

医药工业厂房大跨度梁设计分析与方案比较

姚镇华

山东省医药工业设计院有限公司上海分公司

摘要：医药工业厂房特殊生产线需要，超长设备就需要大跨度的空间，来满足其生产需求，结构大跨度梁就为其发挥更作用。以某医药制药企业的丙类车间为例，介绍大跨度梁结构抗震等级确认，对混凝土梁挠度及裂缝控制提出一些建议。

关键词：大跨度梁；抗震等级；连续梁；挠度；裂缝；医药工业厂房

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.10.092

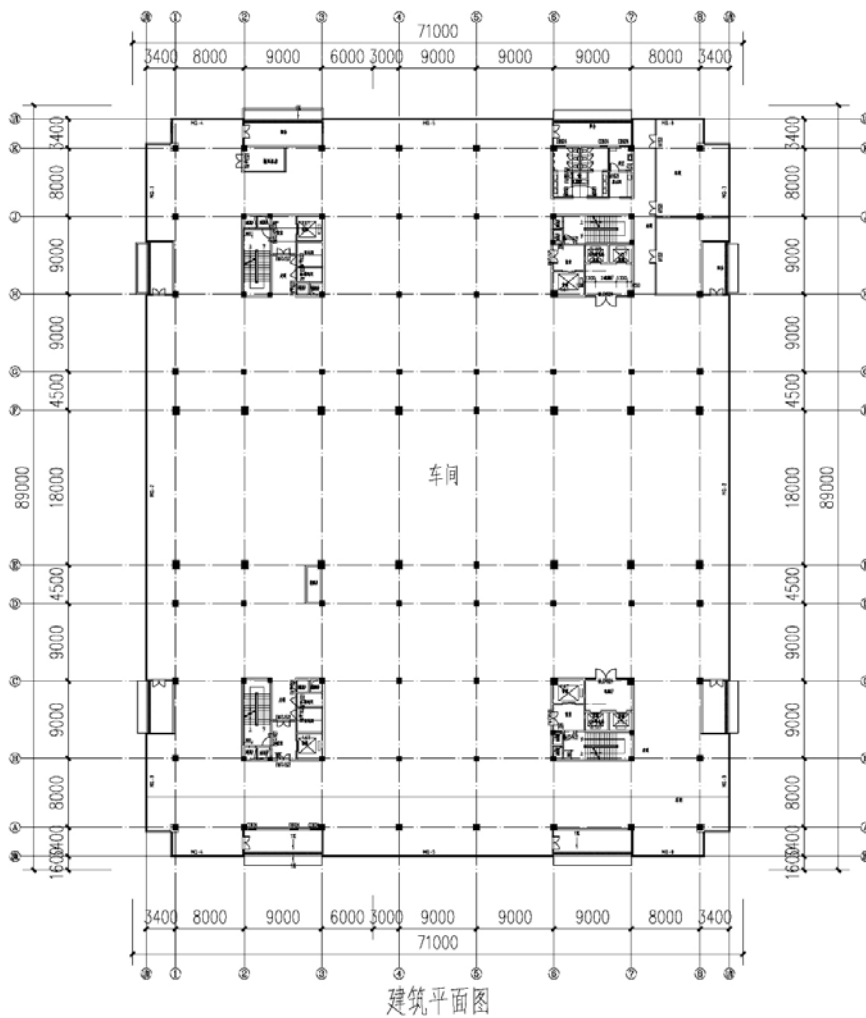
医药行业是最具国际化特征的行业之一，“十二五”医药工业规划出台，促进整个医药行业的发展，随着我国对医药行业不断加大研发投入、提高工艺水平，并改善生产设备形成专业化生产线，从而对建筑厂房提出了结构不变形、大跨度等更高的要求，以服务医药生产，不断满足人民群众日益增长的

健康需求。

以某医药制药企业的丙类车间为例，介绍大跨度梁结构抗震等级确认，混凝土梁布置、受力原理进行分析，对挠度及裂缝控制提出一些合理建议，分享设计中的实际应用经验。

一、工程概况

本体工程项目为某医药制药企业的丙类车间，项目位于浙江省金华市，是以药材前处理及直接入药药材加工、醇提、渗漉生产、片剂、胶囊剂生产、及糖浆剂生产。地上为3层，地下为0层，总建筑高度23.5m，为钢筋混凝土框架结构。一层层高8.0m，二、三层层高7.5m。本区抗震设防烈度为6度，II类场地条件下，基本地震动峰值加速度值为0.05g，对应设计特征周期为0.35s。柱距9m×9m，中间局部最大柱距9m×18m。建筑平面如下：



二、抗震等级分析

根据《抗震设防分类标准》(GB50223-2008)建筑工程根据其使用功能的重要性分为:特殊设防类、重点设防类、标准设防类、适度设防类,即对应的甲、乙、丙、丁类四个抗震设防类别。本单体为车间生产的火灾危险性类别为丙类,抗震设防烈度确定其抗震措施和地震作用,达到在遭遇高于当地抗震设防烈度的预估罕遇地震影响时不致倒塌或发生危及生命安全的严重破坏的抗震设防目标,属于标准设防类。

