

# 1 000 MW 超超临界燃煤机组发电机定子吊装技术

王运法

(山西电建三公司, 山西太原 030006)

**摘要:** 1 000 MW 超超临界燃煤机组发电机定子吊装充分体现一个施工企业吊装水平和机具配备能力。通过几个工程的实践已形成液压提升装置吊装法、双行车双小车抬吊法、双行车四小车抬吊法、专用提升装置吊装法、吴氏多功能吊具吊装法等 5 种吊装方法, 其中双行车四小车抬吊法、液压提升装置吊装法应用频数较大。

**关键词:** 超超临界; 发电机定子; 吊装方法

**中图分类号:** TM621.3

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1671-0320(2007)增刊-0093-04

随着华能玉环电厂一期 2×1 000 MW 超超临界燃煤机组工程的开工建设, 标志着电源点建设向单机特大容量迈进。随之向施工主标单位提出怎样吊装发电机定子课题, 经过建设、设计、施工、厂家、科研院校等单位的共同努力, 加之工程实践, 已形成比较成熟的 5 种吊装方法。

## 1 双行车四小车抬吊法

双行车四小车抬吊法选择 2 台加固型行车, 利用原装 2 台小车和另外同出力的 2 台简易型小车共计 4 台小车抬吊定子的吊装手段。

### 1.1 玉环 1 号、3 号发电机定子吊装

1 号、3 号发电机由上海汽轮发电机有限公司和德国西门子公司联合设计制造, 采用水—氢—氢冷却方式。定子起吊重量 443 t (不包括永久端盖), 外形尺寸 11.653 m×5.116 m×4.772 m。

#### 1.1.1 吊装机器的选择

a) 选择汽机房 2 台 130/25 t 行车, 为吊装定子, 行车制造厂按起吊 235 t 对主梁进行加强设计, 但小车仍按 130 t 设计。

b) 2 台 130 t 简易型小车。

#### 1.1.2 吊装方法

a) 发电机定子使用德国 GOLDHALF500 t 平板车, 从汽机房 A 列外倒进检修起吊孔, 吊装采用 2 台行车, 每台行车增设 1 台 130 t 简易型小车,

