHO_Loophp_1,$,$,$)
#14=IFCPROPERTY SINGLEVALUE(No,$,IFCTEXT(30RQ412G),$)
#15=IFCPROPERTY SINGLEVALUE(Type,$,IFCTYPE(Scroll),$)
#16=IFCPROPERTY SINGLEVALUE(NominalCL,$,IFCTEXT(378),$)
#17=IFCPROPERTY SINGLEVALUE(NominalHL,$,IFCTEXT(432),$)
#18=IFCPROPERTY SINGLEVALUE(CCPower,$,IFCTEXT(128.2),$)
#19=IFCPROPERTY SINGLEVALUE(HCPower,$,IFCTEXT(128),$)
#20=IFCPROPERTY SINGLEVALUE(Cpwaterflow,$,IFCTEXT(64.8),$)
#21=IFCPROPERTY SINGLEVALUE(HWaterFlow,$,IFCTEXT(75.2),$)
#22=IFCPROPERTY SINGLEVALUE(L,$,IFCTEXT(4798),$)
```

#23=IFCPROPERTYSINGLEVALUE (W, \$, IFCTEXT (2253), \$)

#24=IFCPROPERTYSINGLEVALUE (H, \$, IFCTEXT (2297), \$)

.....

#837=IFCDISTRIBUTIONPORT (\$, \$, InPort_HP_HO_Loop_0, Flow, \$, \$, \$, SINK)

#838=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT (\$, \$, \$, Flow, #837, #1)

#839=IFCDISTRIBUTIONPORT (\$, \$, OutPort_HP_HO_Loop_0, Flow, \$, \$, \$, SOURCE)

#840=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT (\$, \$, \$, Flow, #839, #1)

第 837 句表示这台风冷热泵的进水口，第 839 句表示这台风冷热泵的出水口，第 838 句与第 840 句表示这两个接口都属于风冷热泵。

第 8 章 结论与展望

8.1 文章总结

空调系统结构的设计是一件主观与客观共存，经验与规范并行的，且在这一百多年间日益发展逐渐成熟的工作。传统的空调系统结构设计主要是在建筑结构图纸基础上，根据设计者的个人经验以及从国际或者国家标准规范中学习构建的知识体系来共同完成。其设计思路大致可以分为四大部分，分别为确定室内设计参数，计算房间负荷；确定系统方案，设备选型；管网的布置、进行水力计算及设备校验；与其它各专业之间协同设计，包含管线综合检测、标准制定等。这类工作都具有一定的可重复性，在当前建筑信息模型愈加成熟的时期，探索空调系统的自动化设计，从而提高工程效率，是这篇文章研究的动机。

针对第一部分负荷计算，已经有相对成熟的商业软件，例如，在建筑能耗模拟领域常用的 DeST, EnergyPlus 等，以及在工程中常用的鸿业。所以这部分已经具有一定的自动性，本文不做讨论，选用 EnergyPlus 作为负荷计算工具，输出 IDF 文件作为后续使用。

第二部分系统方案的确定，设备的选型。系统方案的选择需要设计师对现状背景有一个宏观的把控，在考虑业主硬性要求，建筑周边环境，建筑本身信息的情况下，得到冷热源形式与末端形式的搭配的概念性设计思路。这里的冷热源形式与末端形式大多在现有工程实践中已有的方案中进行选择。这个选择过程也具有规律性，可学习性，但本文不涉及。

本文根据既有建筑的负荷计算结果（包含建筑基本信息）与确定的系统方案，进行空调系统自动化设计。主要内容有：

1) 概念性系统中回路 (Loop) 的定义与选择。本文空调系统是基于回路进行描述，按照回路类型可以分为冷冻水回路，冷却水回路，热水回路，热泵回路，末端分区多回路，共 5 种。根据系统形式的不同，分别搭配得到确定的回路类型。每个回路中直接涉及到的设备都包含其中。这一步的设计思路是，基于系统方案确定回路类型，基于回路类型确定设备类型。输入为已确定的系统形式，输出为包含设备类型的回路清单。

2) 设备的自动选型。这里分为两部分进行计算，分别是冷热源侧与末端侧，编写了常用的设备的选型代码，这些代码基于工程经验，总结规律，在一定的安全系数的保证下，提供具体设备的选型方法。这一步的选型思路是，基于回路清单中的设备类型调用相应的选型代码，基于负荷计算结果与建筑基础信息逐次完成各设备的选型。输入为回路清单，负荷计算结果，建筑基本信息，输出为设备

选型结果表。

3) 管网的计算与布置。这里的管网计算主要为建筑各平面中的管路管径计算,在末端设备数量确定的情况下,管网的布置主要分两部分,分别为末端的定位以及管线的连接关系(管线拓扑)。末端的定位,使用 EnergyPlus 输出的 IDF 文件中提取得到目标房间的各坐标点,依据设备选型得到的各房间的末端数量完成目标房间的面积分割,选择各个面积的形心作为管路与末端的连接点。管路的连接关系(管路拓扑),使用最小生成树普里姆(Prim)算法,完成管路连接的先后顺序,这里将末端与支路看作节点,将干路各个管段看作边,忽略了弯头等对管径没有影响的管件。以上方法适用于水管,也适用于风管。这一步的计算思路,基于房间坐标确定末端与管路连接点的位置,基于普里姆算法,以连接点间的距离作为权值,完成管路拓扑。

4) 空调系统的描述方法。前期进行设备的选型,生成设备明细表。管网拓扑生成连接关系表。由于这里的管路拓扑用来描述建筑平面的连接关系,这里还增加了冷热源侧的固定连接关系(设备拓扑),以及通过立管的分布将管网拓扑与设备拓扑连接在一起,形成完整的空调系统。最后,回路信息,设备明细,拓扑关系通过代码生成 IFC 格式文件。

8.2 局限性和展望

1) 系统形式多样化还可进一步拓展,每次添加一个新的系统形式,可以根据本文的设计思路,从回路的确定,新增设备的选型,设备拓扑的扩展三步依次进行,将新系统形式纳入其中。

2) 设备选型算法可进一步优化,本文中涉及选型方案较多来源与工程经验,以后通过搜集工程人员的选型结果与建筑负荷信息,未来可以训练生成黑箱模型,进一步简化选型步骤。

3) 本文中的系统设计不涉及排风系统和防排烟系统,由于时间有限,未能覆盖,但在实际工程中,这是重要的一部分,未来可以进一步研究,将其纳入自动设计的体系中来。

4) 系统形式的选择也可以纳入自动设计的一部分。系统方案的选择需要设计师对现状背景有一个宏观的把控,在考虑业主硬性要求,建筑周边环境,建筑本身信息的情况下,得到冷热源形式与末端形式的搭配的概念性设计思路。这里的冷热源形式与末端形式大多在现有工程实践中已有的方案中进行选择。这个选择过程也具有规律性,可学习性,虽然这是设计人员的创造性体现,但是系统形式数量是客观有限的,未来可以将其纳入自动设计的体系,如果工程中出现新的系

统形式，可以按照第一点提出的方法，将其也收入体系中去。

致谢

从 16 年复试来到嘉定校区到现在已经三年了，深深感受到黄渡理工实际交通的不便和学校为改善其所不断做出的努力。大部分时间都在课题组与宿舍之间穿梭，生活相对固定也有几分惬意。

读研的这三年中，收获不少，也对自己的有了更清楚的认识。首先感谢我的导师许鹏教授，对我学业上的指导，生活上的关心，更重要的是对人生道路上的分析和指引。每次面对面的交流，许老师耐心的倾听和认真的回复让我感受到师生之间的真挚情感。其次我要感谢课题组的伙伴们，大家的性格各有亮点，整体氛围轻松亲切，能碰到你们是我的荣幸。感谢吴云涛师兄对我学业上的帮助和经验的分享；感谢李为林师姐、褚祎祎师姐对我论文上的帮助；感谢侯瑾师姐、王慧龙师兄、鲁星师兄在我入门时的帮助；感谢李梦西师姐、秦琪伟师兄、顾洁帆每周组织的智力逻辑训练，那一段时光无比美好；感谢冯帆师兄、罗为、陈喆师弟，陈智博师弟在课题组人最少的那段时间生活上的陪伴，回想起来那段经历还能感受到趣味；感谢大师姐、二师姐、沙师姐生活上的开导和帮助；感谢陈永保师兄带起了课题组成员日常锻炼的气氛；感谢王鸿鑫师弟、李泓名师弟、肖彤师妹、郭明月师妹最后这个阶段对论文上的帮助；感谢戴明坤师弟平时生活中的幽默。

感谢我的未婚妻刘佳昕能在我的生命中出现，在我困扰的时候能带我走出迷雾，我们相识相知多年，希望以后能共同迎接生活中的各种考验，一起品味酸甜苦辣。最后，要感谢我的家人，我的父母对我学业生活上的支持，每次的沟通都能倾诉我的烦恼，分享我的快乐。

现在要去工作了，告别学生的身份正式步入社会的怀抱
前路必有知己，愿能携手并肩，脚踏实地地仰望星空！

2019 年 5 月

参考文献

- [1] Autodesk 建筑设计 BIM 快速入门手册
- [2] 黄国鹏. BIM 软件应用发展趋势——以暖通设计为例. 制冷与空调. 2017. 06. 269~271
- [3] 王凤起. BIM 技术应用发展研究报告. 建筑技术. 2017. 11. Vol. 48. No. 11
- [4] 董大纲, 蔡悠笛, 张杰, 等. BIM 技术在暖通空调设计中的应用初探[J]. 暖通空调, 2013(12):105-109.
- [5] 靳翔宇. 试析 BIM 技术在暖通空调设计中的应用. 山西建筑. 2017. 28. 067
- [6] 冯小平. 上海世博园区域供冷系统管网优化设计研究[D]. 上海: 同济大学, 2007.
- [7] 冯小平, 龙惟定. 基于遗传算法的集中空调水系统管网优化设计. 流体机械. 2007, 35(3):66-69
- [8] Feng Xiaoping, Zouyun, Long Weiding. Application of Genetic Algorithm to Optimal Design of Central Air-Conditioning Water System. Journal of Harbin institute of Technology(New series), 2006, 13(11):209-214
- [9] 冯小平, 龙惟定. 集中空调水系统优化设计的点算原理、方法及其应用. 建筑科学. 2006, 22(6A):38-44
- [10] HONG T, LANGEVIN J, SUN K. Building simulation: Ten challenges[J]. Building Simulation, 2018, 11(5): 871 - 898.
- [11] BAZJANAC V. Implementation of semi-automated energy performance simulation: building geometry[J]. CIB W78 26th Conference on Managing IT in Construction, 2009: 595 - 602.
- [12] 马智亮, 曾统华, 魏振华等. 从节能设计 IFC 数据生成 IDF 数据的机制及关键算法[J]. 土木建筑工程信息技术, 2012, 4(1):1-5.
- [13] 刘学成. 空调冷负荷的建筑信息化模型应用研究[D]. 北京林业大学, 2012.
- [14] 赵毅立. 下一代建筑节能设计系统建模及 BIM 数据管理平台研究[D]. 清华大学, 2008.
- [15] 梁思雨. 面向 EnergyPlus 的 BIM 数据处理方法研究[D]. 西安建筑科技大学, 2018.
- [16] Lee WL, Lee SH. Developing a simplified model for evaluating chiller-system configurations. Appl Energy 2007;84:290-306.
