

从 DRAVO WELLMAN 公司的 设计看美国钢结构应用*

张正国

(郑州工学院土建系)

摘 要: 本文依据美国 *DRAVO WELLMAN* 设计公司提供的上海宝山钢铁厂石洞口第二热电厂部分土建结构技术设计资料, 详细介绍了单体工程 *C-10* 的结构设计, 对其设计特点进行了分析, 比较国内的钢结构设计思想, 探讨了美国钢结构设计及应用的一般概貌。

关键词: 钢结构设计

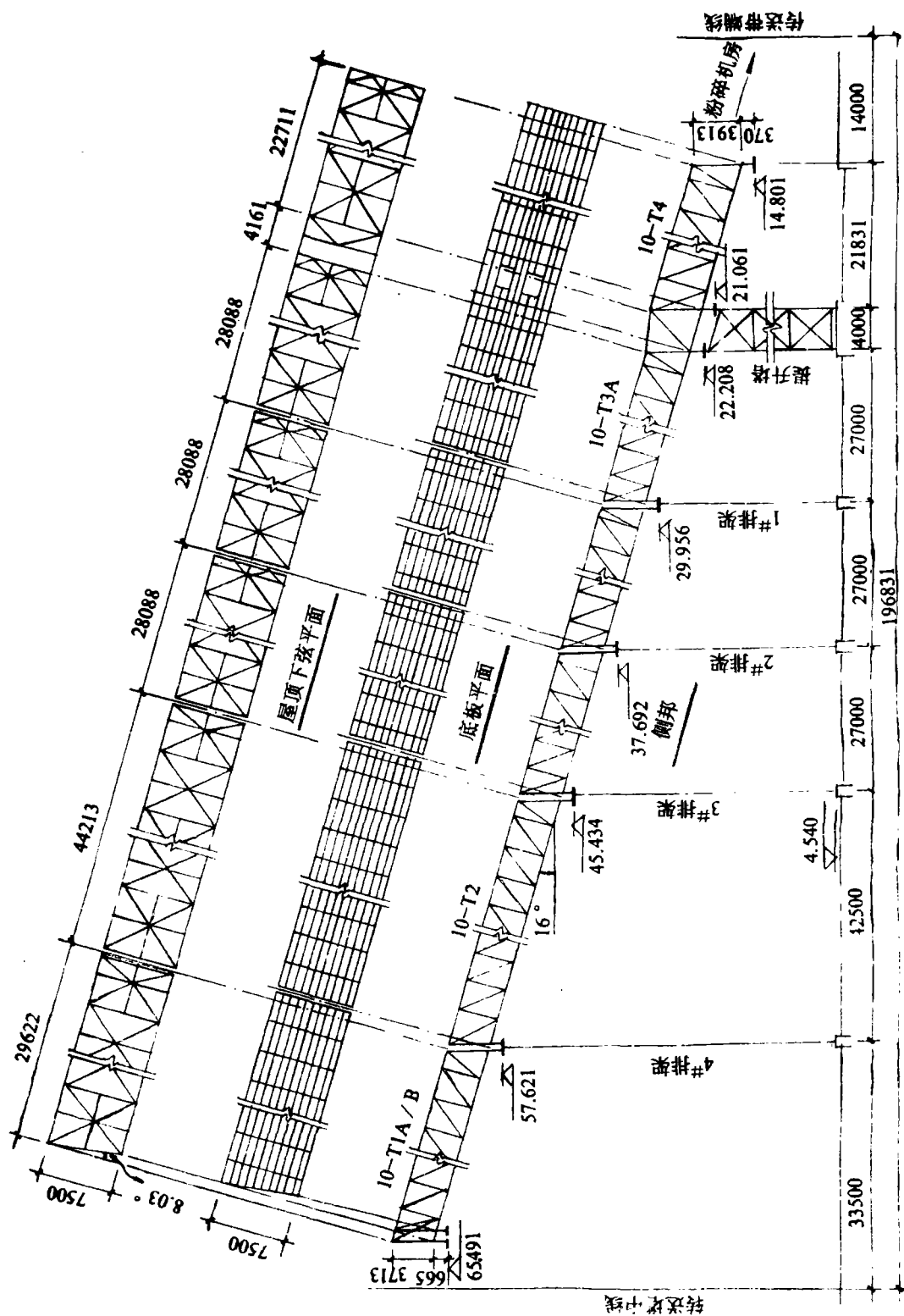
上海宝山钢铁厂二期工程中的石洞口第二热电厂在国际设计投标中, 美国 *DRAVO WELLMAN* 设计公司中标。根据该公司出具的技术设计资料, 石洞口第二热电厂主体土建工程全部采用全钢结构。美方技术设计于 1988 年底完成, 细部施工图详细设计由国内承担, 截止 1989 年 10 月, 已完成部分单体施工图。作者承担了部分单体工程—*C-6*、*C-9*、*C-10* 输煤廊道和一个转送塔的施工图审校任务。本工程规模大, 投资巨, 技术设计基本上代表着美国当今钢结构设计的最高水平, 可反映美国目前钢结构设计、生产和应用的基本概貌。本文仅介绍 *C-10* 输煤廊道的结构设计, 并由此分析美国钢结构应用之特点。

