

Design of Single Story and Multi Span Steel Structure Factory with Extracted Columns

Jian Sun

Shenyang Aluminum Magnesium Design and Research Institute Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110001, China

Abstract

In order to meet the space requirement of technology specialty, steel joists and long-span box steel crane beams are adopted in a one-story four-span span steel structure plant. Through the introduction of the rigid frame design at the large-span column and the selection of the design scheme of the large-span crane beam, the reasonable structural design scheme is put forward, which can provide reference for similar projects.

Keywords

draw column rigid frame; steel joist; welded box crane beam

单层多跨抽柱钢结构厂房设计

孙健

沈阳铝镁设计研究院有限公司, 中国 · 辽宁 沈阳 110001

摘 要

为满足工艺专业对空间的要求, 某单层四连跨抽柱钢结构厂房采用了钢托梁和大跨度箱型钢吊车梁方案。通过对较大跨度抽柱处的刚架设计介绍及大跨度吊车梁设计方案的选择, 提出合理的结构设计方案, 为类似工程提供参考。

关键词

抽柱刚架; 钢托梁; 焊接箱型吊车梁

1 工程概况

单层钢结构工业厂房设计中常常采用多跨门式刚架结构, 由于工艺专业放置设备的空间较大, 因此需要抽去厂房中部的柱以满足要求。

某铝业公司压型车间, 厂房为单层四连跨全钢结构厂房。车间横向 108m, 纵向长 216m, 厂房纵向标准柱距 7.5m, 檐口高度 15.6m。厂房内 A~E 轴跨间设 2 台 16/3.2t (A5 级) 桥式吊车, 轨顶标高 9m; E~K 轴跨间设 2 台 32/5t (A5 级) 桥式吊车, 轨顶标高 9m; K~P 轴跨间设 1 台 50/10t (A5 级) 及 1 台 20/5t (A5 级) 桥式吊车, 轨顶标高 12m; P~T 轴跨间设 2 台 32/5t (A5 级) 桥式吊车, 轨顶标高 12m。根据工艺专业配置需要及布置设备的要求, 在 P 轴线上的⑦、⑧轴线抽去两根柱, 在⑩轴线及⑭轴线各去一根柱。厂房屋面及墙面采用彩色压型钢板围护, 在屋面设有采光带^[1]。

2 设计参数取值

2.1 荷载标准值

设计荷载有永久荷载如结构自重、屋面覆盖结构自重

等, 可变荷载有屋面活荷载、吊车荷载、风荷载以及地震作用等。

根据建筑结构荷载规范 GB 50009—2012 的规定取值。

①永久荷载: 所有杆件自重由计算程序自动导算, 轻型屋面板 (含檩条) 自重取 0.3kN/m^2 。

②屋面活荷载标准值 0.3kN/m^2 。

③屋面面积荷载标准值 0.3kN/m^2 。

④吊车荷载, 吊车荷载根据吊车手册提供的各吊车轮压荷重, 考虑吊车轮压影响线经计算作用于排架柱牛腿。

⑤风荷载: 风荷载按荷载规范取值。基本风压 0.45kN/m^2 。根据结构相应标高按照 B 类地面粗糙度取值, 风载体型系数 μ_s 按规范考虑。

⑥地震作用, 本工程抗震设防烈度为 7°, 地震基本加速度为 $0.10g$, 设计地震分组为第一组, 建筑场地类别为 II 类, 阻尼比为 0.05。

根据荷载规范的要求, 结构应力计算分析及稳定验算要考虑组合工况。在荷载工况组合时考虑了以上所列各项荷载标准值。

2.2 材料

①刚架钢梁、钢柱、钢托梁: Q235B。

15m、22.5m 大跨度钢吊车梁: Q345B。

【作者简介】孙健 (1982—), 男, 中国辽宁沈阳人, 硕士, 高级工程师, 从事结构工程研究。

支撑系统、隅撑、钢檩条：Q235B。

②焊条：Q345 钢之间焊接选用 E50；Q235 钢与 Q345 钢之间选用 E43。

2.3 建筑结构

本厂房建筑结构安全等级为二级；设计使用年限 50 年；结构重要性系数 $\gamma_0=1.0$ ；建筑抗震设防类别为丙类；基础设计等级为乙级。

3 结构方案

3.1 厂房结构形式及屋面系统

厂房为四连跨双坡门式刚架结构，屋面梁与钢柱连接采用高强螺栓端板连接形式的刚接节点。各跨钢架梁采用变截面 H 型实腹式屋面梁，梁高 700~1000mm；A 轴线刚架柱采用等截面焊接 H 型实腹式钢柱，柱截面高 700mm；E、T 轴线采用阶形变截面焊接 H 型实腹式钢柱，下柱截面高 800mm，上柱截面高 500mm；K、P 轴线牛腿以下采用双肢格柱式钢柱，柱截面高 1500mm，牛腿以上采用等截面焊接 H 型实腹式钢柱，柱截面高 700mm^[2]。