- [17] Tsal RJ, Behls HF, Mangel R. T-method duct design - Part 1, optimisation theory. ASHRAE Trans 1988.
- [18] Tsal RJ, Behls HF, Mangel R. T-method duct design - Part 2, calculation procedure and economic analysis. ASHRAE Trans 1988.
- [19] Moon JS, Lee TG, Moon JH, Lee JH, Yoo H. A modified T-method simulation for multi-fan duct systems. Indoor Built Environ 2006;15:137-45.
- [20] Ting CC, Chen WL, Chen SL, Ke MT, Lee WS. HVAC duct system design using dynamic programming method. ASHRAE Trans 2002;108(Part 1):86-95.
- [21] Asiedu Y, Besant RW, Gu P. HVAC duct system design using genetic algorithms. HVAC&R Res 2000;6:149-73.
- [22] Galeano H. Genetic algorithms for the optimization of pipeline systems for liquid distribution (1). CT&F - Ciencia. Tecnol Y Futuro 2003;4:55-64.
- [23] Narváez P Galeano. Haiver. genetic algorithms for the optimization of pipeline systems for

- liquid distribution (2). *CT&F - Ciencia Tecnol Y Futuro* 2004;5:117–30.
- [24] Kim T. Optimum duct design for variable air volume systems. Part 1: problem domain analysis of VAV duct systems. *ASHRAE Trans* 2002.
- [25] Kim T. Optimum duct design for variable air volume systems. Part 2: optimization of VAV duct systems. *ASHRAE Trans* 2002.
- [26] Jorens S, Sörensen K, Verhaert I, De Corte A. Air distribution system design optimization in non-residential buildings: problem formulation and generation of test networks. *J Build Eng* 2017;12:60–7.
- [27] Bres A, Judex F, Suter G, et al. A Method for Automated Generation of HVAC Distribution Subsystems for Building Performance Simulation[J].
- [28] Zhang Y, Hanby VI, Wright JA. Energy aspects of HVAC system configurations—problem definition and test cases. *HVAC&R Research* 2006;12(3c):871–88
- [29] Wright JA, Zhang Y. Evolutionary synthesis of HVAC system configurations: experimental results. *HVAC&R Research* 2008;14(1):57–72.
- [30] Wright JA, Zhang Y, Angelov P, Hanby VI, Buswell RA. Evolutionary synthesis of HVAC system configurations: algorithm development. *HVAC&R Research* 2008;14(1):33–55.
- [31] Wright JA, Zhang Y. An ageing operator and its use in the highly constrained topological optimization of HVAC system design. In: *Proceedings of the GECCO*, 2005.
- [32] Stanescu M, Kaji S, Lamarche L. Evolutionary algorithm with three different permutation options used for preliminary HVAC system design. In: *Proceedings of the building simulation and optimization conference*, 2012
- [33] Runde S, Dibowski H, Fay A, et al. Integrated automated design approach for building automation systems[C]//*Emerging Technologies and Factory Automation*, 2008. ETFA 2008. IEEE International Conference on. IEEE, 2008: 1488-1495.
- [34] Park J H, Storch R L. Pipe-routing algorithm development: case study of a ship engine room design[J]. *Expert Systems with Applications*, 2002, 23(3): 299-309.
- [35] Ellis M W, Mathews E H. Needs and trends in building and HVAC system design tools[J]. *Building and Environment*, 2002, 37(5): 461-470.
- [36] Jacobs P, Henderson H. State-of-the-art review of whole building, building envelope, and HVAC component and system simulation and design tools[J]. *Architectural Energy Corporation*, 2002.
- [37] Trčka M, Hensen J L M. Overview of HVAC system simulation[J]. *Automation in Construction*, 2010, 19(2): 93-99.
- [38] Mark Christian E. Manuel, Po Ting Lin, Ming Chang. Optimal duct layout for HVAC using topology optimization[J]. *Science and Technology for the Built Environment*, 2018, 24(3).
- [39] KAROLA A, LAHTELA H, HÄNNINEN R 等. BPro COM-Server—interoperability between software tools using industrial foundation classes[J]. *Energy and Buildings*, 2002, 34(9): 901–907.
- [40] BAZJANAC V, MAILE T. IFC HVAC Interface to EnergyPlus - a Case of Expanded Interoperability for Energy[C]//*SimBuild* 2004, . 2004: 17 - 37.
- [41] 杨志伟,许鹏,陈喆.基于 BIM 的空调系统自动设计.建设科技,2018.12,No.23:44-48

附录 A 管路拓扑（补充）

	No	Air Volume Flowrate(m ³ /h)	Cooling Capacity(W)	quantity
1F:1 OFFICE	FP-51	383	2160	5
1F:10 OFFICE	FP-34	255	1440	1
1F:11 OFFICE	FP-51	383	2160	5
1F:12 OFFICE	FP-51	383	2160	2
1F:13 OFFICE	FP-34	255	1440	2
1F:14 OFFICE	FP-51	383	2160	5
1F:17 OFFICE	FP-34	255	1440	2
1F:2 OFFICE	FP-34	255	1440	1
1F:23 OFFICE	FP-51	383	2160	3
1F:24 OFFICE	FP-34	255	1440	2
1F:25 OFFICE	FP-34	255	1440	4
1F:26 OFFICE	FP-34	255	1440	2
1F:27 OFFICE	FP-34	255	1440	2
1F:28 OFFICE	FP-34	255	1440	1
1F:30 CORRID	FP-85	638	3600	2
1F:31 CORRID	FP-68	510	2880	5
1F:33 CORRID	FP-68	510	2880	12
1F:5 OFFICE	FP-34	255	1440	2
1F:7 OFFICE	FP-34	255	1440	1
1F:8 OFFICE	FP-34	255	1440	1
1F:9 OFFICE	FP-34	255	1440	1
2F:34 OFFICE	FP-51	383	2160	1
2F:37 OFFICE	FP-34	255	1440	1
2F:38 OFFICE	FP-51	383	2160	2
2F:39 OFFICE	FP-34	255	1440	1
2F:40 OFFICE	FP-34	255	1440	2
2F:44 OFFICE	FP-51	383	2160	1
2F:45 CORRID	FP-102	765	4320	4
2F:46 OFFICE	FP-51	383	2160	5
2F:47 CORRID	FP-85	638	3600	10
2F:48 OFFICE	FP-85	638	3600	2
2F:49 OFFICE	FP-68	510	2880	2
2F:51 OFFICE	FP-68	510	2880	5
2F:52 OFFICE	FP-68	510	2880	4
2F:53 OFFICE	FP-51	383	2160	2
2F:58 OFFICE	FP-68	510	2880	3

同济大学 硕士学位论文 附录

2F:59 OFFICE	FP-68	510	2880	2
2F:60 OFFICE	FP-51	383	2160	2
