

洗煤泥、煤矸石混烧发电技术的研制与开发

李文忠

(永荣矿务局, 重庆 402465)

摘要: 论述了洗煤泥流体输送和异重流化床燃烧特性, 经过实验室试验、现场的小型试验、仿真试验和工业性试验, 历经 4 年, 成功地首创了国内洗煤泥、煤矸石混烧发电的稳定运行。

关键词: 洗煤泥; 煤矸石; 混烧; 发电技术

中图分类号: TQ534, TM621.2 文献标识码: A 文章编号: 1006-6772(1999)04-0030-05

大力发展煤炭洗选加工, 是提高煤炭产品质量和提高煤炭利用效率的可靠途径。国家早已将其列为一项重要的能源政策。随着煤炭洗选工业迅速发展, 中国每年排放的洗煤矸石和洗煤泥量迅速增长。单就洗煤泥而言, 预计全国年排放的洗煤泥量到 2000 年将超过 20 Mt, 到 2010 年将达到 30 Mt。

60 年代中期, 永荣矿务局在国内首创煤矸石制砖技术, 建成了全国第一座矸石砖厂。70 年代中期, 永荣矿务局电厂又在国内首创煤矸石发电技术。第一个燃用煤矸石发电, 为洗煤厂排放的洗煤矸石的回收和利用, 开辟了一条新的可靠途径。近 20 余年来, 中国煤炭系统在国家一系列相关政策的鼓励和扶持下, 煤矸石砖厂已发展到 200 多个, 煤矸石电厂已发展到 80 余个, 煤矸石的综合利用已具有了一定规模, 煤矸石综合利用在节约能源、减少污染、少占土地方面, 已显示了强大的生命力。

从能源利用角度看, 洗煤泥的发热量, 多数比煤矸石高, 而且用洗煤泥作燃料, 燃料的预处理系统比较简单。因而, 回收利用洗煤泥发电比回收利用煤矸石发电具有更好的效益。

“六五”期间, 由浙江大学、永荣矿务局和煤炭科学研究总院北京煤化学研究所联合攻关, 在永

荣矿务局电厂一台 10 t/h 流化床锅炉上成功地完成了全烧洗煤泥发电的工业性试验, 首创了国内外燃用洗煤泥发电的成功。

“七五”期间, 由浙江大学、兖州矿务局和杭州锅炉厂联合攻关, 研制成功一台 35 t/h 煤泥流化床发电锅炉, 并在该矿务局兴隆庄矿建成了国内第一个煤泥电厂, 为中型以上洗煤厂排放的洗煤泥回收和利用, 开辟了一条新的可靠途径。

1 研制与开发

主要技术攻关任务有研制洗煤泥的输送技术和研制洗煤泥、煤矸石的混烧发电技术。

1992 年初, 在浙江大学实验室内完成了对永荣矿务局洗煤泥进行的流变特性和输送特性的研究, 并提出了相应系统的方案设计。永荣矿务局课题攻关组成员在此基础上开始了现场所需要的洗煤泥管道泵送料系统的小试和仿真试验。输送管道 $D108\text{mm} \times 4\text{mm}$, 系统总长 36 m, 系统总爬高 18 m, 小试系统简介见图 1。

1992 年 8 月下旬到 9 月下旬, 挤压泵运行了 604 h, 其中连续运行最长时间 560 h。当洗煤泥水分控制在 33.9% ~ 37.1% 范围内时, 挤压泵出口

