

# Construction Technology for Single Carriage Lifting and Turning without Hook

Xiang He

MCC Group Shanghai Co., Ltd., Shanghai, 200941, China

## Abstract

Industrial buildings have diverse forms and different supporting facilities. The conventional steam turbine room is equipped with two cranes, but only a single crane is configured to save costs. The space size and height of the factory building are low, which affects the lifting and hoisting of large equipment. By developing a combination of hoisting equipment such as winches and pulleys, and installing them on the upper part of the crane for lifting operations, the difficulty of lifting large equipment that exceeds the rated load of the crane by 1.4 times can be solved. Large hooks have a turning function, but their size is large and cannot be used in limited space. By intertwining steel wire ropes, they can automatically recover and drive the equipment to turn after being loaded, achieving no hook turning during the lifting of large equipment. The single row vehicle lifting and hook free turning technology has been successfully implemented and has promotional value in installation engineering.

## Keywords

lifting; lifting technology; rated load of crane operation; unhooked steering technology

## 单行车抬吊及无吊钩转向施工技术

何翔

五冶集团上海有限公司, 中国·上海 200941

## 摘 要

工业建筑形式多样化, 配套设施各不相同, 常规汽机房配备两台行车, 为节约成本只配置单台行车, 厂房空间尺寸高度低, 影响大件设备起重吊装。通过研发卷扬机、滑车组合吊具, 安装在行车上部与行车进行抬吊作业, 解决大件设备超行车额定负荷1.4倍的吊装困难。大型吊钩具有转向功能, 但尺寸较大, 在空间受限情况下无法使用, 通过钢丝绳交错缠绕, 在受载后自恢复带动设备转向, 实现大件设备抬吊中无吊钩转向。该单行车抬吊及无吊钩转向技术已成功实施, 在安装工程中具有推广价值。

## 关键词

抬吊; 起重技术; 行车额定负荷; 无挂钩转向技术

## 1 引言

行车吊装技术在现代化建设工程施工应用广泛, 可通过巧妙施工方法, 减少施工成本的投入, 提高施工效率, 保证施工质量是施工过程中需要解决的问题。目前抬吊通常采用单行车、汽车吊车抬吊、双行车抬吊、双汽车吊车抬吊。使用汽车吊车的条件: 屋顶不能封闭, 保证吊装汽车吊吊臂避开墙面吊装半径增大, 导致吊车选型较大或增加钢制拖拉梁; 使用双行车抬吊, 会增加行车设备成本。单行车抬吊只需增加卷扬机、滑车组、支撑梁等, 简单有效。

大件设备吊装过程中常用方法为多机抬吊, 抬吊时使用扁担进行负荷分配, 设备如需转向, 多采用在扁担下部悬挂吊钩方案, 吊装物件与吊钩连接, 通过吊钩自身转向性能

进行转向, 但该方法由于吊钩自身高度、长度较大, 导致在吊装空间高度受限情况下, 无法安装转向吊钩。另一种方案是在吊装前, 使用卷扬机加滚筒在地面转向, 该方案需要增加布设卷扬机及滚筒, 操作复杂, 降低了施工效率。

现介绍单行车超负荷抬吊施工方法、通过无吊钩转向方法, 将转向与吊装一体化实施。

## 2 工程实例

唐山东华钢铁企业集团有限公司 1×80MW 煤气高效发电二期工程汽轮发电机为哈尔滨电气股份有限公司生产的 QFKN-85 型, 隐极式三相同步发电机。发电机定子净重量为 105t, 尺寸: 长 4816mm、宽 3800mm、高 3800mm。

汽机房布置一台 75/20t 行车, 梁跨度为 28.5m, 轨道高度 19m; 现有扁担梁 1000×560×9500mm。因单台行车负荷达不到要求, 在行车主梁上自设一套 10t 卷扬机—滑车组, 与行车主钩用扁担梁分别吊起发电机的一侧, 采用双机

【作者简介】何翔(1986-), 男, 中国重庆人, 本科, 工程师, 从事热能与动力工程研究。

抬吊的方法将发电机吊至汽机间9m层，行走至发电机定子的安装位置。

通过对最大轮压、最大弯矩等校核计算后，采用80吨滑车组+10吨卷扬机+扁担梁进行抬吊，可完成本次吊装任务。通过计算带吊钩吊装定子总高度超过19m，不满足高度要求，需采用无吊钩吊装并转向，并已成功实施。

本次定子吊装流程为：方案选择→吊装机具准备（钢丝绳采购、成品扁担调拨、钢梁制作、滑车组-卷扬机租赁、2个定滑轮10t调拨）→钢梁、滑车组钢丝绳穿装→卷扬机、钢梁安装→铺设定子卸车区域走道板→定子清理端盖拆除→抬吊试车→无吊钩转向→转子底部小端板安装→转子吊装就位。

