基于 ANSYS 的 DB2800/32 悬臂式堆料机结构有限元分析

李辉中　张营章　刘党委

华电科工股份有限公司　北京　100070

摘　要：机架、卷扬支撑和悬臂胶带机臂架是悬臂式堆料机中的主要承载部件，本文以 DB2800/32 悬臂式堆料机为例，对 DB2800/32 悬臂式堆料机有限元模型进行简化，确定 3 种危险工况，利用 ANSYS 有限元软件的 APDL 建立 DB2800/32 悬臂式堆料机有限元模型，进行整机结构静力分析，为机架、卷扬支撑和悬臂胶带机臂架的具体结构设计与优化提供了理论依据。

关键词：悬臂式堆料机；ANSYS；结构有限元分析

引言：悬臂式堆料机其主要由门架、桁架悬臂式臂架和卷扬支撑等钢结构、行走机构、防倾翻轮、轨道、照明、喷淋和微雾抑尘、电气及控制系统等组成。

悬臂式堆料机的悬臂胶带机臂架设有两处支撑铰点。一处是与门架铰接，使臂架可绕铰点在变幅面内回转；另一处是与卷扬机构吊架铰接，由卷扬机带动钢丝绳和卷扬机构吊架完成悬臂胶带机臂架的变幅运动。

1 DB2800/32 悬臂式堆料机概述

悬臂胶带机臂架上面安有胶带输送机，胶带机随臂架可上仰和下俯，胶带机的传动采用电机—偶合器—减速器—传动滚筒。张紧装置设在头部卸料点处，使胶带保持足够的张力，张紧装置采用千斤顶张紧,螺杆 (母) 固定的方法,能够达到足够的张紧力。胶带机上设有料流检测装置，当胶带机上无料时发出信号，堆料机停机。还设有打滑检测器，防跑偏等保护装置，胶带机头、尾部设有清扫器。头部卸料改向滚筒处设有可调挡板，现场可以根据实际落料情况调整挡板角度、位置来调整落料点[1]。

1.1 悬臂式堆料机结构

机架、卷扬支撑和悬臂胶带机臂架是主要结构部件，起到支撑上部司机室、检修平台、落料管总成及起吊部分的全部自重和所有外部载荷的作用。机架、卷扬支撑和悬臂胶带机臂架结构对整个悬臂式堆料机的稳定运行有十分重要的影响。机架、卷扬支撑和悬臂胶带机臂架有不同的结构型式，本文 DB2800/32 悬臂式堆料机门架为箱型梁结构型式、悬臂胶带机臂架为桁架式、卷扬支撑采用箱型梁型式。

本文以 DB2800/32 悬臂式堆料机为研究对象，具体技术参数如表 1 所示。

表 1　DB2800/32 悬臂式堆料机技术参数表

额定出力	2800t/h
卸料滚筒中心至主铰点距离	32000mm
轨道	QU100
最大轮压	260kN
单绳拉力	8t
俯仰角度	-15°~37°
布置型式	室内

1.2 有限元模型的简化

DB2800/32 悬臂式堆料机有限元模型作如下简化：

（1）机架的各主梁之间、悬臂胶带机臂架、卷扬支撑架等部件的螺栓连接简化为节点连接；

（2）机架与悬臂胶带机臂架、悬臂胶带机臂架与卷扬机构吊架、卷扬支撑架与机架、卷扬支撑的拉杆与机架、卷扬支撑架与拉杆的连接通过耦合自由度连接；

（3）卷扬支撑与卷扬机构吊架的钢丝绳连接简化为 2 节点连接的杆单元；

（4）改向滚筒、传递滚筒、头部护罩、驱动装置、电器柜、司机室、胶带张紧装置等简化为质量单元加载在对应的节点上；

（5）悬臂胶带机的托辊、检修平台、胶带、胶带上的煤等，通过调整密度的方法使悬臂胶带机的重量与实际吻合；

（6）本次整机结构建模不含尾车。

有限元模型简化后，需将简化前后各零部件的重量

以质量单元的形式加载在对应的节点上。

1.3 材料属性和单元类型的选择

本文 DB2800/32 悬臂式堆料机钢结构主材采用 Q355B，材料密度 $\rho = 7.85\times 10^{-6}$ kg/mm

弹性模量 $E = 2.1\times 10^{5}$ MPa, 泊松比 $\mu = 0.3$。按照移动式散料连续搬运设备钢结构设计规范（JB/T8849-2005）和钢结构设计规范（GB50017-2017）, 门架、刮板取料装置安全系数 n = 1.5, 材料许用应力 [σ], 刚才的屈服应力 σs 和破坏应力 σb 如表 2 所示。

