

# 微硅粉的应用及其捕集

张介轩

秦皇岛开发区环保科技有限公司

**摘要** 微硅粉是国内外高新技术领域中具有广阔应用前景的优良材料。广泛用于建筑、化工等行业。可以采用软稳电除尘技术从冶炼硅铁过程中产生的废气中捕集。

**关键词** 硅铁 工业硅 微硅粉 软稳电除尘

## Deployment and Collection of Micro Silicon Powder

Zhang J iexuan

**Abstract:** Micro silicon powder is a prosperous material that is widely deployed in construction, chemical industry and other hi-tech aspects. It can be collected from the exhaust through silicon iron smelting by flexible and stable electric dust catcher.

**Key words:** silicon iron, industrial silicon, micro silicon powder, flexible and stable electric dust catcher

工业硅及硅铁在高温熔炼的过程中,随废气逸出的粉尘称为硅灰或硅粉,其主要成份是,烟气中的 $SiO_2$ 含量约占烟尘总量的90%,其中所含游离态 $SiO_2$ 约占10%。颗粒度非常小,平均粒径约为 $0.3\mu m$ ,故有微硅粉之称,它能直接通过呼吸进入人体肺泡,对人体健康危害极大。我国目前拥有上千座硅铁及工业硅电炉,在生产过程中,年产生的微硅粉约25万t。已上环保设备能捕集到的约5万t,其余基本直接排入大气,既污染了环境,也是资源的浪费。目前微硅粉没有确切的定价标准,每吨价格为1800~3800元,如果每吨价格按2000元计算,全年直排的微硅粉作为资源利用损失的价值约5亿元。所以烟气治理势在必行。捕集微硅粉不但是一个环境效益和社会效益的问题,而且也包含着很大的经济效益和科学技术的价值。下面就

微硅粉的应用及其捕集进行探讨:

### 1 微硅粉的应用

微硅粉是国内外高新技术领域中具有广阔应用前景的优良材料。广泛用于建筑、化工、冶金等行业。大量微硅粉主要用于水泥或混凝土掺合料,用于改善水泥或混凝土的性能,配制具有超高强高、耐磨、耐冲刷、耐腐蚀、抗渗透抗冻、早强的特种混凝土或复合水泥,用于大型水利、水电、海港码头、铁路桥梁、高速公路、飞机场跑道、隧道及城市高层建筑等工程。它可以用于油漆、涂料、树脂及其他高分子材料填充物。用于橡胶可以提高橡胶的延伸性、抗撕裂性和抗拉强度。还可以用于耐火材料和陶瓷制品的生产,有效提高产品的强度和耐久性。

早在80年代的初期,发达的国家已成功使用此项技术。其中美国微硅粉的年产量达到30万t,占世界微硅粉的年总产量的1/4,其次是前苏联及挪威,微硅粉的年产量分别

为 15 万 t 和 12 万 t。美国于 1980 年在得克萨斯商业大楼使用的硅灰混凝土,其强度为 100MPa。近年来美国已经配制出 250MPa 特高强度混凝土。我国重大水利建筑、桥涵、隧道、文物古迹的修复等的实际应用,也充分证明:在混凝土工程中掺入适量的微硅粉,可以大大提高工程质量。

下面就在混凝土工程中掺入适量微硅粉对提高工程质量的作用加以具体说明。

(1) 微硅粉混凝土用在水利水电工程上,可以提高工程的抗磨蚀能力

国内外传统的抗磨蚀材料多用环氧砂浆等高分子材料。这类材料抗磨蚀能力虽好,但由于它本身线膨胀系数数倍于基底普通混凝土,又与基底混凝土温度适应不好,在自然气候条件下容易开裂脱落。且施工复杂,有毒性,成本昂贵,不能大面积推广应用。据资料统计,我国已建的 32 座大型水电站中,有 22 座遭受磨蚀破坏,尤其是黄河干流上几座水电站和西南地区的水利水电工程,因泥沙和推移质含量高、流速高,磨蚀问题更为突出,已危及工程安全。

微硅粉作为抗磨蚀材料的研究,在我国开始于 1985 年。1986 年起,南京水科院在兄弟单位的协作下,将其成果用在葛洲坝、大伙房水库,映秀湾水电站、龙羊峡水电站等修补和护面工程中实地推广应用。经过几个汛期的过水考验,效果很好。其抗冲磨能力提高一倍左右,抗 4m/s 流速级的抗磨蚀能力提高 3 倍以上。小浪底水电建设工程中微硅粉也大显身手。

(2) 微硅粉混凝土用在水利工程上,可以提高工程的抗裂性能

水工混凝土裂缝,已成为人们普遍关注的大问题。裂缝的原因是材料本身水化热升温。如在混凝土中掺入粉煤灰,虽可以降低水化热升温,但早期强度比较低,使粉煤灰掺量受到限制。在十五届国际大坝会议上,挪威介绍在 Forreass 坝掺用微硅粉而产生良好效

果的情况,引起了与会者的重视。会后,我国南京水科院承担了“七五”攻关课题中用微硅粉改性以提高混凝土抗裂性的研究任务。

1987 年经在福建范厝水电站水轮机蜗壳实验证明,掺入适量微硅粉与不掺的对比中,节约水泥 38%,降低水化热 30%,现场强度保证率达 98% 以上,单方材料费未增加,比原设计用钢纤维混凝土节约材料费 14 万元。

