

# 一炼钢转炉炉体同步顶升工艺研究

## Study on Synchronous Jacking Process of a Steelmaking Converter Furnace

沈国强<sup>1,2</sup>

1. 西安建筑科技大学, 陕西 西安 710055

2. 中冶宝钢技术服务有限公司, 上海 200941

SHEN Guo-qiang

1. Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China;

2. MCC BaoSteel Technology Services Co. Ltd., Shanghai 200941, China

**【摘要】**上海宝钢股份炼钢厂一炼钢转炉采用的是三点球面支撑系统,如更换三点球面支撑,则必须将转炉炉体整体顶升1020mm后才能完成三点球面支撑的倒运工作,原先采用的转炉安装台车加4\*200t顶升系统可完成工作,但顶升过程稳定性较差,且耗费时间较长,成本高。为降低检修成本,减少施工时间,提高顶升过程的稳定性,我们引进了4\*200t同步顶升系统,并将系统顶升的顶点从炉底上移到了托圈上部,将转炉炉体顶升复位时间从96小时降低到了4小时。

**【Abstract】**A steelmaking converter using a three point spherical support system of Shanghai Baosteel Steelmaking Plant, changing of three spherical support, we must complete integral lifting 1020mm of the converter body, then complete the reshipment of the three spherical support, the original converter should install 4\*200t lifting system, it can complete the work, but the stability of jacking process is poor, and high cost and time-consuming. In order to reduce the maintenance cost, reduce construction time, improve the stability of the jacking process, we introduce the 4\*200t synchronous lifting system, and lift the jacking top points from converter bottom to supporting ring top, also reduce the reset time of converter body lifting from 96 hours to 4 hours.

**【关键词】**转炉炉体;稳定性;同步顶升系统

**【Keywords】**body of converter; stability; synchronous jacking system

### 1 三点球面支撑及一炼钢转炉炉体简介

上海宝钢股份炼钢厂一炼钢300t转炉主要技术参数如表1-1所示:

表1-1 一炼钢300t转炉主要技术参数表

序号	名称	参数
1	公称容量	300t
2	炉内直径	8500mm
3	炉体高度	11500mm
4	炉体重量	298t
5	支撑形式	三点球面支撑

三点球面支撑三个支撑点的位置是一个在出钢口对侧托圈的中心线上,其余两个与其呈120°角位置;每一个支撑点都由焊接在托圈上的水平销轴座、水平销、活节螺栓、两组凹凸球面垫圈以及固紧螺母组成。如图1-1、图1-2所示:

