

巴西 CSA 焦化厂配煤仓钢结构设计

王雪慧

摘要:对巴西 CSA 焦化厂配煤仓钢结构设计作了阐述,该配煤仓的筒仓全部采用钢结构制作。

重点介绍了工程的结构设计内容,并列举了工程中几个比较典型的节点连接做法。

关键词: 钢结构 配煤仓 钢筒仓 钢漏斗

1 工程背景

巴西 CSA 焦化厂是由德国投资兴建,中国中信集团总承包的巴西最大的焦化厂。厂址位于巴西里约热内卢市的郊区,大西洋岸边,无地震区,风载较大。该焦化厂主要分为 A、B、C 三个区,备煤系统和炼焦系统两个大的系统,在修建及生产的整个过程中都采用了较为先进的工艺设施,对环境的影响极小。备煤系统的建筑物主要包括配煤仓、煤塔、转运站、输煤栈桥等,配煤仓是其中的重要建筑物。

2 本工程设计过程中几个关键问题

本工程在设计过程中遇到也是需要注意的问题如下:

2.1 工艺条件的变动性

工业建筑的结构设计很大程度上依赖于工艺,工艺的改变将会影响到设计时荷载的取值,甚至影响到整体结构形式。由于整个焦化厂工程庞大,工艺设计中需要兼顾的内容较多,工艺的设计是在逐步完善中。因此,结构的设计要考虑工艺的这种变动性,设计荷载的取值应随工艺的改变及时更新;部分构件的位置及大小也要随着相应条件的改变而改变。

2.2 规范的统一性

巴西当地使用的规范与中国规范的差异是本次设计中需特别注意的问题。要深入了解两国的规范,使其有效的结合起来,做到按照中国规范做出的设计同样符合巴西规范的要求。从规范中荷载的取值到材料的选取,再到制图的标准都需要有一个严格的统一。最典型的一个荷载取值就是风压计算时风速的取值,中国《建筑结构荷载规范》中风压的计算是以离地 10 米高,自记 10min 平均年最大风速 (m/s),经统计分析确定重现期为 50 年的最大风速,作为当地的基本风速;巴西当地计算基本风压时采用的风速为重现期 50 年,离地 10 米高,自记 3sec 平均风速。

2.3 节点设计的合理性

本工程中有几个节点设计极为重要,包括钢筒仓与支承它的桁架之间的连接,桁架与桁架之间的连接及桁架和钢柱的连接。其中,重点是桁架和钢柱的连接,难点是钢筒仓与桁架的连接。怎样使实际的节点形式有效的传递杆件之间的内力是节点设计的关键。

3 结构设计

3.1 主框架设计

配煤仓采用钢框架承重结构体系,平面尺寸为 60mx20m,高 35.5 米,共 6 层,12 个贮煤仓,每个仓的容量约为 1 千吨。由于每个仓的容量较大,一般的钢梁很难满足要求,故在第二层采用了钢桁架,作为钢仓的支承结构。结构平面及立面布置如下图所示:

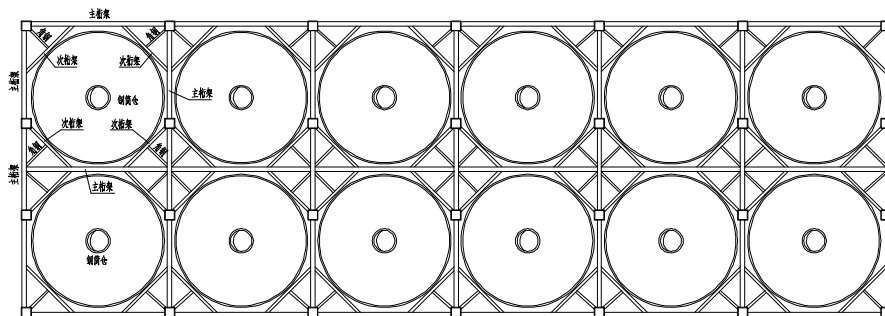


图1 桁架处结构平面布置图

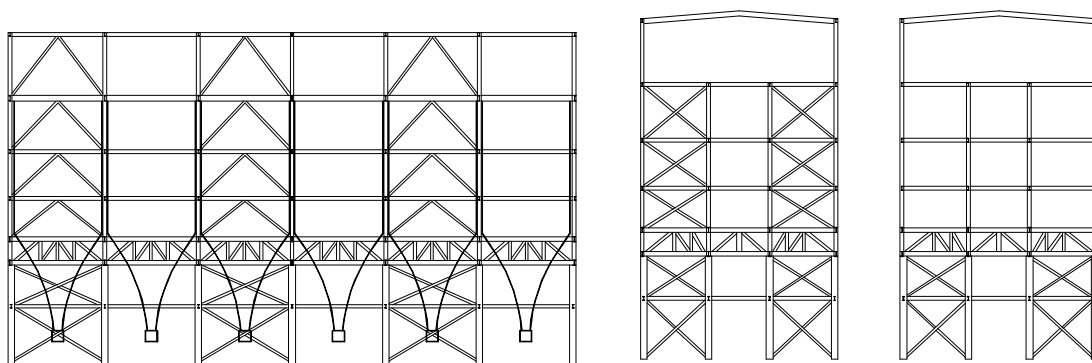


图2 立面图

平面图中与柱子相连的是主桁架，与主桁架成45度角相连的是次桁架，主次桁架均高3米；连接钢柱和桁架、桁架和桁架之间的是仅存在于桁架上下弦标高处的双角钢，以加强桁架空间整体性，减小桁架在单边受煤荷载作用时的扭转效应。钢仓与桁架共有八个接触点，也是钢仓的受力支承点。

