

## 一种液压同步提升技术在转炉炉壳更换中的应用

宋顺生 陈为斌

中冶宝钢技术服务有限公司, 上海 201900

[摘要]采用液压同步提升技术吊装转炉炉壳,将炉壳分上部炉壳、中部炉壳和下部炉壳三部分拆装,其中旧上部、中部炉壳采用整体拆除吊离后再分体,新上部、中部炉壳组对后再整体吊装。采用液压同步提升技术,可有效解决受重量和现场空间限制,无法使用行车、吊机等常规起吊设备吊装转炉炉壳的问题。

[关键词]转炉炉壳; 正倒立吊装; 液压同步提升

DOI: 10.33142/sca.v5i6.7621

中图分类号: TH137.9

文献标识码: A

### Application of a Hydraulic Synchronous Lifting Technology in Converter Shell Replacement

SONG Shunsheng, CHEN Weibin

MCC Baosteel Technology Service Co., Ltd., Shanghai, 201900, China

**Abstract:** The converter shell is hoisted by hydraulic synchronous lifting technology. The shell is disassembled into three parts: the upper shell, the middle shell and the lower shell. The old upper and middle shell are removed and hoisted separately, and the new upper and middle shell are assembled and then hoisted. The use of hydraulic synchronous lifting technology can effectively solve the problem that the conventional lifting equipment such as crane and crane can not be used to lift the converter shell due to the limitation of weight and site space.

**Keywords:** converter shell; upright and inverted hoisting; hydraulic synchronous lifting

#### 引言

炼钢转炉炉壳主要由上部炉壳、中部炉壳、下部炉壳、炉壳托圈连接装置、水冷炉口、炉体冷却系统、底吹氩系统等关键设备组成。长期使用后出现炉壳变形较严重、转炉本体冷却水管结垢、堵塞、冷钢堆积严重冷却效果很差、炉壳托圈连接装置容易松动等问题。由于炼钢转炉炉壳更换对生产的正常运行影响非常大,故对检修效率、质量、安全等方面提出了更高的要求。

炼钢转炉炉壳(含炉壳托圈连接装置、水冷炉口、炉体冷却系统、底吹氩系统等炉本体附属设备)总重约374t,最大直径为11060mm。受重量和现场空间限制,无法使用行车、吊机等常规起吊设备进行吊装。为解决上述吊装问题,采用液压同步提升技术吊装,受炉壳整体重量影响,将炉壳分上部炉壳、中部炉壳和下部炉壳三部分拆装,其中旧上部、中部炉壳采用整体拆除吊离后再分体,新上部、中部炉壳组对后再整体吊装,最大单体吊装量约为280t;受现场高度、宽度等空间限制,受重量及吊装设备的限制,采用下部炉壳正立拆装、中部和上部炉壳倒立拆装,转炉正立、倒立交替转换吊装解决现场空间受限问题。

#### 1 施工准备

根据炼钢转炉炉壳更换的特点,并结合液压同步提升技术要求,应做好前期方案、组织、人员、机具、物料、安全等施工准备工作。特别是方案准备,现场实地勘查,充分研讨受重量和现场空间限制的问题,制定针对性的解

决方案。

#### 1.1 炉壳运输专用台车制作

因上部炉壳高度受现场空间限制,需制作一台低板炉壳运输专用台车,台车需满足上部炉壳、中部炉壳及炉壳附属设备总重量载荷(因旧上部、中部炉壳采用整体拆除吊离后再分体,新上部、中部炉壳组对后再整体吊装),该台车加上部炉壳总高度低于现场运输空间高度,该台车无动力驱动,将运输专用台车吊装坐落于钢包车轨道上,与钢包车采用刚性连接,依靠钢包车牵引移动。台车制造完成后使用汽车吊吊装于平板拖车运输至现场,该台车吊装于过跨台车轨道上,用于炉壳过跨运输,该台车吊装于过转炉钢包车轨道上,用于运输炉壳进出转炉炉底区域。