收稿日期: 1999-09-13

作者简介: 李文忠 (1940-), 男, 四川灌县人, 高级工程师。

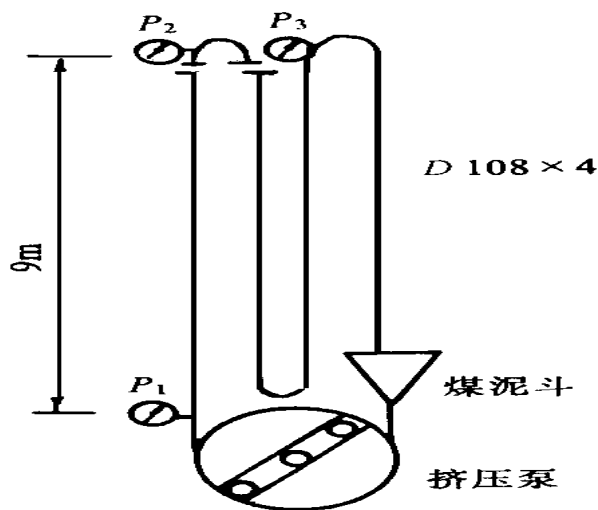


图 1 小试系统示意

压力在 0.5~0.8 MPa 之间变化, 挤压泵流量维持在 2.76~5.70 t/h 范围, 系统能稳定运行。通过小试看出, 采用挤压泵输送洗煤泥, 操作简单、维护方便, 输送途中不存在滴漏现象, 消除了以往皮带和刮板机运输洗煤泥过程中对周围环境所造成的污染。总结小试经验, 想改原方案设计的 2 级泵送为 1 级泵送, 不设中间泵站, 这一设想若能成立, 将大大地简化系统和降低投资。为此, 增加了洗煤泥输送系统的仿真试验。仿真对象为永荣矿务局永川煤矿电厂洗煤泥挤压泵管道输送给料系统。输送管道 $D108\text{ mm} \times 4\text{ mm}$, 系统总长 150 m, 系统总爬高 17.5 m, 系统简介见图 2。

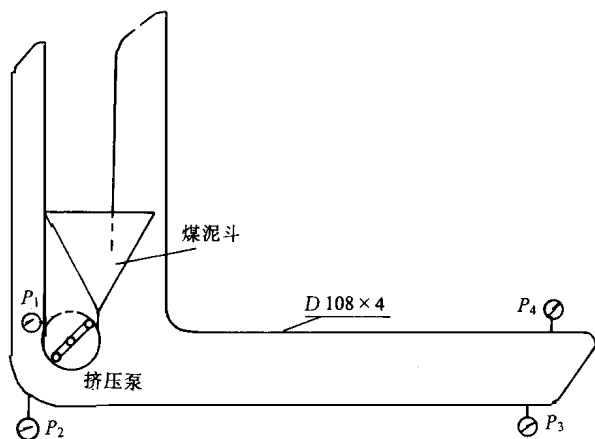


图 2 仿真试验系统示意

试验用的洗煤泥要求不含杂质, 由于仿真试验现场没有筛分设备和搅拌设备, 只得采用人工搅拌, 直到大于 10 mm 的洗煤泥硬块少于 5% 为止, 试验前准备了若干洗煤泥干粉用以调节其水分。1993 年 2 月下旬开始进行仿真试验, 首先对系统

洗煤泥、煤矸石混烧发电技术的研制与开发

的严密性和通畅性进行检验, 然后对系统各部件 (包括挤压泵、电机、压力表和管道接头等) 的工作性能进行检验, 确保可靠后按试验大纲进行仿真试验。试验过程中, 多次进行水分的稀释和浓缩, 流量的增加和减少, 记录和总结其运行规律。

