

基于 WPF 的超高轻钢龙骨隔墙工程量研究

赵慧 王亮

(北京建筑大学 土木与交通工程学院, 北京 100044)

【摘要】在普通轻钢龙骨隔墙中内置型钢骨架以满足超高隔墙的性能要求,但由于工程体量庞大和构造复杂,工程量的精确计算尤为困难。本文结合《轻钢龙骨石膏板隔墙、吊顶》(GJCT-015/07CJ03-1)深入研究龙骨的排布规律,在不依赖于三维模型的前提下,创建 WPF 应用程序,采用 C# 语言编制计量程序,实现超高轻钢龙骨隔墙工程量的快速计算,提高了算量效率。最后以某实际工程为例,将程序计算工程量与手算工程量进行比对,量差率均控制在较小的范围内,表明本程序计算工程量具备较高的准确性。

【关键词】工程量;轻钢龙骨;超高隔墙;型钢骨架;WPF 技术

【中图分类号】TU17

【文献标识码】A

【文章编号】1674-7461(2024)03-0060-05

【DOI】10.16670/j.cnki.cn11-5823/tu.2024.03.11

引言

随着社会经济的高速发展,现代工业与民用建筑中超高隔墙越来越多,传统砌筑隔墙不能满足超高隔墙的需求。轻钢龙骨凭借其轻质高强、抗震隔声性能优越、施工简便^[1]的优势获得快速发展的机会。一般情况下,其使用高度为 3 m ~ 4 m,对于超出图集规范限制高度的轻钢龙骨隔墙,需要内置型钢骨架将墙体分隔成若干单元以满足超高隔墙的受力需求。工程计量的准确、及时与否,将直接影响到工程施工能否按照进度计划顺利实施^[2]。轻钢龙骨隔墙结构复杂、建模难度大,因此只有少部分学者对其进行研究。

一般来说,轻钢龙骨隔墙工程量有两种方法:按隔墙框架间距计算和按隔墙框架面积计算。罗仲东^[3]、应宇昱等^[4]通过研究轻钢龙骨的排布原则,利用二次开发技术根据所选的龙骨类型和间距,实现了轻钢龙骨隔墙的快速建模,并通过“注释”等属性区分不同类型的龙骨,最后导出带有特定参数的龙骨工程量明细表。Khosakitchalert Chavanont 等^[5]利用 Dynamo 开发了 BWFQT 原型系统,该系统不建立墙框架模型,而是根据 BIM 模型生成墙体表面和输入的墙框架间距值自动计算墙框架的位置和长度,并在正确位置以线条表示,结果嵌入到 BIM 模型中墙体的新建参数中,

以允许该模型用于数量计算,提高了算量的效率与准确性。按隔墙面积计算的主要依据是《房屋建筑与装饰工程计量规范》GB500854-2013 和《房屋建筑与装饰工程预算消耗量标准》,使用广联达计量软件从三维模型中提取墙体的面积,即可根据设置的计量规范自动计算工程量并导出清单和定额报表;或者手动读取墙体的参数输入带有算量表达式的 Excel 表格中计算工程量。

由上述研究可以看出,两者都在一定程度上依赖于三维模型,后者还存在模型导入过程中数据丢失和软件准入门槛高的问题。基于此本文通过研究轻钢龙骨隔墙的构造特点和施工排布规则,使用 Visual Studio 2019 软件和 C# 语言,实现了在不建立三维模型的前提下,输入所需参数并基于内置的计量规则自动计算的功能,使轻钢龙骨隔墙的计量过程更加便捷。

1 超高轻钢龙骨隔墙的组成及构造

轻钢龙骨隔墙高度超过 6 m 属于超高轻质隔墙^[6],由型钢骨架、轻钢龙骨、保温和隔热内填材料和两侧覆面板材组成^[7],如图 1 所示,有些墙体还设有混凝土墙垫。轻钢龙骨系统由竖龙骨、天地龙骨、通贯龙骨及支撑卡等组成。型钢骨架是墙体的主要受力构件;竖龙骨是钉挂面板的骨架,竖立于天地龙骨之间;天

【基金项目】北京市自然科学基金面上项目(编号:8202011)