2F:61 OFFICE	FP-51	383	2160	2
2F:62 OFFICE	FP-51	383	2160	2
2F:63 OFFICE	FP-68	510	2880	2
2F:64 OFFICE	FP-51	383	2160	2
2F:65 OFFICE	FP-51	383	2160	2
2F:66 CORRID	FP-102	765	4320	5
3F:67 OFFICE	FP-68	510	2880	2
3F:70 OFFICE	FP-51	383	2160	2
3F:71 OFFICE	FP-68	510	2880	2
3F:73 OFFICE	FP-68	510	2880	5
3F:74 CORRID	FP-170	1275	7200	2
3F:75 OFFICE	FP-68	510	2880	2
3F:76 OFFICE	FP-68	510	2880	2
3F:78 OFFICE	FP-34	255	1440	1
3F:79 OFFICE	FP-68	510	2880	2
3F:80 OFFICE	FP-68	510	2880	3
3F:81 OFFICE	FP-68	510	2880	3
3F:82 CORRID	FP-136	1020	5760	12
3F:83 OFFICE	FP-51	383	2160	2
3F:88 OFFICE	FP-51	383	2160	3
3F:89 OFFICE	FP-51	383	2160	3
3F:90 OFFICE	FP-51	383	2160	2
3F:91 OFFICE	FP-51	383	2160	3
3F:92 OFFICE	FP-51	383	2160	3
3F:93 CORRID	FP-136	1020	5760	5

	name	load	length	DN
0	1F:18wellhole_1_2F:66corridor3_1	67552.86	1	100
1	2F:66corridor3_1_2F:66corridor3_2	64020.04	3	100
2	2F:66corridor3_2_2F:66corridor3_3	53036.97	4	80
3	2F:66corridor3_3_2F:66corridor3_4	49504.15	4	80
4	2F:66corridor3_4_2F:59office_2	45971.33	2	80
5	2F:59office_2_2F:66corridor3_5	40894.61	3	70
6	2F:66corridor3_5_2F:60office_2	37361.79	3	70
7	2F:60office_2_2F:66corridor3_6	30020.08	2	70
8	2F:66corridor3_6_2F:61office_2	26487.26	3	70
9	2F:61office_2_2F:66corridor3_7	24651.83	2	50
10	2F:66corridor3_7_2F:62office_2	21119.01	3	50
11	2F:62office_2_2F:66corridor3_8	19283.58	2	50

同济大学 硕士学位论文 附录

12	2F:66corridor3_8_2F:66corridor3_9	15750.76	3	50
13	2F:66corridor3_9_2F:63office_2	5076.716	2	25
14	2F:66corridor3_9_2F:66corridor3_10	7141.219	4	32
15	2F:66corridor3_10_2F:64office_2	7141.219	2	32
16	2F:64office_2_2F:65office_2	1735.181	3	15
17	2F:65office_2_2F:66corridor3_11	0	2	15
18	2F:59office_2_2F:59office_1	2538.358	4	20
19	2F:60office_2_2F:60office_1	5506.287	4	25
20	2F:60office_1_2F:61office_1	3670.858	4	20
21	2F:61office_1_2F:62office_1	1835.429	4	15
22	2F:63office_2_2F:63office_1	2538.358	4	20
23	2F:64office_2_2F:64office_1	3570.61	4	20
24	2F:64office_1_2F:65office_1	1735.181	3	15
25	2F:66corridor3_2_2F:58office_1	7450.25	4	32
26	2F:58office_1_2F:58office_2	4966.833	3	25
27	2F:58office_2_2F:58office_3	2483.417	3	20
28	1F:18wellhole_1_2F:53office_2	102844.5	5	125
29	2F:53office_2_2F:47corridor1_1	99170.02	1	100
30	2F:47corridor1_1_2F:47corridor1_2	95965.16	4	100
31	2F:47corridor1_2_2F:47corridor1_3	92760.3	4	100
32	2F:47corridor1_3_2F:47corridor1_4	89555.44	4	100
33	2F:47corridor1_4_2F:47corridor1_5	86350.58	3	100
34	2F:47corridor1_5_2F:47corridor1_6	83145.72	4	100
35	2F:47corridor1_6_2F:47corridor1_7	79940.86	4	100
36	2F:47corridor1_7_2F:47corridor1_8	3204.861	3	20
37	2F:53office_2_2F:53office_1	1837.239	4	15
38	2F:47corridor1_7_2F:49office_2	73531.13	7	100
39	2F:49office_2_2F:49office_1	22857.83	4	50
40	2F:49office_1_2F:51office_5	20384.26	4	50
41	2F:51office_5_2F:51office_4	17925.62	3	50
42	2F:51office_4_2F:51office_3	15466.97	3	50
43	2F:51office_3_2F:51office_2	13008.33	3	40
44	2F:51office_2_2F:51office_1	10549.68	3	32
45	2F:51office_1_2F:52office_4	8091.034	3	32
46	2F:52office_4_2F:52office_3	6068.275	2	25
47	2F:52office_3_2F:52office_2	4045.517	2	20
48	2F:52office_2_2F:52office_1	2022.758	2	15
49	2F:49office_2_2F:48office_2	48199.75	6	80
50	2F:48office_2_2F:48office_1	3078.379	4	20
51	2F:48office_2_2F:46office_1	42042.99	4	70
52	2F:46office_1_2F:46office_2	40252.07	2	70
53	2F:46office_2_2F:46office_3	5372.756	2	25
54	2F:46office_3_2F:46office_4	3581.837	2	20

同济大学 硕士学位论文 附录

55	2F:46office_4_2F:46office_5	1790.919	2	15
56	2F:46office_2_2F:45corridor2_1	33088.4	4	70
57	2F:45corridor2_1_2F:45corridor2_2	29794.88	4	70
58	2F:45corridor2_2_2F:40office_1	26501.37	3	70
59	2F:40office_1_2F:44office_1	24552.17	3	50
60	2F:44office_1_2F:45corridor2_3	22929.72	2	50
61	2F:45corridor2_3_2F:45corridor2_4	19636.2	3	50
62	2F:45corridor2_4_2F:38office_1	16342.69	3	50
63	2F:38office_1_2F:45corridor2_5	9880.544	3	32
64	2F:45corridor2_5_2F:45corridor2_6	6587.029	4	25
65	2F:45corridor2_6_2F:45corridor2_7	3293.515	4	20
66	2F:40office_1_2F:40office_2	974.597	4	15
67	2F:38office_1_2F:38office_2	4871.513	4	25
68	2F:38office_2_2F:37office_1	2419.876	4	20
69	2F:37office_1_2F:34office_1	1409.171	3	15
70	2F:38office_2_2F:39office_1	861.0079	4	15

	name	load	length	DN
0	1F:29office_1_1F:28office_1	4110.226	4	975*200
1	1F:28office_1_1F:12office_1	2883.255	5	900*175
2	1F:12office_1_1F:13office_1	2739.497	5	900*175
3	1F:13office_1_1F:14office_1	2646.421	9	900*175
4	1F:28office_1_1F:11office_1	1169.538	10	550*150
5	1F:14office_1_1F:17office_1	2269.353	10	775*175
6	1F:17office_1_1F:16office_1	827.1821	2	625*100
7	1F:16office_1_1F:33corridor1_1	806.9525	3	625*100
8	1F:17office_1_1F:19office_1	1326.75	4	550*150
9	1F:19office_1_1F:21office_1	1295.217	2	550*150
10	1F:21office_1_1F:23office_1	1256.075	6	550*150
11	1F:23office_1_1F:31corridor3_1	70.34377	5	200*75
12	1F:23office_1_1F:24office_1	920.7609	8	575*125
13	1F:24office_1_1F:31corridor3_2	70.34377	5	200*75
14	1F:24office_1_1F:25office_1	709.0247	9	625*100
15	1F:25office_1_1F:31corridor3_3	70.34377	5	200*75
16	1F:25office_1_1F:26office_1	350.156	9	275*100
17	1F:26office_1_1F:27office_1	139.2844	5	250*75
18	1F:26office_1_1F:31corridor3_4	70.34377	6	200*75
