

第 5 章 智能户型设计系统设计与实现

本章节主要介绍智能户型设计系统的设计与实现，即针对本文第三章和第四章所提出的无边界户型设计迭代生成模型和户型设计图房间信息优化模块进行了封装，在此基础上开发了一套智能户型设计系统。

智能户型设计系统通过图形化界面的方式供用户直接调用本文的无边界户型设计生成算法模型，进行无边界户型设计生成。本章节将围绕系统简介、需求分析、系统设计与实现和系统展示等四个模块对本文的智能户型设计系统进行详细的介绍和展示。

5.1 系统简介

智能户型设计系统是以本文所提出的无边界户型设计迭代生成模型为核心所开发的一套前后端分离的 Web 系统，智能户型设计系统的核心功能是为用户提供了一套可交互的图形化界面方便用户操作，这套图形化界面使得用户可以直接调用本文的无边界户型设计迭代生成算法快速进行无边界户型设计。

本文的无边界户型设计生成算法的输入为一张表示房间邻接关系的图结构，图中给出了户型设计图中的房间类别信息和每个房间的邻接关系。因此本章节的智能户型设计系统为系统用户提供了房屋邻接关系图的编辑功能，用户可通过拖拽结点和边的方式自定义房屋邻接关系图，通过生成按钮即可实现户型设计图的一键生成。

同时，智能设计系统提供了户型设计图管理模块为用户提供了户型设计图管理功能，在无边界户型设计算法调用结束后，系统会展示模型所生成的户型设计图，便于系统用户查看和使用。此外，用户可多次点击生成按钮，多次调用户型设计算法生成多张不同的户型设计图。对于满意的户型设计图，用户可以点击收藏，并在之后可以在个人中心进行查看。

本文所开发的智能户型设计系统包含多个功能模块，其中最为核心的模块为房屋邻接关系图编辑模块和无边界户型设计生成算法调用模块。同时，系统还包含登录验证模块、个人中心模块等。

智能户型设计系统包含三个系统部分：前端部分、后端部分和算法端部分。

前端部分采用 Vue^①前端框架编写,使用 Ant-Design-Vue^②UI 框架进行 UI 设计,在部分数据逻辑上会与后端进行交互。在智能户型设计系统中,前端的核心功能为房屋邻接图构造功能,提供了对应的可操作界面方便用户构造自定义房屋邻接图,同时前端需对无边界户型设计算法进行请求,并将算法所生成的户型设计图展示在对应的界面中。

而后端部分采用 Springboot^③框架进行编写,后端主要用于部分数据交互逻辑的处理,后端是前端和算法端交互的桥梁。在智能户型设计系统中,后端需要处理来自前端的无边界户型设计请求,并将对应的请求信息转发至算法端,对于算法端所返回的户型设计图结果,后端需要将其转发至前端进行展示。同时,为了便于对模型生成的户型设计图进行管理,后端提供了对户型设计图的存储功能。

而算法端部分采用 Flask^④框架编写,算法端是智能户型设计的核心部分。算法端部分主要对本文第三章和第四章所提出的无边界户型设计迭代算法和房间信息优化模块耦合到一起并封装成为对应无边界户型设计网络接口,供外部进行调用和生成。

系统的数据库部分采用 MYSQL^⑤进行必要的数据存储。在智能户型设计系统中,所存储的内容包括基本的用户信息和户型设计图信息。智能户型设计系统的后端和数据库进行数据交互,通过使用 hibernate ORM 框架使得后端可以以对象编程的方式操纵数据库。

5.2 需求分析

本小节为智能户型设计系统的需求分析部分,本小节主要介绍智能户型设计系统的核心功能。本系统包含五个功能模块:登录管理模块、户型设计算法模块、房屋邻接关系图管理模块、户型设计图管理模块和个人中心模块。系统的整体功能如图5-1所示。

登录管理模块主要用于用户注册登录,在用户注册登录时进行用户身份的验证,在这一模块中主要对基本的用户信息进行存储验证。户型设计算法模块是本文的核心功能模块,对应了无边界户型设计生成功能,这里的功能为需将模型的使用封装成对应的接口以供外部调用。房屋邻接关系图管理模块主要负责房屋邻接关系图的编辑,这里涉及到对房屋邻接关系图中的结点信息即房间类别信息的编辑以及对边信息即房间邻接关系信息进行编辑。在户型设计图管