【第一作者】赵慧(1997-),女,在读硕士研究生,主要研究方向: BIM 与工程造价。

地龙骨是墙体和建筑结构的连接构件；贯通龙骨为竖龙骨中间的连接件；支撑卡是辅助支承龙骨开口面、竖龙骨与贯通龙骨的连接配件。

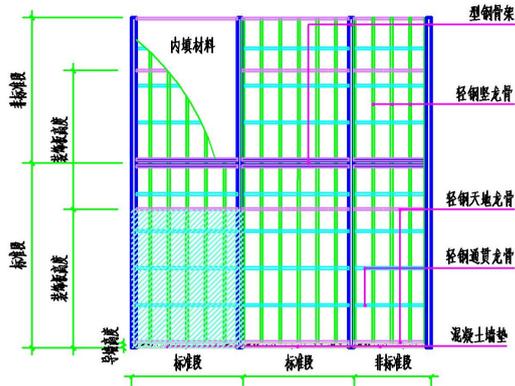


图1 轻钢龙骨隔墙解析图

主要龙骨构件的构造如表1所示。

表1 轻钢龙骨构件的构造

主要龙骨构件	构件构造
型钢骨架	根据设计要求采用方钢管、槽钢或工字钢等
竖龙骨	一般呈C型，间距一般为300、400或600，应≤600
天地龙骨	超高层隔墙中采用高边横龙骨，一般呈U型，与竖龙骨的型号保持一致
贯通龙骨	一般呈U型，尺寸比竖龙骨小

2 矩形轻钢龙骨隔墙工程计量算法

2.1 龙骨排布原则

《轻钢龙骨石膏板隔墙、吊顶》(GJCT-015/07CJ03-1) (以下简称图集) 中规定：轻钢龙骨排布遵循以下原则：

(1) 从整体上看，墙体各构件施工顺序是浇筑混凝土墙垫→焊接型钢骨架→安装天地龙骨→安装竖龙骨→安装贯通龙骨→安装板材；

(2) 排布竖向构件时，竖龙骨应由墙体的一端开始排列，当最后一根龙骨距离墙（柱）边的尺寸大于规定的龙骨间距时，必须增设一根龙骨；

(3) 排布横向构件时，在隔墙的顶部、底部和横向型钢的上下两侧分别设置高边天地龙骨，同时，墙体高度大于板材长度时，在板材的横方向接缝处加设天龙骨^[8]；贯通龙骨则按照给定的间距依次排列；

(4) 对于混凝土墙垫，图集中规定在潮湿房间隔墙底部用C20细石素混凝土做墙垫；面板板边应位于竖龙骨中央^[8]。

2.2 龙骨排布算法

2.2.1 算法推导依据

“某方向的龙骨数量（根）= 装饰面板宽度 / 设计龙骨中心间距 + 1”^[9] 是龙骨排布算法的核心思想。本

文基于这种计算规则，主要利用 Roundup（向上取整函数）、IntegerPart（取整数部分）和 DecimalPart（小数部分）等函数将排布结果的多种情况进行总结并归纳成通用的公式，分别计算了型钢骨架、竖龙骨、天地龙骨和贯通龙骨的数量和长度，得出工程量。

2.2.2 变量及函数设置

类型名设置：墙体用 W 表示，横向型钢用 Ax 表示，竖向型钢用 Ay 表示，竖龙骨用 B 表示，天地龙骨用 C 表示，贯通龙骨用 D 表示。

参数设置：以 l, w, h 表示各钢材的长、宽和高，其中“类型名 + 参数”表示该对象的几何参数，例如， W_h 表示墙的高度， A_w 表示型钢的宽度；混凝土墙垫的高度设为 h_g ，面板的高度为 h_p ，添加横向型钢的高度为 h_0 ；竖向型钢之间的间距为 a ，竖龙骨的间距为 b ，贯通龙骨的间距为 c ；各钢材的数量为 N ，各钢材的长度为 L ，工程量为 Q ，如 N_D 表示贯通龙骨的数量。各参数设置如图2所示。