即 4 台小车抬吊定子就位 (如图 1 所示)。

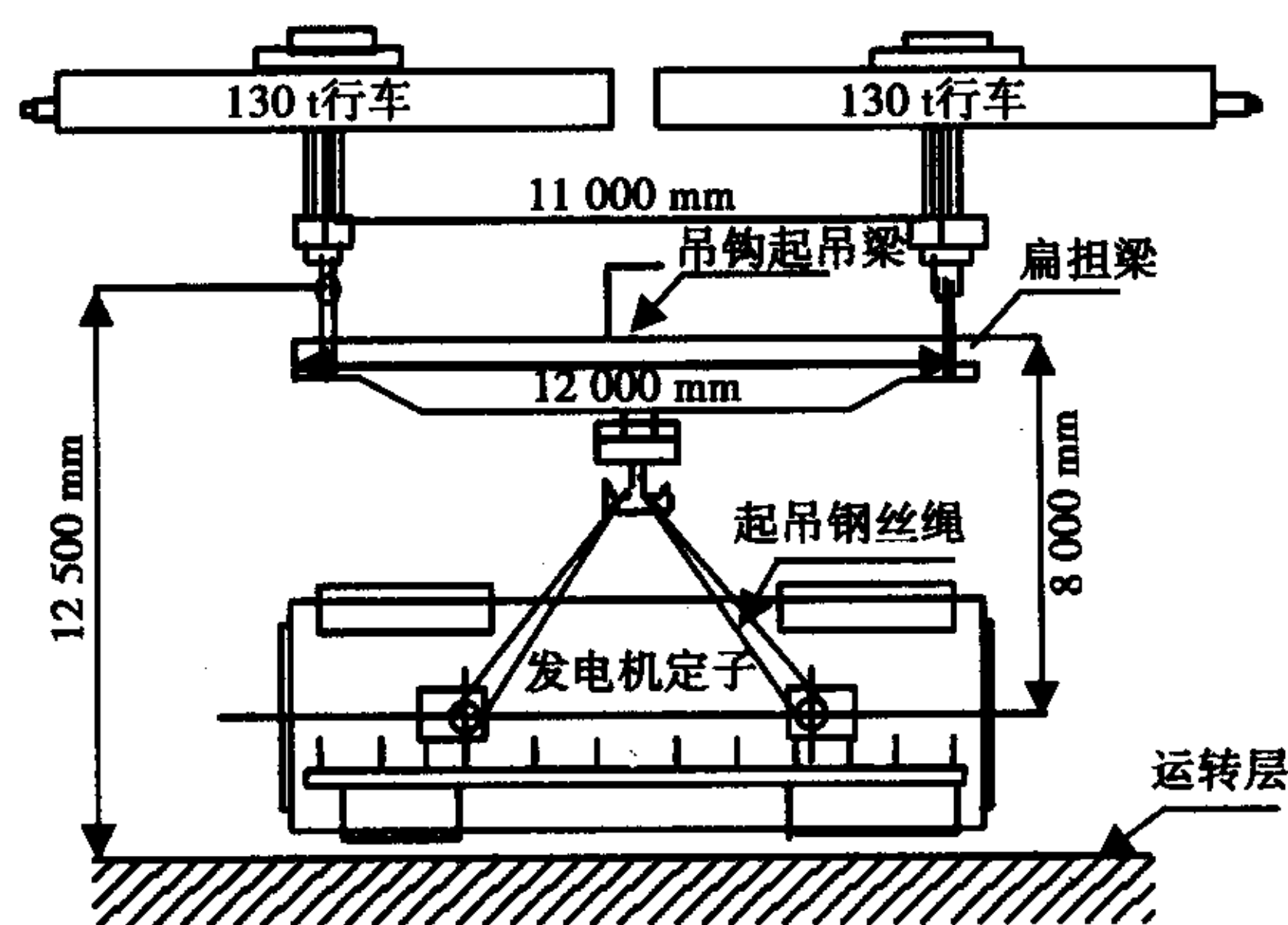


图 1 玉环 1 号、3 号定子吊装简图

b) 4 台小车大钩下挂 2 根自制 12 m 长扁担梁 (材质 Q345, 重 12 t, 断面 700 mm×1 400 mm), 2 根长扁担梁上搁置 6 m 吊钩起吊梁 (材质 Q345, 重 8 t, 断面 700 mm×1 400 mm)。吊钩起吊梁通过 4 只  $\phi 94$  mm 连接销轴 (材质 35CrMo) 与吊耳板装设 600 t 大钩, 吊耳板与起吊梁间采用焊接连接方式, 600 t 吊钩通过主吊钢丝绳挂在定子吊耳上, 进行定子转向和吊装。

c) 主起吊钢丝绳: 2 根 6 mm×61 mm 纤维芯 (FC) -  $\phi 90.0$ -I-170,  $L=26$  m。副起吊钢丝绳: 4 根 6 mm×61 mm 纤维芯 (FC) -  $\phi 80.0$ -I-170,  $L=10$  m。

d) 2 台行车抬吊定子时, 总负荷 485 t (包括定子、大小扁担及 600 t 大钩), 每台行车实际负荷 242.5 t, 小车实际负荷 121.25 t。

e) 为 2 台大车行走同步平稳, 行车之间进行刚性连接。且 4 只大钩实现电气联控, 并设置联控

收稿日期: 2007-11-10, 修回日期: 2007-11-20