1 *C-10* 单体结构设计

1.1 总体设计

C-10 输煤廊道主体结构如图 1 所示。廊道本体由 10-T1, 10-T2, 两段 10-T3 和 10-T4 以及提升塔组成, 竖向由 1[#]~4[#] 四榀排架和提升塔承重, 上端支承于转送塔横梁, 下端支承于粉碎机房横梁。传送带水平投影总长 196.831m, 与水平面夹角 16°, 其中廊道本体水平投影总长 177.805m。传送带斜长 204.763m, 廊道本体斜长 184.971m。廊道宽 7.5m。10-T4 段垂直高度 3.912m, 上下弦净间距 3.76m。其它部分垂直高度 3.713m, 上下弦间距 3.05m。传送带上端标高 66.714m, 下端标高 12.46m。廊道上端支点标高 65.491m, 下端支点标高 14.801m。基础顶面标高 4.54m。

* 收稿日期: 1990.04



廊道净耗钢量 5211.5KN (不包括屋面和墙面材料)。传送带设计带速 2.05m/s, 双带设计输煤能力 20000KN/h。

1.2 竖向承重体系

竖向承重体系由四个平面排架和提升塔塔架组成。4[#]排架高 53.081m, 见图 2, 立柱为焊接工字形截面: 翼缘 2-430×40, 腹板 -850×12, 耗钢 696.39KN; 3[#]排架高 40.894m, 立柱仍为焊接工字形截面: 翼缘 2-350×36, 腹板 -840×20, 耗钢 457.24KN; 2[#]排架高 33.152m, 立柱为 H 型钢: H700×300×185, 耗钢量为 298.29KN; 1[#]排架高 25.41m, 立柱仍为 H 型钢: H600×300×151, 耗钢 136.25KN; 接升塔塔架平面为四边形, 高 17.668m, 四立柱均为 H 型钢: H400×300×107, 耗钢 170.58KN。

1.3 廊道本体结构

廊道本体见图 1。侧邦为平行弦桁架, 为主要横向承重构件。10-T1A/B 部分斜向跨度 29.622m, 高 3.05m。上弦采用 I27a 和 [22a 拼装截面, 下弦在距支座约四分之一跨度处改变截面,