函数设置：roundup 为向上取整函数，IntegerPart 取整数部函数、DecimalPart 取小数部函数。

为了表述方便，把墙体高度等于 h_0 的部分或者长度等于 a 的部分称为标准段，剩余的部分称为非标准段。

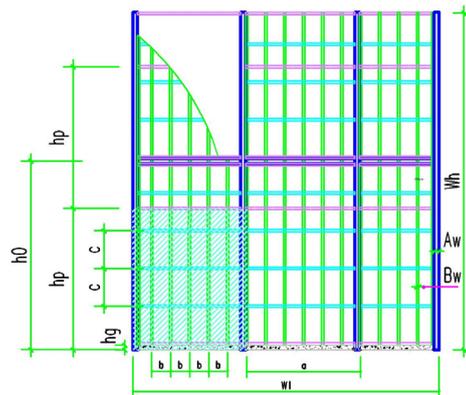


图2 参数设置

2.2.3 排布算法推导

基于安全性考虑，增加型钢骨架是为了加强墙体承载力，一般不会只放置一根，而是优先在墙体两端各放置一根，若墙体足够长，还会在中间位置设置数根以提高墙体稳定性，并参考其他文献^[8,10]中的龙骨结构图，故以2倍型钢宽度作为划分界限，将计量算法分为 $0 < W_l < A_w$ 、 $A_w < W_l < 2 \times A_w$ 、 $W_l = \tau \times A_w$ ， $\tau \in [1, 2]$ ，且 $\tau \in N^+$ 、 $W_l > 2 \times A_w$ 四种情况。无论哪种情况，首先对墙体进行预处理以便后续计算，令 $q = W_h / h_0$ ， $q' = W_h \% h_0$ ， $\lambda = W_l - A_w$ ，以 $W_l > 2 \times A_w$ 时的情况为例进行算法讲解，其余情况与此类似不再赘述，算法流程如

图 3 所示。

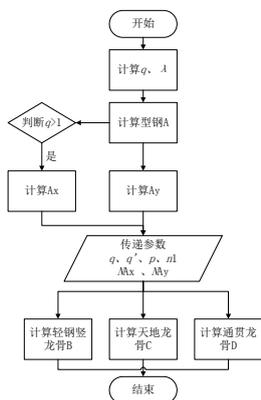


图 3 算法流程图

若 $q > 1$, 分别计算横向和竖向型钢工程量, 否则只计算竖向型钢工程量。

(1) 型钢的计算

计算竖向型钢: 首先验算 $p = W_l/a$ 。

若 $p \leq 1$, 那么墙长方向上有且仅有一段, 所以只需在墙体的两端排布竖向型钢, 所以 $N_{Ay} = 2$;

若 $p > 1$, 则计算以下 4 个参数。

$$m = \text{IntegerPart}(p) \quad m_1 = m \times a$$

$$n = \text{DecimalPart}(p) \quad n_1 = n \times a = W_l \% a$$

① 若 $n = 0$, 仅有标准段, 此时 $p = m$, 相当于有 p 个间距, 需要 $p + 1$ 根竖向型钢;

② 若 $n > 0$, 标准段与非标准段共存, 相当于有 $m + 1$ 个间距, 需要 $m + 2$ 根竖向型钢。利用 roundup 函数将三种情况合并归类即 $\text{roundup}(p) + 1$ (以下涉及 roundup 函数时推理与此类似不再赘述); 竖向型钢高度同墙高。计算表达式如式 (1) 所示。

$$\left. \begin{aligned} N_{Ay} &= \text{roundup}(p) + 1 \\ L_{Ay} &= W_h \\ Q_{Ay} &= N_{Ay} \times L_{Ay} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

计算横向型钢: 若 q 是正整数, 需要添加 $q - 1$ 根型钢; 若 q 是小数, 需要添加 $\text{IntegerPart}(q)$ 根型钢;

长度是用墙长减去竖向型钢的总宽度, 计算表达式如式 (2) 所示。

$$\left. \begin{aligned} N_{Ax} &= \begin{cases} 0 & q \leq 1 \\ \text{roundup}(q) - 1 & q > 1 \end{cases} \\ L_{Ax} &= \begin{cases} 0 & q \leq 1 \\ W_l - A_w \times N_{Ay} & q > 1 \end{cases} \\ Q_{Ax} &= N_{Ax} \times L_{Ax} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