① <https://v2.vuejs.org/>

② <https://1x.antdv.com/docs/vue/introduce/>

③ <https://spring.io/projects/spring-boot>

④ <https://flask.net.cn/>

⑤ <https://www.mysql.com>

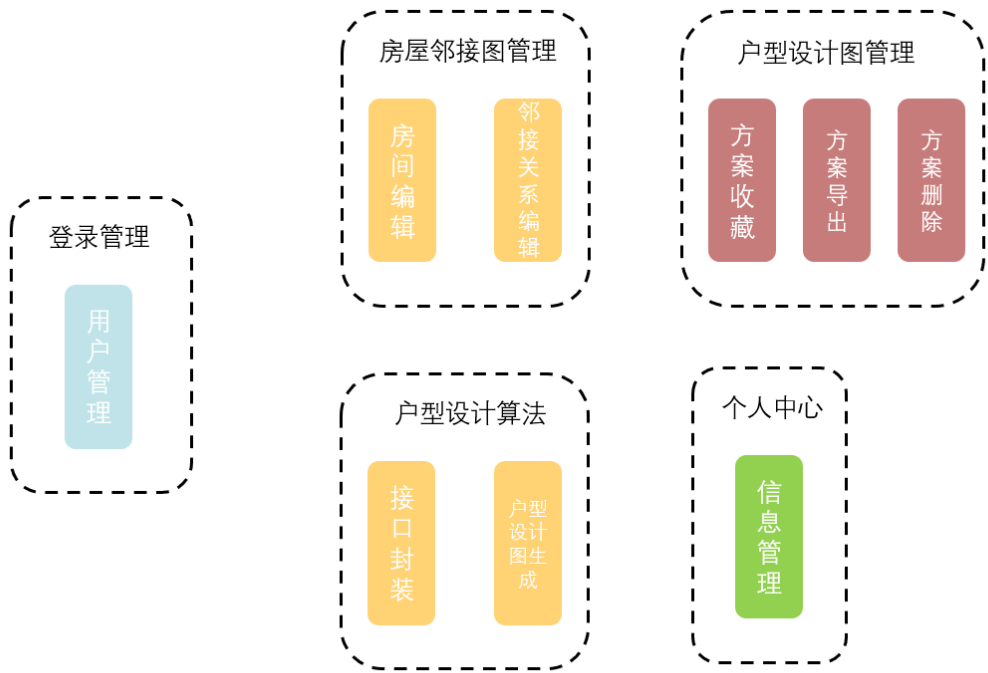


图 5-1 系统整体功能

理模块中，主要分为了方案收藏、方案导出和方案删除三个基本功能，分别对应用户可以收藏自己喜欢的户型设计方案，也可以将自己的户型设计方案导出下载到本地，用户也可以选择删除自己已经收藏的设计方案。在个人中心模块中，功能主要涉及用户对于自身个人信息，如用户名、密码等基本信息的维护以及对用户收藏的户型设计图的维护。

本文将在下一小节，围绕本小节中最为核心的房屋邻接关系图管理模块、户型设计算法模块以及户型设计图管理模块等三个模块中的功能进行详细的设计与实现。

5.3 系统设计与实现

本小节为智能户型设计系统的系统设计与实现部分，主要针对上文所提到的房屋邻接关系图管理模块、户型设计算法模块以及户型设计图管理模块等三个核心模块进行设计与实现，同时在本小节也将重点介绍智能户型设计系统的前端、后端和算法端三个部分。

5.3.1 系统架构

本文的智能户型设计系统包含了三个部分：前端、后端和算法端，系统的总体架构设计如图5-2所示。前端部分使用 Vue 框架进行编写，提供了可供用户直接进行操作的图形化界面，在部分数据逻辑上，前端需要与后端通过 HTTP 请

求以接口请求的方式进行交互。后端采用 Springboot 框架编写，后端主要功能为处理部分前端数据处理逻辑，对外暴露出多个接口供前端进行调用，后端使用 Mysql 数据库进行数据存储，同时后端还扮演着前端和算法端交互的桥梁的角色。算法端是智能户型设计系统的核心部分，使用 pytorch 框架编写并训练得到本文的无边界户型设计生成模型，使用 Flask 框架将模型封装成为网络接口供外部进行调用。

