

水泥球磨机的钢球级配

□□ 温金莲 (太原市水利水泥厂, 山西 太原 030025)

摘要: 从入磨物料粒度、钢球的装载量、磨机的填充率、级配等方面, 对水泥球磨机的钢球级配计算及调整方法进行了探讨。

关键词: 球磨机; 研磨体级配; 入磨物料粒度; 装载量; 填充系数
中图分类号: TQ 172.6 文献标识码: B

引言

球磨机合理的钢球级配不仅影响磨机的产量, 还影响产品质量, 因此, 合理地进行钢球级配、填充、补球是粉磨科技工作者一直在研究和探讨的课题。现结合本人的工作实际, 对水泥球磨机钢球级配中需要注意的几个因素进行探讨。

1 入磨物料粒度

入磨物料粒度的大小决定着钢球的最大球径和平均球径。

1.1 最大球径

在选择最大球径时, 应考虑入磨物料的粒度、硬度、细度等因素, 特别是物料粒径的影响。如果物料的粒径大, 则钢球的最大球径也要大; 如果入磨物料的粒径发生变化, 钢球的级配也需随之调整。因为球的个数与其直径的 3 次方成反比, 如果球径过大, 会使单位装载质量下球的个数减少, 降低冲击次数, 增大钢球之间的空隙率, 致使物料流速过快, 容易造成跑粗。同时还会增加磨机衬板的磨损率和冲击率, 容易砸坏衬板螺栓。

国际上, 以邦德理论计算为基础, 提出了计算最大球径的公式:

$$B = 36 \cdot \sqrt{F} \cdot \sqrt{\frac{S_G \cdot W_i}{\% n_c \cdot \sqrt{D}}} \quad (1)$$

式中: B ——最大球径, mm;

F ——物料粒度, 80% 通过量的筛孔径, mm;

S_G ——物料密度, g/cm^3 ;

W_i ——邦德指数;

$\% n_c$ ——临界转速的百分比, %;

D ——磨机内径, m。

如果入磨熟料的最大粒径为 25 mm, $F \approx 15$ mm 时, 计算得出的最大球径为 90 mm, 这与实际情况基本相符, 与经验配球法也相一致。即使喂料粒度较大时, 最大球径也 > 100 mm。物料进入细磨仓的粒度 $F \approx 0.5$ mm 时, 计算得出的最大球径为 18~20 mm, 这比实际配球小得多, 计算结果不符合实际情况, 需要根据经验进行调整, II 仓的最大球径通常为 60 mm 或 50 mm。根据经验, 当入磨物料粒径为 30~25 mm 的占到 15% 时, 应配入 15% 的球径为 100~90 mm 的大球。

1.2 平均球径

平均球径是配球时的重要参数, 它受入磨粒度、水泥品种及强度等级、磨机仓数等因素的影响。分为质量平均球径和数量平均球径。

1.2.1 质量平均球径

质量平均球径可按 (2) 式计算:

$$\bar{d}_k = \frac{d_{k1} \cdot G_1 + d_{k2} \cdot G_2 + d_{k3} \cdot G_3 + \dots}{G_1 + G_2 + G_3 + \dots} \quad (2)$$

式中: \bar{d}_k ——质量平均球径, mm;

d_{k1}, d_{k2}, d_{k3} ——各种规格钢球直径, mm;

G_1, G_2, G_3 ——各种规格钢球质量, t

1.2.2 数量平均球径

数量平均球径可按 (3) 式计算:

$$\bar{d}_a = \frac{d_{a1} \cdot \varphi_1 + d_{a2} \cdot \varphi_2 + d_{a3} \cdot \varphi_3 + \dots}{\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \dots} \quad (3)$$

式中: \bar{d}_a ——数量平均球径, mm;

d_{a1}, d_{a2}, d_{a3} ——各种规格钢球直径, mm;

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ ——各种规格钢球数量。

如果平均球径大时, 冲击力强, 空隙率大, 物料流速快, 细度粗; 如果后仓的平均球径大, 则有利于消除粗颗粒, 但不利于比表面积的增加, 影响水泥强度的发挥。因此, 根据实际生产经验, 在选择平均球径时, 应考虑以下几个方面:

(1) 第 I 仓的物料粒度大, 需要的冲击力大, 因而平均球径要大; 第 II 仓需要增加物料的比表面积,

因而平均球径要小一些。

(2)如果细度粗、喂料量大,为了控制细度,应添加较小的球,以降低平均球径。这样,一方面增加了研磨能力,另一方面加大了料球的接触面,有利于增大物料的比表面积,控制物料的细度。

