

基于ANSYS的BMQ850半门架结构有限元分析

李辉中 张营章 刘党委
华电科工股份有限公司 北京 100070

摘要: 半门架是半门式刮板取料机中的主要承载部件, 本文以BMQ850/45半门式刮板取料机为例, 对BMQ850/45半门式刮板取料机有限元模型进行简化, 确定2种危险工况, 利用ANSYS有限元软件的APDL建立BMQ850/45半门式刮板取料机有限元模型, 进行整机结构静力分析, 为半门架的具体结构设计与优化提供了理论依据。

关键词: ANSYS; BMQ850; 半门架结构有限元

引言: 门式刮板取料机与侧式悬臂堆料机或天车式堆料机组成的堆取料系统广泛应用于钢铁、水泥、化工、矿山、码头、煤炭等众多国民经济行业中。

门式刮板取料机与其他结构型式取料机相比, 具有适用于物料堆放要求灵活、均化要求不高的长形料场中, 同时室内、室外均可布置使用, 具有占地小、产能大、污染小等特点, 而且易于实现自动化和集中控制, 符合国家节能、环保、减排的总体发展要求。门式刮板取料机按结构分为半门式与全门式, 其中半门式刮板取料机一侧置于挡墙上常与天车式堆料机配合使用, 堆取料作业互不干扰、同时进行, 提高了生产效率。

1 BMQ850/45 门式取料机概述

大跨距、大高度门式刮板机已成为当下主要发展趋势。近年来, 随着全球经济的高速发展, 散料货物运输量迅猛增加, 为了满足料场的大存储量, 仅仅通过增加料场长度, 就会受到场地和投资的限制, 因而散料装卸系统已经开始朝着料场大宽度, 大高度的方向发展, 即增大设备的跨距和高度。当跨距和高度增加到一定程度后, 对其工作能力和性能参数都与以往型号相比发生很大变化, 因此需对其进行深入研究, 对结构型式进行全新设计、计算和论证。目前针对大跨距、大高度门式刮板机结构设计, 国内外可借鉴资料较少, 而且没有相应的设计规范及准则, 在设计过程中仅仅依靠以往的设计经验选取相关参数和结构模型, 通过增加材料厚度、设备自重来保证结构强度和刚度, 这样会造成材料浪费、制作成本提高、设计周期长, 甚至存在结构本体安全隐患。因此本文采取先进的设计理念对设备进行科学合理的选型和计算, 保证设备满足使用性能; 并通过大型通用ANSYS有限元分析软件进行整体结构静力分析, 通过优化结构方案, 满足设备运行所需的强度、刚度; 可通过多种结构特点分析, 可更有效的选择合理

的结构, 以达到最优的应用效果, 同时能缩短设计周期, 提高产品的性价比, 对增强产品的竞争力具有很大的实际价值^[1]。

门式刮板取料机作为一种条形料场配套使用的刮板取料系统, 具有持续高效的散料挖取功能、结构更紧凑、运行更平稳, 成本更低、市场前景应用更广阔。取料机的生产率和跨距是衡量取料设备规模的两个重要指标。

门式刮板取料机主要由刮板机构、俯仰机构、门架及行走机构组成。刮板机构负责把物料刮到出料皮带机上。刮板机构通过吊在门架上的起升机构来实现俯仰, 以适应取料时料堆角度的变化。门式刮板取料机沿着轨道直线运行, 将条形料场的物料连续、均匀的输送到出料皮带机上, 运出料场^[2]。

1.1 门式刮板取料机结构

门架结构是门式刮板取料机最重要的结构, 起到支撑上部司机室、检修平台及起吊部分的全部自重和所有外部载荷的作用, 门架结构对整个刮板取料机的稳定运行有十分重要的影响, 根据门架结构型式不同, 可分为半门式和全门式、单梁和双梁。采用哪种结构型式的是根据料场布置形式以及整体所受载荷情况所决定的。门式刮板取料机的门架结构作为其最主要的构成, 其结构型式成为该设备的设计难点和重点。门架结构框架多采用箱型梁结构^[3]。