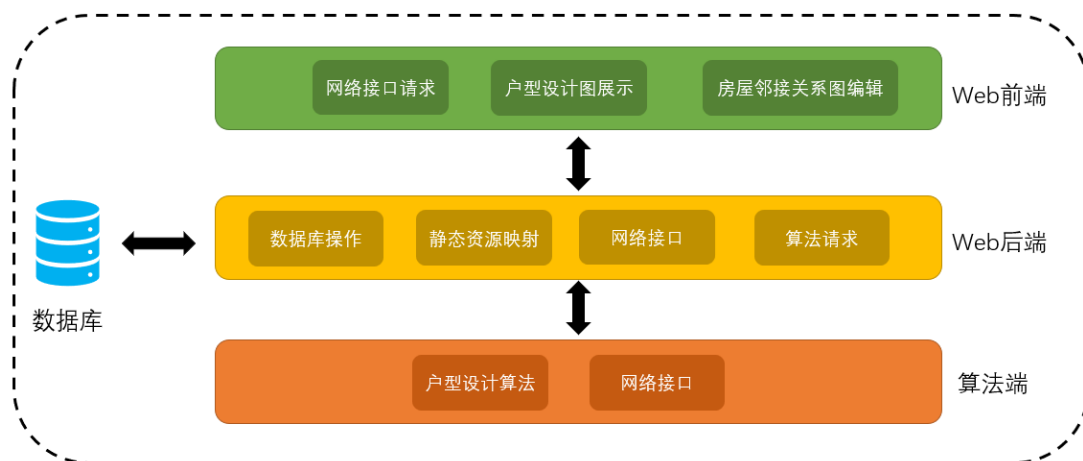


图 5-2 系统整体架构设计

5.3.2 房屋邻接关系图管理

本小节主要介绍智能户型设计系统中的房屋邻接关系图管理模块的设计与实现。房屋邻接关系图是本文无边界户型设计生成算法的核心输入，因此对于智能户型设计系统来说为用户提供一个可直接编辑生成自定义房屋邻接关系图的图形化界面是十分有必要的。

在房屋邻接关系图管理模块中，需要设计并实现出一套图形化界面，在该界面上，用户可以通过简单操作对预设的房屋邻接关系图进行自定义编辑，这里的编辑主要针对房屋邻接关系图中的结点信息和边信息。对结点信息的编辑主要涉及结点的新增、删除和移动，而对边信息的编辑则涉及边的添加和删除。同时在编辑过程中，应对房屋邻接关系图的图结构信息进行实时更新保存。

通过对现有的前端图编辑技术方案进行调研对比，本文采用了 AntV 旗下的图编辑引擎 X6^①来实现本文的房屋邻接关系图编辑功能，X6 提供了强大的图编辑功能，通过简洁的前端代码段即可实现结点和边的添加、删除等功能，完全满足本文中对于房屋邻接关系图编辑的需要。

^① <https://x6.antv.vision/zh>

基于 X6 图编辑引擎，通过预先定义部分结点信息和边信息，构造一个预定义户型设计图，用户可基于该户型设计图进行修改。在智能户型设计系统所实现的房屋邻接关系图编辑图形化界面中，用户可以编辑房间结点信息，同时用户也可以通过给房间结点连边的方式去指定两个房间之间的邻接关系。用户对于房屋邻接关系图的编辑其本质是对 X6 中结点与边两种数据结构的编辑，同时针对用户每次对房屋邻接关系图的编辑，前端会实时记录下房屋邻接关系图的图结构信息，这些图结构信息会被作为之后的算法请求接口的无边界户型设计生成算法的模型输入。

5.3.3 户型设计算法

本小节主要介绍智能户型设计系统中的户型设计算法模块，对其功能进行对应的设计与实现。其中在本文第三章和第四章所提出的无边界户型设计生成算法是本模块的核心内容。

基于本文第三章和第四章对本文所提出的无边界户型设计生成算法模型部分的介绍和结构设计，使用 Pytorch^①深度学习框架对模型部分的代码进行了编写，并使用 RPLAN 数据集对模型进行了训练，得到一个训练好的模型.pth 文件。此后的无边界户型生成请求都通过调用该训练好的模型文件进行处理。

为了将模型的请求暴露给外部进行调用，且考虑到本文模型采用 Python 语言编写，因此，采用轻量级 Python 后端框架 Flask 将本文的模型调用封装成为 Web 接口供后端使用 HTTP 请求进行接口调用，封装完成的算法请求接口信息如表5-1所示。

