

# 框架与门式刚架混合结构设计

付万成

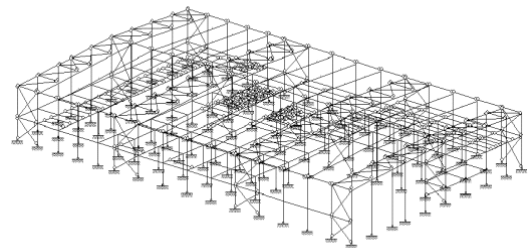
上海通用金属结构有限公司第三分公司 上海 200092

[摘要] 本文结合近期使用 MTS 软件设计的一个工艺复杂的轻型钢结构生产车间，并结合 MTS 相关软件功能的，进行这类框架与门式刚架混合结构合理设计探讨。

## （一）概述

由于自身鲜明的时代特征，轻型钢结构房屋在国内得到了迅猛发展，门式刚架轻型钢结构作为其中的一个重要结构形式被大量应用于现代工业建筑中。随着工业工艺技术的复杂化、功能的多重性，这种轻型钢结构体系也越来越复杂，现在已有大量复杂的轻型门式空间结构被应用到实际工程中。象局部带有夹层的门式刚架、下部采用框架上部门式刚架的混合结构等类似的结构类型在现代工业建筑中越来越普遍，这些建筑往往结构布置复杂，结构受力不象传统的门式刚架那样简单明确，而国家规范中对这类结构形式也没一个明确的规定，于是怎样理解这种结构类型，怎样对这种结构类型作一个经济、合理的结构分析是摆在结构设计人员面前的一道课题。笔者在近期设计了一个工艺复杂的轻型钢结构生产车间，结构模型见图一。生产车间有两层：底层柱距基本为 7.2\*7.2 米（局部抽空），因生产工艺复杂，设备荷载种类繁多，局部还有不同标高的夹层；而车间二层因建筑功能及设备布置的要求结构布置变成（33+27）\*7.2 米的大跨度空间结构。本建筑很显然底层结构受力复杂应依据《钢结构设计规范》进行空间分析，而上部结构受力却很简单，只有彩钢板屋面的自身荷载，同时跨度很大，如按钢结构设计规范进行控制分析明显不具有经济、合理性，故设计时上部结构按门式刚架设计规程

进行分析控制。



图一 生产车间结构模型图

本建筑设计时下部结构按《钢结构设计规范》控制分析，上部结构按《门式刚架轻型房屋钢结构技术规程》控制分析，结构需作一个整体空间来分析，需考虑上下不同结构形式的相互作用影响，不能忽略不同标高夹层对结构整体性能的影响，同时还需考虑上部结构的柱间支撑、屋面水平支撑及系杆等受力构件对结构整体刚度的影响。那么采取什么样的分析工具来实现以上的设计要求呢？经过综合分析，我们选用了上海蓝科钢结构技术有限公司开发的 MTS 系列软件来进行结构分析。MTS 对门式刚架轻型钢结构提供了三维分析计算的解决方案，能够有效合理的反应实际结构的整体作用，同时它能对不同的构件选择不同的规范进行分析验算，很好的实现了以上的设计要求。

## （二）MTS 软件的设计分析

### 1. 三维模型的建立

MTS 软件的空间厂房-门式刚架模块可以快速的建立三维实际模型，该模块中软件为了方便设计人员提供了快捷生成单榀刚架的功能，然后用户可以在视图界面中通过复制、添加删除构件等功能快速生成整体三

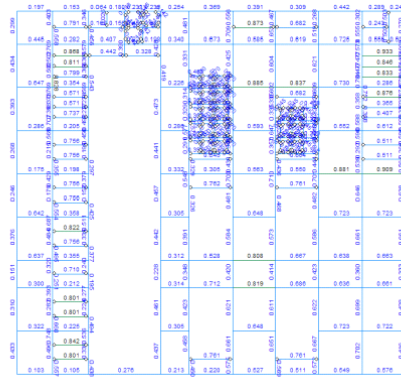
维模型。本设计在建模过程中就采用了此项功能迅速建立了各单榀刚架，然后在视图界面中通过选中视图和轴线视图布置柱间支撑、屋面水平支撑及系杆，而建立了空间模型，最后通过在楼面视图中补充布置楼层梁柱等构件快速的建立了整体空间模型。整个建模方便快捷，空间厂房的荷载可以输入面载、杆件荷载及结点荷载，即输即可见，同时还提供了各种荷载的开关方便查找编辑，可视性、操作性很强。对上部结构因按门式刚架轻钢结构控制设计，结构设置了较多水平支撑、系杆及柱间支撑以保证结构整体的协调作用，柱间支撑及系杆采用拉压杆设计，而屋面水平支撑采用的是圆钢柔性杆件，需对该杆件进行只拉杆的设定才能正确反应支撑工作的真实状态，以保证结构整体分析的准确性，MTS 软件的属性菜单中可以方便的设定各类杆件的属性类型。

空间厂房-门式刚架模块模型建立完毕，在前处理结束前应进行结构的整体分析，程序会对各类荷载按规范进行组合（用户也可以自行输入荷载组合）计算杆件内力，同时会对内力结果进行保存，以备后处理进行杆件的验算设计。