仿真试验证明, 永川煤矿电厂洗煤泥输送系统采用 1 级泵送、不设中间泵站的方案是可行和可靠的。同时, 本系统具有如下输送特性。

(1) 在洗煤泥输送流量不变的情况下, 不断添加干洗煤泥以逐渐减小洗煤泥内水分, 随着洗煤泥水分的逐渐降低, 各压力点的压力逐渐升高 (见图 3)。

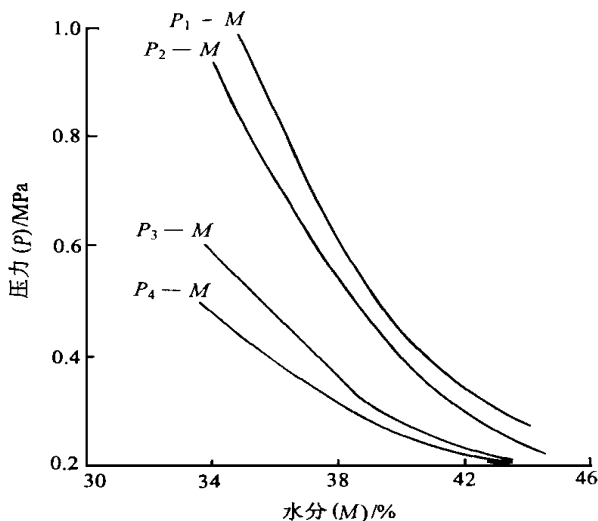


图 3 水分与压力的关系曲线

(2) 维持输送的洗煤泥水分 34% 不变的情况下, 在输送的洗煤泥流量较低时, 随着输送的洗煤泥流量的增加, 压力逐渐升高, 当输送流量增加到一定数值 (约 3 t/h) 时, 输送流量再增加, 压力几乎不变而趋于稳定状态。当泵出口最大工作压力达到 1.55 MPa 时, 试验用挤压泵输出最大流量达到 7.28 t/h, 如图 4 所示。

(3) 分别维持洗煤泥水分 37% 和 40% 不变, 洗煤泥输送流量较低时, 随着输送流量的增加, 各点压力升高, 当输送流量达到一定值后, 输送流量增加, 压力几乎稳定不变。与维持洗煤泥 34% 水分不变的试验结论相对照, 其规律相同, 只是压力稳定时的输送流量不同而已。洗煤泥水分越高, 压力稳定时输送量越小, 如图 5 所示。

永川煤矿电厂在 1992 年新安装了一台由永荣矿务局、西安交大、东方锅炉厂三方联合研制开发的 20 t/h 循环流化床锅炉 (配用一台 3 MW 汽轮

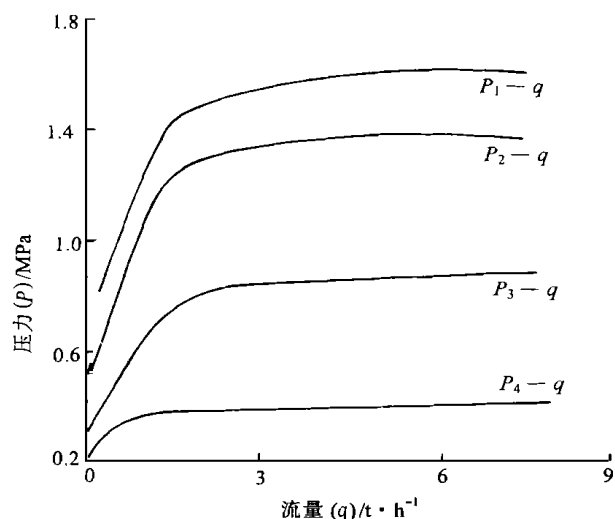


图4 洗煤泥流量与压力的关系曲线

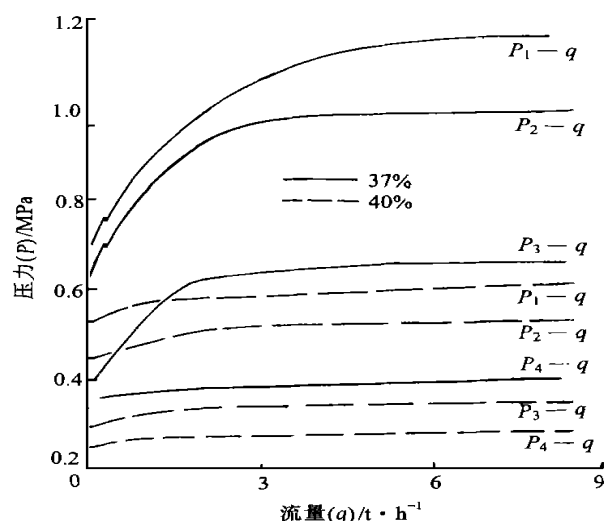


图5 量与各压力点的压力关系曲线

发电机组), 额定参数为: 蒸发量 20 t/h, 过热蒸汽温度 450 ℃, 过热蒸汽压力 3.82 MPa, 设计煤种为煤矸石 (设计热值 $Q_{\text{net,at}}$ 为 10.886 MJ/kg), 锅炉在制造过程中, 已于右侧水冷壁 10.35 m 标高处预留了一个洗煤泥给料口, 供洗煤泥、煤矸石混烧试验用。