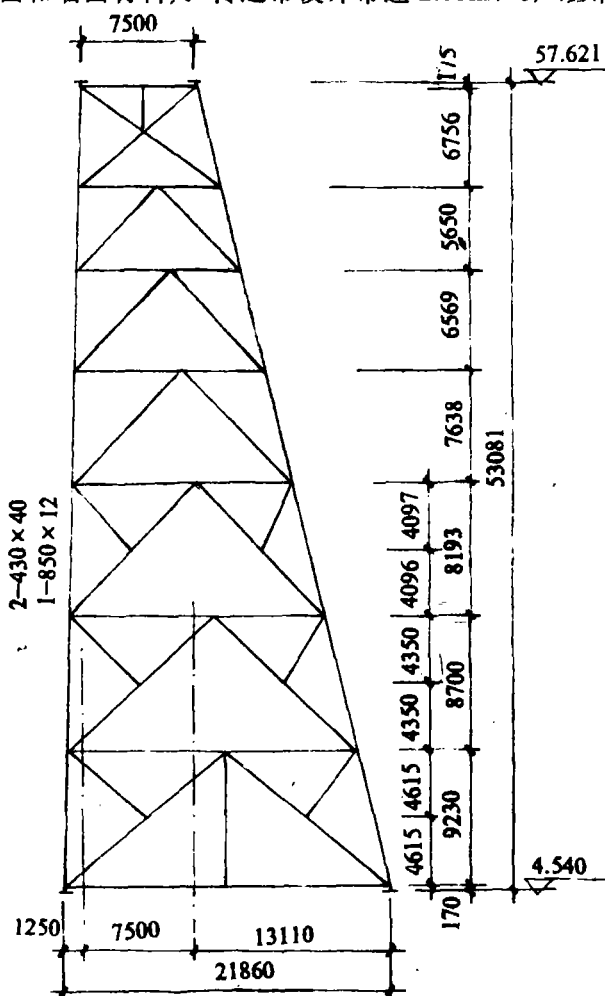


图 2 4[#]排架

跨端采用 I27a, 跨中采用 I27b; 10-T2 部分斜向跨度 44.213m, 高 3.05m。上下弦均在距支座四分之一跨度处改变截面, 上弦跨端采用 I36C 和 [30C 拼装截面, 跨中采用 [30C 和焊接工字形截面拼装截面, 工形钢翼缘 2-250×20, 腹板 -320×10。下弦跨端和跨中均为焊接工形截面: 跨端翼缘 2-250×16, 腹板 -318×10, 跨中翼缘 2-280×20, 腹板 -310×14; 10-T3 和 10-T3A 共三段基本相似, 斜向跨度 28.088m, 高 3.05m。上弦由 I27a 和 [22a 拼制而成, 下弦改变截面, 跨端为 I25a, 跨中为 I25b; 10-T4 部分斜向跨度 22.711m, 高 3.76m。上弦由 I27a 和 [22a 拼制, 下弦为 I22a, 侧邦主承重桁架共耗钢 989KN。

廊道底板为主次梁体系,主梁截面 I36C, 间距 3m, 两端用高强螺栓铰接于侧邦下弦的腹板。次梁截面 [12.6, 间距如图 3 所示, 上铺 8mm 和 5mm 花纹钢板。底板总耗钢量 1734.27KN。

屋顶主承重构件为三角形桁架, 屋面坡度 1:6, 其下弦水平支撑布置见图 1 的屋顶下弦平面,

上弦布置纵向檩条, 如图 4 所示。上弦杆 I250×175×44.1, 下弦杆 2[16, 中竖杆 ∠90×8。屋顶梁格系统 (不包括屋面材料) 耗钢 729.48KN。

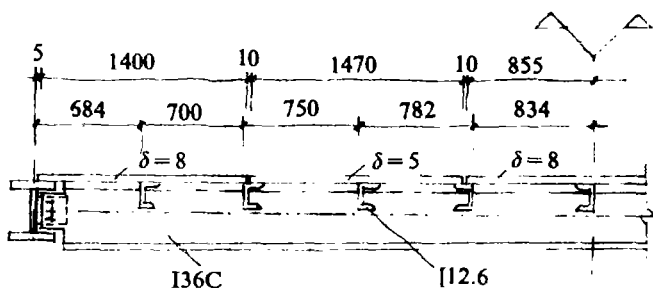


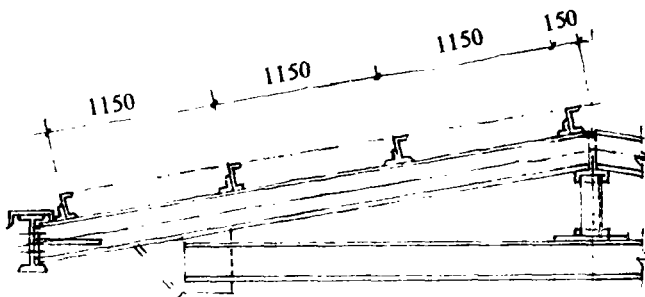
图3 底板结构布置

2 设计特点

与国内钢结构设计相比,该单体工程结构设计有如下特点。

2.1 柔性连接占主导地位

本单体设计中的大量主要构件连接均为柔性接头, 只能传递轴力或剪力, 构件可以相对自由转动, 接近于理想铰。例如排架柱及提升



屋架

图4 屋顶结构布置

塔架立柱的柱脚均为铰接柱脚, 地锚螺栓分布在柱身范围内的截面主轴附近, 如图 5 所示。廊道侧邦的平行弦桁架与排架柱及提升塔架柱亦为铰接。廊道底部梁格系统及中间屋架系统均为柔性连接。柔性连接中主要通过连接板件采用摩擦型高强螺栓固定相对位置, 构造简单, 施工方便, 且计算假定偏于安全, 便于计算。

关于柔性连接的应用, 本设计基本体现了美国钢结构设计的基本思想。美国钢结构协会的设计规范中, 连接部分只列出了柔性连接的构造要求和计算方法, 对半刚性和刚性连接未作相应规定, 因而导致了美国钢结构设计中柔性连接占主导地位的现象。由于柔性连接结构的整体刚度较差, 因而要求布置较强的支撑体系, 耗钢量较大。国内钢结构的连接设计中, 柔性连接和刚性连接大致平分秋色, 虽然计算工作量较大, 构造较复杂, 施工周期较长, 但由于整体刚性好, 符合节约钢材的基本思想。