(2) 竖龙骨的计算

若 $p \leq 1$, 在墙长方向上仅有一段。若 $\lambda \leq b$, 说明墙体长度过小不足以排布竖龙骨; 若 $\lambda > b$, 用墙长除以竖龙骨间距取整并加上一根紧靠型钢的竖龙骨。

若 $p > 1$, 标准段与非标准段共存, N_{B1} 表示标准段的数量, N_{B2} 表示非标准段的数量。标准段排布一致, 只需计算一个标准段中的数量再乘以标准段的个数即可。

① 标准段: 单个标准段中龙骨数量为 $\text{roundup}(a/b)$ 。

② 非标准段: 若 $n_1 - A_w < b$, 说明非标准段的净距过小不足以排布竖龙骨, 只需加上紧靠型钢的竖龙骨; 若 $n_1 - A_w > b$, 用非标准段的净距除以竖龙骨间距, 并加上紧靠型钢的竖龙骨, 长度用墙高减去混凝土墙垫的高度再减去横向型钢的总宽度。计算表达式如式 (3) 所示。

$$\left. \begin{aligned} N_B &= \begin{cases} 0 & \lambda \leq b \\ \text{IntegerPart}(\lambda/b) + 1 & \lambda > b \end{cases} \quad p \leq 1 \\ N_B &= N_{B1} + N_{B2} \\ N_{B1} &= \text{roundup}(a/b) \times m \\ N_{B2} &= \begin{cases} 1 & n_1 - A_w \leq b \\ \text{IntegerPart}((n_1 - A_w)/b) + 1 & n_1 - A_w > b \end{cases} \quad p > 1 \\ L_B &= W_h - h_g - A_w \times N_{Ax} \\ Q_B &= N_B \times L_B \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

(3) 天地龙骨的计算

由上述排布原则可知, 天地龙骨的来源有三: 其一排布在墙体的上下两端即数量为 2; 其二排布在每根横向型钢的两侧即数量为 $2 \times N_{Ax}$; 其三排布在面板的上边缘即数量为 $\text{roundup}(W_h/h_p) - 1$, 长度是用墙长减去竖向型钢的总宽度。计算表达式如式 (4) 所示。

$$\left. \begin{aligned} N_C &= 2 + 2 \times N_{Ax} + \text{roundup}(W_h/h_p) - 1 \\ L_C &= W_l - A_w \times N_{Ay} \\ Q_C &= N_C \times L_C \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

(4) 通贯龙骨的计算

通贯龙骨是以 h_0 为排布单元, 即超过 h_0 要重新按间距排列, 计算时也分为标准段和非标准段, 计算法则与竖龙骨大同小异。单个标准段中龙骨数量为 $\text{roundup}(h_0/c) - 1$, 非标准段中的为 $\text{roundup}(q'/c) - 1$, 标准段的个数为 $\text{IntegerPart}(q)$ 。

若 $q > 1 \wedge q' > 0$, 标准段与非标准段共存;

若 $q > 1 \wedge q' = 0$, 只存在标准段;

若 $q \leq 1$, 仅有一段; 长度计算同天地龙骨。计算表

达式如式 (5) 所示。

$$N_D = \begin{cases} \left[\text{roundup}(h_0/c) - 1 \right] \times \text{IntegerPart}(q) + \\ \left[\text{roundup}(q'/c) - 1 \right] & q > 1 \wedge q' > 0 \\ \left[\text{roundup}(h_0/c) - 1 \right] \times \text{IntegerPart}(q) & q > 1 \wedge q' = 0 \\ \left[\text{roundup}(W_h/c) - 1 \right] & q \leq 1 \end{cases} \quad (5)$$

$$L_D = L_C = W_l - A_w \times N_{Ay}$$

$$Q_D = N_D \times L_D$$

3 用户界面设计

相对于 Windows 窗体应用程序来说, WPF (Windows Presentation Foundation) 是微软新一代窗口显示设计技术, 它将用户界面设计和逻辑设计分离, 前台界面设计使用 XAML 语言, 后台逻辑控制使用 C# 语言, 使开发与设计工作并行且互不影响^[11]。