(3)磨机转速相对高时,球的离心力大,钢球提升得高,则平均球径应小一些。

(4)粉磨矿渣水泥时,由于其细磨阻力大,产量低,喂料量小,加之排料快,磨内的球料比大,所以,在产品细度要求高时, I 仓球径应小一些。只有当矿渣不干、排料慢时,球径才应加大。

根据以上情况,采用开流多仓磨粉磨 P·O 42.5 水泥时,建议 I 仓平均球径为 (75 ± 2) mm, II 仓平均球径为 (38 ± 2) mm; 采用圈流多仓磨粉磨 P·S 32.5 水泥时,建议 I 仓平均球径为 (72 ± 2) mm, II 仓平均球径为 (40 ± 2) mm。

2 钢球的装载量

在确定钢球装载量时,一般是根据磨机说明书中给出的值进行装载,然后根据实践经验加以修正。

钢球装载量可按(4)式计算:

$$G = V_0 \cdot \varphi \cdot \gamma = 0.785 D_i^2 L_0 \varphi \gamma \quad (4)$$

式中: G ——磨内研磨体装载量, t

V_0 ——磨机有效容积, m^3 ;

φ ——磨机填充率,以小数表示;

γ ——研磨体容重, t/m^3 ;

D_i ——磨机有效内径(筒体内径减去 2 倍的衬板平均厚度), m;

L_0 ——磨机有效长度(筒体总长减去磨机隔仓总长与磨头端衬板总厚的和), m。其中磨机单隔仓按 0.05 m, 双隔仓按 0.25 m 或 0.375 m。

γ 值在动力计算时,全仓取 $4.5 t/m^3$ 。但是,由于各仓的填充率和球径不同,在计算中,前仓的 γ 值小,后仓的 γ 值大。实际计算时,可参照如下数据:粗磨仓,钢球取 $4.3 \sim 4.5 t/m^3$, 棒取 $6.0 t/m^3$; 细磨仓,钢球取 $4.5 \sim 4.8 t/m^3$, 锻取 $4.7 t/m^3$ 。

在生产过程中,也有将磨机的装载量按电机功率的 1/10 来取的。但是,由于很多磨机采用“大马拉小车”的模式,电机的功率超出了磨机实际需要的功率,在造成浪费的同时,也使得这一值有些过大,需要在实际工作中不断摸索,而且还要兼顾磨机的单位电耗,选取既高产、又经济的装载量。

3 磨机的填充率

磨机的负荷量主要考虑填充率,同时还要考虑磨机状况、减速机与电动机的状况。对磨机内各仓的研磨体装载量总的要求是使磨机各仓的粉磨能力接近平衡。对于两仓的闭路磨,一般采用 II 仓略低于 I 仓; 两仓开路磨的 I、II 仓之间采取水平法。例如 $\Phi 3.0 m \times 13 m$ 管磨机中,各仓的填充率是 I 仓小于 II 仓, II 仓大于 III 仓, III 仓小于 IV 仓。这样有利于物流速的均衡,达到控制成品细度的目的。在实际生产中,管磨机第 I 仓的填充率通常为 29% ~ 30%。但是,近年来的有关资料显示,磨机的填充率达到 32% ~ 33%, 尤其是第 I 仓提高填充率后,使得破碎能力增强,物流速加快,有利于磨机产量的提高。但一定要注意 I、II 仓粉磨能力的平衡,否则会导致电耗增大,也不利于设备的安全运转。我们认为,研磨体填充率、喂料量要与粉磨作业相匹配,磨机填充系数的确定要根据磨机各仓粉碎能力的平衡、设备完好条件和生产实践积累的各种技术数据及经验等进行综合分析,调整钢球装载量,合理进行钢球级配,以达到磨机高产、低耗的目的。

4 级配

配球的合理与否,除了上述因素外,各仓的级配也是十分重要的。一般来讲,如果各仓粉磨能力平衡,产品细度适当,就能达到预计的产量,加之单位电耗合理,说明级配比较理想。正常情况下,停磨观察料球比,如果 I 仓露出料面半个球, II 仓料面刚刚淹没钢球,则说明级配合理。

在磨机的钢球级配中,一般采用 4 级配球法。如果级配过多,则空隙率较小,影响物流速,不利于提高产量。目前也有 2 级配球法,但对其褒贬不一,通常在习惯上还是采用 4 级配球法。4 级配球法的原则是“两头小,中间大”。表 1 为 $\Phi 3.0 m \times 13 m$ 管磨机 4 个仓时的级配表。

