

# 两套标准的差异揭示出的堆取料机发展趋势

作者姓名: 王同辉 王运舟

工作单位: 大连重工起重集团有限公司 装卸设计院

通讯地址: 大连市西岗区付家庄17号邮编: 116013 电话: (0411)86852274

**论文摘要:** 本文通过 FEM 2.131/132 和 AS4324.1 关于结构计算的差异论述堆取料机发展的趋势, 以及对国内制造厂家提出的要求。

**关键词:** 堆取料机、FEM、AS、结构计算载荷、稳定性和安全性

## 正文:

中国国内的堆取料机市场受国家调控政策的影响巨大, 出现了周期性的萎缩现象。然而对于各个设备制造企业, 这种萎缩带来的困境通常是不容易承担的。扩大市场范围成了各个设备制造企业保持营业额的首选。国内不少堆取料机制造企业开始迈入国际市场, 但是, 普遍的感觉是困难重重, 通俗的讲, 国外的活不好干。原因在于国外规矩多, 每一项设计都要有标准计算等作支撑, 而对普遍采用类比设计的国内众多从业者来说, 这无疑是个天天面临考验的瓷器活。根源在于标准不熟悉, 设备的作业流程逻辑不清晰, 设备的几何逻辑不明了, 国际前沿技术不了解。摆脱这些困境没有简捷的途径, 长期的积累和不断的探求是最好的方式。

目前, 堆取料机的整机和机械设计采用的主要有两套标准 FEM 和 AS, 电气有 IEC 和 NEMA 两套标准, 但电气应该首先考虑的是安全标准, 所以各个设备使用地的标准应该优先考虑。

标准的目的是为用户与制造厂建立一个沟通的平台, 同时也限制不平等竞争。FEM 是欧洲搬运机械联合会的缩写, 是一个非营利性的行业协会, 它代表了欧洲散料处理、起升和存贮设备的制造者。总部设在布鲁塞尔, 成立于 1953 年, 拥有十三个成员国。关于堆取料机的 FEM 2.131/132, 1977~78 首次出版, 1992 年改版, 现在使用的是 1997 年出版的第三版。FEM 是堆取料机设计史上的里程碑, 该标准指导了我们怎么做堆取料机的设计计算, 整篇有着严谨的逻辑, 为了避免复杂地在设备使用寿命周期内可能并没有实质影响的计算, 该标准给出了许多经验值。

AS4324.1 只在 1995 年出版了一版, 涵盖的范围相当于 FEM 的结构部分, 该标准是依据 FEM 编写的, 它没有改变 FEM 载荷定义的逻辑, 但对载荷的描述作了不同的解读。可以理解为 FEM 2.131 的澳大利亚解读版。

下面是 FEM 2.131 和 AS4324.1 的荷载比较。

序号	FEM 2.131	AS4324.1	注解
	主要载荷		
1	恒载(自重)	恒载(自重)	
2	积垢: 斗轮粘料, 50mm 厚斗轮直径, 作用于斗轮中心	积垢: 斗轮粘料, 50mm 厚斗轮直径, 作用于斗轮中心; 对于粘料, 100mm 斗轮直径	对于粘料, 100mm 斗轮直径与现场测得值是吻合的
3	积垢: 皮带额定流量 10%	积垢: 皮带额定流量 10%	
4	物料: 皮带上物料荷载, 可以采用料流限制器限定的荷载, 可以设置为额定流量	活载: 皮带上物料荷载, 采用标准给定计算方法, 取决于斗轮与皮带的可能出现的能力, 取大值, 一般地, 计算值接近额定流量的两倍	作为主要荷载, 2 倍正常荷载意味着设备重量的增加, 以达到承载能力和稳定性要求
5	正向切削力:	正向切削力:	作为主要荷载, 1.5 倍