在唐山东华项目定子吊装执行过程中可采用方案：

方案一：单行车直接吊装/双行车抬吊，汽机房布置一台75/20t行车，最大起吊重量 $1.1 \times 75t = 82.5t$ ，实际到货定子重量为105t，单行车直接吊装无法实现；厂房内只设计了1台行车，也无法实现双行车抬吊。

方案二：采用汽车吊一次性吊装到位，吊装半径19m，主厂房高度23m，需选择650t汽车吊，此方法选型参数较大。

方案三：厂房外浇筑立柱，再制作拖拉钢梁从厂房外立柱至定子就位处，厂房外采用350t汽车吊配合吊装，此方法工艺复杂，花费较大。

方案四：采用单行车配合10t卷扬机-80t滑车组进行

抬吊，卷扬机布置在行车上，定子运输至检修通道采用160t吊钩转向，吊钩高度2m，采用吊钩后吊装高度无法满足吊装空间。由行车厂家技术协议知，行车大钩极限起升高度为19m，通过计算： $3800mm$ （定子高度）+ $2000mm$ （正式定子捆绑绳高度）+ $1120mm$ （扁担高度）+ $500mm$ （行车大钩与扁担间高度）+ $9000mm$ （平台高度）+ $700mm$ （超过平台高度）+ $2000mm$ （滑车组高度）+ $1500mm$ （吊钩高度）= $20620mm > 19000mm$ ，故采用吊钩吊装高度无法满足要求。

方案五：采用单行车配合10t卷扬机-80t滑车组进行抬吊，卷扬机布置在行车上，定子运输至检修通道采用卷扬机-滚筒转向，此方法转向时工艺复杂。

方案六：采用单行车配合10t卷扬机-80t滑车组进行抬吊，卷扬机布置在行车上，定子运输至检修通道采用无吊钩转向，单行车抬吊见图1。

因此采用方案六为最优方案。单行车抬吊采用在行车主梁上，将1个集中受力点（图2），分散成2个集中受力点（图2），以此来降低物件对主梁轮压、弯矩。通过对最大轮压（行车1.2倍额定载荷时，校核分散成2个集中受力点 $R_A = 74.2t < 1$ 个集中受力点 $R_{A0} = 76.81t$ ，故在1.2倍工作载荷情况下，轮压满足要求），最大弯矩（行车1.2倍额定载荷时，校核分散成2个受力点 $M_2 = 557.39t \cdot m < 1$ 个集中受力点 $M_1 = 587.8t \cdot m$ ）进行校核，行车性能满足抬吊要求。单行车抬吊分散集中受力示意图见图3。