在取得仿真试验成功的基础上, 由永荣矿务局设计院负责完成施工设计的永川煤矿电厂洗煤泥挤压泵管道输送给料系统, 由一台强力搅拌机, 一台直线振动筛, 2 个中储仓, 2 台胶管挤压泵, $D108$ mm 管道 148.16 m 和一只高温给料器组成。

永川煤矿电厂与该矿洗煤厂毗邻, 洗煤泥制备输送系统位于洗煤厂煤泥棚铸石刮板机运行层下面, 占用原煤泥棚面积约 150 m², 距电厂水平距离 116.8 m, 垂直输送高度 15.3 m。洗煤泥 (水分

约 27%) 由洗煤厂压滤车间刮板机送入强力搅拌机, 经加水搅拌均匀, 使其水分达到 34% 左右后卸入振动筛, 除去杂质, 筛下物进入中储仓待用。中储仓由 2 个钢制圆桶制成, 桶内各安装一根螺旋搅拌带, 缓慢搅拌使水分保持均匀, 中储仓共储存洗煤泥约 30 m³, 中储仓底部安装 2 台洗煤泥挤压泵, 利用闸阀进行切换, 一台运行, 一台备用。泵的关停和运行调节, 既能就地控制, 也可由电厂锅炉控制台控制。洗煤泥沿 $D108\text{mm} \times 4\text{m}$ 管道通过高温给料器输入炉膛与煤矸石混合燃烧。

沿输送管道的不同位置分别装有 2.5 MPa 量程压力表 2 只, 1.0 MPa 量程压力表 2 只, 用以监视洗煤泥挤压泵出口的输送压力和输送管道的压力损失, 以进行洗煤泥输送的运行调节。

1993 年 12 月初, 该电厂洗煤泥挤压泵管道输送给料系统作调试和工业性试验。在调试的初始阶段, 洗煤泥水分不易掌握, 经反复调试整改, 才熟练地将洗煤泥水分控制在 33% ~ 37% 范围, 挤压泵出口压力控制在 1.2 ~ 1.5 MPa 范围, 单台挤压泵出力可达 7 t/h, 能满足该厂 20 t/h 循环床锅炉混烧洗煤泥、煤矸石发电的需要。

从 1993 年 12 月 13 日起, 开始在永川煤矿电厂 20 t/h 锅炉上进行洗煤泥、煤矸石混烧发电技术的工业性试验。开始时锅炉混烧发电连续运行只有 52 h, 经过反复试验、总结和改进, 混烧连续运行时间逐步增加, 终于成功地完成了混烧洗煤泥重量占燃料消耗的 40% ~ 55% 工况下, 洗煤泥、煤矸石混烧发电满负荷连续运行 72 h 试运行。在混烧试验过程中, 混烧的洗煤泥和煤矸石的重量比维持在 0.3:0.7 ~ 0.7:0.3 范围, 洗煤泥的水分维持在 33.5% ~ 37% 范围, 洗煤泥的低位热值在 6.3 ~ 10.5 MJ/kg 范围, 锅炉燃烧稳定、运行良好, 出力能满足要求, 发电机小时负荷一直保持在额定负荷的 90% 以上, 在永川煤矿电厂 20 t/h 循环流化床锅炉上实施洗煤泥、煤矸石混烧发电, 取得了成功。在混烧发电技术的工业性试验过程中, 作了 2 个工况的热效率测试, 测试结果见表。

1994 年 7 月 27 ~ 29 日, 四川省锅炉产品质量监督检测站在永川煤矿电厂混烧洗煤泥、煤矸石发电运行现场进行了热工测试, 当锅炉在洗煤泥、煤矸石混烧重量比为 53%:47% 工况下运行时, 锅炉热效率达 81.05%。结论是洗煤泥、煤矸石混烧技术是成功的, 具有燃烧稳定性好、调节灵活等优点, 锅炉主要参数、蒸汽温度、蒸汽压力稳定。