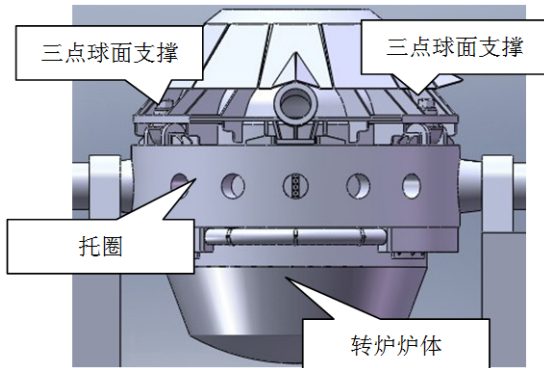


图1-1 转炉炉体示意图

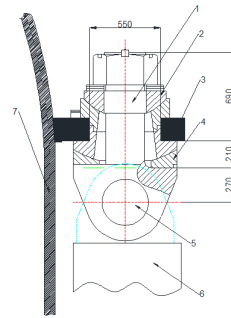


图1-2 三点球面支撑系统

1—活节螺栓 2—上球面垫圈组 3—炉体连接支撑法兰  
4—下球面垫圈组 5—水平销轴 6—托圈 7—炉体

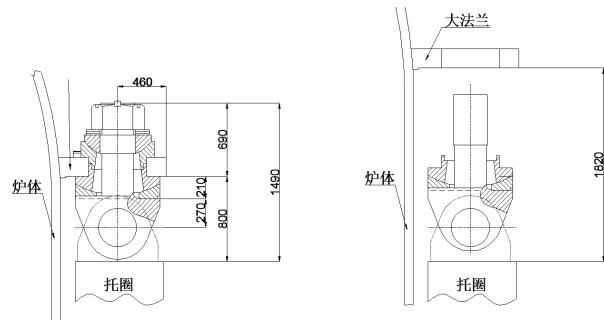


图1-3 炉体顶升, 更换三点球面支撑示意图

如图1-3所示，更换三点球面支撑，必须拆除活节螺栓的大螺母以及上球面垫圈组，再将炉体整体顶升1020mm，使得炉体与活节螺栓顶部全部脱离后才能完成。

## 2 原转炉炉体顶升方案简介

为更换三点球面支撑，则必须将转炉炉体整体顶升1020mm，最先采用的方案为“转炉安装台车在炉体底部顶升”。转炉安装台车是转炉在建设过程中用于组装炉体所用的辅助设施，其技术参数如表2-1所示：

表2-1 转炉安装台车技术参数

序号	名称	参数
1	本体高度	5875mm
2	长度	5600mm
3	宽度	5600mm
4	走行方式	与钢包车共用轨道
5	组装方式	分片组装，需采用200t吊车配合（4台班）

由于转炉安装台车高度限制，转炉炉体顶升的顶升位置必须设置在转炉底部，才能保证顶升完成，如图2-1所示：

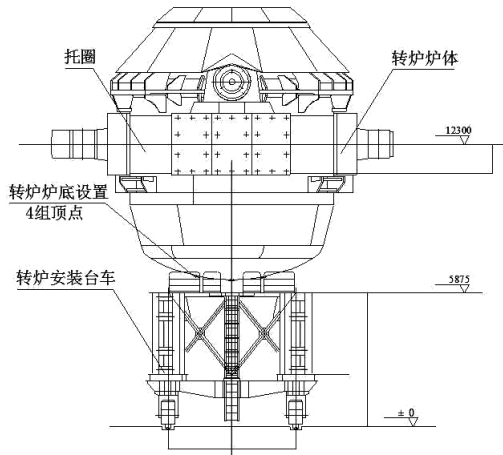


图2-1 转炉安装台车在炉体底部顶升

本方案在实施过程中，由于顶点设置在转炉炉体重心下方，且顶升用的千斤顶及垫块型号尺寸未曾统一，导致顶升过程中稳定性不足。千斤顶受力不均以及步调不一致使得炉体经常出现偏转歪斜现象。尤其顶升高度达到500mm以上后，由于转炉炉体出现偏转，使得炉体支撑法兰与活节螺栓出现了干涉现象，在进行炉体位置调整后才能继续顶升。整个炉体顶升以及复位时间总共为96小时左右。

本方案中采用的各参数如表2-2所示：

表2-2 转炉安装台车在炉体底部顶升各参数

序号	名称	参数
1	顶升方式	转炉安装台车在炉体底部顶升
2	千斤顶型号	4*200t液压千斤顶（相对独立）
3	垫块形式	现场切割，各型号尺寸
4	作业时间	96h
5	投入人员数量	50人
6	作业过程中出现的问题	1) 顶升稳定性差，转炉易偏转；2) 顶升不同步，各点千斤顶受力不均；3) 垫块尺寸不一，顶升高度不易统一，无法控制；4) 投入人数较多，且施工时间过长，效率较低；5) 需投入200t汽车吊进行配合，施工机械成本高。

综上所述，原方案施工作业效率低，且投入较大，不符合现场需求。

## 3 转炉炉体顶升新方案

为降低检修成本，减少施工时间，提高顶升过程的稳定性，我们转炉炉体顶升工艺进行了专项研究。

针对原方案中出现的各种问题，我们一一进行了分析（如表3-1所示），找出原方案的缺陷。

表3-1 针对原方案的分析

序号	原方案施工中出现的问题	原因分析
1	顶升稳定性差，转炉易偏转	1) 顶点位于转炉重心下方，致使炉体重心不稳，使得顶升过程稳定性差；2) 顶升不同步，各点受力不均。
2	顶升不同步，各点千斤顶受力不均	千斤顶型号不同，且相互独立，导致顶升不同步
3	垫块尺寸不一，顶升高度不易统一，无法控制	垫块未进行统一制作，导致高度不同，型号不一
4	投入人数较多，且施工时间过程，效率较低	1) 转炉安装台车组装投入人较多，约20人，2天完成；2) 转炉顶升过程不稳定，需进行多次调整，人员长时间作业，需进行倒班作业、
5	需投入200t汽车吊进行配合，施工机械成本高	转炉安装台车组装拆除必须使用200t汽车吊配合。