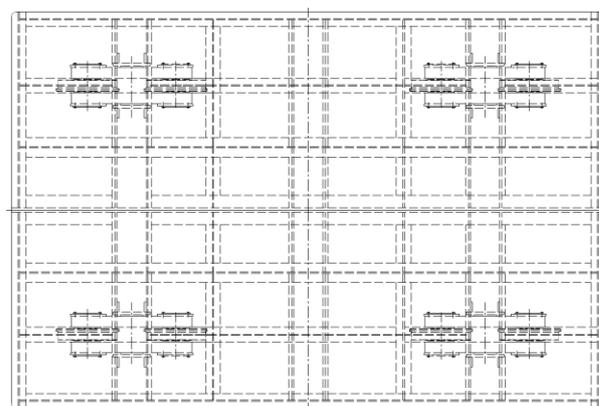


图1 炉壳运输专用台车示意图

## 1.2 提升吊盘制作

考虑到上部炉壳和下部炉壳为不规则筒体，在充分考虑切匀和吊装平稳的情况下，炉壳吊装利用专用的吊盘进行提升。吊盘上方设置提升下吊具，利用下吊具将钢绞线与提升器连接，吊盘下方设置吊耳，利用吊耳将钢丝绳与炉壳吊耳连接。

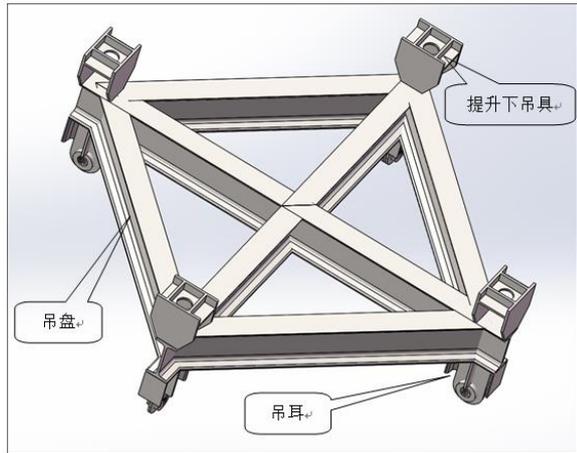


图2 提升吊盘示意图

## 2 附属设备拆除

### 2.1 上烟罩移位

目的是让出炉壳吊装提升钢梁及液压提升器安装位置。

### 2.2 封堵盲板

上烟罩移位完成后，为保证施工人员安全，在烟道口处封堵盲板，防止烟道内积灰坠落伤人。盲板使用行车配合手拉葫芦吊装，采用卡扣与烟道法兰口固定。

### 2.3 下烟罩拆除

下烟罩拆除目的是让出炉壳吊装提升钢梁及液压提升器安装位置。

### 2.4 裙罩拆除

裙罩拆除目的是让出液压提升器提升高度空间。

### 2.5 炉口水箱拆除

为减轻炉壳重量，转炉正立时拆除炉口水箱。

### 2.6 风冷喷管组拆除

为不影响中部炉壳吊装，需拆除风冷喷管组，割除喷管组与风冷总管连接法兰螺栓及端部固定U型卡螺栓，整片吊装拆除。

转炉正立时，中部炉壳与下部炉壳组对焊缝处于托圈下部，焊接作业受总风管影响，需将总风管拆除。

### 2.7 底吹管道拆除

转炉倒立时，切割断开所有通过托圈路径与底吹设备连接的管路，以此切断下部、中部炉壳与托圈连接管路，防止下部、中部炉壳拆除吊装下放时受管路连接影响。

### 2.8 各部能介管道拆除

转炉正立时，切割断开所有通过托圈路径与炉壳连接的炉帽、炉口水箱、滑板油缸冷却水管及滑板油缸压缩

空气管、液压管道，以此切断上部与托圈连接管路，防止上部炉壳拆除吊装下放时受管路连接影响。管道拆除前，做好各部能介管道进出方向标记；拆除后，各部能介管道管口包扎防护，防止异物进入管道内部。

## 3 提升梁及液压提升装置安装

转炉摇至正立。将吊装钢丝绳使用卡环与吊盘吊耳连接，使用行车将吊盘连同钢丝绳整体从炉口吊入炉壳内部，放置于炉底。在转炉上方标高 20.57m 平台区域架设提升梁，提升梁架设于上烟罩移动台车轨道梁上，使用行车吊装提升梁，提升梁采用筋板焊接固定，防止炉壳吊装过程中提升梁发生位移。提升梁依靠转炉中心进行定位，确保提升器均匀分布。提升梁安装完毕后，在提升梁孔洞处满铺脚手板，并四周安装防护栏杆，用于人员站位、作业平台。提升梁上架设 4 台液压提升器，通过钢绞线吊装炉壳，炉壳拆除、安装均分三段（下部炉壳、中部炉壳、上部炉壳）进行。