从立面图中可以看出，本结构用了大量的支撑。横向在最外面两榀框架从下至上布置了十字形和倒V型支撑；纵向二层以下每榀都布置了十字型支撑，二层以上支撑隔榀布置。这是因为，除第五层处有压型钢板混凝土组合楼板外，其它层均是只有钢梁连接的空框架，屋面为压型钢板轻钢屋面，整个结构柔性较大而刚性不足。第五层仓中心处有皮带机的卸料小车通过，要抽去中间两排柱以形成大空间来满足工艺要求。20米跨度的钢梁在受力和变形方面很难实现，再结合建筑对屋面坡度的要求，屋顶采用了门式刚架形式，如图2所示。

钢框架的计算采用PKPM与MIDAS两种结构计算软件，以确保结构设计的安全可靠、经济合理。结构的主要截面为：桁架以下的柱，外边框钢柱为 $\square 700 \times 700 \times 20$ ，内部钢柱为 $\square 700 \times 700 \times 30$ ；桁架以上的柱为HW400 \times 400；除五层的框架梁采用H500 \times 300 \times 12 \times 16外，其他框架梁不承受外荷载，截面均采用H400 \times 200 \times 10 \times 12，主框架的材质均为Q345B。

3.2 钢仓设计

钢仓包括钢筒仓和钢漏斗，钢筒仓高14.3米，半径为4.7米，钢漏斗高10米，漏斗底半径为0.5米，顶面与钢筒仓相接。按照仓的分类， $H/D < 1.5$ 时为浅仓、 $H/D \geq 1.5$ 时为深仓（H为筒仓高度，D为筒仓直径），本仓属于深仓，计算时采用深仓相应的计算公式^[1]。钢漏斗为双曲线形，曲线方程根据面积收缩率为一常数而定。理论计算出的钢漏斗壁厚为7mm，钢筒仓壁厚为5mm，但考虑到使用过程中材料的磨损，最后漏斗壁厚采用16mm，筒仓下部1/3高度采用16mm厚，上部2/3的高度采用8mm厚。从理论上来说，采用这种变厚度的方

式也是合理的，因为贮料对仓壁的作用力随距离贮料顶面距离的增加而增大，对筒仓来说，筒仓底所受的力最大，计算时取该处截面来计算。

3.3 基础设计

地基基础设计的好坏将直接关系到整个工程的安全与造价。基础设计应根据工程地质和 水文地质条件、建筑体型与功能要求、荷载大小和分布情况、相邻建筑基础情况、施工条件 和材料供应以及地区抗震烈度等综合考虑，选择经济合理的基础型式。

由于配煤仓总荷载达 163800kN，如采用筏板基础，基底压力约 140 kPa，而地基承载力 为 80 kPa，故不能采用天然地基；采用浅部处理对提高地基承载力和减少地基变形的作用有 限，故采用桩基。通过综合比较分析，根据本工程实际情况和周围建筑物的工程经验，本设 计采用了管径为 914mm/15.9mm 的钢管桩，其竖向承载力为 3400KN，竖向弹性系数为 230~680 MN/m，水平弹性系数为 2.1MN/m。

4 典型节点

4.1 钢仓与桁架的连接

钢仓在 1/8 切点处与桁架上弦进行连接，每个切点的压力约为 1250 kN，接触点选在筒 仓与漏斗相交的界面处。由于接触面较小，而荷载较大，容易形成应力集中，故在连接处加 一环梁；同时，为了增加仓在该处的刚度，加了三道竖向加劲肋，如图 3、4。在非接触 点处，竖向加劲肋间距为 500mm，如图 5。由于以上连接都是仓与结构的竖向连接，为了 使仓能抵抗一定的水平力，在仓的环形钢板下加了弹簧钢板，连于桁架上弦上，该弹簧板 允许仓有竖向变形，而限制其水平变位，如图 6。