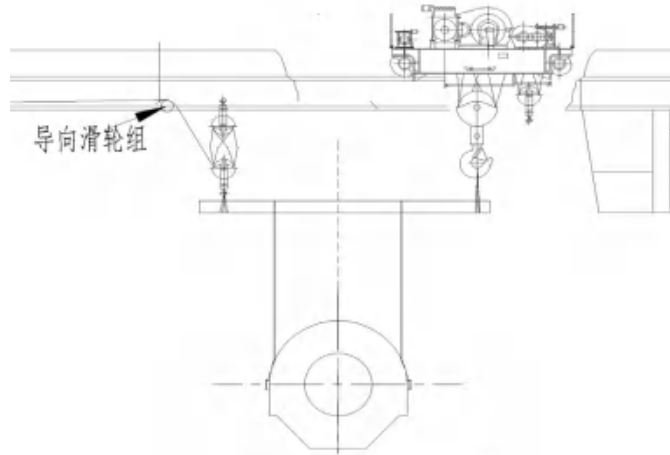


图1 单行车定子抬吊示意图

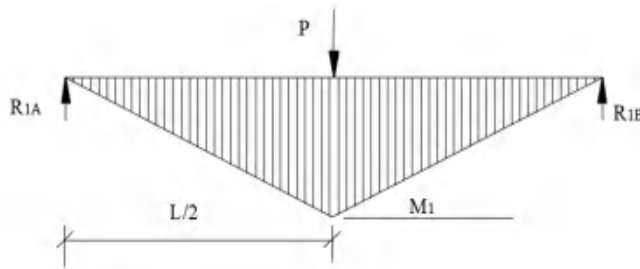


图2 单行车直接吊装集中受力示意图

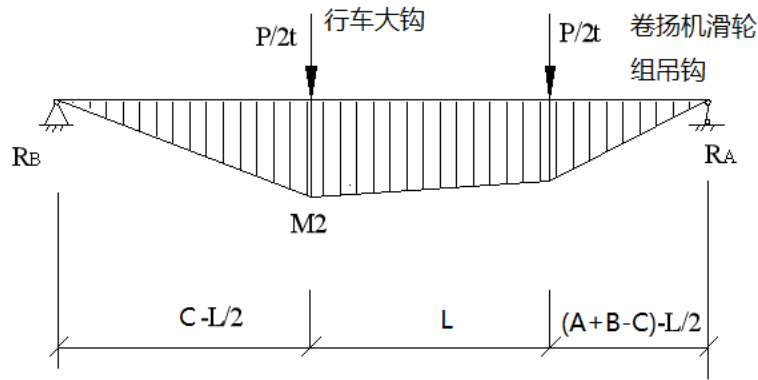


图3 单行车抬吊分散集中受力示意图

80t 滑轮组单股钢丝绳受力 3.92t，本次吊装选用卷扬机额定起重量为 10t，则负荷率为  $3.92/10 \times 100\% \approx 39.2\%$ 。故卷扬机选型安全。

滑车组钢梁制作：支撑梁选用 H 型钢，截面尺寸为  $(800 \times 300 \times 14 \times 26)$ ，钢梁需焊接  $\delta 14$  厚支撑板与行车主梁进行焊接在水平方向上能承受 10t 卷扬机拉力，在垂直方向上需承受定子及滑车组 54t 拉力。

滑车组钢丝绳穿装方法，采用顺穿法，这种结构的钢

丝绳升降应力完全相等，效率也完全相等。钢丝绳的末端从滑轮组侧面的第一个滑轮穿过，然后依次绕过固定滑轮和活动滑轮，最后将末端固定在固定滑轮上部扁担钢梁上。

卷扬机、钢梁安装采用 260 履带吊将卷扬机、穿装好的钢梁滑车组吊至行车就位见图 4，滑车组横梁与行车轨道梁采用焊接固定，卷扬机在行车轨道梁上支座采用  $H250 \times 250 \times 9 \times 14$  制作，并与行车轨道梁进行焊接。因卷扬机为租赁物，因此卷扬机与卷扬机支座采用卡块进行固定。

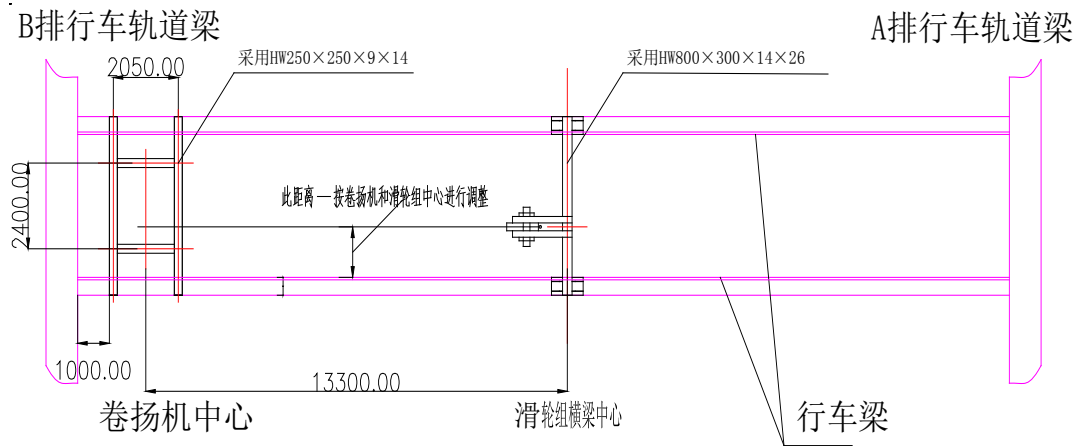


图4 卷扬机、滑车组钢梁位置示意图

为保证滑轮组钢丝绳能平稳进入卷扬机，需在滑车组与卷扬机等标高位置安装导向滑轮，导向滑轮共设 2 个，其中导向定滑轮 1 布置在滑车组钢梁上将钢丝绳由垂直方向导为水平方向，另一个导向滑轮 2 安装在卷扬机与滑车组钢梁钢丝绳连接水平段中部使卷扬机回绳准确。

在钢梁与定滑轮支架采用焊接方式，卷扬机及滑轮组梁采用钢梁焊接焊条；且角焊缝高度不小于被焊件最小壁厚斜撑与行车梁焊接焊缝核算：焊缝高度  $f_h=10\text{mm}$ ，焊缝长度  $L=200\text{mm}$ ， $[\tau_{th}]=12.2\text{kg/mm}^2$ 。焊缝最大允许承载力： $F=0.7f_h \sum L [\tau_{th}] = 0.7 \times 10 \times 2 \times 200 \times 4 = 136640\text{kg} > 10000\text{t}$ ，故安全。

定子在运输过程中，应保证运输通道畅通，并对道路沿线进行路基检查，对凹凸路面修整，沉降路面加固，

并在汽机房检修通道定子卸车位置的正下方铺设走道板  $6000\text{mm} \times 6000\text{mm}$ ，保证定子平稳并为无吊钩转向做准备。

