

矿山工程筛分厂房结构振动问题设计分析

Analysis of Structural Vibration of Screening Plant Design in Mine Engineering

陶继波, 耿璐, 崔小雄, 黄斯拜(中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038)

摘要:筛分厂房是矿山工程中必不可少的建筑物,承担着接收物料的筛分、分选和运输功能。厂房内振动筛的往复运动,会引起楼盖的垂直振动和整体的水平振动。筛分厂房的结构布置受工艺布置影响较大,楼板开洞面积大,柱子布置受局限,结构复杂,影响抗振能力的因素较多。本文结合设计实例,对筛分框架进行了方案比选,并对框架整体和局部楼层进行了有限元分析,为筛分厂房的振动问题的解决提供了参考依据。

关键词:矿山工程;筛分厂房;结构共振;设计

中图分类号: TD223 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-609X(2021)05-0071-04

Abstract: As an indispensable building in mine engineering, the screening plant serves as the place to screen, sort and transport received materials. The reciprocating movement of vibrating screen in the plant can result in vertical vibration of plant roof and overall horizontal vibration. The structural layout of screening plant is largely influenced by the process layout. The opening area in floor slabs is large, the layout of columns is restricted, and the structure is complex. Many factors can affect the anti-vibration ability. This paper uses design cases to conduct a trade-off study on the framework of screening plant and a finite element analysis of the overall framework and partial floors so as to provide the basis for addressing the vibration issue of screening plant.

Key words: mine engineering; screening plant; structural resonance; design

1 前言

筛分厂房普遍应用于矿山工程中,随着筛分技术的发展,振动筛设备日益大型化,由筛分设备所产生的振动问题日益受到重视。筛分设备的振动,不仅引起噪音污染,并会通过支座传导到厂房平台上,对结构的安全造成影响。振动设备对结构的影响主要分为两类:厂房的水平振动、厂房楼板的竖向振动^[1]。轻则会引起操作者的不适,重则使结构开裂,导致结构破坏。

筛分厂房一般采用多层钢筋混凝土框架结构,由于筛分设备的往复运动,虽然筛分设备在支座处均设置有减震措施,对结构造成的振动并不能完全避免。为防止筛分框架对周围建筑的影响,往往将筛分框架基础与周围建筑基础之间脱开处理,并用柔性材料嵌缝处理。筛分设备及配套设备布置在各层平台上,框架各层平台根据工艺布置要求在开洞,往往对结构平台梁柱的结构布置造成不利影响。故对筛分厂房的设计,需要结构与工艺专业设计人员紧密配合,从设备布置、结构方案和计算方法等方面

进行综合考虑,将振动的影响控制在结构安全的范围内。

2 结构布置原则

对筛分厂房振动问题的结构设计,不仅要考虑结构的承载力和变形满足规范要求,更重要的是要避免振动筛的振动与设备支承结构发生共振,保证设备振动对结构影响在可接受范围内。主要有二种途径:一是调整机器的运转频率;二是改变结构的自振频率^[2]。调整机器的运转频率一般可采取在振动筛上加设反向振子,增设隔振垫,调整设备振动方向等措施,此部分属于设备厂家考虑的范畴,本文主要讨论在给定设备厂家资料的情况下,振动筛自振频率已确定的结构设计工作。

结构的自振频率主要取决于结构的刚度,对筛分平台楼板而言,若结构的自振频率低于设备的强迫振动频率,当设备在开启或停机时,会发生设备动荷载工作频率穿越结构自振频率从而产生穿越共振;当结构中的自振频率高于设备中的强迫振动频率,结果就会偏于安全。一般情况下,支撑构件和整体结构的固有频率应与激振器转速不同,支撑梁的固有频率高于激振器的转速。在设计阶段可通过增加支撑梁高度,增加次梁,增加板厚调整支撑楼板的自振频率。

在设计方案的确定阶段,由于筛分厂房设备布

[作者简介] 陶继波(1983-),男,山东菏泽人,一级注册结构工程师,硕士,主要从事矿山工程结构设计工作。

[引用格式] 陶继波,耿璐,崔小雄,等. 矿山工程筛分厂房结构振动问题设计分析[J]. 中国矿山工程,2021,50(5):71-74.