本文选择具有 .NET Framework 4.7.2 框架的 Visual Studio 2019 来开发界面, 程序运行技术路线如图 4 所示, 主要编程思路如下: 运用 TextBlock 和 TextBox 等基本控件显示参数值, 通过给 Button 控件添加“Click 事件”完成相关功能的实现。计算功能按钮将接收输入的参数转化为 int 类型, 并利用 if-else if 语句将核心算法转化为计算机语言, 并输出计算的工程量参数; 保存结果功能按钮是利用 Using 框架, 创建 StreamWriter 文件流获取所有的数据并保存到 .txt 文件中以便查阅; 清除结果功能按钮则是编写 GetAllTextBoxes 方法遍历所有的 TextBox 控件并赋予空值, 以便在不退出程序的情况下再一次输入计算; 退出功能按钮调用 Close 方法结束整个程序。其部分代码如图 5 所示。最后利用 VS 自带的 Microsoft Visual Studio Installer Projects 工具将程序打包成 .exe 文件以便安装使用。

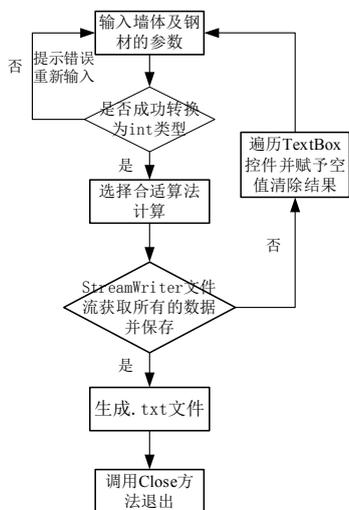


图 4 隔墙工程量计算程序技术路线

```

//计算Ay的长度
this.My.Text = My.ToString();
this.Ly.Text = Ly.ToString();

//计算Ay
if (h0 > h0)
{
    NAx = IDivision(h0, h0) - 1;
    LAx = h0 - Ax * My;
    this.NAx.Text = NAx.ToString();
    this.LAx.Text = LAx.ToString();
}
else
{
    NAx = LAx = 0;
    this.NAx.Text = NAx.ToString();
    this.LAx.Text = LAx.ToString();
}

//计算Ay的长度
LB = h0 - hg - Ax * NAx;
this.LB.Text = LB.ToString();
this.NB.Text = NB.ToString();

//计算
    
```

图 5 龙骨工程量计算部分代码

4 案例应用

怀柔科学城某车间改造项目, 外立面内围护墙为轻钢龙骨隔墙, 层高 7.8 m, 属于超高隔墙。根据结构设计选用型号为 100 mm × 150 mm × 3 mm 的方钢管对墙体进行加固^[12]。摘取设计方案中的参数, 选用本程序计算工程量, 参数输入、结果输出和保存结果分别如图 6~ 图 8 所示。

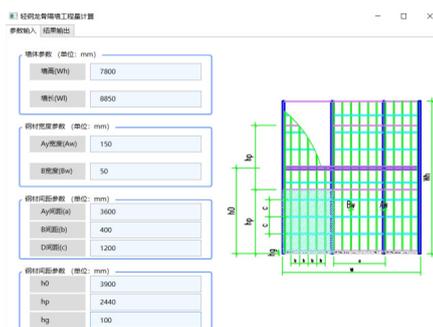


图 6 参数输入界面



图 7 结果输出界面

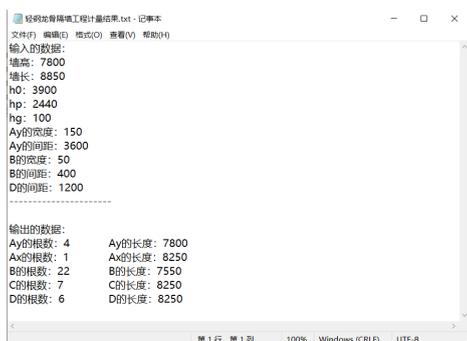


图 8 保存结果

将上述结果与根据《轻钢龙骨石膏板隔墙、吊顶》

(07CJ03-1) 中隔墙体系材料配比表手算的工程量进行对比, 如表 2 所示, 此量差率均控制在合理范围内^[13,14]。

表 2 数据对比

构件种类	程序计算结果 (单位 /m)	手算结果 (单位 /m)	量差率
型钢骨架	39.45	39.45	0.00%
竖龙骨	166.10	164.72	0.84%
天地龙骨	57.75	56.17	2.81%
通贯龙骨	49.50	49.70	-0.40%

