****

**数据结构课程设计**

**项目说明文档**

**牧场修理**

姓 名： 马小龙

学 号： 2353814

学 院：计算机科学与技术学院（软件学院）

专 业： 软件工程

指导教师： 张颖

二〇二三年十一月二十三日

**目录**

[第1章 项目分析 1](#_Toc183770029)

[1.1 项目背景分析 1](#_Toc183770030)

[1.2 项目需求分析 1](#_Toc183770031)

[1.3 项目功能分析 1](#_Toc183770032)

[1.3.1 最低费用计算功能 1](#_Toc183770033)

[1.3.2 异常处理功能 2](#_Toc183770034)

[第2章 项目设计 3](#_Toc183770035)

[2.1 数据结构设计 3](#_Toc183770036)

[2.2 算法 3](#_Toc183770037)

[2.3 最小堆类设计 3](#_Toc183770038)

[2.3.1 概述 3](#_Toc183770039)

[2.3.2 MinHeap类定义 4](#_Toc183770040)

[2.3.3 构造函数与析构函数 4](#_Toc183770041)

[2.3.4 私有数据成员 5](#_Toc183770042)

[2.3.5 私有成员函数 5](#_Toc183770043)

[2.3.6 公有成员函数 5](#_Toc183770044)

[2.4 项目框架设计 5](#_Toc183770045)

[2.4.1 项目框架流程图 6](#_Toc183770046)

[2.4.2 项目框架流程 6](#_Toc183770047)

[第3章 项目功能实现 7](#_Toc183770048)

[3.1 项目主体功能实现 7](#_Toc183770049)

[3.1.1 实现思路 7](#_Toc183770050)

[3.1.2 流程图 7](#_Toc183770051)

[3.1.3 核心代码 8](#_Toc183770052)

[3.1.4 示例 8](#_Toc183770053)

[3.2 异常处理功能 9](#_Toc183770054)

[3.2.1 输入非法的异常处理 9](#_Toc183770055)

[3.2.2 动态内存申请失败的异常处理 9](#_Toc183770056)

[3.2.3 最小堆已满或为空的异常处理 10](#_Toc183770057)

[第4章 项目测试 11](#_Toc183770058)

[4.1 项目输入功能测试 11](#_Toc183770059)

[4.1.1 木头需要被锯成的块数输入功能测试 11](#_Toc183770060)

[4.1.2 每一段木头的长度输入功能测试 11](#_Toc183770061)

[4.2 最低费用计算功能测试 12](#_Toc183770062)

[第5章 相关说明 13](#_Toc183770063)

[5.1 编程语言 13](#_Toc183770064)

[5.2 Windows环境 13](#_Toc183770065)

[5.3 Linux 环境 13](#_Toc183770066)

第1章 项目分析

1.1 项目背景分析

在乡村生活中，农夫常常需要对牧场进行维护和修缮。栅栏作为牧场的重要组成部分，其稳固性直接关系到牧场的安全与动物的管理。修理栅栏时，木材是必不可少的材料。然而，由于农夫自己没有锯木工具，他需要雇佣他人对木材进行加工。锯木的酬金是根据木材的总长度来计算的，因此如何减少锯木过程中的费用成为一个需要解决的问题。通过分析发现，锯木的总成本不仅取决于木材的初始长度，还与锯木的顺序密切相关。如果将木头分成两部分后继续锯小部分的木材，费用可能会低于直接从大木头分割到目标长度。因此，优化锯木顺序以最小化总费用成为农夫降低成本的关键。

这一问题的本质属于贪心算法和优先队列（最小堆）的应用场景，通过优先处理短木材的合并，可以有效地降低每次锯木的成本。这类问题在实际生活中具有广泛的应用，例如数据压缩的霍夫曼编码或任务调度等场景。解决这一问题不仅能帮助农夫节省修缮成本，还能够为类似的资源分配优化问题提供思路。

1.2 项目需求分析

锯木问题中，农夫希望在满足长度要求的前提下，尽可能降低总花费。因此，系统需要实现一个高效的解决方案，确保可以处理大规模数据并得出最低费用的锯木方案。具体来说，系统需要能够接受输入数据，包括目标木材分段的数量及每段的长度，在此之后，系统需要基于输入数据计算出将木材锯成指定长度所需的最小费用，最终输出最小花费值。