作者简介: 王运法 (1964-), 男, 山西运城人, 1987 年毕业于华北电力大学电厂热能动力专业, 高级工程师, 山西电力技术院 B 级专家。



转换开关,便于单独调整吊钩高度,以保证起升同步,并且原装小车与简易型小车应有可靠连接。

## 1.2 泰州电厂发电机定子吊装

国电泰州电厂发电机由哈尔滨电机有限责任公司和日本东芝联合设计制造,型号为TAKS-LCH,采用水氢氢冷却方式。定子净重450 t,外形尺寸10.85 m×6.14 m×4.53 m。

### 1.2.1 吊装机械的选择

a) 选择汽机房2台130/32 t行车,为吊装定子,行车主梁制造厂按260 t加强型设计,但小车仍按130 t设计。

b) 2台130 t简易型小车。

### 1.2.2 吊装方法

a) 2台行车连接改造为2台行车同步,行车之间用[24槽钢进行刚性连接,使2台行车中心距为10.4 m。4只大钩实现电气联控,并设置联控转换开关,便于单独调整吊钩。调整简易型小车与原装小车间距,用[16槽钢在小车之间进行刚性连接,连接后2只大钩间距为4.3 m。大钩上限位高度(距运转层高度)不小于13.4 m。

b) 吊钩及钢丝绳质量10 t,长5 m吊钩起吊梁(如图2所示)1根重8 t,600 t转向大钩1只重约6 t。长11 m起吊用扁担梁(如图3所示)2根,每根重14 t,重2.5 t主起吊钢丝绳为 $\phi 142.5$  mm无接头钢丝绳1对(整圈长度26 m),重1.5 t副起吊钢丝绳为 $\phi 80$  mm钢丝绳4根( $L=16.5$  m),定子吊装总重496 t。