19	1F:33corridor1_1_1F:33corridor1_2	537.9683	10	500*100
20	1F:33corridor1_2_1F:33corridor1_3	268.9842	9	275*100
21	1F:11office_1_1F:1office_1	776.066	13	625*100

同济大学 硕士学位论文 附录

22	1F:1office_1_1F:2office_1	355.7027	11	275*100
23	1F:2office_1_1F:3office_1	292.5525	4	275*100
24	1F:3office_1_1F:4office_1	269.0159	3	275*100
25	1F:4office_1_1F:5office_1	253.193	2	275*100
26	1F:5office_1_1F:10office_1	134.8818	4	250*75
27	1F:10office_1_1F:9office_1	89.88095	3	200*75
28	1F:9office_1_1F:8office_1	19.31145	2	200*75
29	1F:9office_1_1F:7office_1	41.91852	3	200*75

.....

	inport	outport	name
0	1F:18wellhole_1	2F:66corridor3_1	1F:18wellhole_1_2F:66corridor3_1
1	2F:66corridor3_1	2F:66corridor3_2	2F:66corridor3_1_2F:66corridor3_2
2	2F:66corridor3_2	2F:66corridor3_3	2F:66corridor3_2_2F:66corridor3_3
3	2F:66corridor3_3	2F:66corridor3_4	2F:66corridor3_3_2F:66corridor3_4
4	2F:66corridor3_4	2F:59office_2	2F:66corridor3_4_2F:59office_2
5	2F:59office_2	2F:66corridor3_5	2F:59office_2_2F:66corridor3_5
6	2F:66corridor3_5	2F:60office_2	2F:66corridor3_5_2F:60office_2
7	2F:60office_2	2F:66corridor3_6	2F:60office_2_2F:66corridor3_6
8	2F:66corridor3_6	2F:61office_2	2F:66corridor3_6_2F:61office_2
9	2F:61office_2	2F:66corridor3_7	2F:61office_2_2F:66corridor3_7
10	2F:66corridor3_7	2F:62office_2	2F:66corridor3_7_2F:62office_2
11	2F:62office_2	2F:66corridor3_8	2F:62office_2_2F:66corridor3_8
12	2F:66corridor3_8	2F:66corridor3_9	2F:66corridor3_8_2F:66corridor3_9
13	2F:66corridor3_9	2F:63office_2	2F:66corridor3_9_2F:63office_2
14	2F:66corridor3_9	2F:66corridor3_10	2F:66corridor3_9_2F:66corridor3_10
15	2F:66corridor3_10	2F:64office_2	2F:66corridor3_10_2F:64office_2
16	2F:64office_2	2F:65office_2	2F:64office_2_2F:65office_2
17	2F:65office_2	2F:66corridor3_11	2F:65office_2_2F:66corridor3_11
18	2F:59office_2	2F:59office_1	2F:59office_2_2F:59office_1
19	2F:60office_2	2F:60office_1	2F:60office_2_2F:60office_1
20	2F:60office_1	2F:61office_1	2F:60office_1_2F:61office_1
21	2F:61office_1	2F:62office_1	2F:61office_1_2F:62office_1
22	2F:63office_2	2F:63office_1	2F:63office_2_2F:63office_1
23	2F:64office_2	2F:64office_1	2F:64office_2_2F:64office_1
24	2F:64office_1	2F:65office_1	2F:64office_1_2F:65office_1
25	2F:66corridor3_2	2F:58office_1	2F:66corridor3_2_2F:58office_1
26	2F:58office_1	2F:58office_2	2F:58office_1_2F:58office_2

同济大学 硕士学位论文 附录

27	2F:58office_2	2F:58office_3	2F:58office_2_2F:58office_3
28	1F:18wellhole_1	2F:53office_2	1F:18wellhole_1_2F:53office_2
29	2F:53office_2	2F:47corridor1_1	2F:53office_2_2F:47corridor1_1
30	2F:47corridor1_1	2F:47corridor1_2	2F:47corridor1_1_2F:47corridor1_2
31	2F:47corridor1_2	2F:47corridor1_3	2F:47corridor1_2_2F:47corridor1_3
32	2F:47corridor1_3	2F:47corridor1_4	2F:47corridor1_3_2F:47corridor1_4
33	2F:47corridor1_4	2F:47corridor1_5	2F:47corridor1_4_2F:47corridor1_5
34	2F:47corridor1_5	2F:47corridor1_6	2F:47corridor1_5_2F:47corridor1_6
35	2F:47corridor1_6	2F:47corridor1_7	2F:47corridor1_6_2F:47corridor1_7
36	2F:47corridor1_7	2F:47corridor1_8	2F:47corridor1_7_2F:47corridor1_8
37	2F:53office_2	2F:53office_1	2F:53office_2_2F:53office_1
38	2F:47corridor1_7	2F:49office_2	2F:47corridor1_7_2F:49office_2
39	2F:49office_2	2F:49office_1	2F:49office_2_2F:49office_1
40	2F:49office_1	2F:51office_5	2F:49office_1_2F:51office_5
41	2F:51office_5	2F:51office_4	2F:51office_5_2F:51office_4
42	2F:51office_4	2F:51office_3	2F:51office_4_2F:51office_3
43	2F:51office_3	2F:51office_2	2F:51office_3_2F:51office_2
44	2F:51office_2	2F:51office_1	2F:51office_2_2F:51office_1
45	2F:51office_1	2F:52office_4	2F:51office_1_2F:52office_4
46	2F:52office_4	2F:52office_3	2F:52office_4_2F:52office_3
47	2F:52office_3	2F:52office_2	2F:52office_3_2F:52office_2
48	2F:52office_2	2F:52office_1	2F:52office_2_2F:52office_1
49	2F:49office_2	2F:48office_2	2F:49office_2_2F:48office_2
50	2F:48office_2	2F:48office_1	2F:48office_2_2F:48office_1
51	2F:48office_2	2F:46office_1	2F:48office_2_2F:46office_1
52	2F:46office_1	2F:46office_2	2F:46office_1_2F:46office_2
53	2F:46office_2	2F:46office_3	2F:46office_2_2F:46office_3
54	2F:46office_3	2F:46office_4	2F:46office_3_2F:46office_4
55	2F:46office_4	2F:46office_5	2F:46office_4_2F:46office_5
56	2F:46office_2	2F:45corridor2_1	2F:46office_2_2F:45corridor2_1
57	2F:45corridor2_1	2F:45corridor2_2	2F:45corridor2_1_2F:45corridor2_2
58	2F:45corridor2_2	2F:40office_1	2F:45corridor2_2_2F:40office_1
59	2F:40office_1	2F:44office_1	2F:40office_1_2F:44office_1
60	2F:44office_1	2F:45corridor2_3	2F:44office_1_2F:45corridor2_3
61	2F:45corridor2_3	2F:45corridor2_4	2F:45corridor2_3_2F:45corridor2_4
62	2F:45corridor2_4	2F:38office_1	2F:45corridor2_4_2F:38office_1
63	2F:38office_1	2F:45corridor2_5	2F:38office_1_2F:45corridor2_5
64	2F:45corridor2_5	2F:45corridor2_6	2F:45corridor2_5_2F:45corridor2_6
65	2F:45corridor2_6	2F:45corridor2_7	2F:45corridor2_6_2F:45corridor2_7
66	2F:40office_1	2F:40office_2	2F:40office_1_2F:40office_2
67	2F:38office_1	2F:38office_2	2F:38office_1_2F:38office_2
68	2F:38office_2	2F:37office_1	2F:38office_2_2F:37office_1
69	2F:37office_1	2F:34office_1	2F:37office_1_2F:34office_1

同济大学 硕士学位论文 附录

70	2F:38office_2	2F:39office_1	2F:38office_2_2F:39office_1