技术需求包括支持Windows和Linux等操作系统，采用C++等主流编程语言，采用合适的数据结构。

1.3项目功能分析

本项目旨在开发一套高效的解决牧场修理问题系统，以此来帮助农夫降低修理成本。项目核心功能为计算最低费用，同时需要有基本的异常处理功能。

1.3.1 最低费用计算功能

该功能需要实现根据输入的木头段数以及各个木头长度，计算出由一根木头锯成这些木头所需要花费的最低费用。实际计算中，需要借助贪心算法以及霍夫曼树的相关思想，计算出最低总费用。

1.3.2 异常处理功能

程序对各种异常进行了基本处理，以提升系统稳定性。

第2章 项目设计

2.1 数据结构设计

本项目设计并实现了最小堆，作为主要数据结构，采用最小堆的主要原因是：

1.最小堆是一种特殊的完全二叉树结构，满足以下性质：堆中每个节点的值小于或等于其子节点的值；堆顶（根节点）始终是堆中最小的元素。在农夫锯木问题中，我们需要频繁地获取当前最短的两段木材进行合并操作，而最小堆能够直接提供最小值，非常高效。

2.锯木问题需要反复执行以下操作：移除最小的两段木材；将合并后的木材长度重新加入队列。最小堆在插入和删除操作上均能以 O() 的时间复杂度完成，这在需要频繁动态更新的场景中非常高效。

2.2 算法

贪心算法是一种在求解问题时采取逐步构建解决方案的策略，每一步都做出当前状态下的局部最优选择，希望通过这些局部最优解最终得到全局最优解。贪心算法简单高效，常用于优化类问题。

贪心算法的特点是：选择性最优性，即算法每次的选择都是基于当前状态的最优解；无后效性，即当前的选择不会影响未来的选择，即之前的决策不需要重新调整；适用性，即问题需要满足贪心选择性和最优子结构两个条件，才能使用贪心算法。

在农夫锯木问题中，我们希望最小化锯木的总花费。该问题可以采用的贪心策略为：优先合并最短的两段木材，以最小化每次锯木的费用。因为较短的木材在后续合并中对总花费的影响较小，所以合并两段最短的木材会减少未来锯木的总花费。

2.3最小堆类设计

2.3.1 概述

该通用模板类 MinHeap用于表示最小堆。该最小堆提供了一系列基本操作函数，包括数据的插入、 删除，最小堆的向上构建的向下构建的实现以及最小堆的构造和析构，满足了常见的最小堆操作需求。

2.3.2 MinHeap类定义

template<typename T>  
class MinHeap {  
public:  
 MinHeap(int maxSize);  
 MinHeap(T arr[],int n);  
 ~MinHeap(){delete[] heap;};  
 bool Insert(const T& x);  
 bool Remove(T& x);  
 bool isEmpty()const{return currentSize==0;}  
 bool isFull()const{return currentSize==maxHeapSize;}  
 void makeEmpty(){delete[] heap; currentSize=0;}  
 int Size(){return currentSize;}  
 MinHeap<T>& operator=(const MinHeap<T>& R);  
private:  
 enum{DefaultSize = 10};  
 T\* heap;  
 int currentSize;  
 int maxHeapSize;  
 void FilterDown(int start,int end\_of\_heap);  
 void FilterUp(int start);  
};

2.3.3 构造函数与析构函数

MinHeap(int maxSize);

构造函数，指定堆的最大容量，初始化一个空堆  
 MinHeap(T arr[],int n);

构造函数，使用一的大小为n的数组来构建最小堆；  
 ~MinHeap()；

析构函数，清除分配的内存，防止内存泄漏。

2.3.4 私有数据成员

enum{DefaultSize = 10};定义了DefaultSize常量，用于确定指出堆的最小大小（容量）。  
T\* heap; 指向模板类型T的动态数组的指针，用于实现堆中元素的存储  
int currentSize; 堆的当前大小  
int maxHeapSize; 对的最大大小（即容量）

2.3.5 私有成员函数

void FilterDown(int start,int end\_of\_heap);

从堆底向上调整堆，恢复最小堆性质。  
void FilterUp(int start);

从堆底向上调整堆，恢复最小堆性质。

2.3.6 公有成员函数

bool Insert(const T& x);

向堆中插入一个新元素；  
bool Remove(T& x);