接口请求字段	字段含义	备注
nodes	结点特征，每个房间的类别信息	后续会转换为 one-hot 向量
edges	边特征，房间间的邻接关系	三元组结构
接口返回字段	字段含义	备注
result	户型设计图	户型设计图的图像 URL
error	报错信息	若无报错，error 为空

表 5-1 户型设计算法接口信息

从整个算法请求流程上来看，用户在前端的图形化界面对房屋邻接关系图进行编辑，获取到目标房屋邻接关系图及其对应的节点和边的数据信息。用户随后点击生成按钮，前端通过 Axios^②发送 HTTP 请求后端对应接口，并将房屋

① <https://pytorch.org/>

② <https://axios-http.com/docs/intro>

邻接关系图的信息作为接口请求数据传递给后端，后端对数据进行简单处理后会请求算法端接口进行户型设计，采用 OKHTTP^① 依赖库进行网络通信，对于算法端返回的户型设计图片，后端会对其进行资源映射，将图片存储到本地并映射对应的网络 URL 返回至前端，前端对户型设计图进行展示。整个户型设计算法的请求流程中的数据流向如图 5-3 所示。

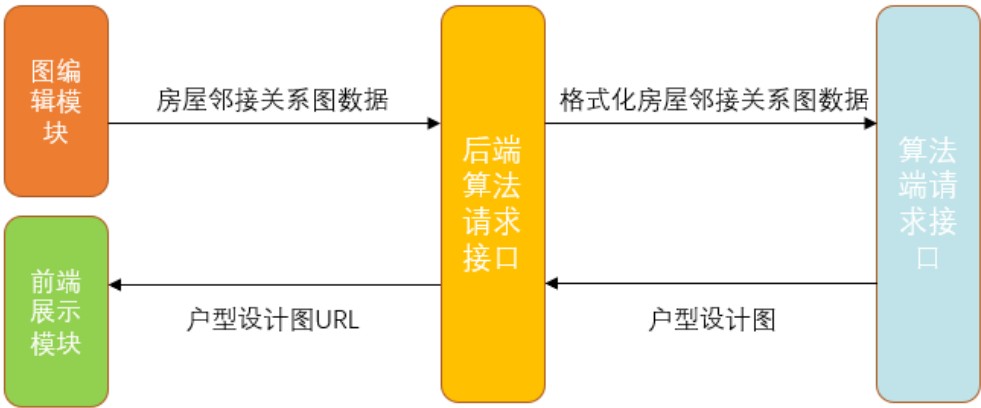


图 5-3 户型设计请求流程

5.3.4 户型设计图管理

本小节主要介绍智能户型设计系统中的户型设计图管理模块，在上文中介绍到系统用户可以通过在系统界面的操作一键进行无边界户型设计，用户可以通过点击多次生成按钮生成多张户型设计图。因此在智能户型设计系统中开发了对应的户型设计图管理模块，供用户对生成的户型设计图进行管理操作。在户型设计过程中，用户可能需要对部分满意的户型设计图进行保存，围绕这一项用户需求，在智能户型设计系统中设计并实现了户型设计图的保存和删除等功能。

针对户型设计图的存储，需要在后端的 MySQL 数据库中为之设计相应的表结构，进而实现户型设计图的存储以及和用户信息进行绑定。在户型设计图存储中，除了户型设计图本身的信息外，同样需要对户型设计图对应的房屋邻接关系图进行存储。使用全自动 ORM 框架 hibernate^② 以面向对象的方式对数据库进行操作，

在户型设计图管理模块中，主要存在两张表字段：户型设计图存储的数据库

① <https://square.github.io/okhttp/>

② <https://hibernate.org/>

表和户型设计图与人员绑定的数据库表。户型设计图存储的数据库表字段设计如表5-2所示，户型设计图与人员绑定的数据库表字段设计如表5-3所示。

字段名	字段含义	备注
ID	户型设计图 ID 信息	由系统自动生成
imageUrl	户型设计图图片 URL	无
createTime	创建日期	户型设计图保存日期
graphInfo	房屋邻接关系图信息	户型设计图对应的关系图信息

表 5-2 户型设计图信息字段信息

字段名	字段含义	备注
ID	户型设计图与人员绑定 ID 信息	由系统自动生成
DID	户型设计图 ID 信息	由系统自动生成
UID	用户 ID 信息	UUID，由系统生成