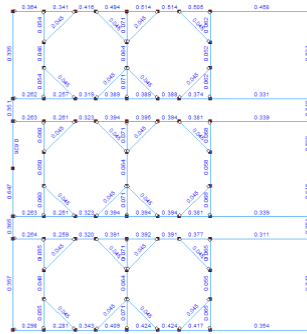
## 2. 结构构件分析与验算

软件空间整体计算完毕即可进入后处理模块来查看各类构件的内力、位移变形及验算分析设计。MTS 软件可以对不同的构件按不同的规范进行验算，设计人员只要选中所要设计验算的构件，再选择相应所需的规范，程序即可按所选的规范对设计人员所选的构件进行验算设计。选择构件时可以按视图选择，也可按选择菜单中的属性、杆件、编号等方法来选择，整个操作过程简单明了。本工程下部结构按《钢结构设计规范》要求来验算设计，可以通过楼面视图来选择验算，见图二及图三；而上部结构按《门式

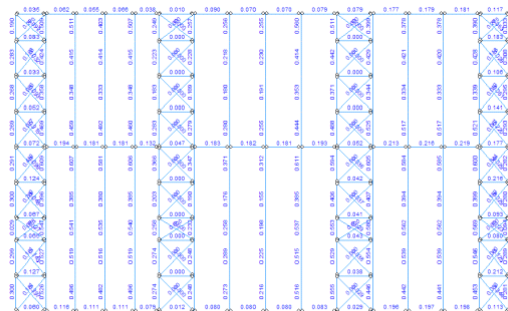
刚架轻型房屋钢结构技术规程》要求来验算设计，可通过选择视图或属性选择杆件来验算设计，见图四。



图二 4.7米标高主梁应力图

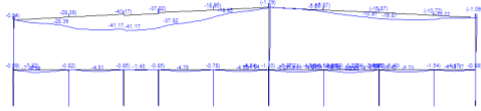


图三 楼面局部钢梁应力图



图四 屋面构件应力图

MTS 软件在整体空间模型中还提供了平面结构导出的功能，这样对较复杂的空间结构来说，可以通过三维模型对结构进行计算分析，但对于规则的门式刚架体系，设计人员可以采用转化为二维模型来分析设计，这样有利于简化操作。同样软件也可以将三维计算分析的结果以二维平面刚架的形式导出以利于设计人员分析校核，如图五所示。

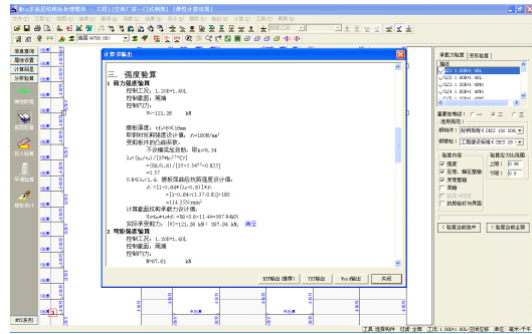


图五 7轴线刚架空间位移图

MTS 软件在分析验算过程中，还提供了交互输入编辑查询功能，可以对杆件及时查询，单独验算，对未能通过验算或用户需要调整的构件可及时修改调整，修改完毕可立即验算核对而不必回到前菜单重新验算。

### 3. MTS 软件的结果输出

MTS 软件空间厂房模块提供了完整的计算、设计和输出功能。前处理模块提供了模型建立、荷载输入以及对模型进行计算的功能；后处理模块里可以验算查询、显示模型结果，可对构件按照设计人员选定的规范进行验算，可进行变形、抗火验算，并对以上所有输入及计算的结果进行整体文档输出，也可对用户选定的部分构件进行详细的文档输出。空间厂房-门式刚架模块还结合 MTSTOOL 钢结构工具箱对吊车梁、檩条、抗风柱等进行独立设计，输出详细计算书与图纸，同时可通过接力节点设计和基础设计模块对节点和基础进行设计与图纸生成，该模块还支持独立设计；出图模块中可输出各种用户选定的布置图、节点图、基础图及验算结果图形文件，并支持输出到 DXF 及 BMP 格式的图形文件，以方便设计人员的编辑校核及存档。



图六 构件验算文档输出

## (三) 结论

随着轻型钢结构在国内的不断发展，轻型钢结构将会大量应用于这类工艺、功能复杂及较大跨度的建筑中去，设计人员需对这类复杂结构提供合理的整体分析、验算方案，如何实现这类结构的分析，需要合理有效的结构分析软件来保证。MTS 软件在这方面提供了较好的技术支持，方便快捷的空间建模，合理的空间结构分析计算，灵活多变的规范验算，完整详细的结果输出，能够理想的实现设计人员对这类结构的设计要求。相信面对结构类型越来越复杂的钢结构设计，MTS 软件将会成为结构设计人员手中不可多得的一支利箭。

(MTS 钢结构系列软件试用版下载地址：

<http://www.lankesoft.com>

讨论 MTS 的 QQ 群号：45460868)