通过原因分析，原顶升方案出现问题的主要原因有：

- ①顶点位于转炉重心下方；
- ②顶升不同步；
- ③垫块尺寸不一；
- ④使用转炉安装台车配合施工限制较多，且施工投入较大。

针对上述原因，我们提出了解决方案，如表3-2所示：

表3-2 提出的解决方案

序号	原因	解决方案
1	1) 顶点位于转炉重心下方；2) 使用转炉安装台车配合施工限制较多，且施工投入较大。	放弃使用转炉安装台车，将顶点上移，放置在托圈上，利用托圈以及炉体支撑大法兰作为顶升支点
2	顶升不同步	使用4*200t同步顶升系统，同步精度达到1mm
3	垫块尺寸不一	统一设计制作顶升用垫块，施工中4点同步进行垫块加设工作

### 3.1 顶点上移到托圈

将顶点设置在托圈上，利用托圈以及炉体支撑大法兰作为顶升支点的主要作用是将转炉炉体顶升的顶点设置在转炉炉体重心的上方，保证炉体顶升过程的稳定性，且托圈本身是转炉系统的组成部分，不需要拆装，可大大减少施工工作量和时间。

#### 3.1.1 转炉炉体重心的确定

为确定转炉炉体重心，我们利用SolidWorks对转炉炉体进行了三维建模，并通过其质量属性工具找到其重心位

置，如图3-1所示；托圈顶面与炉口高度差如图3-2所示：

通过图示可知，转炉炉体重心在于其炉口下方4970mm处，而托圈顶面与炉口高度差则为4700mm，表明炉体重心位于托圈上表面下方。

### 3.1.2 托圈及炉体大法兰上顶点位置确定

炉体重量达到298t，将顶点设置在托圈上顶升炉体是否会破坏托圈以及炉体大法兰结构，为此，我们在托圈上选择的顶点都为下方加设支撑板的位置，确保托圈安全。（如图3-3，3-4）