删除堆顶元素；  
bool isEmpty()const；

检查堆是否为空；  
bool isFull()const；

检查对是否已满；  
void makeEmpty(){delete[] heap; currentSize=0;}

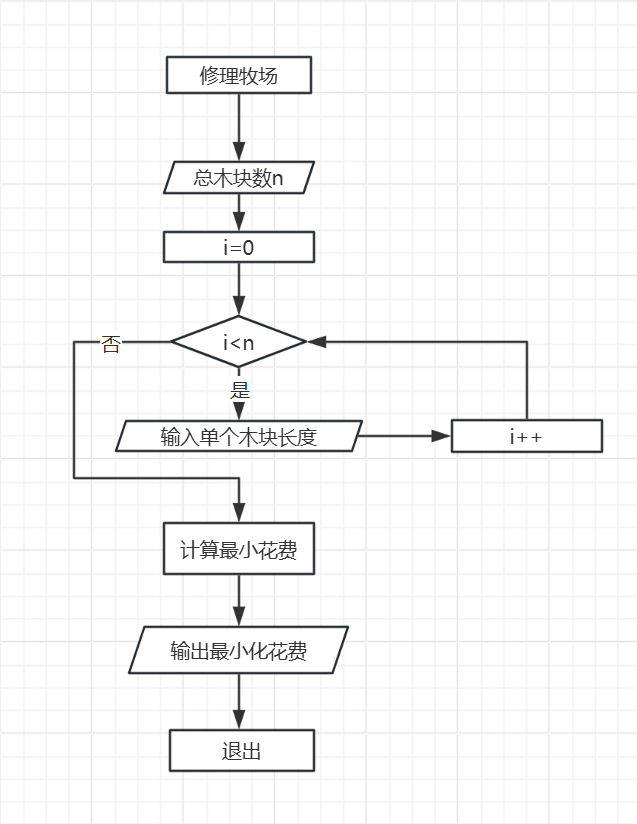
清空队中元素，释放堆数组所占内存资源；  
int Size()；

获取当前堆的大小；  
MinHeap<T>& operator=(const MinHeap<T>& R);