2.2 连接方法以摩擦型高强度螺栓为主

国内钢结构制造通常按运输界限划分制造单元, 因而存在大量工厂连接焊缝。工地拼装一般先用粗制普通螺栓定位后用工地焊缝连接, 因而焊缝为主要连接方法。本设计除廊道侧邦按运输界限划分单元外, 其它各部件均以单根杆件为运输单元, 包括竖向承重排架、提升塔、廊道底板梁格系统、铺板, 以及中间屋架、端部屋架和它们的檩条等, 因而存在大量的工地拼装工作量。工地拼接全部采用摩擦型高强度螺栓。本结构共用 M22 高强度螺栓 7872 个, 平均每米长廊道有 42.56 个, 每千牛顿耗钢量有 1.51 个。

摩擦型高强度螺栓连接强度高、刚度大、塑性韧性好, 并且施工方便, 国内已开始重视该方法, 可望成为主要连接手段。

2.3 型钢品种齐全, 型号繁多

本工程用到的热轧型钢品种全, 型号多, 包括 H 型、I 型、T 型、[型、角钢及花纹钢板和无缝钢管等, 均由 DRAVO WELLMAN 公司供货。H 型钢最大为 $H700 \times 300 \times 185$, 最小为 $H300 \times 150 \times 36.7$, 共十数种规格; 普通 I 型钢最大 I36a, 最小 I25a; T 型钢最大 $CT600 \times 300 \times 68$, 最小 $CT250 \times 175 \times 22.1$; 槽钢最大 [36a, 最小 [12.6。实际上美国的型钢品种和型号远不止此, 仅 H 型钢就有 254 个规格, 因而给钢结构设计和施工带来极大的便利条件, 并可节约大量钢材, 缩短建设周期。各种型钢广泛用于框排架支柱、斜杆、桁架弦杆及腹杆和横梁等。

2.4 大量采用厚钢板

国内在钢结构设计中常用 20mm 厚左右的钢板, 最大厚度一般不超过 30mm。本工程选用钢板厚度在 5~60mm 范围内, 使杆件截面简单, 柱头柱脚便于构造。例如 4[#]排架立柱采用焊接工形截面, 翼缘 2-430×40, 腹板-850×12, 柱侧向自由长度达到 54.676m。如此高大的柱, 国内设计必然采用格构式截面, 然而由于采用了厚达 40mm 的翼缘板, 简单的焊接工形截面仍能满足强度及稳定要求。3[#]排架的荷载与 4[#]排架近似相等, 但立柱侧向自由长度为 41.296m, 其截面仍为焊接工形, 翼缘 2-350×36, 腹板-840×20, 截面积略小于 4[#]排架立柱。

