

不同煤种混合入选动态调控模型的优化

杨智文

(大同煤矿集团公司技术中心,山西大同 037003)

摘要:为解决不同煤种混合入选导致产品质量难以控制的问题,在分析燕子山选煤厂块煤生产指标及工艺参数的基础上,以大同矿区侏罗系煤和石炭系煤为研究对象,根据入选原煤中两种煤混煤率的变化,建立选煤生产工艺参数与产品数质量指标之间的动态量化模型,预测分选产品的数质量和块煤分选密度的动态变化趋势,并对不同煤种混合入选动态调控模型进行优化。结果表明:优化后块煤产率、灰分、全水分和发热量优化模型的相关系数 R 分别提高了 0.07245、0.22410、0.15157、0.16059,说明块煤生产指标动态调控模型的优度有了显著提高。不同煤种混合入选动态调控技术的应用结果表明:调控后产品质量明显改善,产率、发热量分别升高 1.10% 和 0.45 MJ/kg,灰分降低 1.28%,实现了选煤产品质量的有效控制。

关键词: 混煤入选; 动态调控; 数学模型; 分选密度; 混煤率

中图分类号: TD94

文献标志码: A

文章编号: 1006-6772(2014)04-0038-04

Optimizing research of different coal mix processing dynamic control model

YANG Zhiwen

(Technical Center, Datong Coal Mine Group, Datong 037003, China)

Abstract: In order to improve products quality in preparation of unsized raw coal, based on lump coal production index and technical parameters of Yanzishan coal preparation plant as well as the mixing ratio of two kinds of raw coal, taking Jurassic and carboniferous raw coal in Datong coal mine as research object, establish and optimize dynamic control model between technical parameters and products quantity and quality. Forecast the dynamic change trend of product quantity and quality, lump coal separation density. The results show that the optimized production rate of lump coal, ash content, moisture content and calorific value optimization model of the correlation coefficient R increase by 0.07245, 0.22410, 0.15157, 0.16059 respectively, lump coal production index dynamic control model is improved significantly. After regulation, the yield and calorific value of product increase by 1.10% and 0.45 MJ/kg, the ash decrease by 1.28%. The regulation realizes the effective control of coal products quality.

Key words: preparation of unsized raw coal; dynamic control; mathematical model; separation density; mixing ratio

0 引言

大同煤矿集团公司燕子山延深开采石炭二叠系煤后,侏罗系煤炭采出量逐渐减少,石炭系煤炭采出量逐渐增加,两种原煤采出比例不断变化,井下无法分采分运,出现两种原煤同时采运、混合入选的情况,导致入选原煤性质波动较大^[1-4]。由于不同原煤在分选密度、脱水性能、生产工艺适应性、产品稳定性等方面存在较大差异,造成选煤厂产品质量不

稳定,为选煤厂设备运行、生产管理带来困难,影响选煤厂正常生产^[5-8]。因此,针对不同原煤性质开展双系煤混合分选动态调控技术研究尤为重要。笔者根据入选原煤中两种煤数量比例的变化,建立选煤生产工艺参数与产品数质量指标之间的动态量化模型,预测分选产品的数质量。对两种煤不同入选比例下分选工艺参数(块煤分选密度)的动态变化趋势进行预测,并对不同煤种混合入选动态调控模型进行优化,最终实现选煤产品质量的有效控制。

收稿日期:2014-04-23;责任编辑:白娅娜 DOI: 10.13226/j.issn.1006-6772.2014.04.012

作者简介:杨智文(1963—),男,河北武清人,高级工程师,硕士,从事科研开发和管理工作的。E-mail: sjyzyw@126.com

引用格式:杨智文.不同煤种混合入选动态调控模型的优化[J].洁净煤技术,2014,20(4):38-41.

YANG Zhiwen. Optimizing research of different coal mix processing dynamic control model [J]. Clean Coal Technology, 2014, 20(4): 38-41.