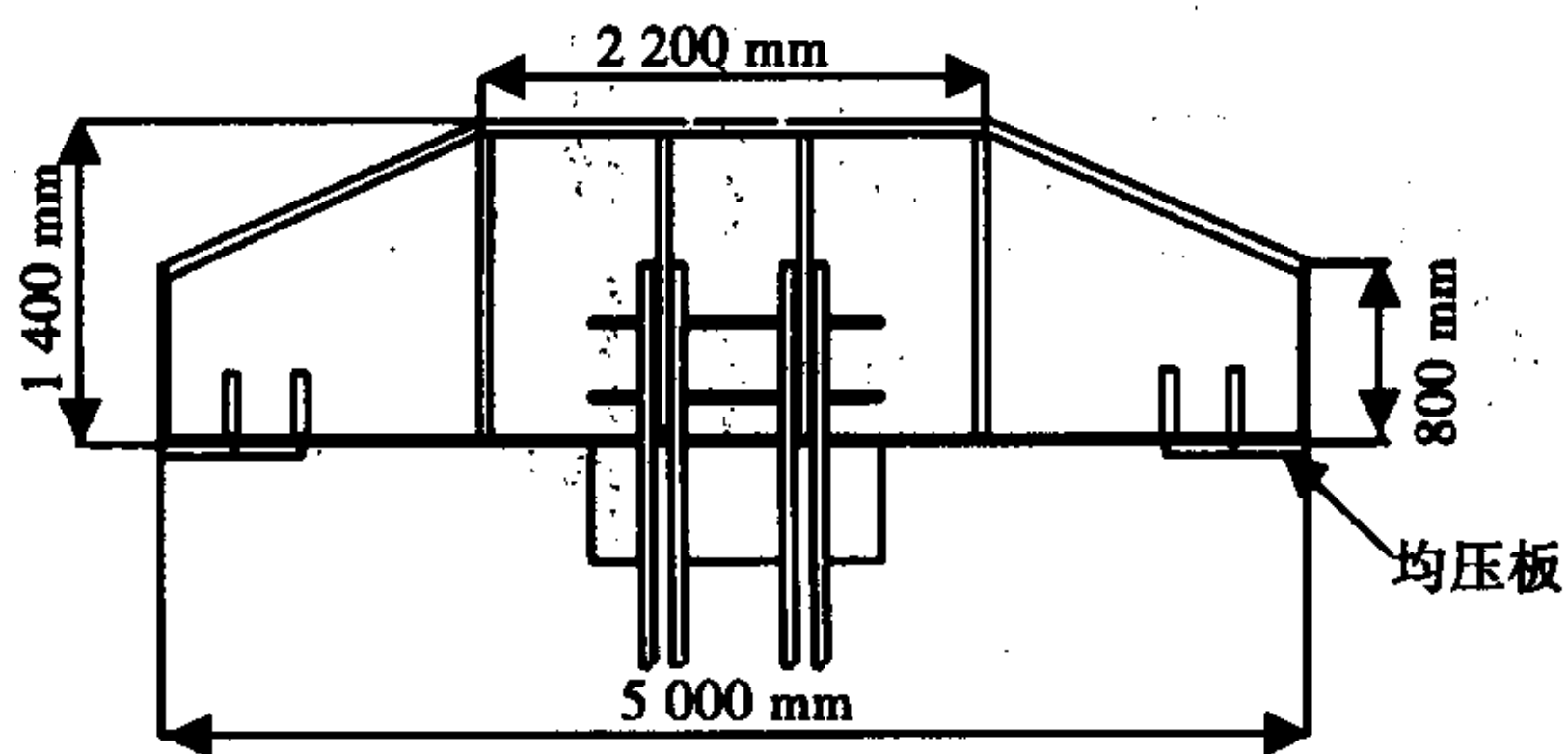


图2 吊钩起吊梁简图

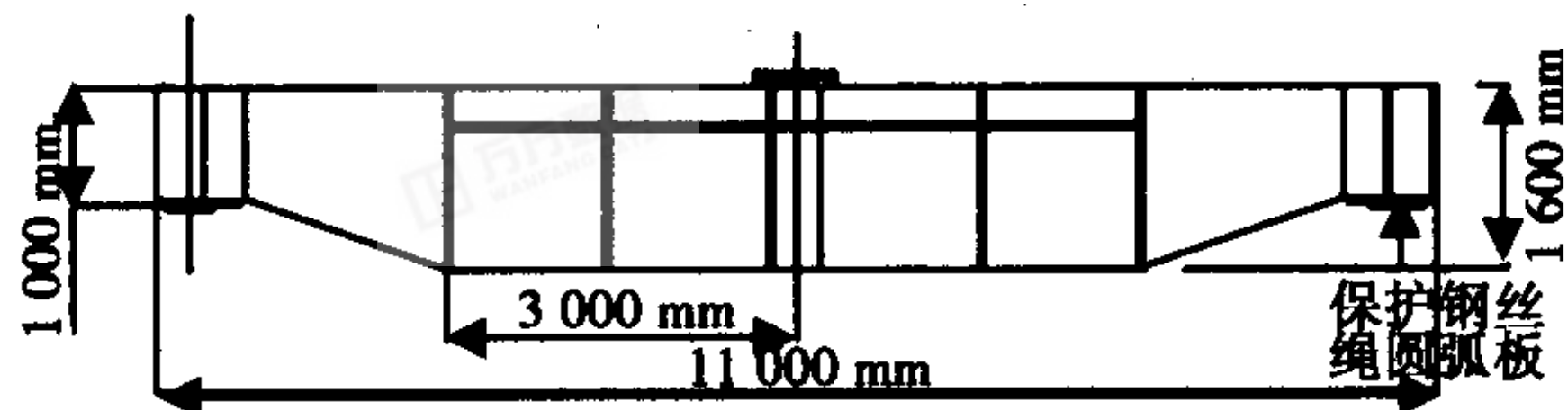


图3 扁担梁简图

c) 定子从大件码头汽运至汽机房A列外,从汽机房主通道倒进汽机房检修起吊孔。定子吊装采用2台原装小车和2台简易型小车,即4台130 t小车共同抬吊定子就位,用600 t吊钩进行定子的转向和吊装,同侧两吊耳中心距4160 mm(如图