定子吊装前需对定子做清理工作和对基础的复核：

定子两端临时端盖拆除，因定子底部小端盖就位后无法安装，需吊装前进行安装就位并验收合格。

定子就位前基础灌浆内挡板安装，内挡板安装应严密，定子底部风道基础清理及标高复核，避免定子插入基础时与基础相碰无法就位。

大件设备抬吊中无吊钩转向方法：以某发电机定子吊装为例，在厂房内使用行车进行扁担抬吊，无吊钩旋转，即采用钢丝绳错位扭曲  $90^\circ$  绑扎，以扁担中心为支点，缓慢起吊后，钢丝受力后，错位绑扎的钢丝绳向扭曲的反方向自动复位，由此产生的扭力带动发电机定子进行旋转。转向前

需在定子底部与走道板之间铺设木质层板以保证定子底部不被磨损。钢丝绳绑扎后，缓缓起钩，再点动提升，直到定子底部木制层板滑动，每次提升时定子转向角度 $< 10^\circ$ ，避免旋转时因转速过大导致无法控制，造成设备损坏。

### 3 安全风险评估

①卷扬机与行车抬吊起升速度不一致。保障措施：行车驾驶室、卷扬机各设置一名副指挥，其主要目的是监视、观察各自起重设备，梁顶在作业过程中是否有异常情况；正式起吊前反复试吊直至配合起吊平稳，熟练掌握起重机械在抬吊过程中的配合细节；通过观察扁担水平度，停顿调整，整改起升过程采用慢档位，起升到一定高度，停止，进行检查调整；再继续起升时，卷扬机端先起升。

②转向过程中速度过快磨损设备。解决方法：在定子起吊区域基础夯实并铺设水平走道板和木板，转向时缓慢升起确保每次转向夹角不大于 $10^\circ$ ，并严控转向临界力时起升速度。

③卷扬机制动失灵。应急措施：当发现卷扬机在施工过程中突然出现刹车系统失灵，立即采用撬棍进行制动，同时按长铃声提醒作业人员。

④卷扬机钢丝绳回槽受阻。采取措施：派专人对钢丝绳进行监督导向。

⑤行车梁变形。采取措施：派专人对行车梁形变进行监督测量。

⑥抬吊动载荷取值 $K=1.2$ 倍。采取措施：复查核算。

⑦转向时，扁担上需对支撑点钢丝绳进行限位。采取措施：增加限位。

⑧滑车组支撑梁有防滑动措施。采取措施：增加限位挡块并焊接牢固，焊缝长度抗拉能力进行校核。

### 4 质量要求

①行车的制动灵活，由电气协助解决，并做措施予以保证。

②门架制作时，焊工必须是合格的结构焊工，焊缝高度大于钢板厚度，保证其强度足够。

③定子台板就位后其纵、横中心线、标高与设计值的允许偏差应在 $\pm 2.0\text{mm}$ 之内。

④起吊过程顺利、平稳，不发生任何碰撞。

⑤扁担梁必须进行验收合格后方可使用。

⑥整个起吊过程必须将行车速度控制缓慢。不允许行车速度超过卷扬机速度。

⑦指挥必须明确，对整个起吊系统速度需进行控制，整个过程行车是1挡，不允许高速挡。

### 5 经济效益、应用与推广

单行车超负荷吊装产生效益：单行车110t与75t行车差价；采用在A排外做基础，增加临时拖运梁，拖运至发电机基础方式，需增加钢制拖运梁，混凝土基础等，与之比较，本方案节约成本30万元。

无吊钩转向技术产生效益：节省材料160t吊钩、吊钩钢丝绳 $\Phi 32-6 \times 37+FC, L=10\text{m}$ ，节约成本约5万元。

此方法可应用与推广在：

电力行业：变压器、高低压加热器、汽包、除氧器、启动锅炉等大件在局限空间内吊装转向或单行车抬吊。

石油化工行业：酸碱罐、加热罐等需要调整位置时大件吊装转向。

市政桥梁行业：结构件、桥梁需要调整安装位置吊装转向。

钢铁行业：均热炉、电炉、自备电厂等安装时采用单行车抬吊及大件吊装转向。

### 6 结语

通过以上吊装方法使75t单行车实现1.4倍额定负荷抬吊，吊装过程中抬吊机具投入少，无吊钩转向使钢丝绳绑扎更简单、安全可靠、非常实用，并解决了吊装场地、高度受限难题，有效提高工作效率。

#### 参考文献

- [1] 龙驭球,包世华.结构力学(上册)[M].北京:高等教育出版社,1987.
- [2] 崔碧海.起重技术[M].重庆:重庆大学出版社,1996.
- [3] 卜一德.起重吊装计算机安全技术[M].沈阳:辽宁省劳动保护科学研究所,2008.