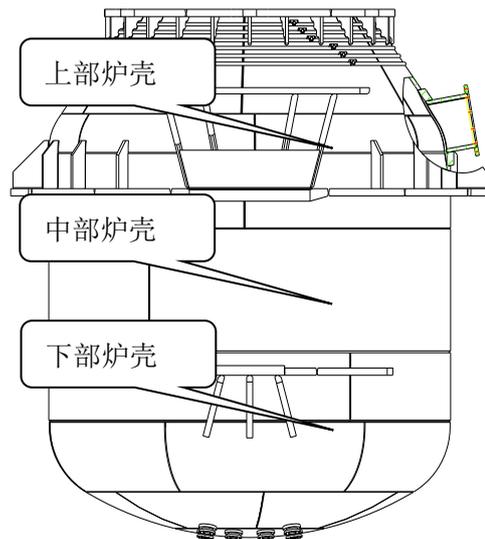
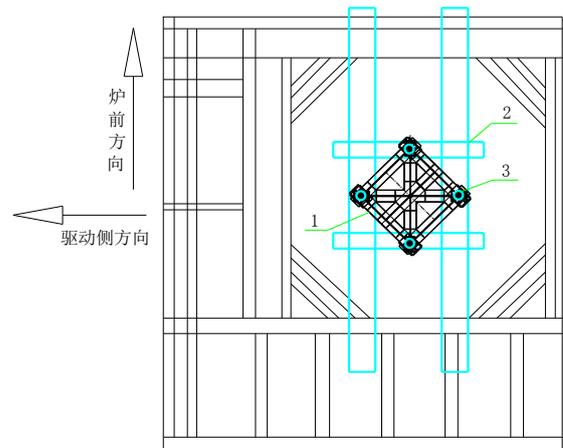


图3 炉壳整体分段图



1—提升吊盘；2—提升钢梁；3—液压提升器

图4 液压同步提升装置布置图

液压提升装置主要由液压提升器、泵源系统、钢绞线、传感检测及计算机同步控制系统组成。

### (1) 液压提升器配置

结合本工程的提升工况配置液压提升器，共设置 4 个提升吊点，每吊点配置 1 台 TJJ-2000 型液压提升器，单台提升器额定提升能力 200t，工程配置液压提升器总提升能力为  $200 \times 4 = 800t$ ，裕度系数为  $800/200 = 4$ 。液压提升器为穿芯式结构，中间穿钢绞线，两端有主动锚具，利用楔形锚片的逆向运动自锁性，卡紧钢绞线向上提升。

### (2) 液压泵源系统配置

液压泵源系统数量依照提升器数量和参考各吊点反力值选取，提升连体结构时，共计配置 1 台 TJV-60 液压泵源系统，泵源控制 4 台 TJJ-2000 型液压提升器。

### (3) 同步控制系统配置

本方案中依据提升器及泵源系统，在钢连体结构时配置一套 YT-1 型计算机同步控制及传感检测系统。

### (4) 承重钢绞线配置

钢绞线作为柔性承重索具，采用高强度低松弛预应力钢绞线。根据连体结构重量及液压提升器配置，TJJ-2000 型液压提升器选取直径为 15.24 毫米，破断力为 26.3 吨/根的钢绞线。钢绞线的配置原则依据单根钢绞线的实际承载不大于理论破断力的 50%，提升作业的 4 台 TJJ-2000 型液压提升器内每台安装 12 根钢绞线。

“液压同步提升技术”采用液压提升器作为提升机具，柔性钢绞线作为承重索具，液压提升器为穿芯式结构，以钢绞线作为提升索具，有着安全、可靠、承重件自身重量轻、运输安装方便、中间不必镶接等一系列独特优点。

液压提升器两端的楔形锚具具有单向自锁作用。当锚具工作（紧）时，会自动锁紧钢绞线；锚具不工作（松）时，放开钢绞线，钢绞线可上下活动。液压提升过程见如下框图所示，一个流程为液压提升器一个行程，行程为 250mm。当液压提升器周期重复动作时，被提升重物则一步一步移动。