4所示)。

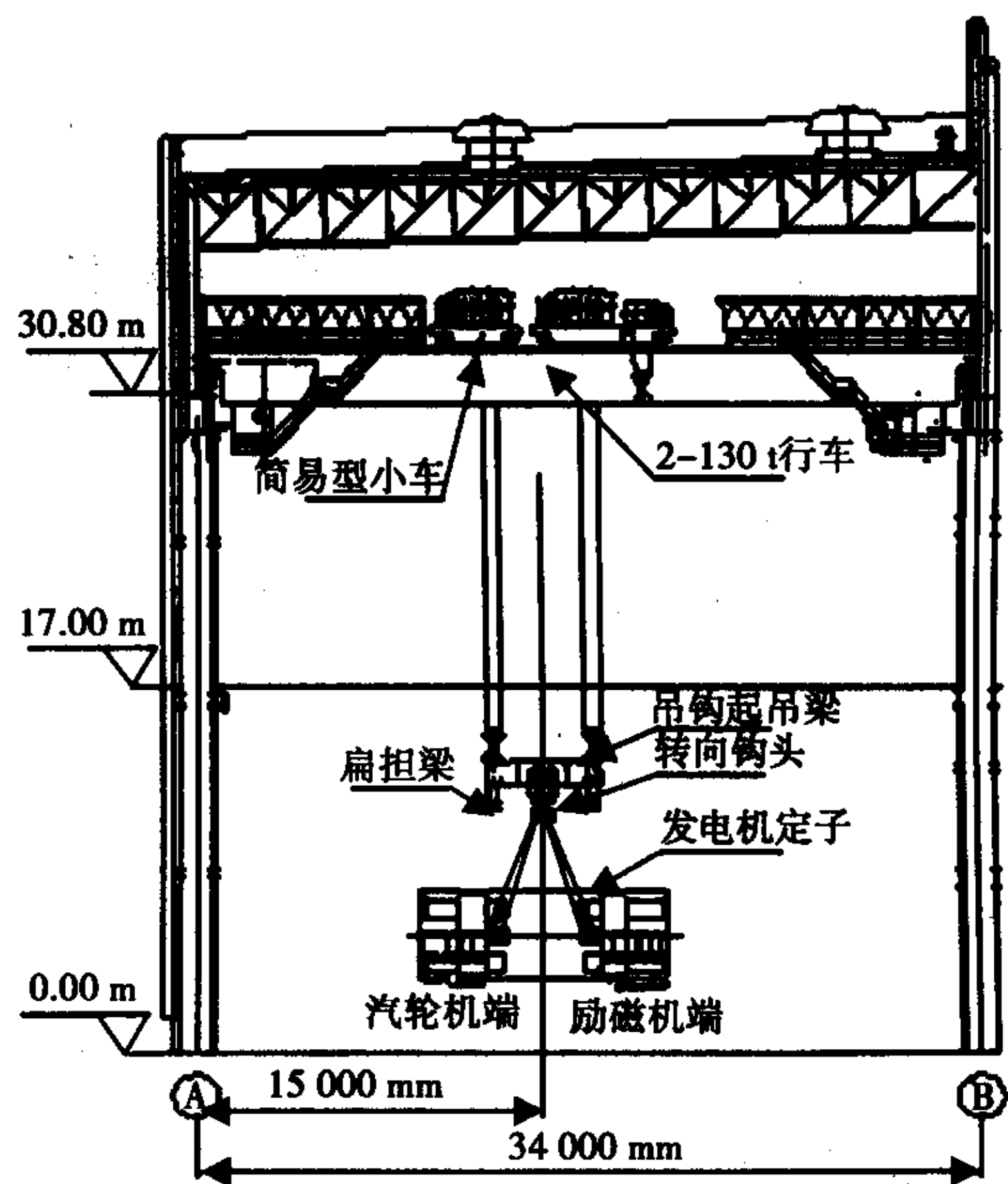


图4 泰州电厂发电机定子吊装立面图

d) 原装2台130 t小车抬吊1根扁担梁,2台130 t简易型小车抬吊另1根扁担梁,4个大钩与扁担梁之间用 $\phi 80$  mm钢丝绳进行连接, $\phi 80$  mm钢丝绳缠绕3圈。2根扁担梁抬吊1根吊钩起吊梁,在吊钩起吊梁下方连接板上用销轴联接1只600 t转向大钩,转向大钩上对折挂好 $\phi 142.5$  mm一对无头钢丝绳,如此有8股 $\phi 142.5$  mm钢丝绳起吊定子。

e) 行车大钩和扁担梁通过检修吊装孔时净宽为160 mm,行车吊装定子净高为1850 mm。

f) 主起吊钢丝绳安全系数为17.82,副起吊钢丝绳安全系数为11.434。

## 2 液压提升装置吊装法

钢索式液压提升装置吊装法是利用汽机房2台行车主梁作承重梁,垂直提升或降落利用液压提升装置为动力,水平移动依靠行走2台大车来完成,液压提升装置和定子之间通过钢索传力的吊装手段。

2号、4号发电机定子吊装即采用该方法。2号、4号发电机由上海汽轮发电机有限公司和德国西门子公子联合设计制造,采用水—氢—氢冷却方式。定子起吊重量443 t(不包括永久端盖),外形尺寸11.653 m×5.116 m×4.772 m。

### 2.1 吊装机械的选择

a) 选择汽机房2台130/25 t行车,为满足定子吊装要求,行车制造厂按起吊235 t对主梁进行设计加强,但小车仍按130 t设计。

b) 4套GYT-200型液压提升装置。



## 2.2 吊装方法

a) 定子由 500 平板车通过 A 列外公共通道倒车进入汽机房后, 采用行车—液压提升装置吊装系统, 将定子从平板车吊到定子最下缘越过 17 m 运转层标高 +100 mm 后行走大车, 行走 10 m 左右停止, 进行定子转向工作。然后再次行走行车大车使定子到达其就位位置的正上方, 随之操作液压提升装置, 使定子缓慢下降, 经过调整进行就位。