1 选煤厂生产技术指标及工艺参数

2011 年燕子山选煤厂块煤生产指标和生产系统工艺参数见表 1、表 2。

表 1 2011 年燕子山选煤厂块煤生产指标

月份	产率/%	灰分/%	全水分/%	发热量/(MJ·kg ⁻¹)
1	12.22	26.91	11.40	19.79
2	13.00	21.77	13.10	21.09
3	12.68	23.18	12.96	20.72
4	13.35	22.66	13.53	20.76
5	12.89	21.51	13.29	21.22
6	12.82	24.62	12.42	20.30
7	13.37	23.93	12.47	20.40
8	9.79	24.52	12.08	20.53
9	11.12	24.73	11.96	20.43
10	9.13	24.29	11.90	20.55
11	11.25	24.90	11.55	20.26
12	11.16	24.81	11.35	20.27
平均	11.90	23.99	12.33	20.53

表 2 2011 年燕子山选煤厂生产系统工艺参数

月份	入选侏罗系煤/万 t	入选石炭系煤/万 t	入选原煤总量/万 t	x	$\rho/(g \cdot cm^{-3})$	$\theta/(kg \cdot t^{-1})$
1	14.35	16.94	31.29	0.85	1.70	1.2
2	20.64	10.78	31.42	1.92	1.70	1.1
3	12.62	16.85	29.47	0.75	1.70	1.2
4	11.05	17.04	28.09	0.65	1.70	1.3
5	15.01	16.18	31.19	0.93	1.70	1.4
6	5.99	26.50	32.49	0.23	1.70	1.3
7	6.92	22.31	29.23	0.31	1.70	1.2
8	9.13	30.33	39.46	0.30	1.70	1.1
9	10.20	22.43	32.63	0.45	1.70	1.0
10	2.85	29.17	32.02	0.10	1.69	1.2
11	9.15	21.46	30.61	0.43	1.69	1.0
12	9.18	22.57	31.75	0.41	1.69	1.1

注: x 为侏罗系煤与石炭系煤的混煤率; ρ 为块煤分选密度; θ 为块煤介耗

2 不同煤种混合入选动态调控模型的构建

2.1 选煤厂工艺参数与产品指标模型

以燕子山选煤厂 2011 年块煤生产工艺指标为基础,利用 DPS(Date Processing System) 数据处理建模技术,采用非线性回归分析创建数学模型,构建燕子山选煤厂生产工艺参数(侏罗系煤与石炭系煤的混煤率 x 、重介质浅槽块煤分选密度 ρ 、块煤介耗 θ 等)与选煤厂产品指标(产率 r 、灰分 A_d 、水分 M_t 、发热量 Q) 之间的动态模型^[9-13]。

1) 块煤产率动态调控模型

$$r = -3.1924 + 1538.1878x - 553.1609\theta - 897.6956x\rho - 9.9447x\theta + 332.9323\rho\theta$$

回归方程相关系数 $R = 0.89418$, 调整相关系数 $R = 0.79530$, 检验值 $F = 4.7865$, 显著水平 $P = 0.0414$, 剩余标准差 $S = 0.8517$ 。

2) 块煤灰分动态调控模型

$$A_d = 23.7247 - 2.3680x^2 + 9.3675x\rho - 11.2206x\theta$$

回归方程的相关系数 $R = 0.73849$, 调整相关系数 $R = 0.61228$, 检验值 $F = 3.1989$, 显著水平 $P = 0.0837$, 剩余标准差 $S = 1.1883$ 。

3) 块煤全水分动态调控模型

$$M_t = 8.5935 - 74.8982\theta + 0.2629x^2 + 45.9166\rho\theta$$

回归方程的相关系数 $R = 0.79199$, 调整相关系数 $R = 0.69818$, 检验值 $F = 4.4872$, 显著水平 $P = 0.0398$, 剩余标准差 $S = 0.5373$ 。

4) 块煤发热量动态调控模型

$$Q = 5.1824 - 134.8765x + 84.5237\theta + 11.2115\rho^2 - 23.3715x\theta$$

回归方程的相关系数 $R = 0.76195$, 调整相关系数 $R = 0.68342$, 检验值 $F = 4.8813$, 显著水平 $P = 0.0514$, 剩余标准差 $S = 1.2203$ 。

2.2 块煤分选密度模型的预测及优化

入选原煤中混煤率不断变化,而块煤分选密度未及时做出调整,导致实际生产指标预测模型的精度不理想,需进一步对块煤分选密度建立预测模型。利用 Excel 中数据分析工具对入选侏罗系煤和石炭系煤的混煤率与块煤分选密度进行回归分析,建立块煤分选密度趋势预测模型,包括线性、对数、2 次多项式、3 次多项式、乘幂、指数等 6 种趋势变化预测模型,结果如图 1 所示。