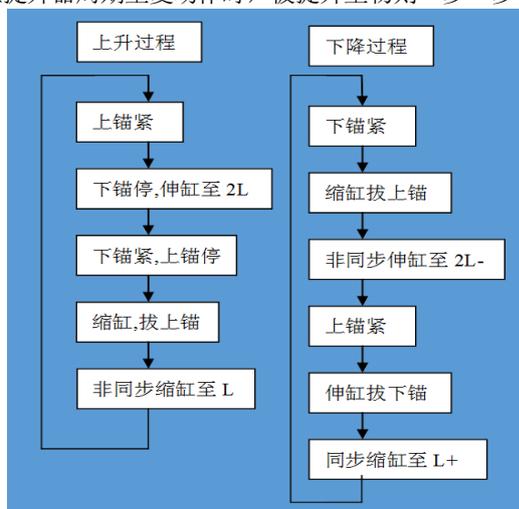


图5 液压提升过程示意图

液压提升详细原理：第 1 步：上锚紧，夹紧钢绞线；第 2 步：提升器提升重物；第 3 步：下锚紧，夹紧钢绞线；第 4 步：主油缸微缩，上锚片脱开；第 5 步：上锚缸上升，上锚全松；第 6 步：主油缸缩回原位。

## 4 下、中部炉壳吊耳焊接

在炉壳横向、纵向中心线分别对称焊接共 4 个吊耳，旧下部炉壳焊接 4 个吊耳，旧中部炉壳焊接 4 个吊耳。吊耳与炉壳采用双坡口单边 45° 一级焊缝。因旧上部炉壳与旧中部炉壳倒立整体拆除吊装，利用的是旧中部炉壳吊耳，故旧上部炉壳无需焊接吊耳。

## 5 下部炉壳预切割

转炉摇至正立。从内部使用火焰切割下部炉壳，下部炉壳切割位置从托圈下部与下托架之间一线切割，对称预留 4 处不切割，待下部炉壳吊索具生根牢固后再进行切割。

## 6 下部炉壳拆除

### 6.1 吊索具安装

转炉正立时，操控液压提升器将钢绞线下放至炉底，钢绞线与吊盘的提升下吊具连接固定，操控液压提升器将吊盘起吊至旧下部炉壳吊耳上方，使用卡环将挂设于吊盘吊耳的吊装钢丝绳与旧下部炉壳吊耳连接固定。

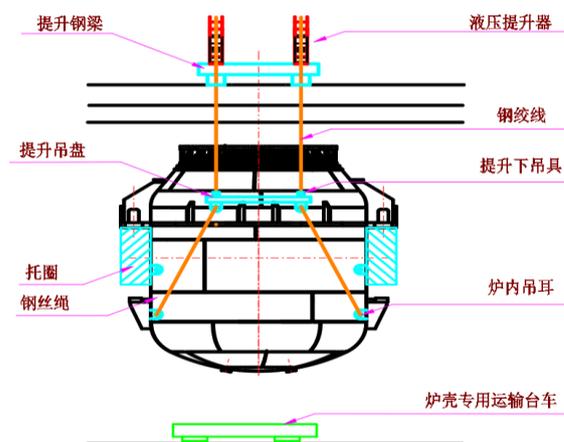


图6 下部炉壳吊索具安装示意图

### 6.2 下部炉壳拆除

首先拆除下部两点支撑，使用气割割除下支撑挡块，并抽出下支撑调整垫板，目的是使托圈下支撑与炉壳下支撑间存在间隙，便于下部炉壳拆除吊装。

操控液压提升器提升旧下部炉壳，使钢绞线预收紧。使用气割切割下部炉壳预切割时预留的 4 处。切割完毕后，将炉壳专用运输车通过钢包车牵引至下部炉壳正下方，操控液压提升器放下下部炉壳至专用运输台车上。由于下部炉壳底部为圆弧状，需在下部炉壳底部对称焊接 4 个支撑腿支撑于专用运输台车上，防止下部炉壳倾倒。