5 结语

本文结合相关规范对超高轻钢龙骨隔墙的构造和施工排布规律进行探讨与研究, 在不建立模型的前提下利用 WPF 技术开发出工程计量程序, 实现了龙骨隔墙的快速计量且量差均在较小范围之内, 为轻质隔墙工程的计量计价提供了新思路, 降低了人力成本和时间成本。但本程序只考虑了单面墙的计算, 门窗洞口和墙体转角处的工程量计算还有待深入研究。

参考文献

- [1] 董志国, 孙长礼, 叶建, 等. 天津高银 117 大厦轻钢龙骨隔墙井道系统关键施工技术 [J]. 施工技术, 2016,45(19):7-9.
- [2] 高东东, 王幼芳, 梁振樱, 等. 基于 BIM 的工程计量支付一体化系统构建与应用研究 [J]. 建筑经济, 2023,44(02):53-60.
- [3] 罗仲东. 基于 BIM 的轻钢龙骨建筑建造信息平台研发 [D]. 上海: 同济大学, 2018.
- [4] 应宇星, 罗金辉, 张其林, 等. BIM 技术在轻钢龙骨结构深化设计中的应用研究 [J]. 土木工程信息技术, 2020,12(02):37-43.
- [5] Khosakitchalert C, Yabuki N, Fukuda T. Development of BIM-based quantity takeoff for light-gauge steel wall framing systems[J]. J. Inf. Technol. Constr., 2020, 25: 522-544.
- [6] 郑传才, 李鹤鸣, 于成波. 超高轻钢龙骨防火石膏板隔墙施工技术 [J]. 建材发展导向 (上), 2023,21(1):121-3.
- [7] 同济大学, 中国建筑标准设计研究院有限公司. 轻钢龙骨式复合墙体 [Z]. 中华人民共和国住房和城乡建设部, 2018:1-32.
- [8] 张文莉, 刘志刚. 纯钢结构超高 大跨度轻质隔墙内置钢骨架施工技术研究 [J]. 中国建材科技, 2019,28(02):109-112.
- [9] 张崇庆. 建筑装饰工程预算 (第 3 版) [M]. 北京: 机械工业出版社, 2015.51.
- [10] 夏兆阳, 李元, 彭铭旭, 等. 高地震烈度地区大跨度超高轻钢龙骨石膏板隔墙优化设计与施工 [J]. 建筑技术, 2021,52(12):1525-1528.
- [11] 张玉民, 何鑫, 杨百川. 基于 WPF 技术的无人机地面站软件设计与实现 [J]. 计算机工程与设计, 2019,40(04):1167-1173.
- [12] 高博. 单元装配式超高轻钢龙骨隔墙一体安装施工技术 [J]. 建筑施工, 2023,45(03):538-541.
- [13] 郭丽荣, 王亮. 基于 Revit 二次开发的机电工程算量研究 [J]. 土木工程信息技术, 2023,15(01):30-36.
- [14] 于鑫, 蒋绮琛, 洪懿昆, 等. 基于 Revit 二次开发实现三维装饰算量 [J]. 土木工程信息技术, 2020,12(05):41-45.

Engineering Metrology Study of Ultra-high Light Steel Keel Partition Wall Based on WPF

Zhao Hui, Wang Liang

(Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing 100044, China)

Abstract: The section steel skeleton is built in the ordinary light steel keel partition wall to meet the performance requirements of the ultra-high partition wall. However, as for the large volume and complex structure, it is difficult to realize the accurate calculation of engineering quantities. Therefore, combined with the “Light Steel Keel Gypsum Board Partition Wall and Ceiling” (07CJ03-1), this paper explores the arrangement law of keel without relying on the three-dimensional model and further creates WPF application by employing C# language to compile measurement rules, which finally realizes the rapid calculation of the engineering quantity of ultra-high light steel keel partition wall and improves the takeoff efficiency. The data of an actual project is extracted in the paper. Comparing the exported engineering quantity with the consumption calculated according to the specification, the error of the results meets the requirements.

Keywords: Engineering Measurement; Light Steel keel; Super High Partition Wall; Steel Frame; WPF Technology