置的复杂多变,工艺方案布置的制约,楼板开洞位置,柱距布置方式,各层层高均存在很大变数。想通过精确地结构计算,分析结构的振动性能,既没有充足时间也不能保证结构模型与最终实际情况的误差。有效的方式是与工艺设计人员密切配合,在满足工艺布置的前提下,通过概念设计的方式,选取对结构分析有利的结构布置方案。

(1)宜采用多跨结构,各跨轴距不宜相差过大。框架各层平台层高不宜有相差太大,避免层间刚度突变。平面布置应尽量减少楼板开洞,框架柱在开洞位置在满足工艺前提下尽量用梁拉结。

(2)如遇到地基土不理想的情况,应加强地基土的处理,或采取半地下结构,既降低了结构重心,又能使超挖土方质量抵消一部分结构自重。振动筛重心与支撑平台质心应尽量靠近,减小结构的偏心。

(3)振动筛属于结构中质量最大,振动影响最明显的设备,应尽量降低振动筛平台的布置高度,并与厂房主体结构脱开。尽可能把振动筛放置于对结构最有利的位置,应布置在主梁中轴线上,宜布置在承重墙、柱及梁支座附近,不应放在悬臂梁上,且使振动筛振动方向沿结构刚度强轴方向布置。

3 工程概况

某项目筛分厂房的布置图如图1和图2所示。抗震设防烈度为7°(0.1g),设计地震分组为第一组。筛分厂房为2跨,跨度分别为9.5m、18m。附跨9.5m,内部布置配电室、办公室、皮带输送系统及皮带给矿机等设备。主跨18m,内部设置筛分框架,13.5m标高平台布置有两台振动筛,物料由26m筛上皮带系统和22.7m皮带给矿机输送至13.5m标高处振动筛,由振动筛筛分处理后,输送至地面皮带廊,并运输至下一个工段。振动筛框架采用混凝土结构,与厂房主体脱开布置,单独进行结构设计。

振动筛的设备参数:振动筛带料后质量为88t,设备的转速为850r/m,运转频率14Hz,筛分面积118m²。振动筛下接储料仓,13.5m标高楼板开洞切断了框架梁,只有局部楼板,结构整体性较差。

4 水平振动整体结构分析

前期方案阶段,振动筛支撑框架先后共讨论了三个结构方案。方案一:混凝土框架结构,具体如图3所示,为满足工艺设备吊装通行,结构采取了抽柱处理,柱距采用7.95m、4.75m。方案二:框架-短肢剪力墙结构,具体如图4所示,为加强振动筛强轴