预测并计算块煤分选密度,并对预测模型进行优化。建立块煤分选密度随混煤率变化的动态预测优化模型。

线性预测块煤分选密度趋势模型

$$\rho = -0.0003x + 1.6995 \quad R^2 = 0.4437$$

对数预测块煤分选密度趋势模型

$$\rho = -0.0015\ln x + 1.7 \quad R^2 = 0.4645$$

2 次多项式预测块煤分选密度趋势模型

$$\rho = 5 \times 10^{-5}x^2 - 0.0009x + 1.701 \quad R^2 = 0.5422$$

3 次多项式预测块煤分选密度趋势模型

$$\rho = 9 \times 10^{-6}x^3 - 0.0001x^2 + 4 \times 10^{-6}x + 1.6998 \quad R^2 = 0.5716$$

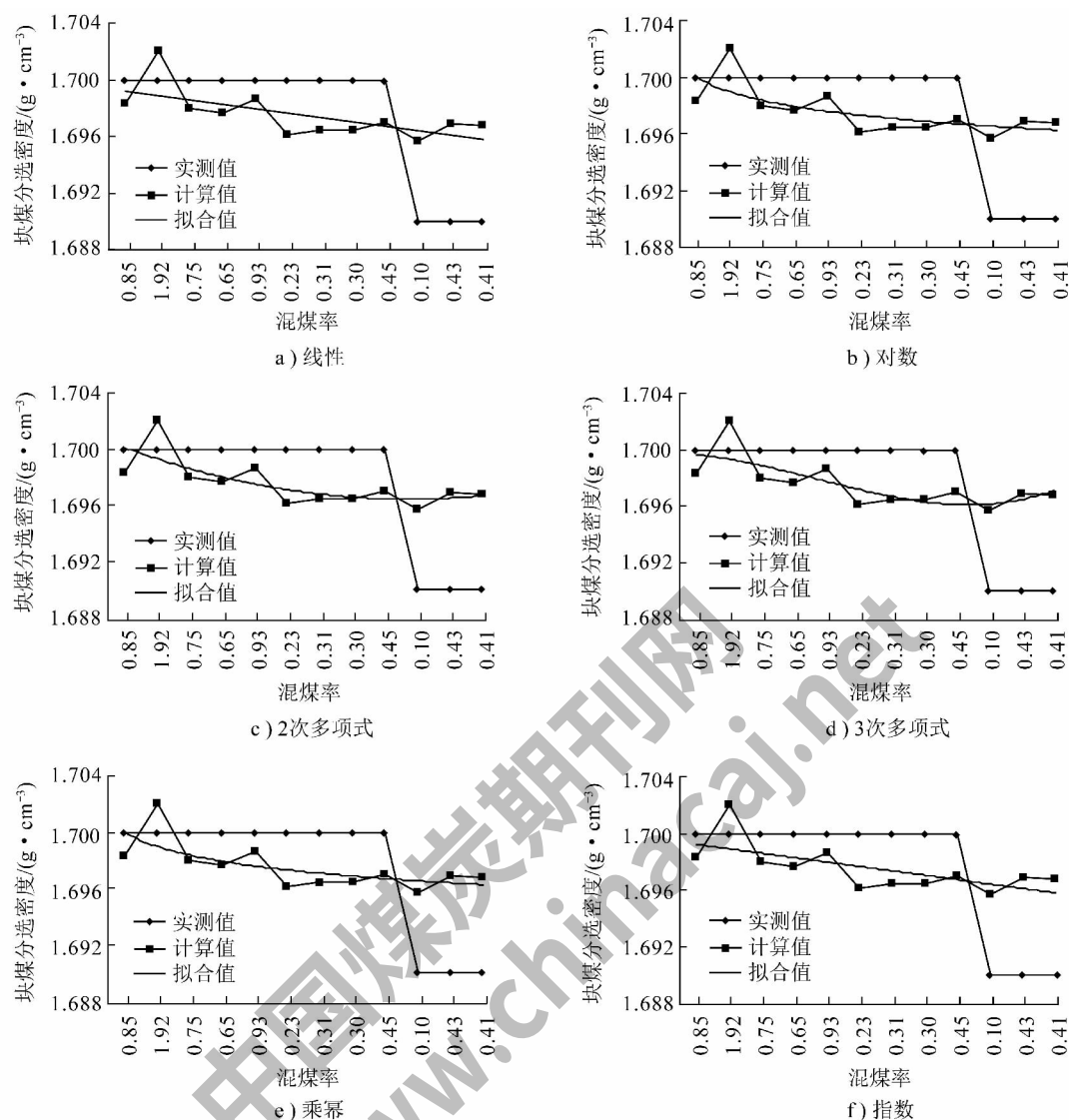


图1 块煤分选密度趋势预测模型

乘幂预测块煤分选密度趋势模型

$$\rho = 1.7x^{-0.0009} \quad R^2 = 0.4647$$

指数预测块煤分选密度趋势模型

$$\rho = 1.6995e^{-0.0002x} \quad R^2 = 0.4439$$

2.3 块煤生产指标动态调控模型的优化

利用以上预测模型计算块煤分选密度,建立块煤生产指标的动态调控优化模型。

1) 块煤产率动态调控模型优化

$$r = 10138607.9912 + 22382.6884x - 11995050.7268\rho + 56698.9367\theta + 3547821.6216\rho^2 - 13255.2974x\rho + 96.7231x\theta - 33433.6947\rho\theta$$