----	---------------	---------------	-----------------------------

	inport	outport	name	load	length	DN
0	1F:18wellhole_1	3F:93corridor3_1	1F:18wellhole_1_3F:93corridor3_1	59883.17	1	100
1	3F:93corridor3_1	3F:93corridor3_2	3F:93corridor3_1_3F:93corridor3_2	55733	4	80
2	3F:93corridor3_2	3F:93corridor3_3	3F:93corridor3_2_3F:93corridor3_3	46687.31	3	80
3	3F:93corridor3_3	3F:93corridor3_4	3F:93corridor3_3_3F:93corridor3_4	42537.14	4	80
4	3F:93corridor3_4	3F:89office_3	3F:93corridor3_4_3F:89office_3	38386.97	3	70
5	3F:89office_3	3F:93corridor3_5	3F:89office_3_3F:93corridor3_5	34006.87	2	70
6	3F:89office_3	3F:89office_2	3F:89office_3_3F:89office_2	2920.066	2	20
7	3F:89office_2	3F:89office_1	3F:89office_2_3F:89office_1	1460.033	2	15
8	3F:93corridor3_5	3F:93corridor3_6	3F:93corridor3_5_3F:93corridor3_6	29856.7	4	70
9	3F:93corridor3_6	3F:90office_2	3F:93corridor3_6_3F:90office_2	25706.53	2	70
10	3F:90office_2	3F:93corridor3_7	3F:90office_2_3F:93corridor3_7	22296.52	3	50
11	3F:93corridor3_7	3F:93corridor3_8	3F:93corridor3_7_3F:93corridor3_8	18146.35	4	50
12	3F:93corridor3_8	3F:91office_3	3F:93corridor3_8_3F:91office_3	13996.18	1	40
13	3F:91office_3	3F:91office_2	3F:91office_3_3F:91office_2	2920.066	2	20
14	3F:91office_2	3F:91office_1	3F:91office_2_3F:91office_1	1460.033	2	15
15	3F:91office_3	3F:93corridor3_9	3F:91office_3_3F:93corridor3_9	9616.076	3	32
16	3F:93corridor3_9	3F:93corridor3_10	3F:93corridor3_9_3F:93corridor3_10	5465.906	4	25
17	3F:93corridor3_10	3F:93corridor3_11	3F:93corridor3_10_3F:93corridor3_11	5465.906	4	25
18	3F:90office_2	3F:90office_1	3F:90office_2_3F:90office_1	1705.005	4	15
19	3F:93corridor3_2	3F:88office_1	3F:93corridor3_2_3F:88office_1	4895.524	4	25
20	3F:88office_1	3F:88office_2	3F:88office_1_3F:88office_2	3263.682	3	20
21	3F:88office_2	3F:88office_3	3F:88office_2_3F:88office_3	1631.841	3	15
22	3F:93corridor3_11	3F:92office_3	3F:93corridor3_11_3F:92office_3	5465.906	4	25
23	3F:92office_3	3F:92office_2	3F:92office_3_3F:92office_2	3643.937	3	20
24	3F:92office_2	3F:92office_1	3F:92office_2_3F:92office_1	1821.969	3	15
25	1F:18wellhole_1	3F:83office_2	1F:18wellhole_1_3F:83office_2	119408.9	5	125
26	3F:83office_2	3F:82corridor1_1	3F:83office_2_3F:82corridor1_1	116538.7	1	125
27	3F:82corridor1_1	3F:82corridor1_2	3F:82corridor1_1_3F:82corridor1_2	112380.2	4	125
28	3F:82corridor1_2	3F:82corridor1_3	3F:82corridor1_2_3F:82corridor1_3	108221.8	4	125
29	3F:82corridor1_3	3F:82corridor1_4	3F:82corridor1_3_3F:82corridor1_4	104063.3	4	125
30	3F:82corridor1_4	3F:82corridor1_5	3F:82corridor1_4_3F:82corridor1_5	99904.88	3	100
31	3F:82corridor1_5	3F:82corridor1_6	3F:82corridor1_5_3F:82corridor1_6	95746.42	4	100
32	3F:82corridor1_6	3F:82corridor1_7	3F:82corridor1_6_3F:82corridor1_7	91587.96	4	100
33	3F:82corridor1_7	3F:82corridor1_8	3F:82corridor1_7_3F:82corridor1_8	45698.89	4	80
34	3F:82corridor1_8	3F:82corridor1_9	3F:82corridor1_8_3F:82corridor1_9	41540.44	4	70
35	3F:83office_2	3F:83office_1	3F:83office_2_3F:83office_1	1435.1	4	15
36	3F:82corridor1_9	3F:74corridor2_1	3F:82corridor1_9_3F:74corridor2_1	37381.98	7	70
37	3F:74corridor2_1	3F:74corridor2_2	3F:74corridor2_1_3F:74corridor2_2	26933.59	4	70

同济大学 硕士学位论文 附录

38	3F:74corridor2_2	3F:70office_1	3F:74corridor2_2_3F:70office_1	3501.273	3	20
39	3F:74corridor2_2	3F:74corridor2_3	3F:74corridor2_2_3F:74corridor2_3	16970.15	3	50
40	3F:74corridor2_3	3F:74corridor2_4	3F:74corridor2_3_3F:74corridor2_4	6462.171	4	25
41	3F:70office_1	3F:70office_2	3F:70office_1_3F:70office_2	1750.637	4	15
42	3F:74corridor2_1	3F:71office_1	3F:74corridor2_1_3F:71office_1	3986.219	5	20
43	3F:71office_1	3F:71office_2	3F:71office_1_3F:71office_2	1993.109	4	15
44	3F:74corridor2_3	3F:67office_1	3F:74corridor2_3_3F:67office_1	4045.803	5	20
45	3F:67office_1	3F:67office_2	3F:67office_1_3F:67office_2	2022.902	4	15
46	3F:82corridor1_7	3F:76office_2	3F:82corridor1_7_3F:76office_2	41730.61	7	70
47	3F:76office_2	3F:76office_1	3F:76office_2_3F:76office_1	2250.726	4	15
48	3F:76office_2	3F:78office_1	3F:76office_2_3F:78office_1	20998.74	4	50
49	3F:78office_1	3F:79office_2	3F:78office_1_3F:79office_2	19919.3	4	50
50	3F:79office_2	3F:79office_1	3F:79office_2_3F:79office_1	2345.548	4	20
51	3F:79office_2	3F:80office_3	3F:79office_2_3F:80office_3	15228.21	5	40
52	3F:80office_3	3F:80office_2	3F:80office_3_3F:80office_2	12722.09	3	40
53	3F:80office_2	3F:80office_1	3F:80office_2_3F:80office_1	10215.98	3	32
54	3F:80office_1	3F:81office_3	3F:80office_1_3F:81office_3	7709.861	3	32
55	3F:81office_3	3F:81office_2	3F:81office_3_3F:81office_2	5139.908	3	25
56	3F:81office_2	3F:81office_1	3F:81office_2_3F:81office_1	2569.954	3	20
57	3F:76office_2	3F:75office_2	3F:76office_2_3F:75office_2	16230.42	6	50
58	3F:75office_2	3F:75office_1	3F:75office_2_3F:75office_1	2450.707	4	20
59	3F:75office_2	3F:73office_1	3F:75office_2_3F:73office_1	11329.01	4	32
60	3F:73office_1	3F:73office_2	3F:73office_1_3F:73office_2	9063.205	2	32
61	3F:73office_2	3F:73office_3	3F:73office_2_3F:73office_3	6797.404	2	32
62	3F:73office_3	3F:73office_4	3F:73office_3_3F:73office_4	4531.602	2	25
63	3F:73office_4	3F:73office_5	3F:73office_4_3F:73office_5	2265.801	2	20

附录 B 管路拓扑代码