由于 P 轴线上的抽柱，在 6~9 轴线、13~15 轴线、23~25 轴线间的钢柱顶设置了跨度为 22.5m 及 15m 的纵向钢托梁，托梁两端与钢柱顶采用高强螺栓铰接连接，屋面梁与钢托梁间为平接，保持屋面的坡度。为加强屋面的整体空间作用，整个厂房屋面设置了纵横向水平支撑及柱间支撑，托梁受到的扭矩可通过屋面支撑承担，这样保证了整个结构体系的稳定（见图 1）。

柱脚与基础间采用刚性连接的插入式柱脚。钢柱插入基础杯口的深度为 2.5 倍柱截面高度。

3.2 大跨吊车梁

由于在 P 轴线的 6~9 线、13~15 线、23~25 线间由于局

部抽柱形成了跨度为 22.5m 及 15m 的大跨度空间，这为吊车梁的设计带来了困难。考虑到支承吊车的构件可以采用吊车梁及吊车桁架，在设计中分别对吊车桁架、焊接工字形梁及焊接箱形梁三种方案进行比较。

实际工程中，吊车桁架节点构造复杂、焊缝较多，吊车桁架的节点在动力荷载作用下受力复杂，对疲劳敏感。并且桁架所需要的净空较大，观感上也不够简洁。经过比较，最终选择了吊车梁的方案。

如果采用焊接工字形梁，虽然在竖向荷载作用下，整个截面能参加工作，但在水平荷载作用下，抗弯由上翼缘及其制动结构来承担，同时由于偏心和扭转产生的水平弯矩，也主要由梁上翼缘承受这方面产生的应力。

箱形吊车梁由上、下翼缘板与两侧各 1 块腹板组成，相当于将两个等高的工字形梁用上、下盖板连接成封闭截面的整体梁，两腹板上各自分别承受一条轨道上的轮压荷重。箱形梁除了具有较好的竖向和水平刚度外，还具有很好的抗扭刚度，因而梁受轨道偏心所产生的扭矩影响较小。箱形梁无论在竖向荷载或者水平荷载作用下，整个截面均参加抗弯、抗扭工作并具有较强的抗扭刚度及竖向刚度；由于 P 轴两相邻跨间均设有桥式吊车，且轨顶标高均为 12m，使箱形梁两个腹板平面上都有吊车荷载，因此按双侧受荷设计，使梁的全截面参加工作，经过初算，箱形梁截面高度相对会小一些。材料亦可由较薄的钢板组成，显然，箱形梁受力性能上比工字形梁更好，更为经济合理。

在设计中，构件荷载的竖向弯矩按 4 台吊车满载考虑，组合系数取 1.0，竖向挠度则按最不利 2 台吊车满载考虑，扭矩则取其中一侧 50t 与 32t 满载的情况予以考虑。为了减少刚架柱的类型，本工程将两种跨度吊车梁的截面确定为同一高度，通过调整板件的厚度进行设计（见图 2）^[3]。