同时,根据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)(2016年版)第6.1.2条规定:

表6.1.2 现浇钢筋混凝土房屋的抗震等级

结构类型	设防烈度							
	6		7		8		9	
高度(m)	≤24	>24	≤24	>24	≤24	>24	≤24	>24
框架结构	四	三	三	二	二	一	一	一
大跨度框架	三	二	二	一	一	一	一	一

抗震设防烈度为6度,高度小于24m,本建筑单体的抗震等级为:四级。《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)(2016年版)第6.1.2条注3规定:大跨度框架指跨度不小于18m的框架,但本单体中有一跨为18m,在设计过程中,将该18m跨度的框架梁柱,抗震等级提高一级,计算模型及图纸中,计算和标识本跨抗震等级为:三级。

取第二层,一个标准层计算,同等条件下计算如下:

方案1、跨度9m、4.5m、18m、4.5m和9m钢筋用量统计表

抗震等级均为四级

构件	钢筋用量(吨)
梁	61.5
柱	19.8
合计	81.3

方案2、跨度9m、4.5m、18m、4.5m和9m钢筋用量统计表

仅把该18m跨度的框架梁柱抗震等级为三级,其余抗震等级为四级

构件	钢筋用量(吨)
梁	61.7
柱	20.8
合计	82.5

方案3、跨度9m、5m、17m、5m和9m钢筋用量统计表
抗震等级均为四级

构件	钢筋用量(吨)
梁	59.9
柱	19.8
合计	79.7

方案4、跨度9m、5.5m、16m、5.5m和9m钢筋用量统计表

抗震等级均为四级

构件	钢筋用量(吨)
梁	58.4
柱	19.8
合计	78.2

对比分析:方案2与方案1相比,框架梁的配筋增加了0.2吨,占比增加0.324%;框架柱的配筋增加1.0吨,占比增加4.81%;总用钢量增加了1.2吨,占比增加1.45%。

方案3与方案1相比,框架梁的配筋减小了1.6吨,占比减小2.60%;框架柱的配筋无变化;总用钢量减小了1.6吨,占比减小1.97%。

方案3与方案2相比,框架梁的配筋减小了1.8吨,占比减小2.92%;框架柱的配筋减小了1.0吨,占比减小4.81%;总用钢量减小了2.8吨,占比减小3.40%。

方案4与方案2相比,框架梁的配筋减小了3.3吨,占比减小5.35%;框架柱的配筋减小了1.0吨,占比减小4.81%;总用钢量减小了4.3吨,占比减小5.21%。

结论:在满足工艺需求的前提下,结构早期进入建筑设计方案讨论时,尽量减小大跨度的长度,从而减小工程造价。

三、大跨度梁连续分析

为确保大跨度框架梁,梁顶负弯矩平衡,及梁的连续性,把大跨度,及相邻跨的梁界面统一一致。通过下面的弯矩图,做一下对比,虽支座处左负弯矩增大56%,右负弯矩增大7%,大跨度梁底弯矩减小10%,详见下图。同理,连续梁也广泛应用距桥梁结构里面,两跨或两跨以上的连续梁,属于超静定体系,在竖向荷载作用下,产生的支点弯矩对跨中有平衡作用,使内力分布均匀合理。刚度大,超载能力大,安全性大大提高。

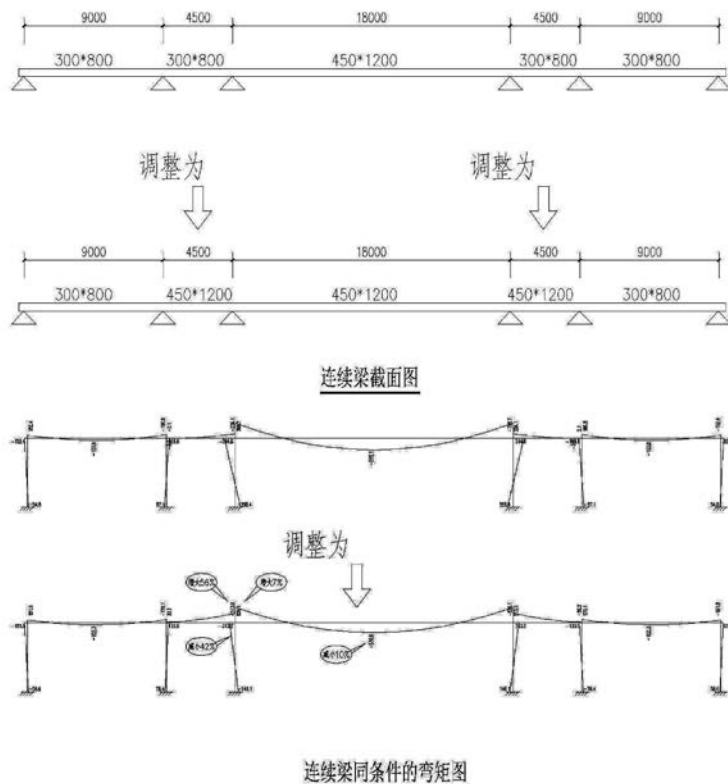
四、大跨度梁挠度裂缝分析

结构设计应满足建筑的安全性、适用性和耐久性。在正常使用状态下的变形,如裂缝,挠度及移位现象。尤其是大体积及超长混凝土结构,下面从挠度、裂缝产生的因素和采取预防措施逐一分析。