表 5-3 户型设计图人员绑定字段信息

一方面为了方便户型设计图的数据存储，另一方面也为了对户型设计图进行导出，对户型设计图静态资源进行了资源映射，使得前端用户可以通过访问户型设计图图片的网络 URL 对图片资源进行访问。

在本文的智能户型设计系统中，系统为用户提供了户型设计图收藏、导出和删除等功能，分别对应了户型设计图数据库表的添加、删除以及户型设计图的资源下载等功能，在后端分别为每个功能实现了对应的接口，以供前端进行调用。

5.4 系统展示

本节为智能户型设计系统的系统展示部分，在本节将对智能户型设计系统的各部分功能进行展示，并提供相应的系统截图和对应的文字说明。

5.4.1 登录界面

智能户型设计系统的登录界面如图5-4所示。

在系统登录界面中，已有账号用户可通过在指定文本框中输入正确的账号名和密码，即可实现登录。而没有账号的用户可以通过点击下方的“还没有账户？立即注册”链接进行账号的注册。

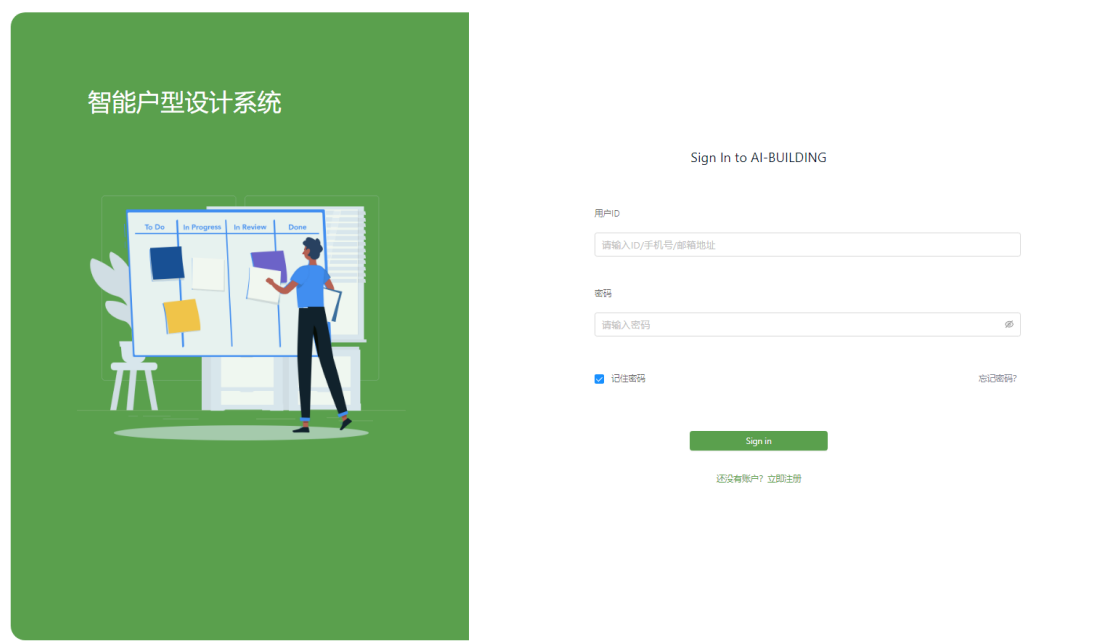


图 5-4 登录界面

5.4.2 系统主页

在智能户型设计系统的主页，包含了三个功能区部分：房屋邻接关系图编辑区、户型设计图展示区和历史户型设计图展示区。系统主页界面如图5-5所示。

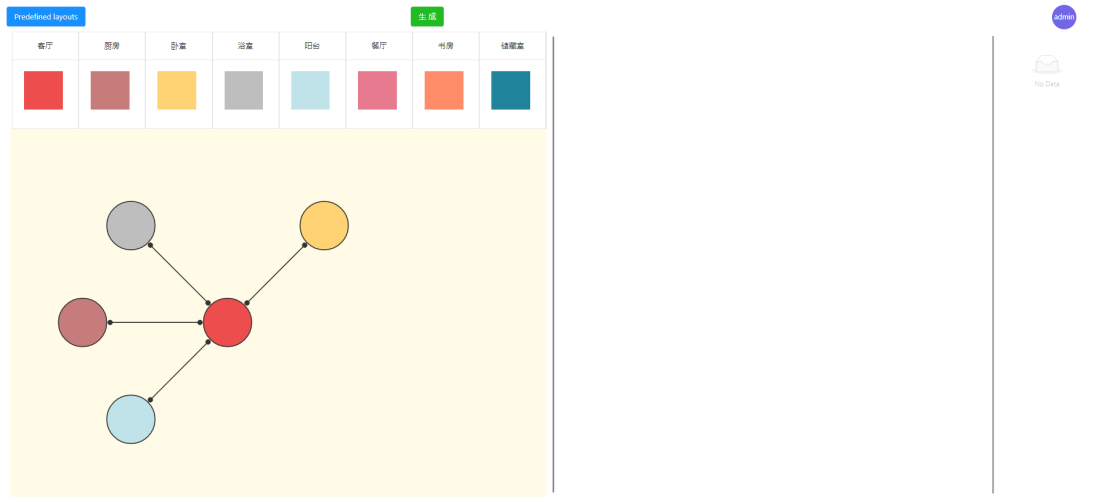


图 5-5 系统主页界面

在左侧的房屋邻接关系图编辑区，预先设置了一个房屋邻接关系图，用户可在此基础上进行编辑操作。在智能户型设计系统中，提供了客厅、厨房、卧室、浴室、阳台、餐厅、书房、储藏室等八个房间类型供用户进行户型设计。

用户可以通过点击房间标签，在画布中新建对应的房间结点，也可以在结点之间进行连边，指定房间之间的邻接关系。同时，系统用户也可以对已有的房间

结点或边进行拖拽或删除操作，如图5-6所示。



图 5-6 房屋邻接关系图编辑区

在用户编辑完房屋邻接关系图后，通过点击上方的生成按钮即可开始户型设计图的设计生成工作，在等待几秒后，就可查看由本文的无边界户型设计生成模型所生成的户型设计图，位于屏幕右侧的历史户型设计图区域展示了过去生成的户型设计图，界面如图5-7所示。