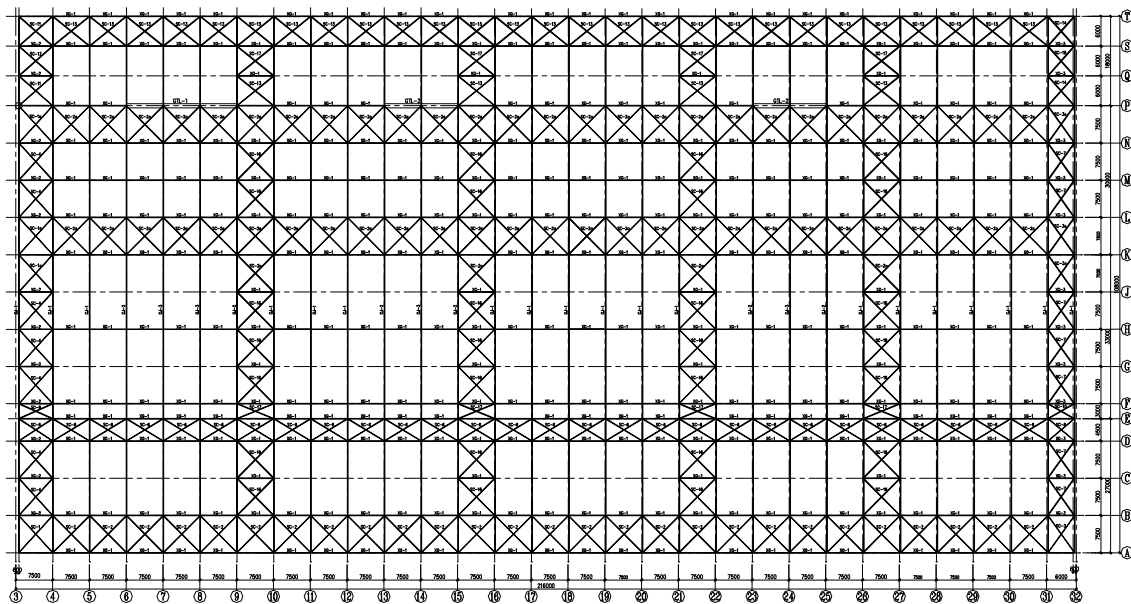


图 1 屋面结构布置

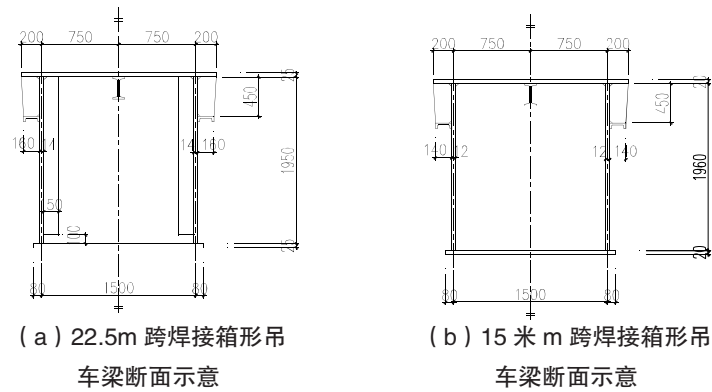


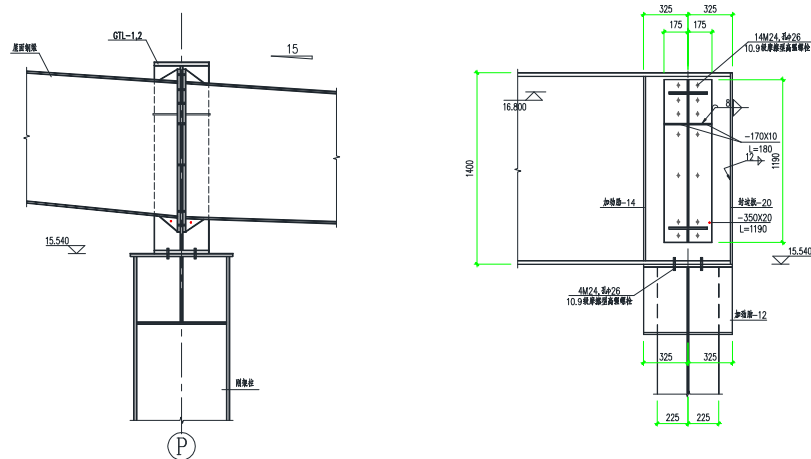
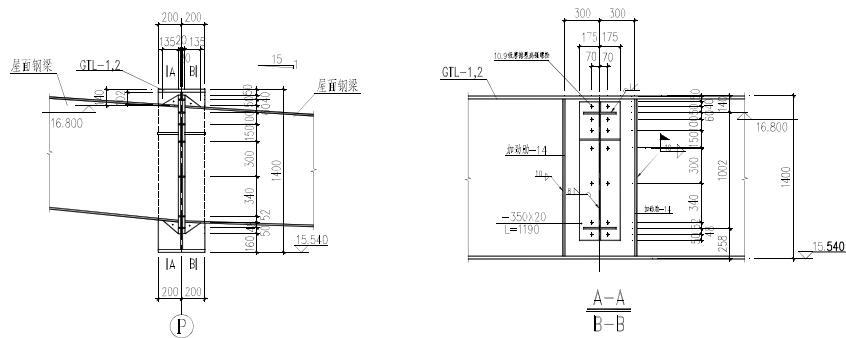
图2 梁断面示意图