重载=操作符，实现堆对象的深拷贝

2.4 项目框架设计

2.4.1 项目框架流程图



2.4.2 项目框架流程

1.进入牧场修理。

2.输入木材分段的数量及每段的长度。

3.借助贪心算法和最小堆计算最小花费；

4.输出最小化非并退出程序。

第3章 项目功能实现

3.1 项目主体功能实现

3.1.1实现思路

1.进入PastureRepair函数以进入考试报名系统。

2.调用Input函数入木头需要被锯成的块数；

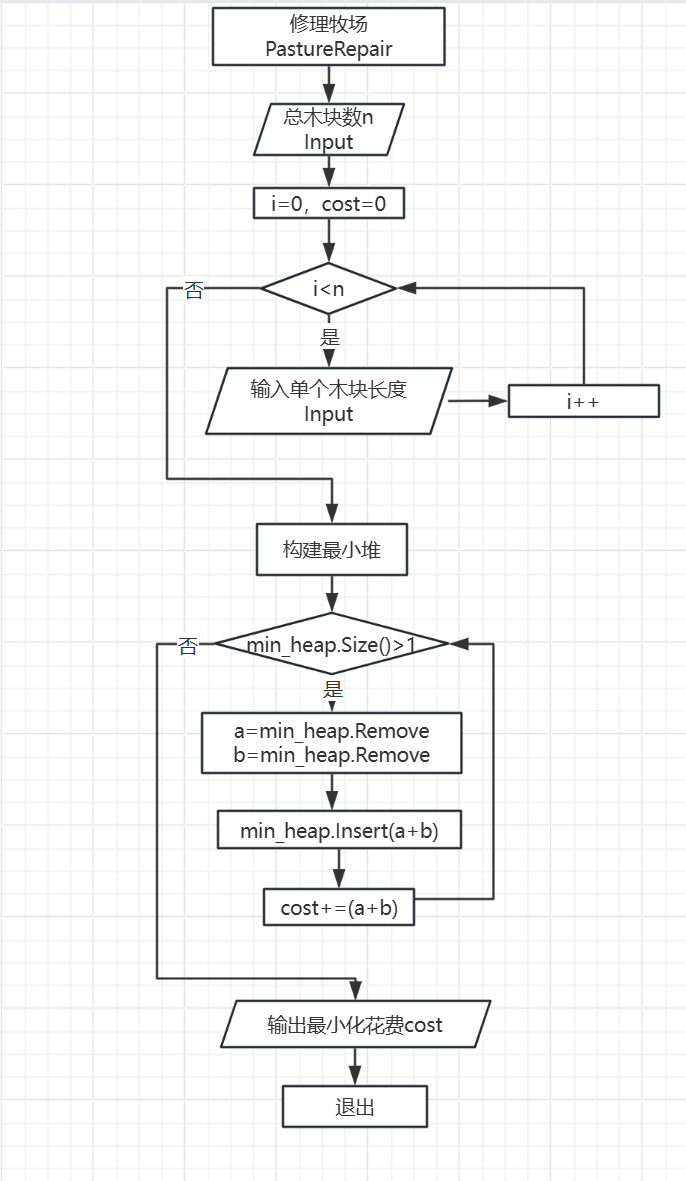
3.根据快熟，多次调用Input函数输入每一段木头的长度。

4.进入循环while，开始处理最小堆，依次从最小堆中取出两个最小元素，将其相加，结果加入总费用中，并插入最小堆中；当最小堆中元素为一个时，退出循环，此时总费用即为最小费用;

5.输出最小费用；

5.退出系统。

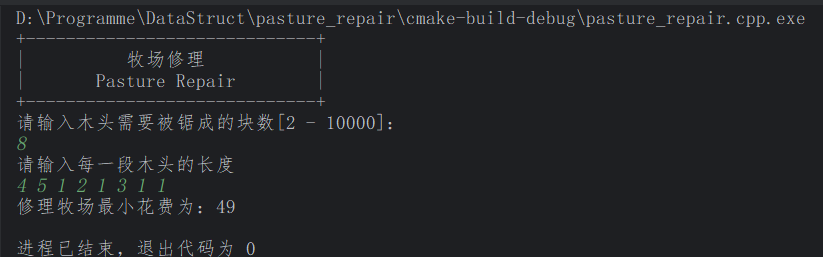
3.1.2流程图



3.1.3核心代码

void PastureRepair()  
{  
 std::cout << "+-----------------------------+\n";  
 std::cout << "| 牧场修理 |\n";  
 std::cout << "| Pasture Repair |\n";  
 std::cout << "+-----------------------------+\n";  
 const int N=Input(false,"请输入木头需要被锯成的块数[2 - 10000]：");  
 auto nums = new(std::nothrow) int[N];  
 assert(nums!=nullptr);  
 std::cout << "请输入每一段木头的长度\n";  
 for (int i = 0; i < N; i++)  
 nums[i] = Input(true);  
 MinHeap<int> min\_heap(nums, N);  
 int cost=0;  
 while(min\_heap.Size()>1) {  
 int x,y;  
 min\_heap.Remove(x);   
 min\_heap.Remove(y);   
 int total=x+y;   
 cost+=total;   
 min\_heap.Insert(total);   
 }  
 std::cout<<"修理牧场最小花费为："<<cost<<"\n";  
 delete [] nums;  
}

3.1.4示例



3.2 异常处理功能

3.2.1 输入非法的异常处理

在木头需要被锯成的块数以及每一段木头的长度时，需要保证输入的数据为正整数，同时，木头需要被锯成的块数还应当大于等于2并小于等于1000；在输入时，统一借助Input函数，通过传入参数的不同来确定错误判断逻辑。

具体实现时，通过一个while无限循环来确保输入的数据无误；当输入错误时，会清除缓冲区，继续执行循环函数；当输入正确时，则会通过break退出循环，返回当前输入的数。

实现代码如下：

int Input(const bool ret,const char\* str=nullptr)  
{  
 double x;  
 while(true) {  
 if(!ret)  
 std::cout<<str<<"\n";  
 std::cin >> x;  
 if (std::cin.fail() || x!=static\_cast<int>(x)|| x<=0 || (!ret && (x <= 1 || x > MAX))) {  
 std::cout << "输入非法，请重新输入！\n";  
 std::cin.clear();// 清除错误标志  
 std::cin.ignore(2147483647, '\n');  
 continue;  
 }  
 break;  
 }  
 return static\_cast<int>(x);  
}