(3) 微硅粉混凝土可以提高抗渗透性能、抗盐蚀性能,保护钢筋

据调查资料表明,水下工程,由于氯离子渗入混凝土中,引起钢筋快速锈蚀,混凝土脱层,寿命短,破坏性严重。挪威在 1971 年将微硅粉用于混凝土中,一方面填充在水泥颗粒的周围,使浆体更为致密;另一方面,它与水泥水化生成的氢氧化钙结合生成水化硅酸钙凝胶(又称 CSH 凝胶),这些凝胶堵塞在毛细管中,使毛细孔变小而且不连续,大大提高了混凝土的密实性,有效地提高了抗氯离子渗入引起电化学破坏的能力,大大增强其抗锈蚀性能。南京水科院经 3 年研究,在江苏连云港木材码头上进行试用,每方混凝土节约水泥 80~110kg,而且施工方便,使用年限延长 1.2 倍。

水下混凝土浇筑一般采用导管法,由于水中水泥浆的散失,它存在与基层粘结不好,与水接触部分强度降低等问题。在水下混凝土中掺入硅粉后,能得到明显的改善。

(4) 微硅粉混凝土用在交通公路路面的抢修上,具有极强的耐磨特性

用普通混凝土浇筑道路,需要 28 天才能正常通车,一般早强混凝土也要 3 天才能通车,混凝土公路路面损坏是不可避免的。用常规的方法修复,常常要造成交通中断,从而带来严重的经济损失。为了解决这个难题,根据国外先进经验,1986 年南京水科院设计出了具有早强的耐磨特性的微硅粉混凝土,经实际运用,效果十分理想。

1988 年仪征化纤联合公司厂区中心干道更换预制块, 要求 12 小时能达到通车要求。南京水科院应邀设计了 12 小时达到 200# 超早强微硅粉混凝土配方, 于 9 月初在厂区中心干道浇筑 100 方。现场取样试验结果表明该混凝土 12 小时达到抗压强度 25MPa, 抗磨蚀提高 1 倍, 24 小时抗压强度达到 37MPa, 半天即可通车。仅施工期的汽车绕道费就节省了近 5 万元, 其所增加的材料费不过 4000 元, 说明其技术经济效果十分显著。

飞机场的跑道要求使用 80MPa 以上的混凝土并且耐磨性能好, 微硅粉也可显身手。

## 2 微硅粉的捕集装置

由于微硅粉的颗粒度太细小, 机械力除尘器, 包括沉降除尘、惯性除尘及旋风除尘, 根本捕集不到它。水膜除尘捕集它也很困难。又因为它的比电阻特别高, 高至  $10^{13}\Omega\text{ cm}$ , 若采用常规电除尘装置, 将产生反电晕现象, 也难于捕集它。若采用国际先进电除尘装置——脉冲电除尘器, 从其性能上讲, 能够捕集高比电阻粉尘, 但其设备投资极为昂贵, 约为常规电除尘器的 10 倍。所以目前国内外捕集微硅粉的装置大部分用“大”布袋除尘器, 它之所以在布袋除尘器前头冠于“大”字, 就是由于这种粉尘特性决定的。如果用捕集一般粉尘的布袋除尘器的经验直接用来捕集微硅粉, 可能达不到预期效果。目前美国、前苏联、挪威等国家也都是采用大布袋捕集微硅粉。我国也基本如此。此法也存在一些问题:

(1) 由于工业硅或硅铁在熔炼过程中, 废气温度很高, 可达  $500\sim 600^{\circ}\text{C}$ , 并且很不稳定, 这完全是由于生产状况决定的。所以在布袋除尘装置的前面, 必须设降温装置, 它也加大了除尘设备的投资, 否则将烧毁布袋。

(2) 除尘设备故障率高。由于微硅粉颗粒度很细, 粘性很大, 不容易振打清灰, 严重影响除尘效果, 同时增大系统阻力, 能耗增大。并且易造成破袋、掉袋, 此时势必停机修理, 将影响正常生产, 也增大了维修成本。

(3) 运转费用高。布袋除尘器的实质是用滤布过滤气体捕集粉尘。

如何结合烟气温度高和颗粒度微细且粘的特点选择好滤布是至关重要的事。即使如此, 运行时间不长, 滤布的孔眼就会被堵塞, 经常清理, 也达不到需要的气流量, 容易出现滤布破损现象, 换袋费用很高。更严重的问题是滤布阻力增大, 所需动力也增大。例如美国有 1 台 30000kVA 工业硅炉用的布袋除尘器所配用的风机动力为 1864kW, 平均每千 kVA 炉需用的动力为 62kW, 我国的布袋除尘大体也是这个数。

公司研制开发的微硅粉捕集装置, 是采用新的技术路线高压静电捕集的方法。完全不同于常规布袋的捕集方法。这个高压静电捕集装置不是采用目前国内外常规电除尘的硬特性脉动直流作为供电电源, 而是采用软特性准稳定直流作为供电电源。从本体结构方面, 不采用常规固定的板线式加锤击振打清灰的方式, 而是采用移动式集尘极加刮板清灰的方式。通过实践证明, 这种方法能够捕集到微硅粉, 并且能够达到国家排放标准。1995 年在焦作矿务局 1800kVA 的硅铁炉及 2000 年三门峡坝头 2200kVA 的硅铁炉使用都得到证实。这种装置与大布袋除尘器比较, 有如下突出的特点:

(a) 一次性投资低。全套设备投资, 相当大布袋除尘器的 70%;

(b) 运转费用低。每千 kVA 炉风机需用的动力为 12kW, 相当布袋除尘器的 20%;

(c) 故障率低。它在运转过程中, 不存在破袋、掉袋影响生产问题, 机械故障率很低, 基本上能够与主设备保持同步运行。维护管理很方便;

(d) 可操作性好。全套装置所用的设备及原材料都是国产的, 并且都是一般性的材料。

总之, 我们有能力用低成本、高效率的方法, 捕集硅铁炉及工业硅在生产过程中排放的污染大气的微硅粉。既解决了环境污染, 也变废为宝, 开发了当代高新技术领域迫切需要的资源。