(一) 挠度控制

根据《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010规定 $L_0 > 9m$ 时,挠度应 $\leq L_0/300$,在医药厂房,生产设备属精密仪器,对构件有较高要求,挠度控制要求取 $\leq L_0/400$ (L_0 为计算跨度)。本案例按 $L_0/400$ 控制,其容许挠度值 $[v]=45mm$,远远超过设备精度水平的变形范围。

为此从设计加大梁配筋率和施工工艺采取措施,减小其挠度。加大梁配筋不无限量增加,坚持安全经济原则,通常情况下,梁的经济配筋率在0.6%~1.5%之间,根据文献[2]混凝土梁的综合造价不仅与混凝土和钢筋的用量有关,而且与钢材和混凝土的价格比有关,当时的建材价格体系下,1.05%左右为最经济的配筋率。结合本项目多次分析,建议梁的配筋率控制



在1.5%左右；同时根据《混凝土结构工程施工质量验收规范》第4.2.5条中对梁板模板起拱做了规定对跨度不小于4m的现浇钢筋混凝土梁、板，其模板应按设计要求起拱，当设计无具体要求时，起拱高度宜为跨度的1/1000~3/1000。设置目的：消除结构重力长期荷载引起的变形和梁板在平时无静荷载作用时保持一定的拱度。现场实测，三层梁截面450x1200，跨度18m，梁端梁底标高：支模、拆模、墙体砌筑完和竣工均为14.800；梁跨中梁底标高：支模14.850、拆模14.835、墙体砌筑完14.820，竣工为14.811。浇筑前的挠度实测值与计算值基本相符。

（二）裂缝控制

混凝土特殊性决定裂缝是难以避免的，根据《混凝土结构设计规范》（GB50010-2010）中规定，裂缝控制等级三级，环境类别为二三类的构件裂缝限定值为0.2mm，一类环境下裂缝限定值为0.3mm。裂缝控制最重要的先找出原因和因素，从根本上去解决。1、从材料因素，严控混凝土配比，水泥选择火山灰水泥、粉煤灰水泥或复合水泥，此类水化热小的水泥。水泥遇水化热一般在浇注的后期才开始，会有短暂性的放热，表面和内部温度差达到一定程度，产生了拉应力等现象，便会产生裂缝，有条件时，混凝土内掺一定比例的抗裂纤维。2、从荷载因素，结构构件布置合理，荷载传递方式简单，避免荷载突变。3、从施工因素，模板进行预先起拱，确保模板支持体系的稳定，加强混凝土的搅拌和浇筑质量，合理混凝土的养护，严控拆模顺序和拆模时间。

（三）合理设置腰筋

大跨度梁，梁的高度较高，钢骨架刚度不够，梁侧

面出现收缩产生裂缝。确保钢筋骨架的刚度，不发送位移和变形，抵抗施工过程中的荷载，根据《混凝土结构构造手册》（第五版）当梁的腹板高度 $h_w \geq 450\text{mm}$ 时，在量的两个侧面沿高度配置纵向构造钢筋。每侧纵向构造钢筋（不包括梁上、下部受力钢筋及架立筋）的截面面积不应小于腹板截面面积（ bh_w ）的0.1%，且间距不宜大于200mm。针对大跨度梁，腰筋配筋适当加大，直径12，间距150mm。有效束缚混凝土的收缩，同时，限制梁受拉区混凝土开裂向梁上部延伸，增强梁的承载力能力。

五、结语

综上所述，通过对大跨度混凝土梁结构设计问题进行分析，得到以下几个方面的结论：（1）严格按《建筑抗震设计规范》确定抗震等级，跨度不小于18m框架梁柱，抗震等级提高一级。（2）大跨度混凝土梁，梁截面连续布置，结构合理，造价经济。（3）为减小混凝土梁挠度和裂缝，采取的起拱、提高配筋率、增加抗裂外加剂和施工合理工序、振捣、养护等措施。

医药安全生产，依托结构的可靠支持。合理的结构方案和施工工序，增高结构的耐久性和承载能力，使设计既能满足工艺和生产的需要，又能满足基本安全，建筑施工经济效益的和社会效益的提高。

参考文献

- [1] 建筑抗震设计规范（2016版）：GB50011—2010[S].
- [2] 郑国梁. 钢筋混凝土梁的最经济配筋率分析[J]. 混凝土工程. 2014.
- [3] 《混凝土结构构造手册》（第五版）. 中国建筑工业出版社出版
- [4] 混凝土结构设计规范：GB50010—2010[S].