序号	FEM 2.131	AS4324.1	注解
	可以采用斗轮轴功率	采用斗轮机构过载保护设定值对应的功率乘以不确定系数,一般地可以达到 1.5 倍轴功率计算值	正常荷载意味着设备重量的增加,以达到承载能力和稳定性要求
6	侧向切削力: 0.3 倍正向切削力	侧向切削力: 基于回转功率计算,一般地,可以达到 FEM 计算值的 2.5 倍	作为主要荷载,2.5 倍正常荷载意味着设备重量的增加,以达到承载能力和稳定性要求
7	永久动载: 小于 $0.2\text{m/s}^2$ 可以忽略	永久动载: 参与计算,不小标准给定值	
8	倾斜荷载: 1.2 倍约定荷载	倾斜荷载: 约定荷载	
	附加荷载		
1	风载: 采用 FEM 标准计算	风载: 按 AS1170.2 计算	与澳大利亚地理和气候有关
2	非正常正向切削力: 可以采用斗轮切削功率	非正常正向切削力: 采用斗轮机构过载保护设定值对应的功率乘以不确定系数,一般地可以达到 2 倍 FEM 计算值	
3	非正常侧向切削力: 0.3 倍非正常正向切削力,或基于回转功率和走行功率计算,	非正常侧向切削力: 基于回转功率和走行功率计算,	
4	走行倾斜荷载: 0.2 倍垂直轮压	走行倾斜荷载: 按标准计算,一般不超过 0.2 倍垂直轮压	
5	非永久动载	非永久动载	
6	冰雪荷载	冰雪荷载	
7	温度荷载	温度荷载	
8		非正常倾斜荷载: 1.2 倍约定荷载	FEM 主要荷载计算值
	特殊荷载		
1	溜槽堵料: 计算溜槽内物料和静安息角物料	溜槽堵料: 计算溜槽内物料、静安息角物料以及平台物料	
2	触地荷载	触地荷载	
3	皮带上物料荷载(流量控制失效): 1.5 额定取料能力流量,	皮带上物料荷载(流量控制失效): 取斗轮最大能力和皮带按物料静安息角计算的流量大值,可达 2.2 倍的 FEM 计算值,	
4	走行轮卡阻: 抗滑移系数 0.2, 计算走行驱动力	走行轮卡阻: 抗滑移系数 0.33, 计算走行驱动力和惯性力, 包括走行和回转, 计算约为 FEM 的 2 倍	
5	侧向碰撞:	侧向碰撞:	

序号	FEM 2.131	AS4324.1	注解
	计算驱动和惯性的大值,	计算驱动及惯性的和,	
6	特殊风载: 不超过 60m/s	特殊风载: 一般地超过 70m/s	受地理气候影响
7	缓冲力: 缓冲器吸收 50%动能	缓冲力: 缓冲器吸收全部动能和驱动力	
8	地震: 无要求不算	地震: 按 AS2121 和 AS1170.4	
9		塌方掩埋荷载: 按技术规格书约定	增加项
10		斗轮装置脱落荷载	增加项
11		正面碰撞: 取可能出现的走行回转驱动力 和惯性力之和的大值,	增加项

以主要载荷中的正向切削载荷为例评估一下两套标准的约定对设备结构及重量的影响。

以额定取料能力 15000t/h, 臂长 60m 的堆取料机为例:

其斗轮直径  $D_{BW}=11m$ ,

转速  $n=5rpm$ ,

机械效率  $\eta=0.9$ ,

最小过载保护系数  $F_0=1.3$  (DIN 22261)

计算驱动功率  $N_{BW}'=584kW$ ,

电机功率  $N_{BW}=630kW$ ,

按 FEM 2.131/132 计算其正向切削阻力 U (包含 FEM 2.131/132 第 2-2.1.2.2 项规定的取料装置中的物料),

$$U=0.955 \eta N_{BW}' / (nD_{BW}/2)=0.955 \times 0.9 \times 584 / (5 \times 5.5)=18.25t$$

按 FEM 第 2-2.1.4 项规定, 考虑最不利作用点, 其相对回转中心的力臂为  $60+11/2=65.5m$ ;

按 AS4324.1 计算其正向切削阻力 U,

$$U=1.1 \times 0.955 F_0 \eta N_{BW} / (nD_{BW}/2)$$

$$= 1.1 \times 0.955 \times 1.3 \times 0.9 \times 630 / (5 \times 5.5)=28.16t$$

按 AS4324.1 第 3.3.6 项规定, 考虑最不利作用点, 其相对回转中心的力臂为  $60+11/2=65.5m$ ;