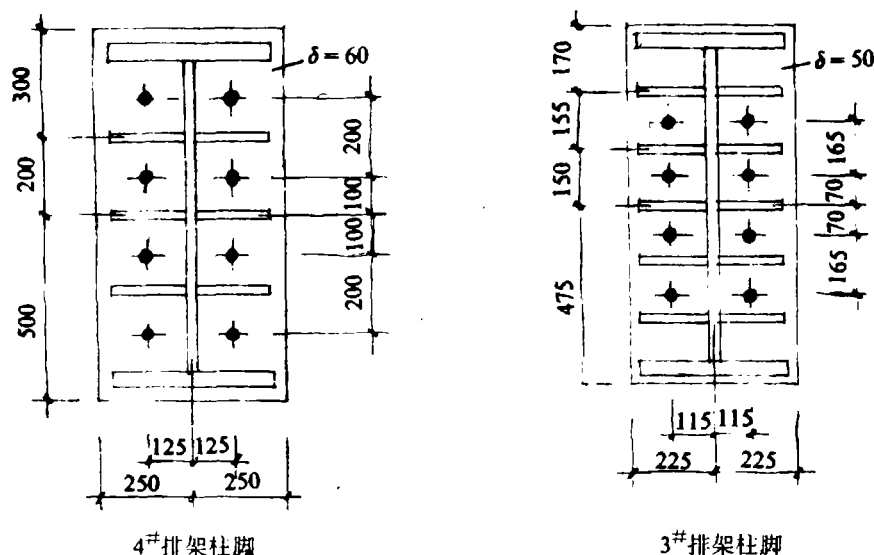


图 5

柱脚采用厚钢板分散荷载, 适当设置加劲肋, 构造十分简便, 与国内的柱脚设计思想相差甚远。柱底面刨平抵紧底板, 用构造焊缝固定相对位置, 直接通过挤压传递荷载。例如图 5 所示的柱脚, 4[#]排架柱截面轮廓尺寸为 $430 \times 930\text{mm}$, 柱脚底板尺寸为 $-500 \times 1000 \times 60\text{mm}$, 仅三道 12mm 厚加劲肋; 3[#]排架柱截面轮廓尺寸为 $350 \times 912\text{mm}$, 柱脚底板为 $-450 \times 950 \times 50\text{mm}$, 2[#]和 1[#]排架柱脚处理方法同上。国内设计的柱脚底板厚度一般

为 20~40mm, 但配之以靴梁板及较密集的加劲肋及隔板。

柱头也用较厚的钢板传递上部荷载, 本工程的柱顶板有 30mm 和 36mm 两种厚度。

2.5 拼接接头设计严密

受运输条件限制而需分段制造的杆件, 分段长度之和严格等于杆件总长度, 接口处刨平抵紧, 不留缝隙, 最后用高强度螺栓作等强拼接, 接头距节点 1.2m。图 6 所示为 4[#]排架柱的拼接接头。翼缘盖板截面积为 189.6cm^2 , 腹板盖板截面积为 280cm^2 , 分别大于翼缘截面积 172cm^2 和腹板截面积 102cm^2 。单个双剪高强度螺栓抗剪能力为 95.2KN, 翼缘和腹板的连接抗剪能力分别为 1523.2KN 和 1142.2KN。利用我国钢结构设计规范 GBJ17-88 计算可知该接头

满足等强条件。3[#]和 2[#]排架立柱的拼接接头与此类似, 亦满足等强条件。如此设计的轴压构件拼接接头具有双重强度——抗剪体系传递全部轴力, 刨平的端面相互承压亦可传递全部轴力。

变截面杆件的接头采用对接焊缝拼接, 由于大型构件才在设计中考虑改变截面, 因而也用该截面划分运输单元, 对接焊缝在工地施焊, 要求工地焊缝必须满足质量要求。为便于连接, 变截面处只改变板件厚度。例如 10-T2 部分侧邦桁架上弦分别采用普通工型钢和焊接工形截面, 截面高度均为 360mm; 下弦采用三段焊接工形截面, 截面高度均为 350mm。10-T1、10-T3 和 10-T3A 桁架下弦均有类似情况。

在桁架、排架体系中, 采用 H 型钢作腹杆时, 节点连接均采用双节点板, 节点板净间距等于最大 H 型钢高度, 较小高度的 H 型钢两边用填板填充后用高强螺栓连接。使 T 型钢翼缘与杆轴线重合, 或者切除翼缘后将腹板连于节点板。

Steelwork Application Survey of U.S.A. Reflecting from the Design of DRAVO WELLMAN Company

Zhang Zhengguo

(ZhengZhou Institute of Technology)

Abstract: This paper introduces partial structure design of shidengkou second power plant which is designed technologically by DRAVO WELLMAN Company. Taking unit C-10 for example, the paper analysed its design characteristics and probed into general situation of steelwork application in U.S.A.

Keywords: steelwork design

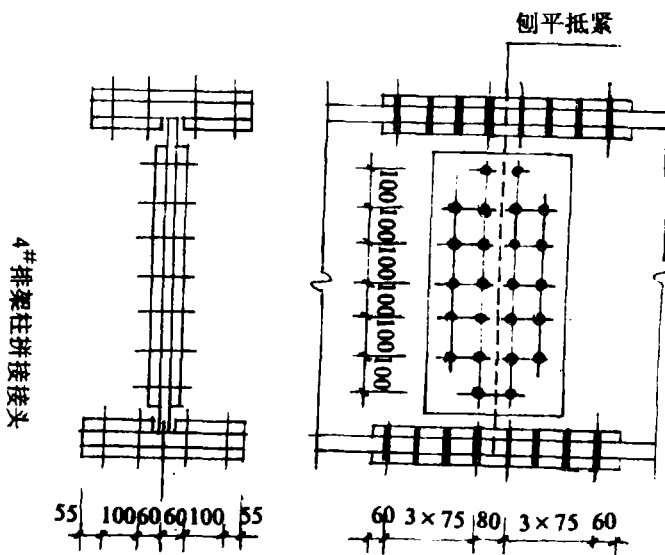


图 6 4[#]排架立柱拼接接头