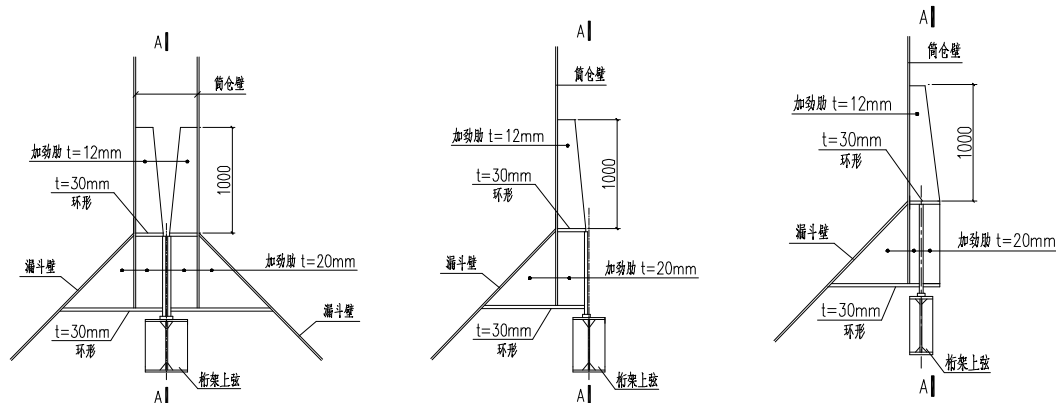


图 3 仓与桁架连接示意图

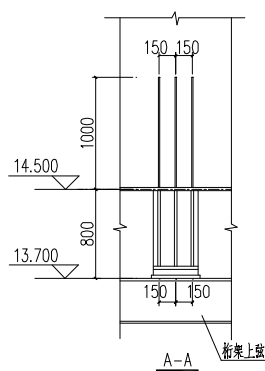


图 4 节点剖面示意图

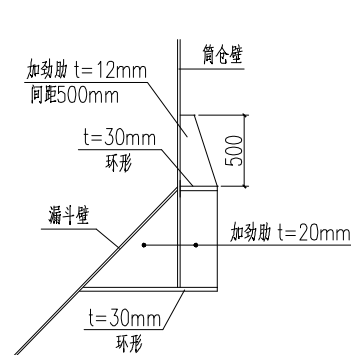


图 5 非支承处仓加劲肋布置图

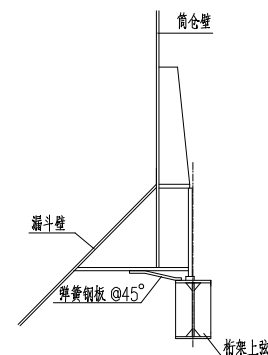


图 6 仓水平连接示意图

4.2 桁架与钢柱的连接

本工程桁架受力较大, 如果与钢柱的节点设在柱子侧面, 对柱子的偏心影响太大。因此, 连接设在上下柱交接处, 利用上下柱截面高度差而支承在下柱顶面上, 可以减小对下柱的偏心影响。桁架采用下弦式支承, 当下柱顶面空间能满足桁架支承长度要求时, 则柱顶板不需挑出, 反之则柱顶板需挑出, 同时在其下加加劲肋; 桁架上弦与柱连接处的内力较小, 只在腹板处用 4 个高强螺栓连接, 节点如图 7、8 所示。

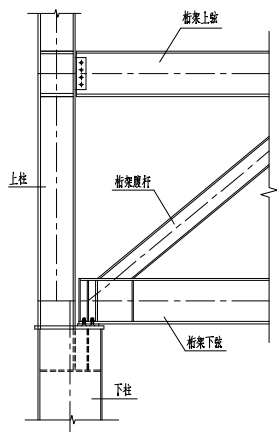


图 7 桁架与柱连接节点一

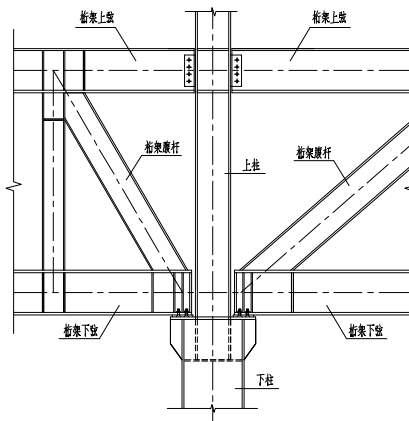


图 8 桁架与柱连接节点二

5 结束语

目前, 钢仓一般仅在厂房内部作为小型缓冲仓使用, 或作为大型钢筋混凝土筒仓的漏斗使用, 全钢筒仓在国内应用较少。但全钢筒仓与钢筋混凝土筒仓相比, 具有自重轻、施工速度快的优点。自重轻就意味着对基础的荷重小, 可以节约基础的造价, 尤其是本工程地质条件较差, 需用造价较高的桩基情况下, 更能显示出自重轻的优点; 施工速度快, 可以缩短工期, 又从另一方面降低了工程造价。因此, 本设计在钢结构的应用领域具有一定的参考价值。

Steel Structure Design of Coal Blending Bin in CSA Coking Plant

Wang Xuehui

(China Building Design & Consultants Pte.Ltd, Beijing 100037)

Abstract: Steel structure design of coal blending bin in CSA coking plant is discussed. All silos are made of steel materials. Structure design is emphasized, and some typical connections are described in engineering.

Keywords: steel structure, coal blending bin, steel silo, steel bin

参考文献

[1] 钢筋混凝土筒仓设计规范 GB50077-2003.