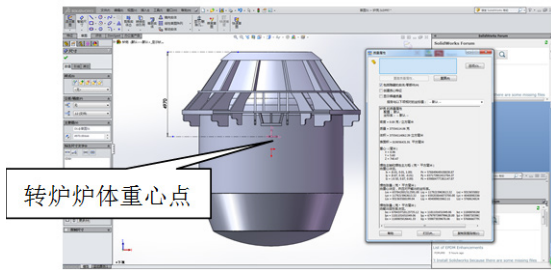


图3-1 转炉炉体重心点确定

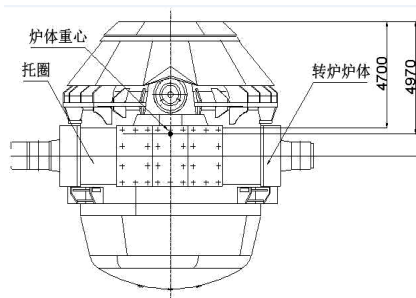


图3-2 托圈与炉口高度差

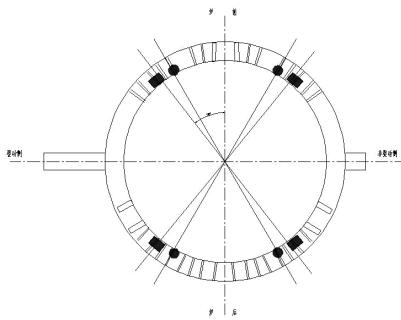


图3-3 顶点在托圈上的位置

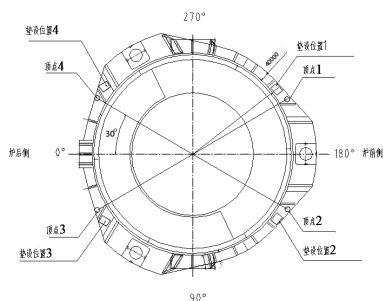


图3-4 顶点在炉体支撑大法兰上对应的位置

### 3.2 引进 4\*200t 同步顶升系统

为保证顶升过程不会出现4台千斤顶不同步的现象，我们引进了4\*200t同步顶升系统。利用位移传感器反馈位置信号，并使用PLC进行控制，顶升精度可以达到1mm，确保顶升过程的稳定性。（如图3-5）

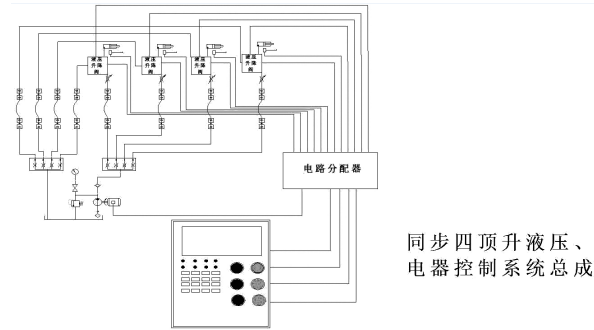


图3-5 同步顶升系统液压原理图

### 3.3 统一设计制作垫块

因顶升高度至少将达到1020mm，因此必须制作足够数量的垫块，而顶升用垫块需要满足以下几个条件：①强度保证顶升；②体积不大，便于倒运；③重量不大，确保2人可抬动。

为满足上述条件，我们运用了SolidWorks进行辅助设计，首先根据实际情况初步确定垫块的形状及大致尺寸，再制作三维模型图，并进行有限元分析，确保垫块强度达标，再确定垫块重量，保证垫块倒运效率，最终垫块分析图如下。（图3-6--图3-11）