b) 长 6 640 mm 8 根支撑梁分 4 组搁置在行车主梁上, 4 根长 1 360 mm 吊挂梁分别搁置在 4 组支撑梁上, 4 套吊挂式劳辛格分别吊挂在吊挂梁下, 2 根长 9 200 mm 扁担梁 (断面 750 mm×1 200 mm, 材质 16Mn) 分别通过 2 组 (每组 24 根) 长 36 m 钢绞线悬吊在劳辛格下, 1 根长 5 000 mm 横梁 (断面 750 mm×1 300 mm, 材质 16Mn) 搁置在 2 根扁担梁上, 最后通过 1 对  $\phi$  106 mm×27 m 钢丝绳把定子吊挂在横梁的 600 t 大钩上。

c) 将 2 台行车大车行走控制系统改装由 1 台行车控制。

d) 用经纬仪跟踪测定行车主梁的挠度, 挠度不得超过规范要求 ( $L/700=47.15$  mm)。

## 3 双行车双小车抬吊法

双行车双小车抬吊法选择全面加固型的 2 台汽机房行车, 直接利用 2 台小车垂直或降落定子, 水平移动依靠行走 2 台大车来完成的吊装手段。

7 号、8 号发电机定子吊装即采用此方法。7 号、8 号发电机定子由上海汽轮发电机有限公司和西门子公司联合设计制造, 采用水—氢—氢冷却方式。定子运输重量 462 t, 吊装净重 443 t, 外形尺寸 11.653 m×5.116 m×4.772 m。

### 3.1 吊装机械的选择

选择汽机房 2 台 235 t/130 t/25 t 行车, 起吊高度 29 m。

### 3.2 吊装方法

a) 500 t 平板车载发电机定子从 A 列外倒车进入汽机房检修起吊孔, 选择 2 台加强型行车, 采用吊装专用横梁 (加装 450 t 吊钩) 双车联动控制抬吊就位。

b) 吊装钢丝绳采用西门子公司提供的  $\phi$  108 专用钢丝绳。

c) 2 台行车抬吊定子时, 实际总负荷 464.5 t, 每台行车实际负荷 232.25 t, 小于行车的额定起重量 235 t。

## 4 专用提升装置吊装法

专用提升装置吊装法是利用门架作架构, 卷扬

机做牵引动力, 利用 2 套滑轮组吊装定子的吊装手段, 该吊装手段不需对汽机房行车作加强设计。华电国际邹县发电厂 7 号发电机定子吊装即采用此方法。

7 号发电机为东方发电机有限公司与日立公司联合设计制造, 型号为 TFLQQ-KD, 采用水氢氢冷却方式。发电机定子重 409 t, 外形尺寸为 11.648 m×5.2 m×4.277 m。

### 4.1 吊装机械的选择

450 t 大型发电机定子专用提升装置。

### 4.2 吊装方法

a) 发电机定子运输重量 430 t, 由厂家运输至汽机房固定端, 卸车并拖运到定子横向中心线位置, 定子提升由 2 台 20 t 卷扬机做动力, 使用 450 t 大型发电机定子专用提升装置垂直起吊定子, 底部高出运转层 (17.0 m) 约 200 mm 后, 停止起吊。保持卷扬机不动, 通过操作 ENERPAC 600 t 顶升、顶推一体化装置横向移动小车, 使定子纵向中心线与基础纵向中心线一致。

b) 当定子支脚底面与台板顶面间距为 1 500 mm 时停止定子下落, 在定子支脚与台板间插入刚性临时支撑。然后继续下落定子, 直至定子完全落在刚性临时支撑上。刚性临时支撑高度为 1 350 mm, 分别放置在发电机机座的 6 块台板上。刚性临时支撑与台板接触面垫 20 mm 厚木板用以台板接触面保护和防滑, 刚性临时支撑与定子支脚接触面垫 50 mm 厚木板用以支脚接触面保护和防滑。

c) 在出线罩与定子焊接过程中, 450 t 发电机定子提升装置仍维持受力状态。出线罩焊接完毕, 用 450 t 发电机定子提升装置起吊定子至定子支脚底面与台板顶面间距为 1 500 mm 时停止, 移赶走 6 块台板上的刚性临时支撑。再次缓慢下落定子就位。

d) 定子起吊绳使用 4 根 R01-80 t×10 m 吊带, 挠腿下铺设履带吊专用垫板, 并对地基进行地基处理, 地基承载不小于 10 t/m<sup>2</sup>。

