

# 某商业建筑玻璃过道设计与分析

曾繁新

中国建筑科学研究院有限公司深圳分公司 广东 深圳 518057

**【摘要】**：本文通过对深圳某在建项目的玻璃天井过道的设计进行验算和论证分析，主要针对该改处天井的玻璃盖板及支撑结构容易出现的几方面问题，进行了包括承载能力、变形及防火防爆等方面的相关验算。结果表明，该处玻璃天井结构各项计算指标均满足规范要求。为相关的玻璃天井、过道及栈道设计设计提供了参考。

**【关键词】**：玻璃过道；建筑设计；论证分析

## 1 概述

某新建项目为超高层建筑，位于广东省深圳市，主体为地下2层，地上44层，含四层裙房，裙房主要使用功能为商务、办公、酒店等。主体结构采用框架-剪力墙体系，为钢-混凝土组合结构。该建筑首层天井位于裙房地下室顶板，长度为21.55m，宽度为7.6m。此处玻璃盖板作为考虑采光的地下室天井封板，同时作为地下商业出地消防疏散通道。

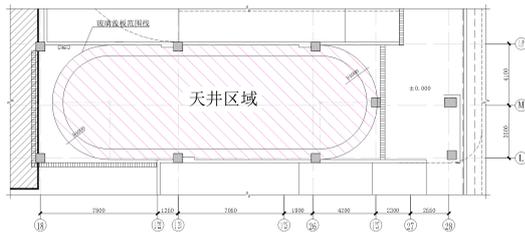


图1 首层天井全区域示意

该区域作为重要的逃生通道，需要兼顾安全性和适用性。本文拟从设计角度，对该区域盖板进行包括支撑钢梁与玻璃盖板两方面的安全分析。

## 2 设计方案

玻璃过道范围内用钢梁分隔出的75个网格，每格铺设尺寸大致均为1500×1500mm的安全玻璃玻璃，Y方向梁型号为HN400×200×8×13，X方向梁型号为HN350×175×7×11，X向梁铰接于Y向梁，Y向梁与混凝土梁铰接，钢材标号为Q390GJ。

过道安全玻璃采用三片钢化玻璃夹层玻璃，单片原玻璃厚度为12mm，每层玻璃之间聚合材料一层，厚度按1.52计算，单块玻璃的边长取1500×1500mm，玻璃密度取2.61×10<sup>3</sup>kg/m<sup>3</sup>，夹层密度取1.1×10<sup>3</sup>kg/m<sup>3</sup>；玻璃自重G<sub>g</sub>为0.97kN/m<sup>2</sup>，恒荷载取2.0kN/m<sup>2</sup>（不含玻璃自重），活荷载取值5.0kN/m<sup>2</sup>。

## 3 支撑钢结构承载力分析

三层12厚的玻璃盖板的折算面荷载约为2.97kN/m<sup>2</sup>，设计活荷载标准值取5.0kN/m<sup>2</sup>，采用PKPM计算软件对相关区域钢结构进行梁承载力分析计算，同时验算钢梁挠度。结果显示，两个方向的钢梁的应力比均小于1，钢梁结构最大应力比为0.34，满足钢结构承载力要求；荷载标准组合下钢梁出现的最大挠度11.18mm，小于挠度容许值[v<sub>T</sub>]=l/400=18.5mm，钢梁挠度满足要求。

## 4 玻璃安全性分析

此区域玻璃材料的选用主要考虑强度和防滑两方面特性，依据《建筑玻璃应用技术规程》JGJ113-2015中对于玻璃地板的要求，过道地板玻璃须采用夹层玻璃。此处给出本项目拟采用的夹层玻璃设计方案：

- (1) 上层玻璃选用12厚钢化凸纹玻璃，为隔热型防火玻璃，耐火等级2.00h，表面静摩擦系数不小于0.5。
- (2) 夹层选用1.52厚防火聚合物夹层。
- (3) 中间层玻璃选用12厚钢化玻璃，为隔热型防火玻璃，耐火等级2.00h。
- (4) 下层选用钢化夹丝玻璃，为隔热、防火型，耐火等级2.00h。

过道盖板的玻璃需要满足强度等方面的力学性能要求。按《建筑玻璃应用技术规程》JGJ113-2015中相关规定对单片玻璃板的承载力进行核算：

地板玻璃上荷载基本组合设计值 q=11.4kN/m<sup>2</sup>

按照《玻璃规程》计算夹层玻璃的等效厚度

$$t_e = \sqrt[3]{t_1^3 + t_2^3 + \dots + t_n^3} = 17.3\text{mm}$$

作用在单层玻璃上的荷载基本组合设计值

$$q_i = \frac{t_i^3}{t_e^3} q = 0.003787 \text{ N/mm}^2$$

夹层玻璃中单层玻璃的最大应力按照公式计算

$$\sigma_i = \frac{6mq_i a^2}{t_i^2} = 15.7 \text{ N/mm}^2$$

式中： $\sigma_i$  为第  $i$  片玻璃的最大应力； $m$  为弯矩系数，与玻璃板短边与长边的长度之比有关，本项取 0.0442； $q_i$  为作用于第  $i$  片地板玻璃的荷载； $a$  为矩形玻璃短边长； $t_i$  为第  $i$  片玻璃厚度。

根据《玻璃规程》JGJ113-2015 中规定，地板玻璃最大应力应不大于长期荷载作用下的强度设计值，表 1 所摘录为厚度为 4~12 的钢化玻璃在长期荷载作用下的强度设计值：

表 1 钢化玻璃在长期荷载作用下的强度设计值  $f_g$  (N/mm<sup>2</sup>)