拆除下部炉壳吊耳卡环，操控液压提升器提升吊盘及钢丝绳，钢丝绳下部端头高出下部炉壳上口后，使用钢包车牵引专用运输车将下部炉壳运出炉底并运至行车下方，

使用行车利用下部炉壳吊耳挂设钢丝绳吊运至指定点,使用纯氧切割解体回收。

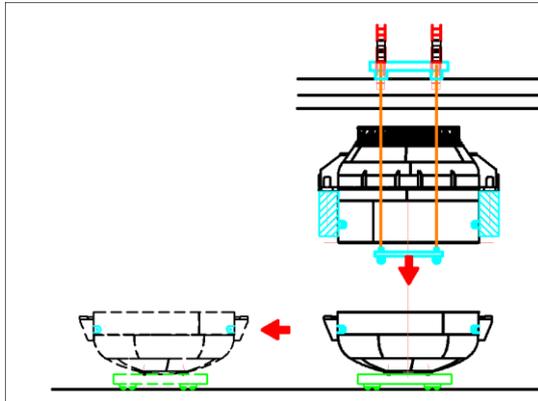


图7 下部炉壳吊下示意图

## 7 上部、中部炉壳整体拆除

### 7.1 吊索具安装

操控液压提升器将吊盘及钢丝绳放置地面,拆除钢丝绳,操控液压提升器提升吊盘至上限位,让出炉壳旋转空间,转炉摇至倒立。因上部炉壳外形尺寸大于托圈内径,无法正立情况下将上部炉壳吊装垂直下降,故采用倒立形式进行拆除吊装。

操控液压提升器下放吊盘至地面,钢丝绳与吊盘吊耳使用卡环连接固定,操控液压提升器将吊盘起吊至旧中部炉壳吊耳上方,使用卡环将钢丝绳与旧中部炉壳吊耳连接固定。

### 7.2 上、中部炉壳拆除

操控液压提升器整体提升旧上、中部炉壳,预提升力达到上、中部炉壳整体重量,目的是使上部炉壳大法兰与托圈耳轴块贴合紧密,使上部两点支撑斜楔与耳轴块导向座间隙增大不受力,便于拆除上部两点支撑斜楔。

上部两点支撑斜楔拆除完毕后,将炉壳专用运输台车通过钢包车牵引至炉壳正下方,操控液压提升器整体下放上、中部炉壳至专用运输台车上。

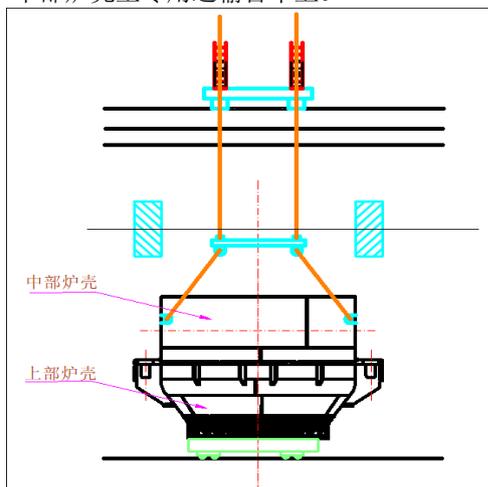


图8 上、中部炉壳整体吊下示意图

使用气割一线切割中部炉壳,使中部炉壳与上部炉壳断开。操控液压提升器提升中部炉壳,使中部炉壳与上部炉壳完全断开,移动专用台车将上部炉壳运离至行车下方,使用行车利用上部炉壳吊耳挂设钢丝绳吊运至指定点,使用纯氧切割解体回收。

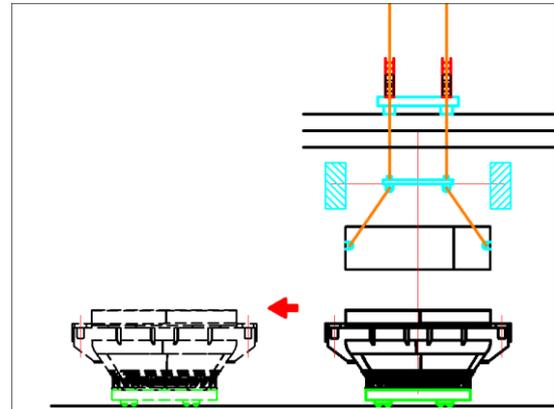


图9 上、中部炉壳解体,上部炉壳远离示意图

操控液压提升器下放中部炉壳至专用运输台车上,移动专用台车将中部炉壳运离至行车下方,使用行车利用中部炉壳吊耳挂设钢丝绳吊运至指定点,使用纯氧切割解体回收。

## 8 新上、中、下部炉壳安装

### 8.1 新炉壳定位标记

新炉壳要求厂家制造完成后做好横向、纵向中心打点标记,并标记装料侧或出钢侧,便于现场安装定位。

### 8.2 新炉壳运输要求

因施工现场使用行车板车吊运炉壳无法旋转,且现场无炉壳翻身空间,新炉壳运输时装车方向要求:上部炉壳、中部炉壳倒立放置在运输车辆上,下部炉壳正立放置在运输车辆上,驱动侧、非驱动侧轴线和运输车辆中轴线一致,炉壳就位前不再旋转和翻身。