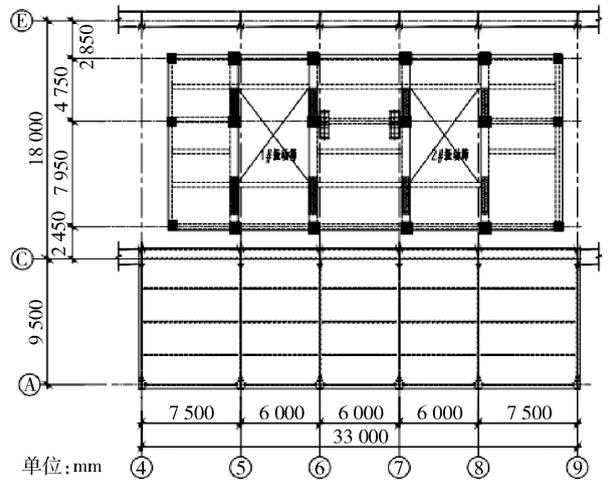


图1 厂房平面图

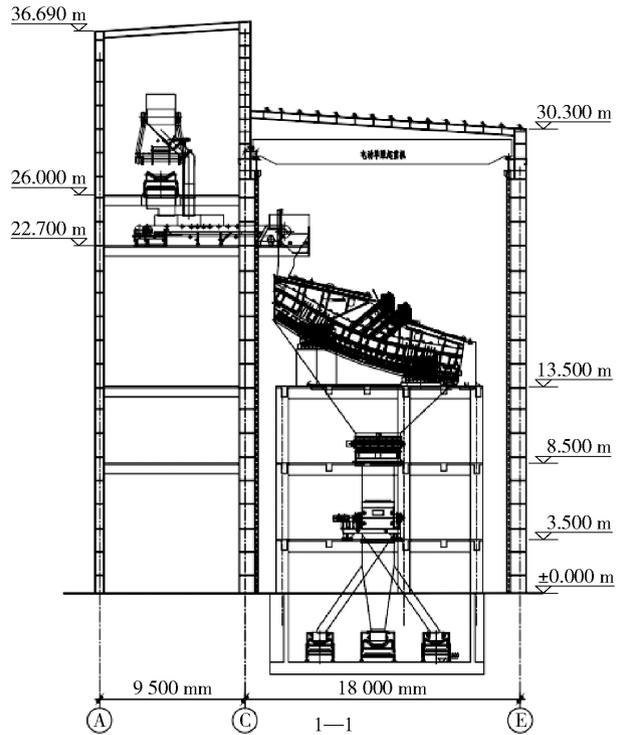


图2 厂房剖面图

结构刚度,在满足设备通行的前提下布置了局部剪力墙,并适当开洞。方案三:框架-钢结构,具体如图5所示,经与工艺人员沟通,调整3.5m和8.5m设备布置,柱距采用4.15m、3.80m、4.75m,并在层间加设HW200mm×200mm钢支撑加强结构刚度。

厂房的水平整体振动跟结构的刚度有关,可通过建立整体三维模型进行有限元分析,框架式基础宜采用多自由度空间力学模型分析。用有限元软件SAP2000分别进行建模,具体如图6至图8所示。