刮板机构是门式刮板机取料机最重要的机构之一, 主要承受外部载荷的影响, 其结构型式的研究也变得尤为重要。刮板固定于双链条机构上, 通过尾部的双电机驱动链轮作循环运动, 由刮板将煤场中物料刮入到刮板下部的料斗内。刮板结构框架采用桁架式或箱型梁结构。

本文以BMQ850/45门式取料机为研究对象, 具体技术参数如表1所示。

表1 BMQ850/45门式取料机技术参数表

额定出力	850t/h
门架跨度	45m
轨道	QU100
俯仰角度	0~41°
布置型式	室内

1.2 有限元模型的简化

BMQ850/45门式取料机整机有限元模型作如下简化:

建模过程中对设备刚性螺栓连接结构进行统一简化处理,将门架各主梁之间、门架主梁与行走固定端支腿、刮板机构头架与行走固定端底横梁等部位的螺栓连接,全部等效为刚性节点连接。该简化方式可忽略螺栓自身微小变形影响,有效模拟结构整体刚性传力效果,在不影响整体受力精度的前提下,大幅降低模型计算复杂度;

针对设备工作中存在相对运动的连接部位,采用自由度耦合方式建模。门架与行走摆动端支腿、刮板机构头架与刮板机构旋转支架的连接位置,均设置为耦合自由度连接。通过约束相应自由度、释放运动自由度,精准还原结构实际摆动与旋转工况,保证动态受力和运动状态与设备实际运行情况相符;

刮板机构与俯仰机构之间的钢丝绳柔性连接,在有限元模型中简化为两节点连接的杆单元结构。利用杆单元仅受拉压的力学特性,等效模拟钢丝绳的柔性受力特征,准确还原俯仰动作过程中钢丝绳的拉力传递与形变规律,既贴合实际力学特性,又适配整体模型的计算求解要求;

对于不参与主要受力变形的附属设备与构件,采取质量单元等效简化方式。将俯仰机构、电器柜、司机室、链轮张紧装置等部件,整体简化为集中质量单元,并精准加载至结构对应的安装节点处。此举可省去复杂附属结构建模,在保证整体质量参数准确的同时,显著提升仿真计算效率;

为保证刮板机构自重参数真实准确,对链条、上下导轨、刮板等零部件进行专项简化校准。通过调整构件材料密度、增设局部质量点的组合方式,对刮板机构整体重量进行精准修正,使模型自重、质量分布与实物状态完全一致,为后续结构强度、刚度仿真计算提供可靠的质量基础;

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BMQ850/45门式取料机钢结构主材采用Q355B,材料密度 $\rho = 7.85 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$,弹性模量 $E = 2.1 \times 10^5 \text{ MPa}$,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 $[\sigma]$,钢材的屈服应力 σ_s 和破坏应力 σ_b 如表2所示。

表2 钢材的力学特性

板厚 $t(\text{mm})$	$\sigma_s(\text{MPa})$	$[\sigma](\text{MPa})$
$t \leq 16$	355	236
$16 < t \leq 35$	335	223
$35 < t \leq 50$	305	203

刮板机构与俯仰机构的钢丝绳连接杆单元为link180;俯仰机构、电器柜、司机室、链轮张紧装置等选用质量单元MASS21;其余杆件均采用BEAM188。

1.4 边界条件的确定

(1) 整机约束

BMQ850/45门式取料机通过行走轮与地面轨道接触和约束,可将行走固定端的两个支腿,一个支腿约束UX、UY、UZ三个自由度,另一个支腿约束UX、UZ两个自由度,同时将行走摆动端底横梁的两端均约束UX、UZ两个自由度。

(2) 计算工况

本文BMQ850/45门式取料机的刮板支架变幅范围为 $0 \sim 41^\circ$,有多种工况,其中有两个极限位置工况:

工况一:刮板机构的刮板臂架为水平 0° ;