```

import re
import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from eppy.modeleditor import IDF

#管路 inport outport load 管长
def pipefirst(idf1,officeload,floor):
    #以下为功能函数

    #获取 surfacename 对应 fieldname 的值
    def SurfaceAttribute(surfacename,BuildingSurface,fieldname):
        surface = [surface for surface in BuildingSurface if surface.Name == surfacename][0]
        return surface[fieldname]

    #获取每个 Floor 对应的形心坐标
    def SurfaceCore(surfacename,BuildingSurface):
        coord = SurfaceCoordinate(surfacename,BuildingSurface)
        x_list = coord[0]
        y_list = coord[1]
        z_list = coord[2]
        CoreX = sum(x_list) / len(x_list)
        CoreY = sum(y_list) / len(y_list)
        CoreZ = min(z_list)
        return [CoreX,CoreY,CoreZ]

    #获取每个设备的位置坐标
    def EquipmentCore(surfacename,BuildingSurface):
        Roomname=SurfaceAttribute(surfacename,BuildingSurface,'Zone_Name')
        for t in range(len(FCUresult)):
            try:
                re.match(Roomname,FCUresult.roomname[t].replace(' ',' '),re.I)
            except UnboundLocalError:
                break
            if re.match(Roomname,FCUresult.roomname[t].replace(' ',' '),re.I):

```

```

nn=FCUresult.quantity[t]
coord = SurfaceCoordinate(surfacename,BuildingSurface)
x_list = coord[0]
y_list = coord[1]
z_list = coord[2]
CoreZ = min(z_list)
lx=max(x_list)-min(x_list)
ly=max(y_list)-min(y_list)
lm=max(lx,ly)
Corelist=[]
if lm==lx:
    for i in range(int(nn)):
        CoreY = (max(y_list)+min(y_list))/2
        CoreX = min(x_list)+0.5*(2*i+1)*lx/nn
        Corelist.append((CoreX,CoreY,CoreZ))
else:
    for i in range(int(nn)):
        CoreX = (max(x_list)+min(x_list))/2
        CoreY = min(y_list)+0.5*(2*i+1)*ly/nn
        Corelist.append((CoreX,CoreY,CoreZ))
return Corelist

```

#获取 floor 中的所有坐标点 list

```

def Surfacexyzlist(surfacename,BuildingSurface):
    coord = SurfaceCoordinate(surfacename,BuildingSurface)
    z_list = coord[2]
    CoreZ = min(z_list)
    surlist=[]
    for i in range(len(coord[0])):
        surlist.append((coord[0][i],coord[1][i],CoreZ))
    return surlist

```

#floor 合并

```

def Surfacemerge(surlist1,surlist2):
    return list(set(surlist1).union(set(surlist2)))

```

#获取多凸型中每个末端设备（风机盘管）的坐标

```

def Surface_tututulist(surfacename,BuildingSurface):
    coord = SurfaceCoordinate(surfacename,BuildingSurface)
    x_list = coord[0]

```

```

y_list = coord[1]
z_list = coord[2]
CoreZ = min(z_list)
lx=max(x_list)-min(x_list)
ly=max(y_list)-min(y_list)
lm=max(lx,ly)
n=lm/4
Corelist=[]
if lm==lx:
    for i in range(int(n)):
        CoreY = (max(y_list)+min(y_list))/2
        CoreX = min(x_list)+0.5*(2*i+1)*lx/n
        Corelist.append((CoreX,CoreY,CoreZ))
else:
    for i in range(int(n)):
        CoreX = (max(x_list)+min(x_list))/2
        CoreY = min(y_list)+0.5*(2*i+1)*ly/n
        Corelist.append((CoreX,CoreY,CoreZ))
return Corelist

```

#画出 surface 的每个顶点坐标， 可用于检查 surface 形状

```

def SurfacePlot(surfacename,BuildingSurface):
    coord = SurfaceCoordinate(surfacename,BuildingSurface)
    x_list = coord[0]
    y_list = coord[1]

    #创建图并命名
    plt.figure('Scatter fig')
    ax = plt.gca()
    #设置 x 轴、y 轴名称
    ax.set_xlabel('x')
    ax.set_ylabel('y')

    #画散点图， 以 x_list 中的值为横坐标， 以 y_list 中的值为纵坐标
    #参数 c 指定点的颜色， s 指定点的大小,alpha 指定点的透明度
    ax.scatter(x_list, y_list, c='r', s=20, alpha=0.5)
    plt.show()

```

#通过 surface 名称获取顶点个数


```

def SurfaceVertex(surfacename, BuildingSurface):
    surface = [surface for surface in BuildingSurface if surface.Name == surfacename][0]
    field = [surface[fieldname] for fieldname in surface.fieldnames if (surface[fieldname] !=
'') & (fieldname != 'key') \
&(fieldname != 'Name') & (fieldname != 'Surface_Type') & (fieldname != 'Construction_Name') & (fieldname !=
'Zone_Name') \
&(fieldname != 'Outside_Boundary_Condition') & (fieldname !=
'Outside_Boundary_Condition_Object') & (fieldname != \
'Sun_Exposure') & (fieldname != 'Wind_Exposure') & (fieldname != 'View_Factor_to_Ground') & (fieldname !=
'Number_of_Vertices')]
    #field = field1[8:]
    return int(len(field)/3)

#通过 surface 名称获取 xyz 坐标
def SurfaceCoordinate(surfacename, BuildingSurface):
    surface = [surface for surface in BuildingSurface if surface.Name == surfacename][0]
    field = [surface[fieldname] for fieldname in surface.fieldnames if (surface[fieldname] !=
'') & (fieldname != 'key') \
&(fieldname != 'Name') & (fieldname != 'Surface_Type') & (fieldname != 'Construction_Name') & (fieldname !=
'Zone_Name') \
&(fieldname != 'Outside_Boundary_Condition') & (fieldname !=
'Outside_Boundary_Condition_Object') & (fieldname != \
'Sun_Exposure') & (fieldname != 'Wind_Exposure') & (fieldname != 'View_Factor_to_Ground') & (fieldname !=
'Number_of_Vertices')]
    x = field[0::3]
    y = field[1::3]
    z = field[2::3]
    coord = (x,y,z)
    return coord

#计算平均数
def averagenum(num):
    nsum = 0
    for i in range(len(num)):
        nsum += num[i]
    return nsum / len(num)

#数据清洗, 无负荷房间剔除
def Floorclean(FloorCoreCoordinate, officeload):
    listclean = []
    for i in range(len(officeload)):
        for j in range(len(FloorCoreCoordinate)):
            if re.match(FloorCoreCoordinate[j][0], officeload.roomname[i].replace(' ', ''), re.I):
                listclean.append(FloorCoreCoordinate[j])

```