种类	厚度 (mm)	中部强度	边缘强度	端面强度
长期荷载作用下	4~12	42	34	30

综上所述， $\sigma_i = 15.7 \text{ N/mm}^2 < f_{g, \min} = 30 \text{ N/mm}^2$ ，设计荷载下最大应力满足强度要求。

过道玻璃盖板作为称重结构，需要挠度验算；《玻璃规程》JGJ113-2015 中给出玻璃受面外荷载作用，单层玻璃挠度的计算公式  $d_f = \frac{\mu q a^4}{D}$ ；玻璃的刚度  $D = \frac{Et_i^3}{12(1-\nu^2)}$ ；式中： $\mu$  为四边支承板的挠度系数，与玻璃板短边与长边的长度之比有关，本项取 0.00406；玻璃的弹性模量  $E$  可按  $0.72 \times 105 \text{ (N/mm}^2)$  取值；玻璃的泊松比  $\nu$  按 0.2 取。

本项中  $D = 32.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$ ，短边  $a$  方向与长边  $b$  方向的最大挠度为  $d_{fa} = d_{fb} = 5.06 \text{ mm}$

根据《玻璃规程》JGJ113-2015 中要求地板玻璃板面挠度不应大于其跨度的  $1/200$ 。本项中取最不利挠度  $d_{fa} = d_{fb} = 5.06 \text{ mm} < [d]_b = 7.5 \text{ mm}$ 。

综上所述，玻璃板最不利挠度小于挠度限值，挠度验算满足要求。

## 5 钢梁防火设计分析

由于该玻璃天井同时作为防火逃生的重要疏散通道，设计时需要考虑防火与防爆等因素，支撑钢结构、玻璃盖板两方面均需要考虑耐火及防火等因素。

以本项目玻璃过道下 Y 方向梁为例进行防火验算，钢梁

材质为 Q390GJ，设计耐火极限时间内钢材最高温度为  $500.00^\circ\text{C}$ ，弯矩设计值  $M_x = 150.00 \text{ kN} \cdot \text{m}$ ；剪力设计值  $V = 30.00 \text{ kN}$ 。

首先对钢梁进行在火灾下的强度验算。火灾组合折减系数，由防火规范 7.1.3 条可知截面塑性发展系数  $\gamma = 1.05$ ， $\sigma_{\min} = 146.37 \text{ N/mm}^2$ ， $-\sigma_{\max} = -146.37 \text{ N/mm}^2$ ；结果显示  $146.37 < f = 215.70 \text{ N/mm}^2$  主梁在火灾组合下的强度验算应力满足要求。

再对结构进行整体稳定验算。钢梁的整体稳定系数

$$\phi_b = 1.02; \sigma_{wx} = \frac{M_x}{\phi_b W_x} = 162.90 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{wx} + \sigma_{wy} = 162.90 \text{ N/mm}^2 < f = 215.70 \text{ N/mm}^2$$

由此可见截面整体稳定压应力满足要求。采用同样的方法可验证 X 方向钢梁在火灾下的强度和稳定性亦满足要求。

应对钢结构采取相应的防火保护措施，本设计对钢梁采用 15 厚非膨胀型防火涂料保护。

## 6 玻璃防火、防爆及防滑设计

普通玻璃的防火和防高温能力较差，而夹层玻璃的三片玻璃层均可采用耐高温性能良好的隔热型防火玻璃，耐火等级 2.00h。考虑防爆性能，下层玻璃采用夹丝（网）玻璃，建筑用夹丝玻璃能有效抵挡意外撞击产生的穿透，一旦玻璃发生破坏，碎片仍会和金属丝网联结在为一个整体，从而减少破碎或玻璃跌落的危险，可避免因玻璃掉落造成的人身伤害。

根据《建筑地面工程防滑技术规程》JGJ/T331-2014 第 4.2.2 条要求，本通道为重要的疏散通道，防滑等级为  $C_d$  级，根据该规程第 3.0.3 条，相应的防滑等级应满足静摩擦系数应不小于 0.5。技术上建议上层采用表面有水滴形防滑纹理的凸纹玻璃，表面静摩擦系数不小于 0.5。

## 7 结论

基于以上分析，对本项目天井玻璃过道设计出以下结论：

- (1) 设计荷载下，天井处支撑钢结构的设计满足承载力验算。
- (2) 天井处玻璃支撑结构满足设计防火验算；设计荷载下，平台夹层玻璃满足承载力与挠度的验算。
- (3) 上层采用表面有水滴形纹理的凸纹玻璃，表面静摩擦系数  $\geq 0.5$ ，同时满足视觉屏蔽及防滑要求。

(4) 通过相关的验算得出, 本设计玻璃平台满足防火 及防爆安全要求。

#### 参考文献:

- [1] 中国建筑材料科学研究院.建筑玻璃应用技术规程 JGJ113-2015[M].中国建筑工业出版社,2016.
- [2] 中华人民共和国建设部.建筑结构荷载规范[M].中国建筑工业出版社,2006.
- [3] 刘忠伟,黄疆宇,邱科.地板玻璃应用技术要点[J].建筑玻璃与工业玻璃,2017,000(002):P.6-8
- [4] 中国建筑材料科学研究院.建筑玻璃应用技术规程 JGJ113-2015[M].中国建筑工业出版社,2016.
- [5] 住房和城乡建设部标准定额研究所.“建筑玻璃采光顶技术要求”.JG/T231-2018.2018-06-26.
- [6] 中华人民共和国公安部.高层民用建筑设计防火规范[M].中国建筑工业出版社,2008.
- [7] 曹阳.住宅工程建筑安全玻璃使用的探讨[J].建筑知识:学术刊,2012(B09):95-95.