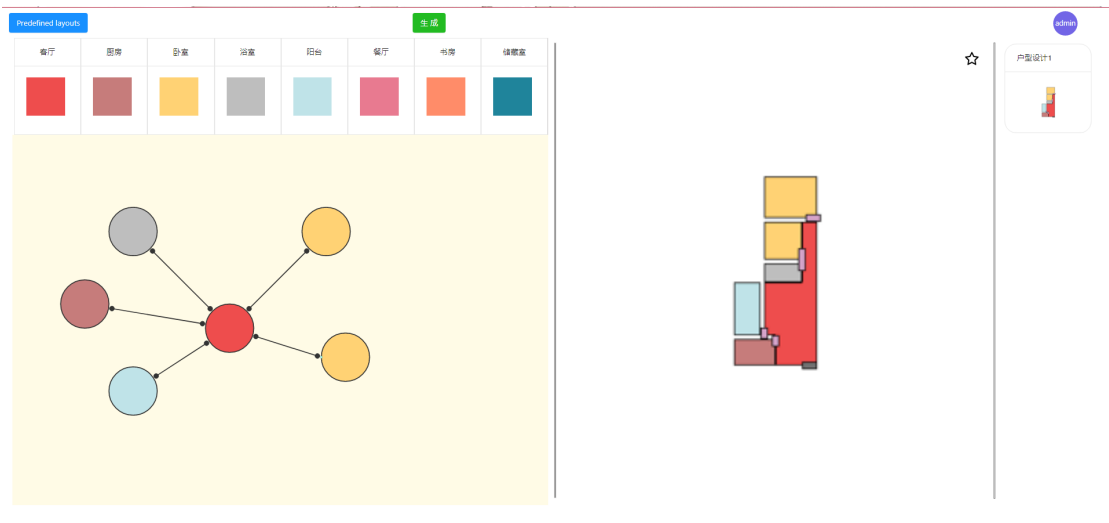


图 5-7 户型设计图展示

用户通过多次点击生成按钮，也会对无边界户型设计算法模型进行多次调用，生成多张户型设计图，如图5-8所示。

通过点击户型设计图右上角的收藏图标，系统用户可以对喜欢的户型设计图进行收藏，而收藏的户型设计图可以在用户的个人中心界面进行查看。

将鼠标光标悬浮在右上角的头像上时，会出现悬浮窗口，悬浮窗口中包含个人中心选项，点击“个人中心”即可成功跳转至个人中心界面。悬浮窗口样式如

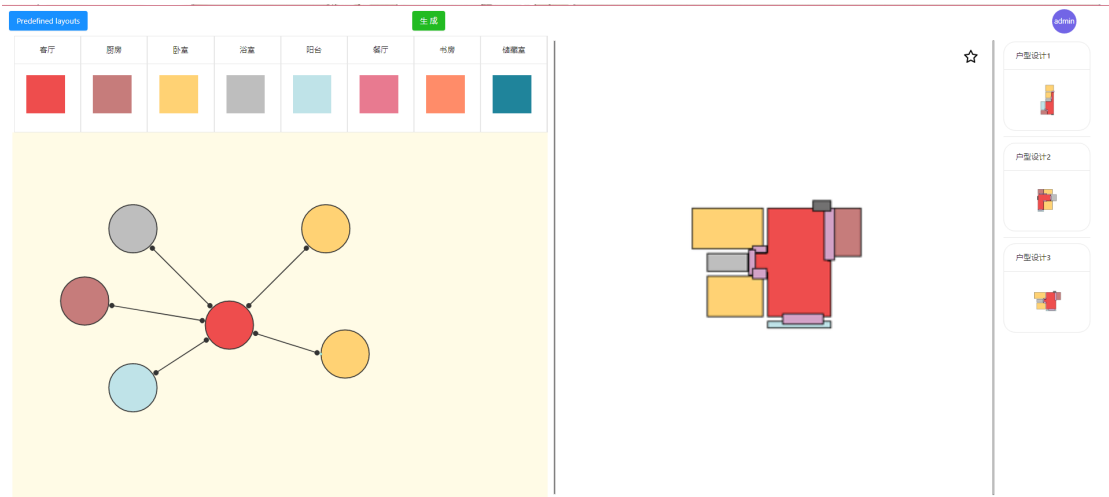


