



散货堆场铁路卸车系统 翻车机房地下结构设计

杜振辉, 岳霖, 岳田

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 翻车机房是散货堆场重要的运输转运枢纽建筑物, 内设大型翻车机、拨车机等重要设备, 地下结构承受的荷载较大且复杂。为分析翻车机房地下结构设计中的重点和难点, 结合徐州顺堤河作业区铁路专用线输送通道工程翻车机地下结构, 采用通用结构有限元分析方法, 从作用计算、作用组合、结构建模、结果后处理、构件设计等方面对翻车机房地下结构进行系统分析。结果表明, 采用结构有限元分析软件进行整体分析是可行的; 某些应力集中部位须先合理判断后再进行结构设计。

关键词: 翻车机房; 地下结构; 有限元

中图分类号: U 653.7

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)10-0241-04

Underground structure design of car dumper shed of railway unloading system in bulk yard

DU Zhen-hui, YUE Lin, YUE Tian

(CCCC Harbor Engineering Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

Abstract: The car dumper shed is an important transportation and transfer hub building in the bulk cargo yard, which is equipped with large dumpers, car pullers and other important equipment. The underground structure is complex with the large load. In order to analyze the key and difficult point of underground structure design of car dumper shed, we combine with the underground structure engineering of dumper in Xuzhou Shundihe operation area, use the general structural finite element method, and systematically analyze the car dumper shed from the aspects of action calculation, action combination, structure modeling, result post-processing, element design, structure anti-floating design and etc. The results show that it is feasible to analyze structure as a whole by finite element analysis software, and some parts of stress concentration need to be reasonably judged before structural design.

Keywords: car dumper shed; underground structure; finite element

散货堆场铁路翻卸转运系统的工作流程一般为: 重车调车机将满载车皮牵入翻车机内→翻车机将车皮抱住旋转近180°将散货倒入漏斗内→推车机将空车皮推入迁车台内→空车牵车机将空车皮运至空车线→空车调车机将空车皮牵引至指定位置。漏斗中的散货通过活化给料机倒给输送皮带, 转运送至指定位置。翻车机房结构主体由地下承重结构和上部门式刚架维护结构组成,

内设翻车机、拨车机等重要设备, 工艺荷载较大且复杂, 地下结构埋置较深, 场地地下水位高, 给翻车机房地下结构的设计提出较高的要求。本文结合徐州顺堤河作业区铁路专用线输送通道工程, 对其翻车机房地下结构设计要点进行分析。

1 工程概况

徐州顺堤河作业区铁路专用线输煤通道工程

中翻车机房采用双线双翻，结构主体位于该工程卸场北侧。翻车机房地下结构基础底板尺寸为 $50.2 \text{ m} \times 31.5 \text{ m}$ (长 \times 宽)，采用筏板基础，基础底板底高程为 -15.9 m ，翻车机房结构横断面见图 1。

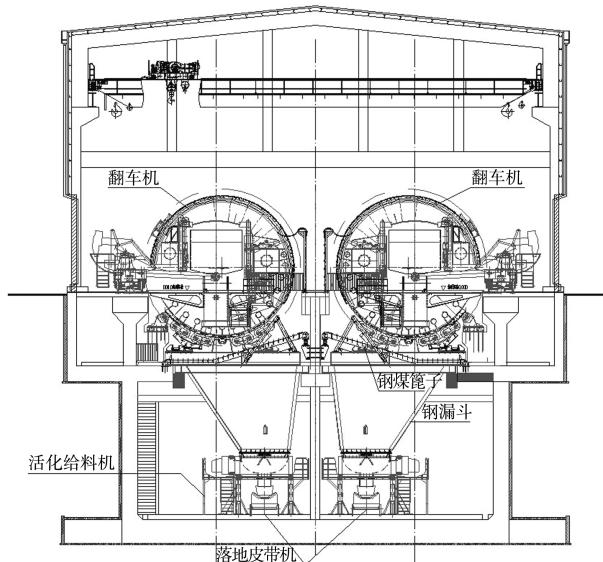


图 1 翻车机房结构横断面

2 结构分析参数

2.1 地基承载力要求

根据工程勘察报告，选用粉细砂作为翻车机房地基持力层，其地基天然承载力特征值 $f_{ak} \geq 130 \text{ kPa}$ ，修正后的地基承载力特征值 $\geq 200 \text{ kPa}$ ，要求基底持力层及以下土层不得扰动。