假定按 FEM 的载荷, 该设备是正好稳定的, 在设备倾翻半径为 4.5m 的情况下, 对 AS 的计算载荷则需要增加设备自重来稳定设备, 对堆取料机而言, 设备重量是其稳定性的唯一来源。

增加的设备重量为  $1.5 \times (28.16-18.25) \times 65.5 \div 4.5=216.4t$ ,

其中 1.5 为主要载荷下的设备稳定性安全系数, 见 FEM 2.131/132 第 3-6.1 项和 AS4324.1 表 3.7。

我们知道, 对重工行业, 设备重量意味着其造价, 216.4t 相当于一台小型堆取料机的重量。用户对于设备的投入是为了获得更多的回报或者是不得已而为之。通过上面的分析, 显示按 AS 标准设计的堆取料机在结构上有着良好的过载能力, 15000t/h 的取料能力, 如果过载 50%使用, 结构上显然没问题, 但这并不意味着设备有足够的进行过载作业, 限制因素是机构, 机构的计算标准是相同的, 均为 FEM, 让电机过载 50%作业由于过热保护的存在显然是不可能的, 而且取料的逻辑也是相同的, 斗轮装置过载 10%报警, 过载 30%设备控制系统会自动停止该机构运转。另外, 在于澳大利亚, 人为故意过载操作设备以获得经济利益是不可能存在的。设备挖取的物料的影响也是不存在的, 因为从澳大利亚转运过来的铁矿石, 在中国用的 FEM 标准的堆取料机挖取。那么理由只有一个, 不得已而为之。

按 AS 设计的堆取料机发挥作用的前提:

设备自动控制系统失效, 无法判断设备当前状态, 失去连锁保护, 无法停止设备各机构运转;

斗轮过载保护失效;

电机过热保护失效;

设备无人监控;

天气潮湿，物料成团性好，料斗形成完全填充；

走行进尺过大，保证足够的可挖取物料。

按设备操作规程，上述情况不可能发生。

除了天气原因外，其余各项均为人为因素，需要设备操作员、电气工程师和控制工程师共同失误来满足。

换名话说，按 AS 标准设计的堆取料机在任何天气条件下和人为因素影响下，设备依然处于稳定状态，不会出现设备倒塌现象，是一种极其安全但极不经济的设备。

按澳大利亚审核工程师的说法，AS4324.1 更多的是一个安全标准而不是一个设计标准，设备的安全性需要政府部门的审核通过，设备才能投入运行。从其标准编写的出发点来看，按 AS 标准设计的设备更类似于民用设备而非工业设备，设备的操作和维护不需要太多的专业知识。

与澳大利亚标准的要求相同，澳大利亚采购的散料设备也具有同样的特点，首先，具有良好的安全性，从整机到每一个零部件。

其次，要求更换方便，每个磨损件都要求有更换方法，或成组更换。

第三，零部件使用寿命要求相比国内更长，而需要有足够的计算证明，例如托辊，国内普遍要求寿命不超 35000hrs，而澳大利亚普遍要求 60000hrs 以上。

第四，通用性强，尽量减少零部件和结构件的种类。

第五，更换要求简单易行，对维修人员要求不高。需要拆卸的零件，如果可能不允许超过 25kg，尽减少人工劳力，多使用动设备。

第六，设备自动化程度高，无人化操作是普遍要求，异地监控也正在逐步流行。使用频率高的轴承采用在线检测，随时监测磨损情况。

也就是说，对设备的要求越来越高，对设备操作、维修和维护要求则越来越低。可能这就是所说的以人为本。但对于设备制造厂而言，除了拥有完备的制造检验体系，更要拥有高素质的有经验的设计人员，否则进入澳大利亚市场的结果几乎是灾难性的。

澳大利亚市场代表发达国家市场对散料设备的要求，虽然程度上有所不同。这也是散料设备的一个未来趋势。

### **主要参考文献：**

《FEM 2.131/132-1997, Rules for the design of mobile equipment for continuous handling of bulk materials》

《AS 4324.1-1995, Mobile equipment for continuous handling of bulk materials Part 1: General requirements for the design of steel structures》