表 1 $\Phi 3.0 m \times 13 m$ 管磨机 4 仓时的级配表

仓数	I 仓				II 仓				III 仓		IV 仓		
球径 /mm	90	80	70	60	60	50	40	30	40	30	20	20	15
质量 /t	2.5	7.0	8.0	9.0	2.5	5.0	6.0	7.0	7.0	7.5	8.5	14	24

经验配球法是根据入磨物料粒径大小和颗粒筛分曲线进行合理级配。其具体做法及需要考虑的影响包括:

(1)测出入磨物料粒度级配。

悬臂式挡土墙施工技术

□□ 王 涛 (中铁港航局第三工程有限公司, 广东 广州 510800)

摘要: 结合工程实例, 介绍了悬臂式挡土墙的施工方法, 并对施工要点及注意事项作了阐述。

关键词: 悬臂式挡土墙; 承载力; 混凝土; 模板

中图分类号: TU 476 **文献标识码:** B

引言

太原市南中环桥是连接太原东西城区的重要公路桥梁, 该标段分为东立交工程与主桥工程, 而悬臂式挡土墙主要应用于东立交桥梁两端及箱涵两侧。东立交工程包含悬臂式挡土墙 903.9 m, 其中墙身最高 5.66 m, 需钢筋约 221 t, C30 混凝土约 3 250 m³, C15 混凝土约 260 m³。挡土墙均采用明挖现浇, 基

底最小埋深 < 1 050 mm, 基底不能超挖, 挡土墙每隔 10~15 m 处与桥台接缝处设置 1 道沉降缝。

悬臂式挡土墙的主要特点是构造简单、施工方便, 墙身断面较小, 自身质量轻, 可以较好地发挥材料的强度性能, 能适应承载力较低的地基。对于缺乏石料的地区及地震地区, 更体现出其经济、方便的特点。

1 施工工艺

1.1 防撞护栏施工工艺流程

防撞护栏的施工工艺流程为: 施工准备 → 测量

(2) 根据入磨粒度的大小确定钢球、钢锻的大小, 然后 4 级配依次类推。

(3) 要考虑磨机是开路系统还是闭路系统, 因为磨机 I 仓篦板通风面积、磨内风速不相同, 闭路系统的通风面积要大 10%~20%。

(4) 要注意每仓的钢球装载量和填充系数。

5 补球

钢球级配合理后, 在运转过程中每 7~10 d 就需要补球, 补球不合理会影响磨机的级配, 从而影响到磨机的产质量。所以, 补球也是一项很重要的工作。

一般来讲, 每半年需清一次仓。清仓时, 按要求将碎球、铁渣及小球拣出, 加完球后与标准加球量相比较, 缺少的量一般是补入球径最大的钢球, 或凭经验加入一些其他规格的钢球, 但这种估算不准确。如果是小型磨机, 清仓时, 可按计算的配比将钢球按规格分类后添加, 级配与计算值基本相符。但是, 对于大型磨机由于钢球数量太多, 钢球分类很费时, 会对生产造成影响。

在生产实践中有一种简单的测算方法, 即运用概率法和归纳法进行抽样计算, 具有很好的指导性。方法是用 8 号钢丝制作 1 个边长 500 mm 的方框, 先

把磨内的物料甩空, 然后打开磨门进入磨内, 将方框水平放置在磨仓入口、出口两处, 沿径向测量 3 点, 清点方框内露出半个钢球以上的各规格钢球的数量并做好记录。计算出钢球的理论总质量和各规格钢球所占的比例, 并将 $\Phi 100$ mm ~ $\Phi 95$ mm 的钢球均视为 $\Phi 100$ mm 的钢球, 依次类推。根据该仓的总添加量, 可计算出各规格钢球的质量。实践证明, 这种方法省时、省力, 比较准确, 既能达到补球的目的, 还不会造成磨内级配混乱, 效果很好。

6 结语

在水泥粉磨作业中, 由于工艺条件经常变化, 必须根据实际的入磨物料粒度、易磨性系数 (或相对易磨性系数)、衬板及隔仓板的形式与安装位置、磨机功率、转速等, 合理地计算出钢球装载量、填充系数, 并进行合理补球, 才能使磨机达到节能高产的目的。

作者简介: 温金莲 (1974-), 女, 山西祁县人, 助理工程师, 1995 年 7 月毕业于山西省建筑材料工业学校硅酸盐专业, 现从事企业的技术管理工作。

收稿日期: 2010-11-30

(编辑 盛晋生)