2.2 结构设计参数

翻车机房基本设计参数为：设计使用年限为 $50 \text{ a}^{[1]}$ ，结构安全等级为二级，抗震设防类别为丙类^[2]，抗震设防烈度为 7 度，基本地震加速度为 0.10 g ，设计地震分组为第一组，抗震设计等级为三级^[3]。

3 翻车机房地下结构受力分析

3.1 结构有限元模型

翻车机房结构由地面层和地下层(含 1、2 层)组成，地面层(高程 -0.25 m)设火车轨道和拨车机轨道基础；地下 1 层(高程 -4.75 m)设置翻车机基础梁(托辊梁)、钢漏斗及钢煤篦子等基础

埋件，地下 2 层(高程 -14.40 m)设置活化给料机基础埋件及带式输送皮带机的柱脚基础，并在皮带机出口处，翻车机房侧壁设置洞口，与地下廊道对接。

翻车机房地下结构主体为地下两层内混凝土框架结构+外围钢筋混凝土墙体结构，地下结构总高度 15.90 m ，梁、板、柱均为现浇钢筋混凝土结构，采用筏板基础，底板厚度为 1.5 m ，为满足结构抗浮计算，基础筏板每侧外挑长度为 3.6 m 。

针对结构特点，须考虑将梁、板、柱和墙体作为整体进行分析。选用结构有限元通用分析软件 SAP2000^[4]，对翻车机房地下结构进行受力分析，其中，梁、柱等杆件采用梁单元，板和墙体采用厚壳单元模拟，各单元连接处满足变形协调条件。翻车机房地下结构 SAP2000 三维有限元模型见图 2。

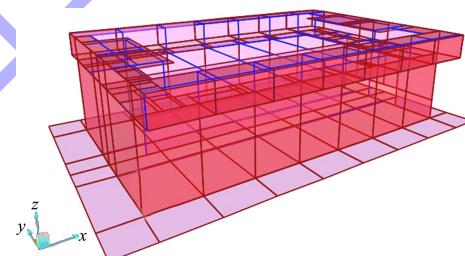


图 2 翻车机房三维有限元模型

3.2 结构主要作用分析

通过对翻车机房使用条件进行分析，翻车机房地下结构设计承受的作用主要包括：结构自身重力、满载车皮轨道荷载、上部轻钢结构柱脚荷载、翻车机荷载、拨车机荷载、水压力、土压力、钢漏斗及钢煤篦子埋件荷载、地面设计活荷载、地震作用。地面设计活荷载均按 10 kN/m^2 考虑，翻车机、拨车机及漏斗等埋件荷载根据厂家提供条件确定。

3.2.1 铁路列车荷载

根据行业标准《铁路列车荷载图式》^[5]的有关规定，铁路列车荷载按重载铁路取值。

3.2.2 翻车机荷载(单侧)和拨车机荷载

通过对使用条件进行分析，确定作用于地下结构的翻车机和拨车机荷载分别见表 1、2。

表 1 翻车机荷载

荷载位置	非工作状态				工作状态				最不利状态			
	F_x /kN	F_z /kN	F_y /kN	M /(kN·m)	F_x /kN	F_z /kN	F_y /kN	M /(kN·m)	F_x /kN	F_z /kN	F_y /kN	M /(kN·m)
托辊座 I 和 II 处(4 处)	-	-1 000	-	-	± 390	-2 200	-	$M_y = \pm 520$	± 390	-2 200	-	$M_y = \pm 520$
齿轮座 III 处(2 处)	-	-45	-	-	-	± 340	± 110	$M_x = \pm 100$	-	± 340	± 110	$M_x = \pm 100$
轴向止挡座 IV(2 处)	-	-	-	-	出车端 350; 进车端-350	-	± 200	-	出车端 350; 进车端-350	-	± 200	-
传动装置座 V(2 处)	-	-100	-	-	-	± 340	± 110	$M_x = \pm 100$	-	± 340	± 110	$M_x = \pm 100$

注: F_x 、 F_y 、 F_z 分别为 x 、 y 、 z 方向荷载, M_x 、 M_y 分别为 x 、 y 方向力矩。

表 2 拨车机荷载

符号	荷载/kN	内容
F_1	220	拨车机每个走行轮作用于轨面的力,共 4 处,在全长方向上移动
F_2	± 500	导向轮作用于导轨上的力,对角两导向轮同时作用,两力相距 9.5 m,方向相反,在水平面上垂直于调车机走行方向
F_3	45	每个驱动齿轮驱动时产生的径向力,共 6 处,相距 1 m,力的方向在水平面上垂直于调车机走行方向
F_4	± 125	每个驱动齿轮驱动时产生的径向力,共 6 处,相距 1 m,力的方向在水平面上垂直于调车机走行方向
F_5	15	每个电缆支架作用于地面和墙面的荷载
F_6	± 800	冲击力,每个止挡墩仅承受压力
M	15 kN·m	倾覆力矩