图 5-8 多张户型设计图展示

图5-9所示。

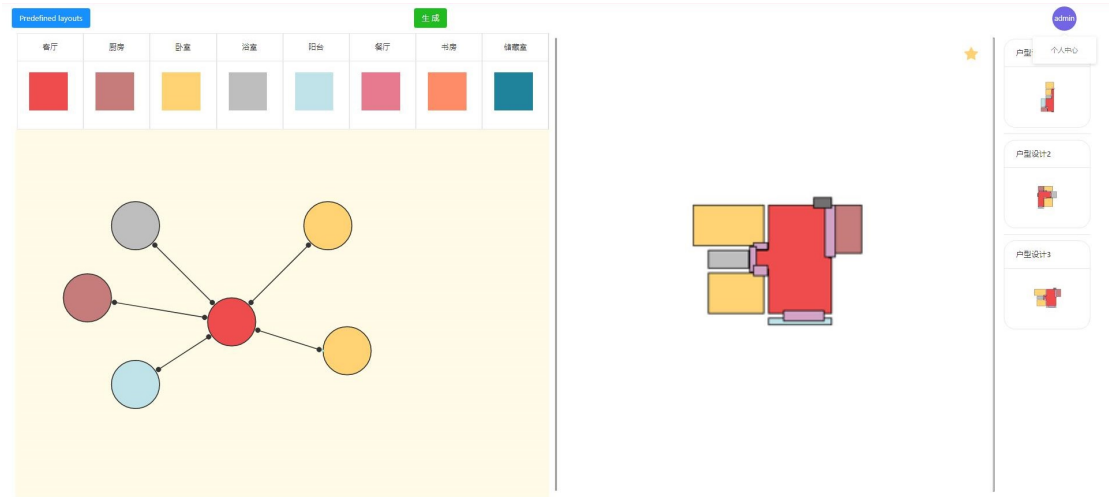


图 5-9 个人中心悬浮栏展示

5.4.3 个人中心

本小结对智能户型设计系统中的个人中心界面进行功能展示。在系统设计与实现小节指出在个人中心页面主要包含两个功能：基本信息维护功能和收藏户型设计图展示功能。

在上一节中通过点击个人中心选项后即可进入个人中心页面，个人中心页面如图5-10和5-11所示。从图中可以看出个人界面包含两个标签栏：个人中心和我的收藏，在个人中心标签栏对应的页面中，用户可以对自己的基本信息进行维护，如修改密码、更换头像等操作。