2 个工况的热效率测试 results 表

样品	工况	测试时间	重量比*	电负荷 / MW·h ⁻¹	热效率 / %	工 业 分 析 / %					$Q_{\text{net, ar}}$ / MJ·kg ⁻¹
						M_t	A_{ad}	V_{ad}	FC_{ad}	$S_{\text{t, ad}}$	
洗煤泥 煤矸石	I	1999- 06- 10	0. 55 0. 45	2. 904	84. 40	37. 50	60. 39	15. 12	22. 75	0. 48	6. 456
						5. 21	65. 88	13. 34	19. 80	0. 48	9. 546
洗煤泥 煤矸石	II	1999- 06- 13	0. 60 0. 40	2. 760	85. 84	35. 80	52. 76	16. 51	29. 97	0. 48	7. 997
						5. 02	49. 76	17. 34	32. 30	0. 48	13. 998

* 洗煤泥、煤矸石混烧重量比。

永川煤矿电厂洗煤泥、煤矸石混烧自 1994 年 8 月投入运行以来，洗煤泥挤压泵管道输送给料系统运行可靠、能满足锅炉在混烧洗煤泥量占燃料消耗总量的 30% ~ 70% 范围内，满负荷连续运行的要求。系统结构简单，操作灵活，锅炉密相段温度梯度小，炉膛出口烟气温度高，带负荷能力强，负荷调节范围大，可在 50% ~ 10% 内任意调节，运行稳定。

永川煤矿电厂在混烧洗煤泥、煤矸石发电运行期间，其发电单位成本，比单烧煤矸石发电平均下降了 38. 83 元/ MW·h，自 1994 年 8 月投入混烧运行至 1999 年 6 月止，在近 5 年期间，该电厂已创利润共 1052. 03 万元，年均创利润 217. 66 万元，给企业带来了显著的经济效益。

永川煤矿电厂洗煤泥制备及管道输送给料系统为全封闭式，防止了生产和输送洗煤泥时的飞溅和对环境的污染，提高了厂区和机房的文明生产水平。洗煤泥输送管道大部分埋于地下，维护工作量极小。整个系统作到了占地面积小、投资省（整个系统投资约 60 万元）、无污染输送洗煤泥的目的。在未改变电厂锅炉结构、电厂原有布局和工艺设施的前提下，综合治理了矿区的污染源，使永川煤矿洗煤厂生产过程中排放的废弃物洗煤泥，变废为宝，使永川煤矿矿区的环境保护水平得到了一定的改善和提高。

永荣矿务局电厂 15 号锅炉，是由永荣矿务局、浙江大学、东方锅炉厂三方，依据洗煤泥、煤矸石混烧技术所联合研制、开发，并由东方锅炉厂制造生产的循环流化床科研锅炉（配用一台 6 MW 汽轮发电机组），蒸发量 35 t/h，过热蒸汽温度 450 ℃，过热蒸汽压力 3. 82 MPa，设计煤种为洗煤泥和煤矸石混烧，设计洗煤泥混烧重量为 30% ~ 70% 范围，在炉膛左右两侧墙体中心线上各设置一个洗煤泥给料口，标高为 9. 00 m。该锅炉于 1995 年 12 月 26 日，经 72 h 满负荷连续试运行合格后，