3.2.3 地震作用

地震作用通过反应谱分析方法,将反应谱工况施加在整体结构上。结构前 4 阶振型见图 3。

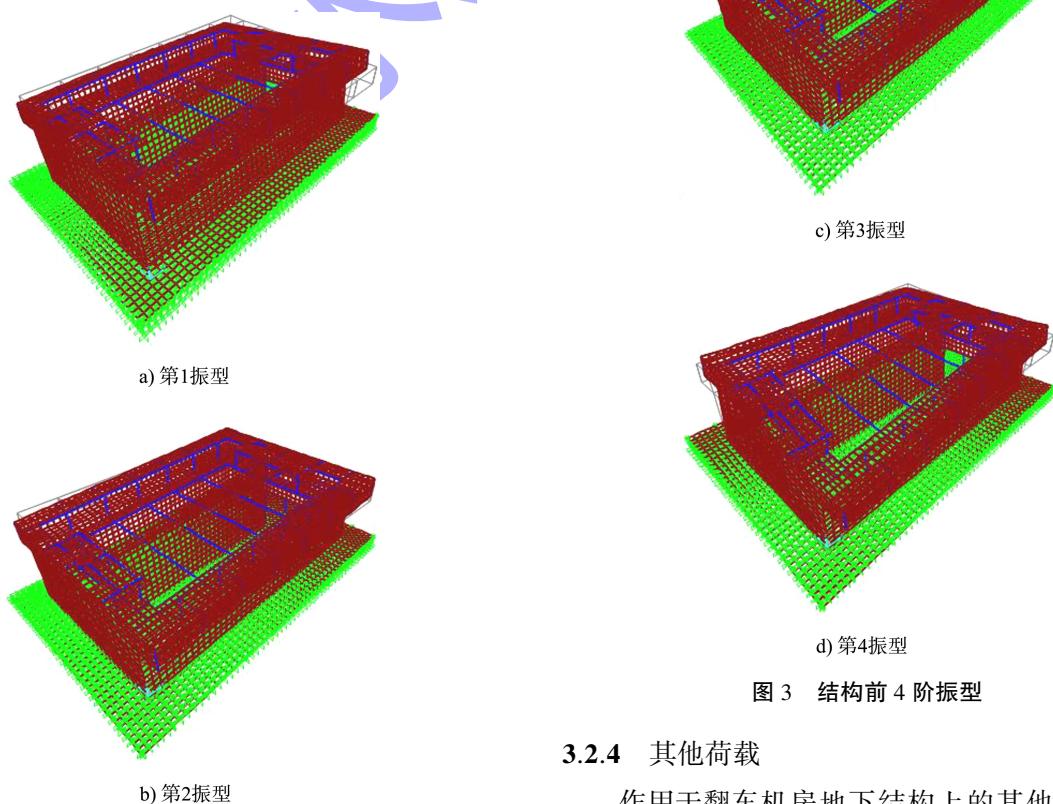


图 3 结构前 4 阶振型

3.2.4 其他荷载

作用于翻车机房地下结构上的其他荷载包括

地下结构自身重力、水压力、土压力、漏斗及煤筐子埋件荷载、翻车机埋件荷载、拨车机埋件自身重力、上部轻钢结构柱脚力。其中设备埋件荷载是将设备厂家提供的埋件作用力标准值基础上乘以动力系数后的等效恒荷载。侧墙外的回填土和地下水对侧壁的压力为三角形荷载，在软件中通过指定节点样式的方式模拟。

3.3 主要构件截面

翻车机房外侧壁高程为-14.40~-4.75 m、厚度为1 000 mm，内隔墙厚度为800 mm；外侧壁高程为-4.75~-0.25 m、厚度为600 mm，内隔墙厚度为600 mm。在-4.75 m高程处，沿翻车机房横向布置有支撑翻车机的两道托辊梁，此梁以两侧外侧壁及内隔墙内支点为两跨连续梁，截面尺寸为2 470 mm×2 000 mm(宽×高)；两道托辊梁中间为两道钢漏斗的支撑梁，截面尺寸为1 000 mm×1 600 mm；两道托辊梁的左侧和右侧同样为两道钢漏斗的支撑梁，截面尺寸为1 600 mm×2 100 mm，且在-0.25 m高程处支撑铁路扁柱以这两道梁为固定支撑。