表 2 钢材的力学特性

板厚 t(mm)	σs(MPa)	σb(MPa)	[σ](MPa)
t ≤ 16	355	630	236
16 < t ≤ 35	335	580	223
35 < t ≤ 50	305	530	203

卷扬支撑与卷扬机构吊架的钢丝绳连接杆单元为 link180; 改向滚筒、传递滚筒、头部护罩、驱动装置、电器柜、司机室、胶带张紧装置等等选用质量单元 MASS21; 其余杆件均采用 BEAM188。

（1）整机约束

DB2800/32 悬臂式堆料机通过行走机构车轮和防倾翻车轮与地面轨道接触和约束，可将行走机构车轮的铰座。

一个铰座约束 UY、UZ 三个自由度, 另一个铰座约束 UZ 两个自由度；同时将门架顶端和门架底横梁防倾翻车轮的铰座均约束 UX 一个自由度。

（2）计算工况

本文 DB2800/32 悬臂式堆料机的悬臂胶带机臂架变幅范围为-15°~37°，有多种工况，其中有三个极限位置工况：

工况一：悬臂胶带机臂架为-15°；

工况二：悬臂胶带机臂架为水平 0°；

工况三：悬臂胶带机臂架为 37°。

（3）载荷

按照 GB/T3811-2008《起重机设计规范》，作用在 DB2800/32 悬臂式堆料机的载荷分 4 类，即常规载荷、偶然载荷、特殊载荷和其他载荷。常规载荷包括自重载荷、额定起升载荷；偶然载荷包括偏斜运动时的水平侧向载荷、坡道载荷、风载荷、温度变化引起的载荷和雪载荷；特殊载荷包括非工作状态风载荷和碰撞载荷。因本文 DB2800/32 悬臂式堆料机为室内作业，同时为避免碰撞配备雷达测距仪，为避免啃轨配备纠偏装置和导向轮，料场为长期固定设施，其轨道直线度、轨道各段间隙及同一截面高低差均符合相应规范要求。为了使有限元分析的边界条件与 DB2800/32 悬臂式堆料机使用工况一致，在确定有限元分析的载荷时，仅加载自重载荷和悬臂胶带机臂架俯仰时自身载荷，同时乘以相应的载荷系数。表 3 为载荷工况组合[2]。

表 3 载荷工况组合

基本工况		门架和卷扬支撑自重	悬臂胶带机臂架	水平力
组合工况	编号	G1	G2	F
悬臂胶带机臂架-15° 时	I	1.1	1.3	/
悬臂胶带机臂架水平时	II	1.1	1.3	/
悬臂胶带机臂架 37°	III	1.1	1.3	/

备注：表中数值为载荷系数。

2 DB2800/32 悬臂式堆料机有限元分析结果

通过有限元建模分析 3 种工况下的设备整机结构最大应力、悬臂胶带机臂架变幅钢丝绳总拉力、卷扬支撑架的最大应力、卷扬支撑架的轴向压力和约束支反力。表 4 和表 5 为 DB2800/32 悬臂式堆料机有限元分析结果汇总。

表 4 有限元分析结果汇总

基本工况		悬臂式堆料机结构整体最大应力（MPa）	悬臂胶带机臂架变幅钢丝绳总拉力（t）	卷扬支撑架的最大应力（MPa）	卷扬支撑架的轴向压力（t）
组合工况	编号				
悬臂胶带机臂架-15° 时	I	192.8	53.3	73.1	105
悬臂胶带机臂架水平时	II	176.2	44.8	66.1	93.5
悬臂胶带机臂架 37°	III	143.3	22.9	44.0	49.6

表 5 有限元分析结果汇总

基本工况		行走机构车轮铰座的垂直支反力（t）	门架顶端防倾翻车轮铰座的水平支反力（t）	门架底横梁防倾翻车轮铰座的水平支反力（t）
组合工况	编号			
悬臂胶带机臂架-15° 时	I	44.7、44.6	47.8、47.3	49.7、45.5
悬臂胶带机臂架水平时	II	44.5、44.4	43.2、42.7	44.9、41.1
悬臂胶带机臂架 37°	III	44.0、43.8	22.2、22.0	23.1、21.2