3.2.2 动态内存申请失败的异常处理

在进行MinHeap类与与主函数中申请动态内存时，程序使用new(std::nothrow) 来尝试分配内存。new(std::nothrow)在分配内存失败时不会引发异常，而是返回一个空指针（NULL或nullptr），代码检查指针是否为空指针，如果为空指针，意味着内存分配失败，对于内存分配失败，可以通过assert断言抛出异常：

template<typename T>  
MinHeap<T>::MinHeap(int maxSize)  
{  
 maxHeapSize = maxSize>DefaultSize?maxSize:DefaultSize;  
 heap = new(std::nothrow) T[maxHeapSize];  
 assert(heap!=nullptr);  
 currentSize = 0;  
}

3.2.3最小堆已满或为空的异常处理

在MinHeap类中，Insert和Remove函数在对最小堆数组进行插和删除工作时，会分别遇到最小堆已满或最小堆为空的情况，会使程序陷入异常。

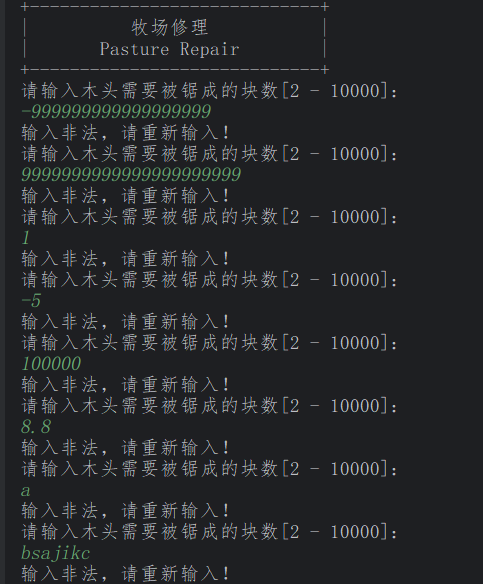
为此，在插入时和删除时，分别使用assert断言，判断堆是否已满或为空，及时抛出异常信息，便于程序修改。

第4章 项目测试

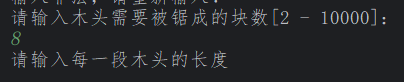
4.1 项目输入功能测试

4.1.1 木头需要被锯成的块数输入功能测试

分别输入超过类型上下限的整数、超过范围的整数、浮点数、字符、字符串，可以验证程序对输入非法的情况进行了处理。

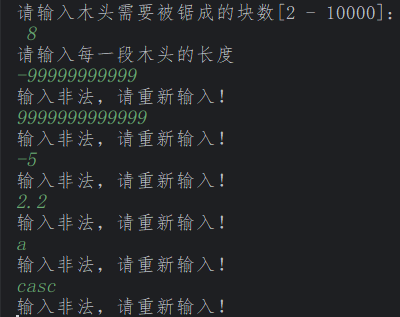


当输入合法时，程序继续运行



4.1.2 每一段木头的长度输入功能测试

分别输入超过类型上下限的整数、浮点数、字符、字符串，可以验证程序对输入非法的情况进行了处理。



4.2 最低费用计算功能测试

当输入正确数据时，可以计算出正确结果。





第5章 相关说明

5.1 编程语言

本项目全部.cpp文件以及.h文件均使用C++编译完成，使用UTF-8编码。

5.2 Windows环境

Windows系统：Windows 11 x64

Windows 集成开发环境：CLion 2024

工具集：MinGW 11.0 w64

5.3 Linux 环境

基于Linux内核的操作系统发行版：Ubuntu 24.04.1

Linux命令编译过程为：

1. 定位包含项目所在文件夹，包括.pp与.h文件；具体命令为: cd /home/bruce/programe/ pasture\_repair

2.编译项目，生成可执行文件；具体命令为: g++ -static -o pasture\_repair\_linux pasture\_repair.cpp my\_min\_heap.h;

其中指令含义分别为：

g++: 调用GNU的C++编译器

-static: 使用静态链接而非动态链接，将所有依赖库直接嵌入到可执行文件，文件存储空间变大，但可以单独运行

-o pasture\_repair\_linux: -o表示输出文件选项，pasture\_repair\_linux为可执行文件名

pasture\_repair.cpp my\_min\_heap.h:编译所需要的文件。

3.运行可执行文件；具体命令为 ./ pasture\_repair\_linux