梁与侧壁整体浇筑，其连接节点以固接连接。考虑活化给料机及转运皮带机的宽度应小于翻车机宽度，翻车机房横断面上地下2层结构的外侧壁两侧分别向内侧收进3 350 mm，地下1层楼板相当于从地下2层侧壁挑出3 350 mm，该范围内的楼板厚度为1 000 mm，其他区域楼板厚度为150 mm。

地面层(高程-0.25 m)设有拨车机基础及重载铁轨，拨车机基础通过梁柱构件，生根在地下2层的外侧壁上，框架柱截面边长为800 mm，框架梁尺寸为2 200 mm×1 250 mm；铁轨通过梁柱构件生根在横向侧壁和漏斗横向边梁上，扁柱截面尺寸为500 mm×2 500 mm，扁梁截面尺寸为2 500 mm×800 mm，柱与梁连接处做柱帽。

3.4 主要构件内力分析结果

通过有限元分析，得出主要构件的内力分析结果见图4。根据分析结果可知，地下2层外侧壁与托辊梁连接节点处产生明显的应力集中现象。

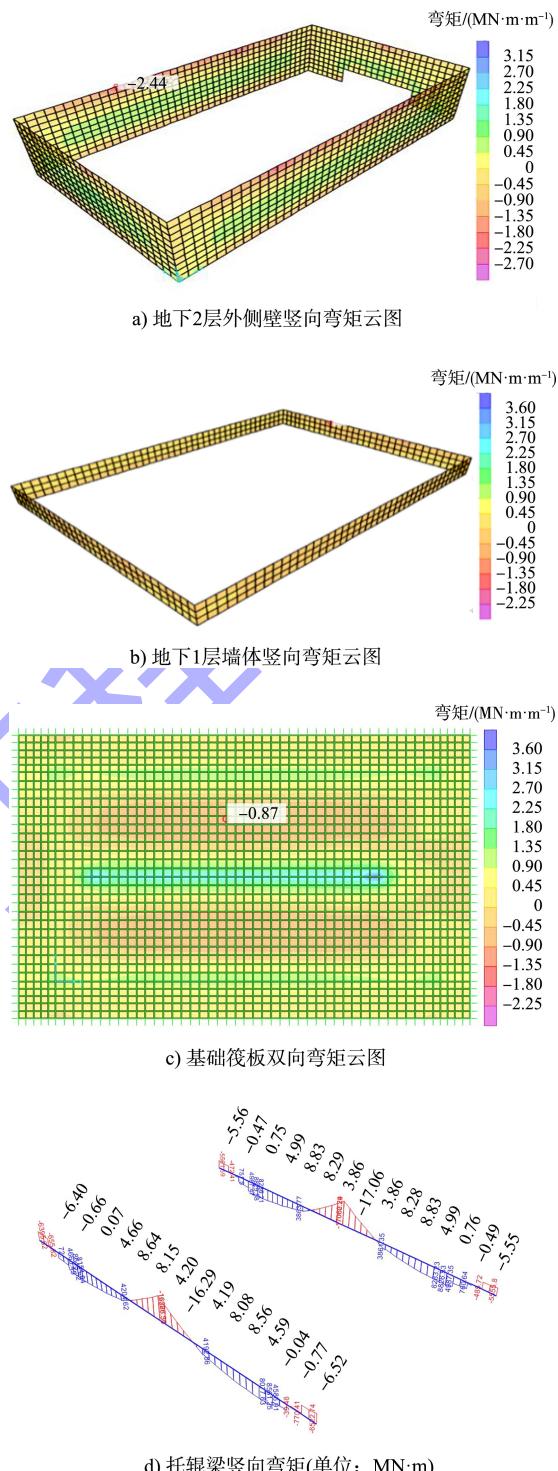


图4 主要构件的内力分析结果

4 结论

1) 翻车机地下结构承受作用较复杂，建议采用结构有限元分析软件进行整体分析，设计流程为作用计算、作用组合、内力计算分析、构件截面设计。其中作用计算时，须根据使用要求对各种工艺荷载进行合理确定。

(下转第255页)