4 刚架托梁及大跨吊车梁的节点设计

由于P轴线上的抽柱，纵向钢托梁与屋面梁连接设计十分重要，为保证屋面梁的连续性及屋面坡度，便于屋面檩条安装，屋面梁与钢托梁间采用平接，相邻两跨间屋面梁的

端板及托梁腹板及采用高强螺栓连接为整体，使节点能够传递屋面梁的弯矩（见图3、图4）。

大跨箱形钢吊车梁与钢架柱及与相邻跨吊车梁的连接见图5，相邻跨吊车梁支承在大跨吊车梁上，再支承在钢柱的两肢上，该节点施工较简单，只需螺栓连接即可。



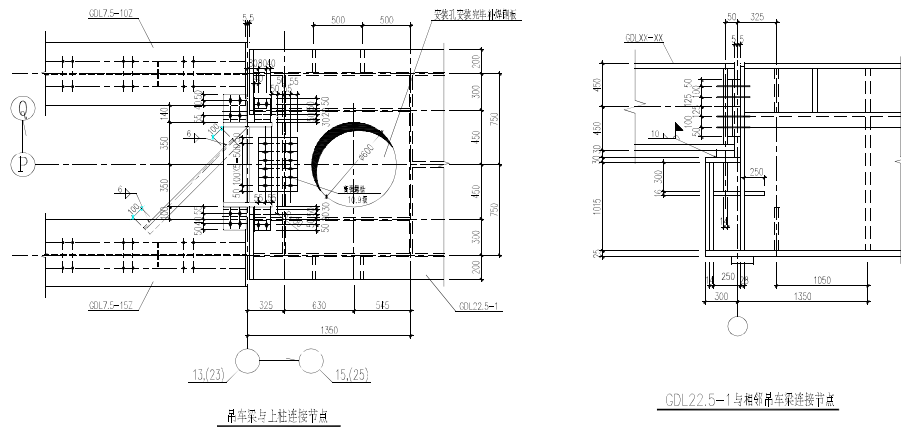


图5 钢吊系统梁连接详图

5 结构计算分析

结构计算软件采用了中国建筑科学研究院 PKPM 钢结构软件。设计建模中结构类型按单层钢结构厂房，设计规范为 GB50017—2017《钢结构设计标准》。由于是轻屋盖厂房，因此按“2 倍地震力作用”的“低延性、高弹性承载力”性能化设计，符合《建筑抗震设计规范》9.2.14 第 2 款条文说明中的 C 类构件（弹性准则设计时，腹板不发生局部屈曲），采用《钢结构设计标准》表 3.5.1 中宽厚比等级为 S4 级（弹性截面）的限值，调整截面使计算结果满足宽厚比、高厚比要求^[4]。

由于在 P 轴线上的⑦轴线、⑧轴线抽去两根柱，在⑭轴线及⑳轴线各去一根柱，增加结构分析的工作量。从本工程的平面布置图，需要进行建立三种模型进行二维平面分析。第 1 种为无抽柱情况的结构模型，该模型中屋面梁与钢柱的连接全部为刚接，为标准柱距情况下的模型；第 2 种为

P 轴线上 6 轴线、9 轴线、13 轴线、15 轴线、23 轴线、25 轴线为钢托梁支在钢柱顶并与柱顶铰接的结构模型，由于有托梁支座的荷载及大跨吊车梁传至牛腿的荷载，因此在该处荷载较大，所以柱的截面均较大；第 3 种为 P 轴线上⑦轴线、⑧轴线、⑭轴线、⑳轴线抽柱处的结构模型，此时钢托梁在该处需作为连续屋面梁的弹性支座，弹性支座的刚度可通过计算得出，钢托梁可按简支钢梁进行受力分析，支座为两侧的柱顶（见图 6）。

钢梁、钢柱的翼缘、腹板及格构柱分肢的规格根据各类刚架承担荷载的不同通过结构计算分析具体设计。对主要受力杆件的应力，按钢材强度设计值的 90% 控制。屋面梁挠度为 1/400。