```

return listclean

#roomloadname 负荷房间
#officeload = pd.read_excel('E:\python\auto\Peakload.xlsx').dropna(how='all')
#roomloadname=officeload.roomname

csv_file = "C:\Users\Lenovo\Desktop\FCUlist.csv"
csv_data = pd.read_csv(csv_file, low_memory = False,encoding='gbk')#防止弹出警告
FCUresult = pd.DataFrame(csv_data)
FCUresult.rename(columns={'Unnamed: 0':'roomname'}, inplace = True)

zones = idf1.idfobjects['ZONE']
Welllist=[zone.Name for zone in zones if 'wellhole' in zone.Name]

#读取 BuildingSurface 类
BuildingSurface = idf1.idfobjects['BUILDINGSURFACE:DETAILED']

#读取 ZoneListe 类
ZoneList = idf1.idfobjects['ZONELIST']

#从 ZoneList 提取空调房间 ACZone 和走廊的信息
ACZone = [ZoneList[0][fieldname] for fieldname in ZoneList[0].fieldnames if (ZoneList[0][fieldname] !=
&(fieldname!='Name')&(fieldname!='key'))]
Corridor = [ZoneList[1][fieldname] for fieldname in ZoneList[1].fieldnames if (ZoneList[1][fieldname] !=
&(fieldname!='Name')&(fieldname!='key'))]

#根据 ACZone 提取读取 BuildingSurface 类中对应的 ACZone 的 Floor 信息 np.in1d 用于判别某 item
否属于某 list
ACFloorSurface = [surface.Name for surface in BuildingSurface if (surface.Surface_Type == "Floor")&
np.in1d(surface.Zone_Name,ACZone) ]

#根据 Corridor 提取读取 BuildingSurface 类中对应的 Corridor 的 Floor 信息
CorridorFloorSurface = [surface.Name for surface in BuildingSurface if (surface.Surface_Type == "Flo
& np.in1d(surface.Zone_Name,Corridor) ]
CorridorZoneFloor = [(surface.Zone_Name,surface.Name) for surface in BuildingSurface if \
(surface.Surface_Type == "Floor")& np.in1d(surface.Zone_Name,Corridor) ]

```

```

#wellhole
WellholeSurface = [surface.Name for surface in BuildingSurface if (surface.Surface_Type == "Floor")\
& np.in1d(surface.Zone_Name,Welllist) ]

def del_1(alist):
    if alist:
        alist.sort()
        for i in range(len(alist) - 1, 0, -1):
            if alist[i][0] == alist[i-1][0]:
                del alist[i]

del_1(CorridorZoneFloor)

#获取每个 Floor 对应的 zone 和形心坐标

FloorCoreCoordinate = [[SurfaceAttribute(surface,BuildingSurface,'Zone_Name'),\
SurfaceCore(surface,BuildingSurface)] for surface in ACFloorSurface]
FloorCoreCoordinate.sort()

CorridorCoreCoordinate = [[SurfaceAttribute(surface,BuildingSurface,'Zone_Name'),\
SurfaceCore(surface,BuildingSurface)] for surface in CorridorFloorSurface]
CorridorCoreCoordinate.sort()
#####竖井地址
WellholeCoreCoordinate = [[SurfaceAttribute(WellholeSurface[0],BuildingSurface,'Zone_Name')\
,[tuple(SurfaceCore(WellholeSurface[0],BuildingSurface))]]]

#设备坐标
EquipmentCoreCoordinate = [[SurfaceAttribute(surface,BuildingSurface,'Zone_Name'),\
EquipmentCore(surface,BuildingSurface)] for surface in ACFloorSurface]

EquCorridorCoreCoordinate = [[SurfaceAttribute(surface,BuildingSurface,'Zone_Name'),\
Surface_tututulist(surface,BuildingSurface)] for surface in CorridorFloorSurface]

#####floor 地址
newEquipmentCoreCoordinate=Floorclean(EquipmentCoreCoordinate,officeload)
#####走廊地址
newEquCorridorCoreCoordinate=Floorclean(EquCorridorCoreCoordinate,officeload)

#office 设备坐标
equxyzoffice = pd.DataFrame(newEquipmentCoreCoordinate, columns=['roomname', 'xyz'])
#WELLHOLE 设备坐标
equxyzwellhole = pd.DataFrame(WellholeCoreCoordinate, columns=['roomname', 'xyz'])

```

```

dfnewEquCorridorCoreCoordinate = pd.DataFrame(newEquCorridorCoreCoordinate,
columns=['roomname', 'xyz'])
#走廊设备坐标
equxyzcor = pd.DataFrame(columns=['roomname', 'xyz'])
for i in range(len(dfnewEquCorridorCoreCoordinate)):
    if len(dfnewEquCorridorCoreCoordinate.xyz[i])>1:
        equxyzcor=equxyzcor.append(dfnewEquCorridorCoreCoordinate.iloc[i],ignore_index=True)

equxyz = pd.DataFrame(columns=['room_name', 'xyz'])

for i in range(len(equxyzoffice)):
    n=len(equxyzoffice.xyz[i])
    for j in range(n):
        row={'room_name':equxyzoffice.roomname[i]+'_'+str(j+1),'xyz':equxyzoffice.xyz[i][j]}
        equxyz=equxyz.append(row,ignore_index=True)

for i in range(len(equxyzwellhole)):
    n=len(equxyzwellhole.xyz[i])
    for j in range(n):
        row={'room_name':equxyzwellhole.roomname[i]+'_'+str(j+1),'xyz':equxyzwellhole.xyz[i][j]}
        equxyz=equxyz.append(row,ignore_index=True)

for i in range(len(equxyzcor)):
    n=len(equxyzcor.xyz[i])
    for j in range(n):
        row={'room_name':equxyzcor.roomname[i]+'_'+str(j+1),'xyz':equxyzcor.xyz[i][j]}
        equxyz=equxyz.append(row,ignore_index=True)

#竖井位置
def find_well():
    for w in range(len(equxyz)):
        if 'wellhole' in equxyz.room_name[w]:
            return equxyz.room_name[w]
startPoint=find_well()

listzz=[]
listzz=[]
for i in range(len(equxyz)):
    listzz.append(equxyz.xyz[i][2])

for i in range(len(listzz)):

```

```
listzzz.append(equxyz.xyz[i][2])
```

```
def del_1(alist):
    if alist:
        alist.sort()
        last = alist[-2]
        for i in range(len(alist)-2, -1, -1):
            if last==alist[i]:
                del alist[i]
    else:
        last=alist[i]
def del_2(alist):
    for i in range(len(alist) - 1, 0, -1):
        if alist[i] == alist[i-1]:
            del alist[i]
del_1(listzzz)
del_2(listzzz)
#print(listzzz, listzz)

#      list 生成

list1=pd.DataFrame(columns=['room_name', 'xyz'])
for i in range(len(equxyz)):
    if equxyz.room_name[i]==startPoint:
        wellxyz=equxyz.xyz[i]

list1 = list1.append({'room_name':startPoint,'xyz':wellxyz}, ignore_index=True)
xxdict={}
yydict={}
#floor=1
for i in range(len(equxyz)):
    if equxyz.xyz[i][2]==listzzz[floor-1]:

        list1=list1.append(equxyz.iloc[i],ignore_index=True)
for i in range(len(list1)):
    xxdict[i+1]=list1.room_name[i]
    yydict[list1.room_name[i]]=i+1

a=np.zeros((len(list1),len(list1)))

for i in range(len(list1)):
    for j in range(len(list1)):
```

$$a[i][j]=((\text{float}(\text{list1.xyz}[i][0])-\text{float}(\text{list1.xyz}[j][0]))**2+(\text{float}(\text{list1.xyz}[i][1])-\text{float}(\text{list1.xyz}[j][1]))**2)**0.5$$

#寻路