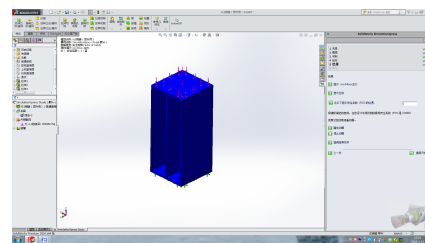


图3-6 垫块1受力分析图

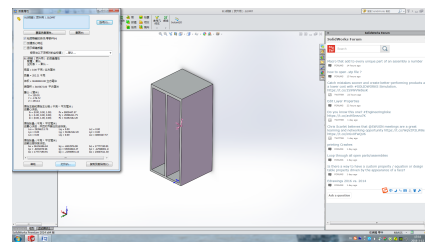


图3-7 垫块1重量图

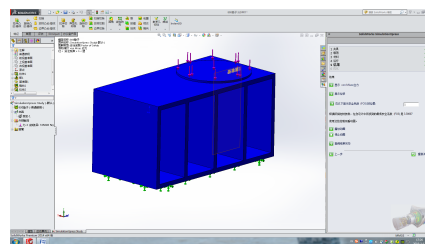


图3-8 垫块2受力分析图

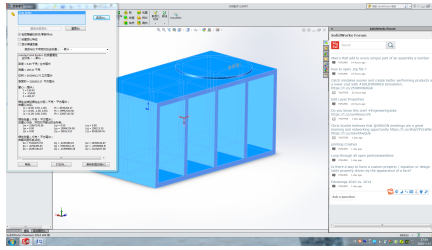


图3-9 垫块2重量图

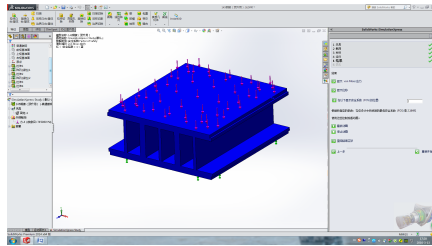


图3-10 垫块3受力分析图

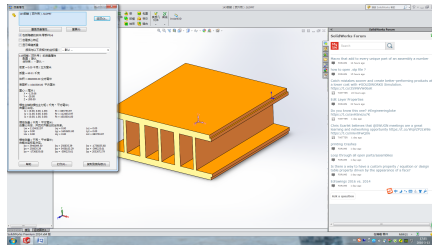


图3-11 垫块3重量图

经过有限元分析及质量属性分析,各垫块安全系数都达到了1.5以上,符合强度要求,最小垫块(数量最多,达到48块)重量为70kg,两人可抬动,最大垫块(数量最少,仅4块)重量为290kg,可使用手拉葫芦辅助倒运,完全满足施工要求。

### 3.4 现场施工及效果

确定方案后,我们将该方案付诸实际操作中,在近几次的300t转炉三点球面支撑更换项目中,我们都采用了此方案。如图3-12所示:

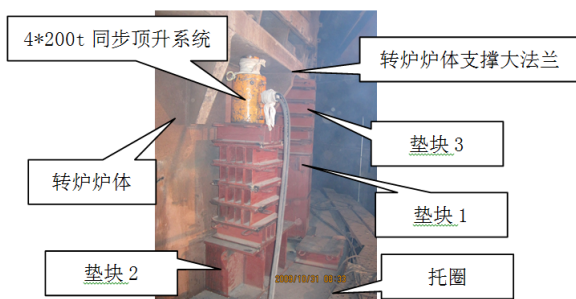


图3-12 托圈顶升方案现场实用

顶升过程中,设置1人操作千斤顶顶升,4点顶升位置则各设置3人配合倒运加设垫块,5个点各配置1台对讲机,操作千斤顶之人为项目总指挥,4点顶升位置听从统一指挥。

顶升步骤如下:

(1) 将垫块2放置在各顶升位置,加设同步顶升系统;

(2) 操作同步顶升系统,同步顶升150mm;(3) 顶升到位后,指挥4点同时加设垫块1;(4) 垫块1加设完毕后,通知千斤顶操作人员泄压,千斤顶复位;(5) 复位完成后,指挥4点在垫块2上方加设垫块3;(6) 4点加设垫块3完成后,在垫块3上方放置千斤顶;(7) 千斤顶放置完成后,通知操作人员同步顶升千斤顶达到150mm;(8) 顶升到位后,指挥4点同时在垫块1上方加设垫块3;(9) 4点同时在垫块1上方加设垫块3完成后,通知千斤顶操作人员泄压,千斤顶复位;(10) 复位完成后,指挥4点在垫块2上方继续加设垫块3;

以此类推,当顶升高度达到1030mm后,顶升过程完成,做好垫块及顶升系统的固定工作后,完成三点球面支撑的更换。三点球面支撑更换完成后,就可进入炉体复位过程,炉体复位步骤则与顶升步骤相反。

新工艺各参数如表3-3所示:

表3-3 托圈+同步顶升各参数

序号	名称	参数
1	顶升方式	托圈+同步顶升
2	千斤顶型号	4*200t同步顶升系统,同步精度1mm
3	垫块形式	统一设计制作,并最受力分析
4	作业时间	4h(顶升2h,复位2h)
5	投入人员数量	13人
6	与原工艺对比	1) 顶升稳定性强,转炉不易偏转; 2) 顶升同步精度高,不会出现千斤顶受力不均现象; 3) 垫块统一,且倒运方便,劳动力投入少; 4) 投入人数少,且施工时间短,效率高; 5) 无汽车吊配合,不需拆装安装台车,无施工机械投入。

通过对比,新工艺相比原方案施工效率大大提高,并减少了大量施工机械投入,经济效益明显。

### 4 结语

本新工艺多次运用到了三点球面支撑更换项目中,大大提高了劳动效率,提升了转炉炉体顶升的稳定性,可在本领域内进行推广。

### 参考文献:

- [1] 王朝. 机械设备安装工程施工及验收通用规范[J]. 建材技术与应用, 2014(1).
- [2] 周立民, 付然, 张洪波, 等. 大型构件液压同步提升系统的控制策略研究[J]. 液压与气动, 2012(12).