图 7 为厂房竣工投产后，在 22.5m 抽柱处的现场情况，此处不仅满足了工艺生产的使用要求，还让人在现场感觉空间宽敞，简洁明亮。

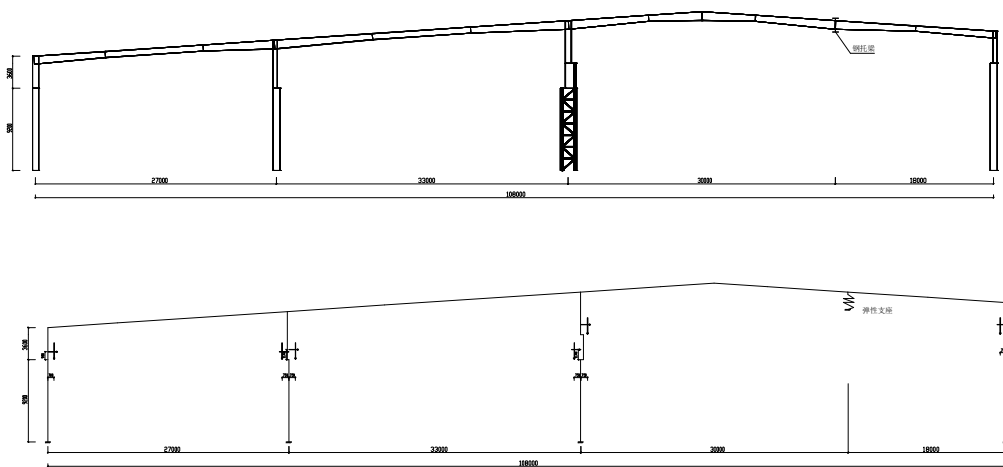


图6 22.5m 抽柱处刚架的吊车荷载计算模型

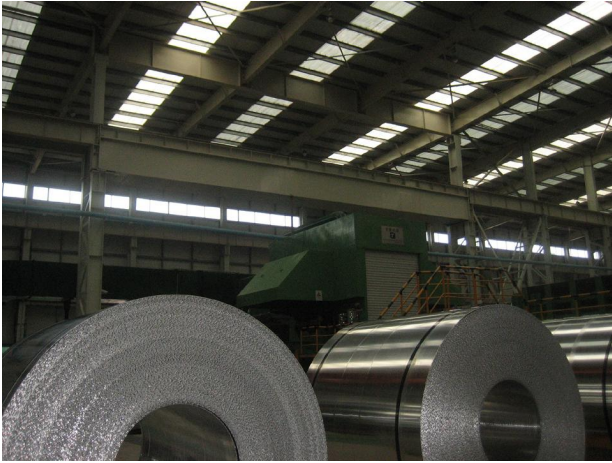


图 7 22.5m 跨屋面钢托梁及焊接箱型吊车梁

6 结语

①结构抽柱采用了钢托梁和大跨度钢吊车梁方案，解决了工艺专业对空间的要求。抽柱处采用大跨度纵向钢托梁，便于施工，使屋面荷载传力路径清晰明了。钢托梁与钢

架柱及屋面梁与钢托梁间的连接处理，保证了屋面梁的连续性和屋面结构的完整性。

②钢托梁为一简支梁，钢架梁作为连续梁在钢托梁的腹板处进行拼接连接，受力明确，施工方便，外观简洁。由于其在实际工作中的跨中变形与同轴上的未抽柱刚架相比较大，因此在设计中将其考虑为屋面梁的弹性支座，设计中应注意不同刚架的挠度变化。

③在厂房大跨度抽柱处，采用了焊接箱形吊车梁，两相邻跨间均设有桥式吊车，使梁的全截面参加工作，其经济指标与焊接工字钢相差不大，但其整体刚度要好得多，安全储备要高得多，是较为经济合理的方案。

参考文献

- [1] GB 50017—2017 中华人民共和国国家标准.钢结构设计规范[S].
- [2] GB 500097—2012 中华人民共和国国家标准.建筑结构荷载规范[S].
- [3] GB 50205—2001 中华人民共和国国家标准.钢结构工程施工质量验收规范[S].
- [4] GB 50011—2010 中华人民共和国国家标准.建筑抗震设计规范[S].