在收藏户型设计图展示界面，用户可以查看此前收藏的户型设计图的信息，

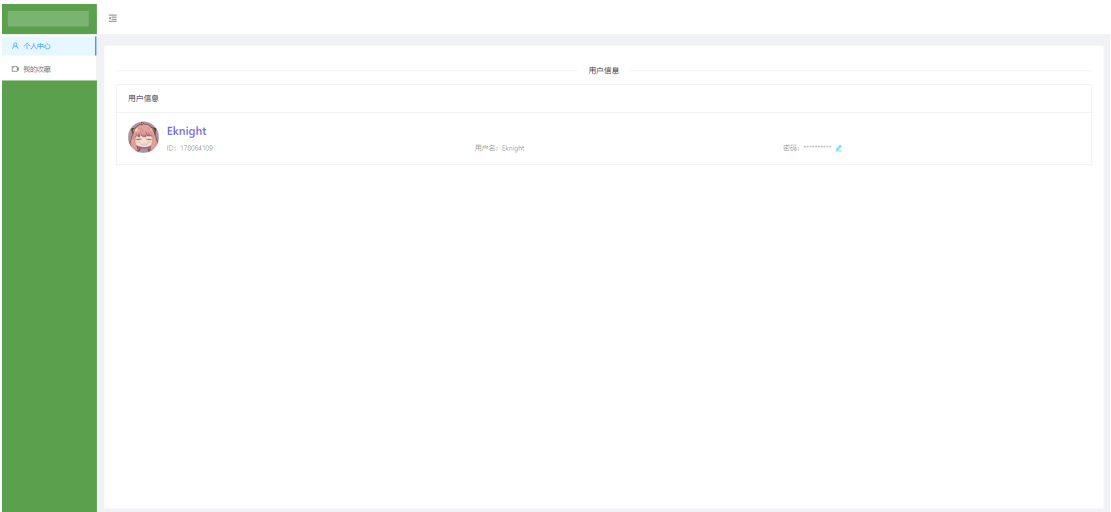


图 5-10 个人中心

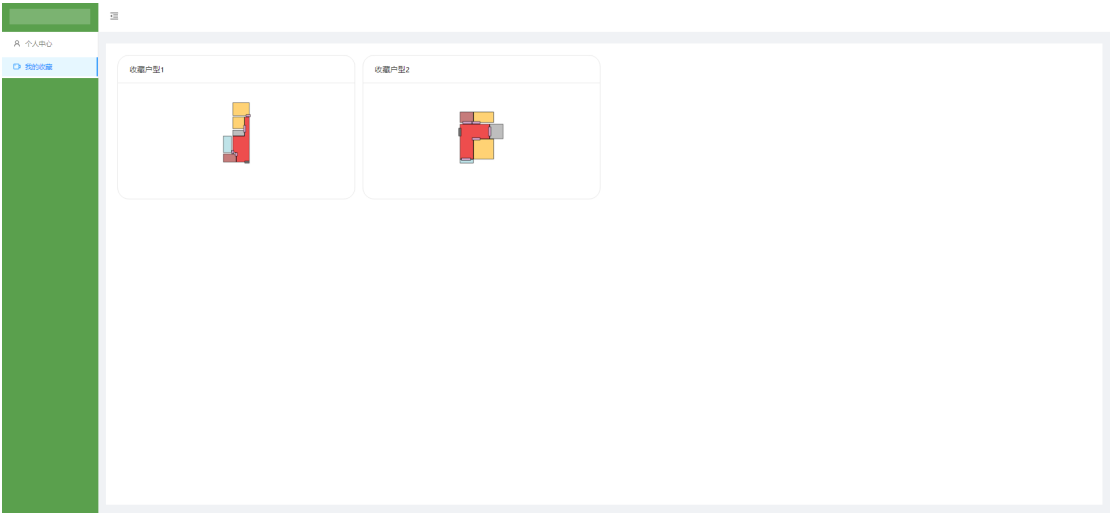


图 5-11 我的收藏

用户也可以对收藏的户型设计图进行导出或删除等操作。

5.5 本章小结

本章节主要对本文所开发的智能户型设计生成系统进行了详细的介绍，本章节首先介绍了智能户型设计系统的系统架构以及对应使用的框架和技术。接下来本文主要从登录管理、房屋邻接关系图管理、户型设计算法、户型设计图管理和个人中心等五个功能模块对本文的系统功能设计进行了说明。在功能模块的说明部分，给出了具体的数据处理逻辑和实现。同时，在系统展示部分，给出了系统界面的截图并给出了对应的文字说明，方便读者熟悉智能户型设计系统的使用。