```
def primToMST(adj,startPoint="A"):
```

```
    vnew=[startPoint]
```

```
    edge=[]
```

```
    summ=0
```

```
    #vnew
```

```
    while len(vnew)<len(yydict):
```

```
        imin = (-1,float('Inf'))
```

```
        centerCity=""
```

```
        for city in vnew:
```

```
            cur = yydict[city]-1
```

```
            ws = adj[cur]
```

```
            for (i,w) in enumerate(ws):
```

```
                if xxdict[i+1] not in vnew and 0 < w and w < imin[1]:
```

```
                    imin = (i+1,w)
```

```
                    centerCity=city
```

```
            vnew.append(xxdict[imin[0]]) #add the city with minimum weight
```

```
            edge.append((centerCity,xxdict[imin[0]]))
```

```
            summ+=imin[1]
```

```
    return summ,vnew,edge
```

```
#
```

```
summ,vnew,edges =primToMST(a,startPoint)
```

#创建管路信息

```
#Pipedf = pd.DataFrame(columns=('inport','outport','name','load','diameter','velocity','length'))
```

```
Pipedf = pd.DataFrame(columns=('inport','outport','name','load'))
```

```
for i in range(len(edges)):
```

```
    Pipedf=Pipedf.append({'inport':edges[i][0],'outport':edges[i][1],'name':edges[i][0]+'_'+edges[i][1],
ignore_index=True)
```

#找到平面支路起点终点

```
ENDofgame = [x for x in list(Pipedf.outport) if x not in list(Pipedf.inport)]
```

#房间负荷

```
#officeload = pd.read_excel('E:\python\auto\Peakload.xlsx').dropna(how='all')
```

#来自房间负荷的管路负荷

```
def getload_of_pipe(officeload,target):
```

```

    peakl=0.0
    nnn=1
    for i in range(len(officeload)):
        if re.match(re.sub(r'\w\d$', "", target),officeload.roomname[i].replace(' ',''),re.I):
            peakl=officeload.peak[i]
    for t in range(len(FCUresult)):
        if re.match(re.sub(r'\w\d$', "", target),FCUresult.roomname[t].replace(' ',''),re.I):
            nnn=FCUresult.quantity[t]
    return peakl/nnn

df = pd.DataFrame({'id':list(Pipedf.inport),'pid':list(Pipedf.outport)})

# 获取 id 的所有子节点
def get_pid_list(df, id):
    tmp_df = df[df['id'] == id]

    if tmp_df.empty or tmp_df['pid'].values[0] is None:
        return pd.DataFrame(columns=['id', 'pid'])
    else:
        return get_pid_list(df, tmp_df['pid'].values[0]).append(tmp_df)

id_list = df['id'].values
for i in id_list:
    #待改进
    pid_list = get_pid_list(df, i)['pid'].values.tolist()
    sum_pid_list=pid_list
    for j in range(len(pid_list)):
        son_pid_list=get_pid_list(df, pid_list[j])['pid'].values.tolist()
        sum_pid_list = list(set(sum_pid_list).union(set(son_pid_list)))

    sum_sum_pid_list=sum_pid_list
    for k in range(len(sum_pid_list)):
        son_son_pid_list=get_pid_list(df, sum_pid_list[k])['pid'].values.tolist()
        sum_sum_pid_list = list(set(sum_sum_pid_list).union(set(son_son_pid_list)))

    sum_sum_sum_pid_list=sum_sum_pid_list
    for q in range(len(sum_sum_pid_list)):
        son_son_son_pid_list=get_pid_list(df, sum_sum_pid_list[q])['pid'].values.tolist()
        sum_sum_sum_pid_list = list(set(sum_sum_sum_pid_list).union(set(son_son_son_pid_list)))

    sum_4_pid_list=sum_sum_sum_pid_list
    for q in range(len(sum_sum_sum_pid_list)):
        son_4_pid_list = get_pid_list(df, sum_sum_sum_pid_list[q])['pid'].values.tolist()
        sum_4_pid_list = list(set(sum_4_pid_list).union(set(son_4_pid_list)))

```

```

sum_5_pid_list=sum_4_pid_list
for q in range(len(sum_4_pid_list)):
    son_5_pid_list=get_pid_list(df, sum_4_pid_list[q])['pid'].values.tolist()
    sum_5_pid_list = list(set(sum_5_pid_list).union(set(son_5_pid_list)))

sum_6_pid_list=sum_5_pid_list
for q in range(len(sum_5_pid_list)):
    son_6_pid_list=get_pid_list(df, sum_5_pid_list[q])['pid'].values.tolist()
    sum_6_pid_list = list(set(sum_6_pid_list).union(set(son_6_pid_list)))

sum_7_pid_list=sum_6_pid_list
for q in range(len(sum_6_pid_list)):
    son_7_pid_list=get_pid_list(df, sum_6_pid_list[q])['pid'].values.tolist()
    sum_7_pid_list = list(set(sum_7_pid_list).union(set(son_7_pid_list)))

#print(i,sum_7_pid_list)

load=getload_of_pipe(officeload,i)

#print(i,load)

for j in sum_7_pid_list:
    load+=getload_of_pipe(officeload,j)

m = Pipedf[(Pipedf.outport==i)].index.tolist()
Pipedf.load[m]=load

#终点 房间负荷就是管路负荷
for i in range(len(ENDDofgame)):
    load=getload_of_pipe(officeload,ENDDofgame[i])
    for j in range(len(Pipedf)):
        if Pipedf.outport[j]==ENDDofgame[i]:
            Pipedf.load[j]=load

##end list1.room_name[i]
Pipedf['length']=1
for i in range(len(Pipedf)):
    for j in range(len(list1)):
        if Pipedf.inport[i]==list1.room_name[j]:
            a=j
    for k in range(len(list1)):
        if Pipedf.outport[i]==list1.room_name[k]:

```



```

        b=k
        Pipedf.length[i]=((float(list1.xyz[a][0])-float(list1.xyz[b][0]))**2+(float(list1.xyz[a][1])-
float(list1.xyz[b][1]))**2)**0.5

    DN=0
    Pipedf['DN']=0
    for i in range(len(Pipedf)):
        Flow=Pipedf.load[i]/(abs(Swtemp-Hwtemp)*1.16)
        v=2
        d=round((4*Flow/v/3.14)**0.5,2)
        for j in range(len(DDN)):
            if d>=DDN.d[j] and d<DDN.d[j+1]:
                DN=DDN.DN[j+1]
            elif d<DDN.d[0]:
                DN=DDN.DN[0]
        Pipedf.DN[i]=DN

    return Pipedf

#idf 文件访问
iddfile = "C:\\Users\\Lenovo\\Desktop\\0417\\jj\\Energy+.idd"
fname1 = "C:\\Users\\Lenovo\\Desktop\\0417\\jj\\PerfectIDF_final1.idf"
IDF.setiddname(iddfile)
idf1 = IDF(fname1)

#房间负荷访问
officeload = pd.read_excel('E:\\python\\auto\\Peakload.xlsx').dropna(how='all')

#DNN 模数表
csv_file = "C:\\Users\\Lenovo\\Desktop\\0417\\dDN.csv"
csv_data = pd.read_csv(csv_file, low_memory = False)#防止弹出警告
DDN= pd.DataFrame(csv_data)

#输入供回水温度
print('供水温度')
Swtemp=int(input())
print('回水温度')
Hwtemp=int(input())

#楼层数

```

```
fl=3
print('计算第几层\n')
for i in range(fl):
    print(str(i+1)+':Floor'+str(i+1)+'\n')
print('请选择序号\n')
floor=int(input())

#main
Pipeload=pipefirst(idf1,officeload,floor)
Pipeload.to_csv("C:\\Users\\Lenovo\\Desktop\\pipelist.csv")
##end
```

个人简历、在读期间发表的学术论文与研究成果

个人简历:

杨志伟, 男, 1993 年 6 月生。

2016 年 6 月毕业于南京航空航天大学 建筑环境与设备工程专业 获学士学位。

2016 年 9 月入同济大学读硕士研究生。

已发表论文:

[1] 杨志伟,许鹏,陈喆.基于 BIM 的空调系统自动设计.建设科技,2018.12,No.23:44-48