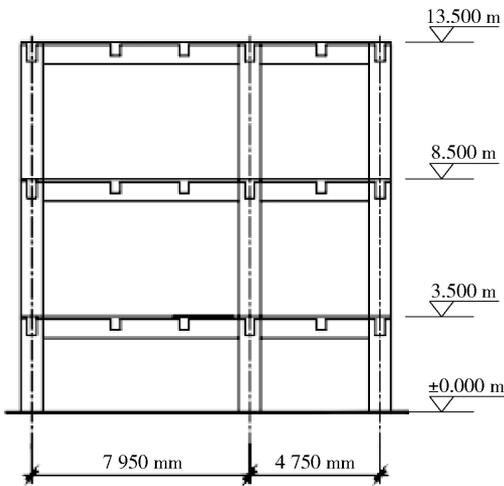


图3 混凝土框架结构

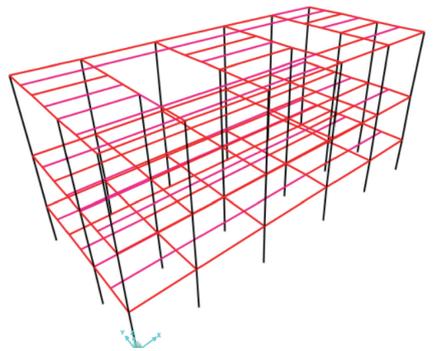


图6 混凝土框架计算模型

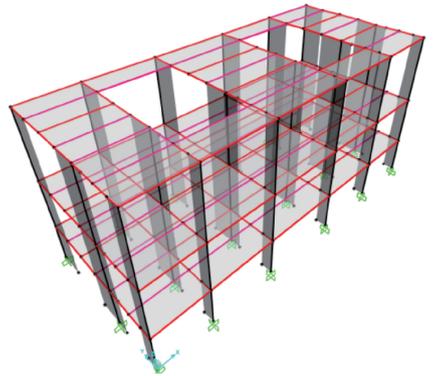


图7 框架-短肢剪力墙计算模型

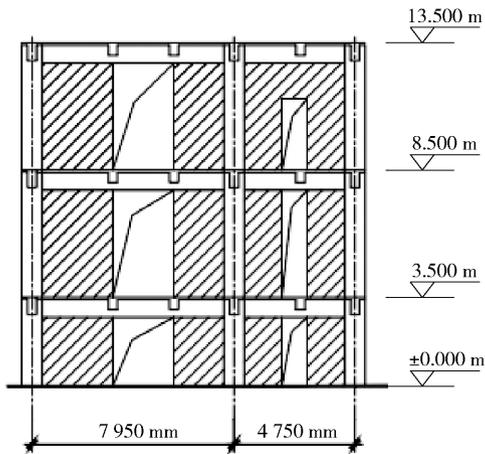


图4 框架-短肢剪力墙结构

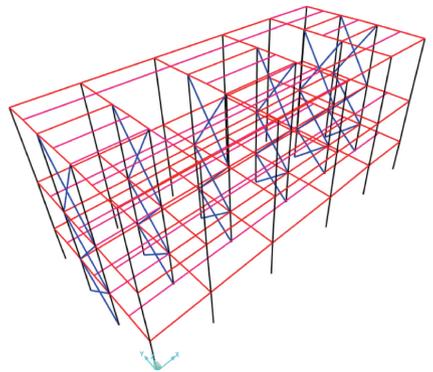


图8 框架-钢支撑计算模型

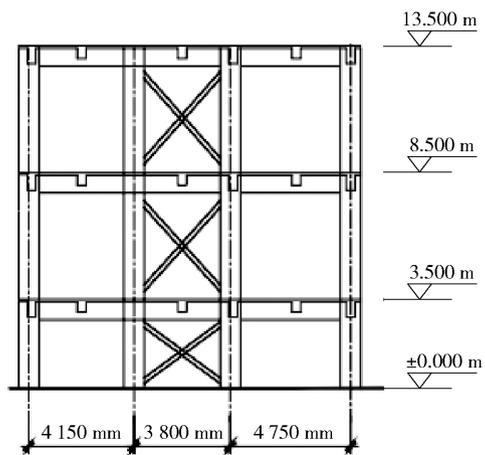


图5 框架-钢支撑结构

在建模时不但要考虑设备重量的影响,还需要考虑设备运行时物料重量和物料冲击产生的动荷载。通过3种结构方案分别进行建模分析,并对结构的自振周期和频率进行对比分析,结果见表1。

对比以上分析结果可知:增设短肢剪力墙和增设钢支撑后,结构自振频率均有明显变化,其中增设

短肢剪力墙后,结构沿设备振动强轴方向(Y向)固有频率提高了67.8%。减小柱距,增设钢支撑后,Y向固有频率提高了77.1%。增设短肢剪力墙和减小柱距、增设钢支撑均可以有效增强结构的侧向刚度,改善结构的水平振动。综合考虑工艺布置及结构的合理性,本项目最终选择减小柱距,增设钢支撑的结构形式。

5 平台板竖向振动结构分析

13.5 m 标高处楼板是振动筛支撑平台,楼板开洞面积较大,平台刚度不足。为判断支撑平台是否与振动设备发生共振,可选取本层平台进行模态分析。柱可以作为主梁的刚性支座,钢筋混凝土楼盖的阻尼比可取 0.05。用有限元软件 SAP2000 进行

表1 各方案模态周期及频率

振型	方案一			方案二			方案三		
	周期/s	频率/Hz	类型	周期/s	频率/Hz	类型	周期/s	频率/Hz	类型
1	0.772	1.30	X	0.728	1.37	X	0.633	1.58	X
2	0.716	1.40	Y	0.426	2.35	Y	0.403	2.48	Y
3	0.636	1.57	T	0.393	2.54	T	0.370	2.70	T
4	0.235	4.25		0.233	4.29		0.200	5.00	
5	0.226	4.42		0.112	8.93		0.146	6.86	