### 8.3 新上、中部炉壳安装

操控液压提升器提升吊盘及钢丝绳,让出中部炉壳运输空间。上、中部炉壳倒运并提升方法同拆除方法顺序相反。

先将倒立的中部炉壳倒运到位并提升后,再倒运倒立的上部炉壳。待上部炉壳倒运至中部炉壳正下方后,中部炉壳下放与上部炉壳组对定位,使二者横向、纵向中心线重合。组对定位完成后,实施中部炉壳与上部炉壳对接焊接。

焊接完成后,利用新炉壳在厂家预先焊接的吊耳(吊耳形式、焊接位置同拆除炉壳用的吊耳)整体吊装上、中部炉壳,吊装方法同拆除方法顺序相反。操控液压提升器整体提升上、中部炉壳,预提升力大于上、中部炉壳整体重量,目的是使上部炉壳大法兰与托圈耳轴块贴合紧密,便于安装上部两点支撑斜楔。

上部两点支撑斜楔安装完成后,拆除中部炉壳吊耳卡环,操控液压提升器下放钢丝绳至地面,拆除钢丝绳后将

吊盘提升至上限位，摇炉至转炉正立。

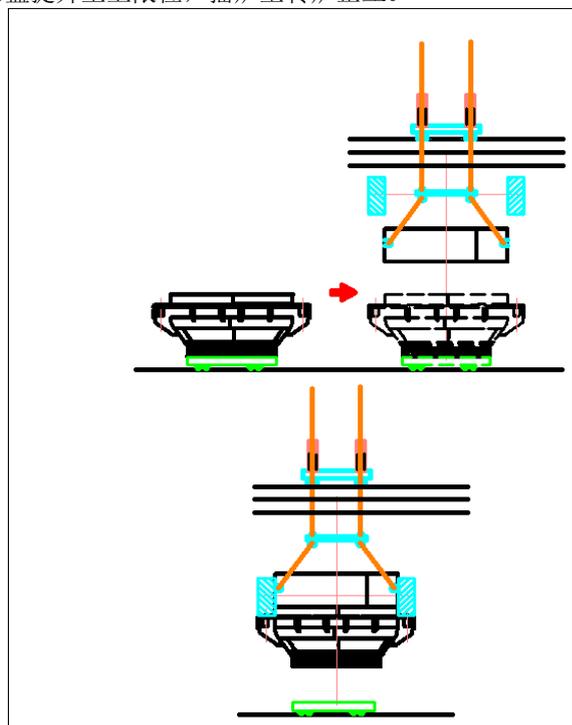


图10 新上、中部炉壳整体吊装示意图

#### 8.4 下部炉壳安装

下部炉壳吊装方法同拆除方法顺序相反。

#### 9 提升梁及液压提升装置拆除

下部炉壳与中部炉壳组对焊接完毕后，操控液压提升器将吊盘下放至炉底，拆除吊盘，钢绞线提升至上限位后

拆除，拆除液压提升装置及提升梁，使用行车吊离。提升梁拆除后，使用行车从炉口位置吊离吊盘。

#### 10 附属设备安装

安装各部能介管道、底吹管道、风冷喷管组、炉口水箱、裙罩、下烟罩等附属设备，拆除烟道盲板并将上烟罩复位。

#### 11 结语

采用液压同步提升技术更换炼钢转炉炉壳，采用柔性索具承重，提升高度不受限制；液压提升器锚具具有逆向运动自锁性，使提升过程十分安全，并且构件可以在提升过程中的任意位置长期可靠锁定；液压提升器通过液压回路驱动，动作过程中加速度极小，对被提升构件及提升框架结构几乎无附加动荷载；液压提升设备体积小、自重轻、承载能力大，适用于受空间限制的炉壳吊装，可有效解决受重量和现场空间限制，无法使用行车、吊机等常规起吊设备吊装转炉炉壳的问题。

#### [参考文献]

- [1] 中国标准化委员会. 冶金设备焊接吊耳技术规范:GBT 35981-2018[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- [2] 冯李民, 张洪波, 李为民, 彭德军. TRIZ 创新方法在更换转炉炉壳大修工程中的实践[J]. 安装, 2017(2): 52-55. 作者简介: 宋顺生(1984.3-), 男, 江西理工大学, 机械工程及自动化, 中冶宝钢技术服务有限公司, 经理助理, 工程师; 陈为斌(1984.11-), 男, 哈尔滨工业大学, 工程管理, 中冶宝钢技术服务有限公司, 区域工程师, 工程师。