工况二:刮板机构的刮板臂架为 41°

(3) 载荷

按照GB/T3811-2008《起重机设计规范》,作用在BMQ850/45门式取料机的载荷分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BMQ850/45门式取料机为室内作业,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BMQ850/45门式取料机使用工况一致,在确定有限元分析的载荷时,仅加载自重载荷和刮板的自身起升载荷以及运行起、制动产生的惯性载荷,同时乘以相应的载荷系数。表3为载荷工况组合。

表3 载荷工况组合

基本工况		门架自重	刮板结构	水平力
组合工况	编号	G1	G2	F
刮板臂水平时	I	1.25	1.4	/
刮板臂 41° 时	II	1.25	1.4	/

备注:表中未载系数。

2 BMQ850/45 门式取料机有限元分析结果

通过有限元建模分析2种工况下的设备整机结构最大应力、水平位移偏移量和刮板臂架变幅钢丝绳拉力。表4为BMQ850/45门式取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		门架整体	摆动端门架	钢丝绳拉	门架四个
组合工况	编号	最大应力 (MPa)	梁水平位移 (mm)	力(t)	支点的支 反力(t)
刮板臂水 平时	I	151.266	173	36.5	58、59、 46、47
刮板臂 41°时	II	122.127	146	24.5	62、63、 39、40

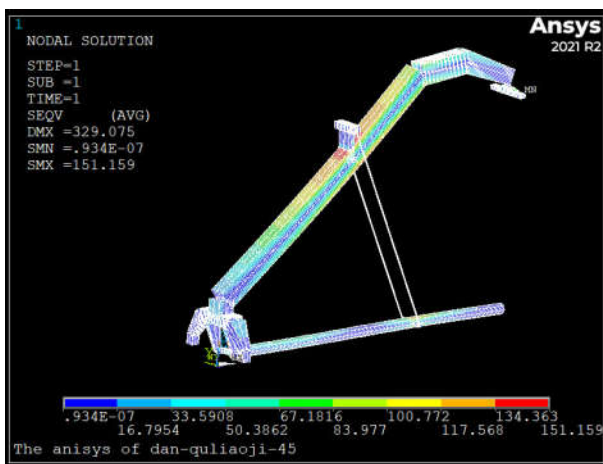


图2-1 工况I整机应力云图



图2-2 工况II整机应力云图

依据图2-1、2-2和表4知门架整体最大应力为151.266MPa,为俯仰机构所在门架梁的下翼缘对应位置,门架整体结构钢板厚 $t \leq 16\text{mm}$, $151.266\text{MPa} \leq [\sigma] = 236\text{MPa}$,因此整体强度满足规范要求;摆动端门架梁水平位移最大值为173mm,最小值为146mm,综合考虑,后续在门架设计中,摆动端门架梁可缩短为160mm,即该门架梁在制作时实际跨度相对理论跨度减小160mm,以抵消门架安装时沿跨度方向的水平滑移;刮板臂架俯仰钢丝绳最大拉力为36.5t,俯仰系统滑轮采用6倍率,因此单绳的钢丝绳拉力为 $6.1\text{t} \leq \text{单绳设计拉力} 8\text{t}$;行走固定端最大支反力为63t,行走摆动端最大支反力为47t,行走固定端为四组台车架,共计8个车轮组,单轮轮压为15.75t,行走摆动端为两个台车架,共计4个车轮组,单轮轮压为23.5t,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,41.2t。

结束语

综合以上结果分析,本文通过建立BMQ850/45门式取料机的整体结构模型,通过对2种极限工况进行有限元分析,得出了门架整体结构应力、摆动端门架梁水平位移、刮板臂架俯仰钢丝绳单绳拉力、最大轮压均满足设计参数和相关标准规范要求,验证了该门式刮板取料机结构设计的安全性,同时为该门式取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.
- [2]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.
- [3]杨士龙,董朋,陈幸强,等. 基于ANSYS的MQ2533门座式起重机门架结构有限元分析[J].内燃机与配件,2019,(23):32-33.