洗煤泥、煤矸石混烧发电技术的研制与开发

单烧煤矸石发电，正式并网运行。

1996 年 5 月初，电厂完成了与该锅炉相配套的洗煤泥挤压泵管道输送给料系统的现场安装，科研人员对这套输送系统进行了调试，在洗煤泥水分维持在 34% 左右的情况下，系统输送通畅、均匀，单台挤压泵出力达 6. 5 t/h，能满足 35 t/h 锅炉混烧洗煤泥重量占总燃料消耗的 30% ~ 70% 范围的要求。科研人员同电厂有关同志又对电厂 15 号炉进行了洗煤泥、煤矸石混烧发电调试。为了考验混烧的真实结果，电站系统采用单元制运行。在混烧调试过程中，燃烧稳定，与全烧煤矸石的工况相比，混烧时炉膛出口温度升高约 80~ 100 ℃，锅炉蒸发量增加约 3~ 5 t/h。成功地连续完成了混烧洗煤泥的重量分别为 30%、50% 2 个工况下的 72 h 满负荷试运行，并短时间（11 h）运行了混烧洗煤泥重量为 70% 的工况（因洗煤泥中储仓容积只能满足混烧洗煤泥重量为 50% 标准工况下的连续运行），对锅炉混烧发电及洗煤泥挤压泵管道输送给料系统的运行可靠性进行了充分的考验。15 号锅炉，在混烧洗煤泥、煤矸石发电运行期间，其发电单位成本，比单烧煤矸石发电平均下降了 21. 846 元/ MW·h，15 号锅炉自 1996 年 5 月投入混烧运行至 1999 年 6 月止，在近 3 年时间内，为矿务局电厂新增利润 1196. 06 万元，新增税金 182. 10 万元，给企业带来了显著的经济效益。

1996 年 10 月，重庆市污染源监督检测站对电厂 15 号科研锅炉在设计标准工况（洗煤泥、煤矸石混烧重量比为 50%：50%）运行下进行了现场的环境监测，烟尘、二氧化硫排放浓度和厂界昼夜间噪声均不超标，冲灰渣废水全部闭路循环。

1996 年 11 月，四川省锅炉产品质量监督检测站对该科研锅炉在设计标准工况运行下进行了热工测试，锅炉燃烧效率达 95. 12%，锅炉热效率达 86. 35%，其他指标也达到了设计要求。

1997 年 6 月，由原煤炭部科教司组织专家鉴

定委员会, 在永荣矿务局对“91-382”科研项目(即 35 t/h 煤矸石流化床锅炉混烧洗煤泥)成果进行了鉴定。结论认为, 该技术具有创新性, 属国内首创, 总体上达到国际先进水平, 并建议推广应用。

近年来, 洗煤泥、煤矸石混烧技术成果, 已先后在南桐矿务局电厂、新集电厂、中梁山矿务局电厂等单位得到了推广应用。

2 结 论

洗煤泥挤压泵管道输送給料系统为全封闭系统, 工艺简单、操作方便、占地少、无污染。通过几年来的试验和运行, 该系统上料稳定、可靠, 运行调节灵活方便, 流量可随燃烧需要增减, 泵的出力可达 10 t/h, 水分可在 32%~37% 范围内调整, 系统维护、检修工作量少。在整个输送給料系统

中, 较薄弱的环节是挤压泵的挤压胶管, 由于工作条件较差, 胶管运行寿命一般为 300 多小时, 最长运行寿命已达 700 余小时, 若能进一步提高胶管性能, 增加使用寿命, 那么对进一步降低成本, 更为有利。

通过永川煤矿电厂 20 t/h 锅炉、永荣矿务局发电厂 35 t/h 科研锅炉和南桐矿务局电厂 35 t/h 流化床锅炉混烧洗煤泥、煤矸石发电运行足以证明, 洗煤泥、煤矸石混烧技术是成功的, 锅炉燃烧稳定, 运行可靠, 热效率高。当然, 混烧发电较之于单烧煤矸石发电, 由于洗煤泥的加入, 致使燃料的平均粒度降低, 平均水分增加, 燃烧中心上升, 床料扬析大大加强, 在运行中体现为烟气温度上升, 其燃烧工况也有一些变化, 在实践中还有一个继续提高的过程。

Research and Development of Slime and Refuse Mixture Combustion for Power Generation

LI Wen-zhong

(Yongrong Coal Administration, Chongqing 402465, China)

Abstract: The slime fluid transportation and deferent weight fluidized bed combustion features are introduced in this paper. Slime and refuse mixture combustion for power generation is developed successfully in China through laboratory test, bench scale test, simulation test and industrial test. The power plant operated at steady condition.

Keywords: slime; refuse; mixture combustion; power generation technology