建模,梁单元采用线单元模拟,板单元采用壳单元模拟,结构平面布置图及计算模型如图8、图9所示,

通过调整梁高,主梁梁高400 mm × 1 200 mm,次梁梁高350 mm × 1 000 mm。模态分析结果见表2。

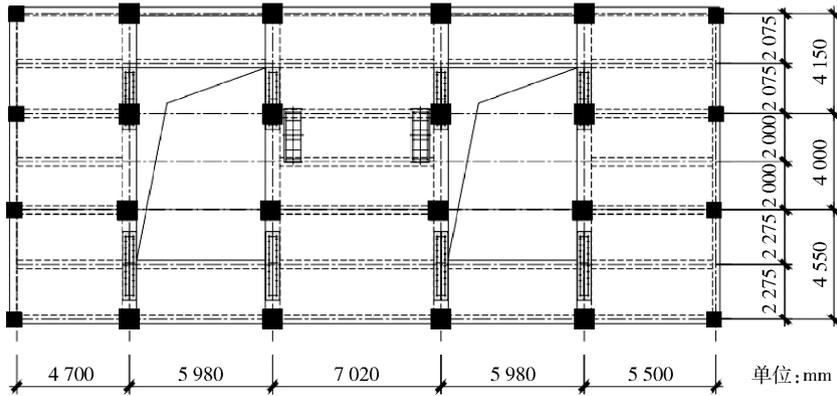


图9 13.5 m 楼板计算模型

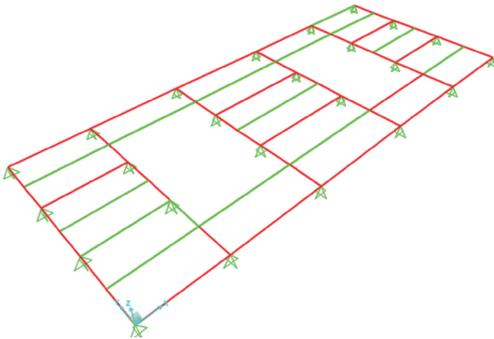


图10 13.5 m 楼板计算模型

模态分析结果如下,平台以竖向弯曲振动为主,模型的前三阶自振频率分别为16.219 Hz、17.772 Hz、18.684 Hz,均超出振动筛运转频率14 Hz,避免启停阶段设备自振频率穿越楼板固有频率引发的共振。一般可以采取调整主次梁梁高,增设次梁,修改板厚等改变平台刚度,从而改变平台结构自振频率,其中修改支撑梁截面对平台刚度的改变最明显。

6 结论

筛分厂房振动问题的关键是避免设备振动与承

表2 13.5 m 楼板模态周期及频率

振型	周期/s	频率/Hz	振型	周期/s	频率/Hz	振型	周期/s	频率/Hz
1	0.062	16.219	5	0.048	20.985	9	0.041	24.307
2	0.056	17.772	6	0.044	22.616	10	0.040	24.700
3	0.054	18.684	7	0.043	23.192	11	0.039	25.519
4	0.049	20.303	8	0.042	23.598	12	0.038	26.117

重结构的共振作用。在结构体系选择上要合理布置承重体系,增强结构整体刚度,减小结构的水平振动。对楼层竖向的振动效应的控制,可通过调整平台梁截面改变平台结构自振频率,保证结构自振频率超出设备自振频率,避免结构产生共振。

[参考文献]

[1] 冯军和,张敏政,闫维明. 多层选煤厂房的受振层楼板振动分析[J]. 地震工程与工程振动,2007,27(2):99-103.

[2] 高红珍. 选煤厂主厂房结构设计中的振动荷载问题[J]. 煤炭工程,2003(5):26-27.