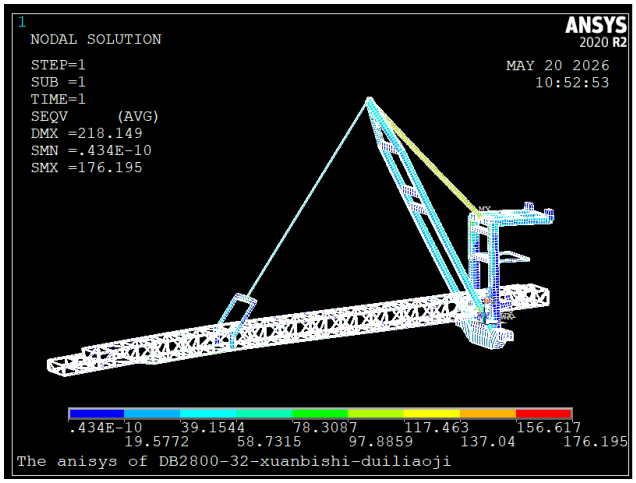


图 2 工况 II 整机应力云图

依据有限元分析知工况 I 的悬臂式堆料机结构整体最大应力为 192.8MPa, 为卷扬机构机架与钢丝绳铰接的对应位置；依据有限元分析图 2 知工况 II 的悬臂式堆料机结构整体最大应力为 176.2MPa, 为卷扬支撑拉杆与悬臂式堆料机机架铰接的对应位置；依据有限元分析知工况 III 的悬臂式堆料机结构整体最大应力为 143.3MPa, 为悬臂胶带机臂架与悬臂式堆料机架铰接的对应位置，悬臂式堆料机整体结构钢板厚 t ≤ 16mm,192.8MPa ≤ [σ] = 236MPa, 因此整体强度满足规范要求。

由表 4 和 5 知悬臂胶带机臂架变幅钢丝绳最大总拉力为 53.3t，俯仰系统滑轮采用 8 倍率，因此单绳的钢丝绳拉力为 6.7t ≤ 单绳设计拉力 8t; 行走机构车轮铰座的垂直最大支反力为 44.7t, 行走机构共两个台车架，共计 4 个车轮组，单轮最大轮压为 22.35t; 防倾翻车轮铰座的最大水平支反力为 49.7t，防倾翻轮为四组台车架，共计 8 个车轮组，单轮最大轮压为 24.85t, 行走车轮直径为 600mm，材质为 ZG35CrMnsi, 轨道为 QU100，工作级别为 M6，依据《起重机设计手册第二版》知许用轮压为 41.2t，因此轮压均满足规范要求[3]。

由表 4 和 5 知卷扬支撑架的整体最大应力为 72.2MPa。卷扬支撑架结构钢板厚 t ≤ 16mm,73.1MPa ≤ [σ] = 236MPa, 因此卷扬支撑架整体强度满足规范要求。由图表 4 和 5 知卷扬支撑架最大轴向压力为 105t。本文 DB2800/32 悬臂式堆料机中卷扬支撑架长为 19.4m, 卷扬支撑架箱型梁截面积为 20832mm², 对应的回转半径为 250mm, 卷扬支撑架的长细比为 77.6，换算长细比为 95.4, 稳定系数为 0.581，卷扬支撑架稳定性为 86.8MPa < [σ] = 236MPa, 因此卷扬支撑架的稳定性满足规范要求。

结束语

综合以上结果分析，本文通过建立 DB2800/32 悬臂式堆料机的整体结构模型，通过对 3 种危险工况进行有限元分析，得出了悬臂式堆料机整机结构最大应力、悬臂胶带机臂架变幅钢丝绳单绳最大拉力、卷扬支撑架的最大应力和稳定性、最大轮压均满足设计参数和相关标准规范要求，验证了该悬臂式堆料机结构设计的安全性，同时为该悬臂式堆料机的结构优化以及同系列产品的设计研发提供可靠依据。

参考文献

[1] 林海龙, 苏子华, 陈磊. 基于 ANSYS Workbench 的叉车四级全自由门架结构有限元分析 [J]. 中国储运, 2025, (10): 141. DOI:10.16301/j.cnki.cn12-1204/f.2025.10.125.

[2] 胡凡金, 杨锋苓. ANSYS Workbench 结构分析实用建模方法与单元应用 [M]. 中国铁道出版社: 202202:414.

[3] 叶彬. 门式启闭机门架结构有限元分析 [J]. 电力勘测设计, 2020, (03): 7-10+22. DOI:10.13500/j.dlkcsj.issn1671-9913.2020.03.002.