## 5 吴氏多功能吊具方法

吴氏多功能吊具方法是利用多功能专用起吊设备和 2 台不需作加强设计的行车吊装定子的一种吊装手段, 该吊装手段同样对汽机房 A、B 列也不需做加强设计。华电国际邹县发电厂 8 号发电机定子吊装即采用此方法。

8 号发电机为东方发电机有限公司与日立公司联合设计制造, 型号为 TFLQQ-KD, 采用水氢氢冷却方式。发电机定子重 409 t, 外形尺寸为



11. 648 m×5.2 m×4.277 m。

### 5.1 吊装机械的选择

- a) 吴氏多功能专用起吊设备。
- b) 2台 130/35 t 行车。

### 5.2 吊装方法

a) 选择吴氏多功能专用起吊设备，利用2台行车联合抬吊方法完成发电机定子就位。

b) 主要特点①不需要加固A、B列行车承载梁及行车主梁；②免除制造厂为起吊定子进行行车加固，即节省了建设单位的投资；③不影响工程进度，邹县电厂8号发电机定子2007年6月7日定子吊装就位，6月25日汽机冲转，7月5日通过168 h整套试运。

## 6 吊装方法综合评价

双行车四小车抬吊法是目前1000 MW机组定子吊装使用较多的方法，不受施工单位自身机具配备的影响，是一种比较灵活的施工方法，需要对行车大梁进行加强设计。

液压提升装置吊装法应用于1000 MW机组定子吊装是采用双行车抬吊和液压提升相结合方法，即行车+劳辛格联合吊装方法。这种方法被大多数施工单位所接受，是一种越来越得到广泛应用的吊装方法。

双行车双小车抬吊法是施工单位最容易接受的

方法，但此种方法的确定取决于业主方，是业主投入费用最高的吊装方法，需要对行车进行全面加强型设计。

专用提升装置吊装法是600 MW机组定子吊装机具的延续，不需要对汽机房行车、A、B列柱作加强设计，是一种较为现实的吊装方法。但此方法的实施直接影响到汽机房运转平台、附属设备及管路系统的施工。

吴氏多功能吊具方法首先不影响汽机房运转平台、附属设备及管路系统的施工；其次不需对汽机房行车、A、B列柱作加强设计，但需要1套较为复杂的多功能专用起吊设备。

由上分析可知：双行车四小车抬吊法、液压提升装置吊装法（对于百万机组）、双行车双小车抬吊法及吴氏多功能吊具方法不影响汽机房运转平台、附属设备及管路系统的施工。

双行车四小车抬吊法、液压提升装置吊装法（对于百万机组）及双行车双小车抬吊法均需对汽机房行车、A、B列柱作加强设计。

总之，1000 MW机组发电机定子吊装方法取决于业主、定子交货时间、工程进度、施工单位机具装备等因素，是电站大件吊装中技术含量最高的方法。相信随着1000 MW超超临界燃煤机组建设的不断实践，定子吊装方法更加多样化、更加合理和安全。

## Generator Stator Hoisting Technique of 1000MW Ultra Supercritical Coal-fired Generating Unit

WANG Yun-fa

(Shanxi No. 3 Power Construction Company, Taiyuan, Shanxi 030006, China)

**Abstract:** The generator stator hoisting for 1000MW ultra supercritical coal-fired generating units fully reflects the hoisting engineering level and the equipped level of machines and tools of a construction enterprise. Through several projects, the five lifting and hoisting plans such as hydraulic pressure lifting gear hoisting method, double cranes and double cars hoisting with lifting method, double cranes and four cars hoisting with lifting method, special-purpose hoisting machine lifting method and Wu multi-purpose hoisting mechanisms method have been created, in which double cranes and four cars hoisting with lifting method and the hydraulic pressure lifting gear hoisting method are frequently applied.

**Key words:** ultra supercritical; power generator stator; hoisting plan

(上接第57页)

## Application and Research on Peak Cooling System for ACC

MA Qing-zhong, ZHANG Long-ying

(Shanxi Electric Power Research Institute, Taiyuan, Shanxi 030001, China)

**Abstract:** Concerning on load limitation on air-coal-condensed unit when high exhausted pressure in summer, the application feasibility of the peak cooling system is analysed. The combination theory of the system is covered, and the evidence is provided for the system reasonable design through cooling system theoretical calculation of the heat transform system. The actual system operation is proved to be effective to the remarkable improvement on the exhausted pressure, security and economy level of the unit.

**Key words:** ACC; peak cooling; reduce exhausted pressure; safety & economy