最优回归方程的相关系数 $R=0.96663$, 调整相关系数 $R=0.90527$, 检验值 $F=8.1348$, 显著水平 $P=0.0303$, 剩余标准差 $S=0.5969$ 。

2) 块煤灰分动态调控模型优化

$$A_d = -3702.3712 + 25784.5082x + 51.1880x^2 + 1312.4803\rho\theta + 33.3915\theta^2 - 15216.7517x\rho - 46.4277\rho\theta$$

最优回归方程的相关系数 $R=0.96259$, 调整相关系数 $R=0.91569$, 检验值 $F=10.5177$, 显著水平 $P=0.0103$, 剩余标准差 $S=0.6040$ 。

3) 块煤全水分动态调控模型优化

$$M_1 = 17430.9501 - 8308.2522x - 27184.1475\theta - 18.7549x^2 - 6065.6115\rho^2 + 4960.1612x\rho - 78.5360x\theta + 16041.7291\rho\theta$$

最优回归方程的相关系数 $R=0.94356$, 调整相关系数 $R=0.83567$, 检验值 $F=4.6378$, 显著水平 $P=0.0785$, 剩余标准差 $S=0.4122$ 。

4) 块煤发热量动态调控模型优化

$$Q = -143.2473 + 833.6435\rho - 1479.3386x^2 + 916.8651\rho^2 - 32.8115x\rho$$

最优回归方程的相关系数 $R = 0.92254$, 调整相关系数 $R = 0.84374$, 检验值 $F = 20.7613$, 显著水平 $P = 0.0489$, 剩余标准差 $S = 5.1863$ 。

由优化模型最优回归方程的相关系数可知, 块煤产率、灰分、全水分和发热量优化模型 R 分别为 0.96663、0.96259、0.94356、0.92254, 分别比优化前提高了 0.07245、0.22410、0.15157、0.16059, 说明块煤生产指标动态调控模型的优越性有了显著提高。

3 不同煤种混合入选动态调控技术的应用

利用优化的动态量化模型, 根据选煤厂生产情况对块煤分选密度进行预测计算, 用以指导选煤厂实际生产操作和工艺参数调节。调控试验后选煤厂块煤生产指标见表 3。由表 1、表 3 可知, 调控后产品质量明显改善, 产率、发热量分别升高 1.10% 和 0.45 MJ/kg, 灰分降低 1.28%, 实现了选煤产品质量的有效控制。

表 3 调控试验后 2012 年选煤厂块煤生产指标

月份	产率/%	灰分/%	全水分/%	发热量/(MJ·kg ⁻¹)
1	12.62	23.44	11.47	20.87
2	12.98	22.25	12.08	20.84
3	12.86	23.73	11.96	21.26
4	13.35	22.29	12.48	21.34
5	12.98	21.90	12.35	20.85
6	13.18	22.63	11.35	20.69
平均	13.00	22.71	11.95	20.98

4 结 语

针对大同矿区燕子山原煤开采向石炭二叠系煤延深后, 出现侏罗系和石炭二叠系双系煤共采和混合入选的情况, 进行不同煤种混合入选动态调控技术研究。调控后产品质量明显改善, 产率、发热量分别升高 1.10% 和 0.45 MJ/kg, 灰分降低 1.28%, 实现了选煤产品质量的有效控制。在选煤厂实际生产中, 应用基于分选工艺参数和产品指标量化模型的动态调控技术, 可解决不同煤种混合入选的生产技术难题, 提高生产参数调节的科学性与合理性。燕子山选煤厂不同煤种混合入选动态调控技术为解决双系煤混合入选中生产工艺参数、各项质量指标之间量化关系及动态调控等提供了依据, 对采用不同煤种混合入选的选煤厂具有借鉴意义。

参考文献:

- [1] 孔令同, 韩慧智, 徐宏祥. 山西省选煤工艺的研究与思考 [J]. 洁净煤技术, 2010, 16(1): 21-24.
- [2] 梁晋阳, 汪小琪, 任文强. 新阳选煤厂粗煤泥系统优化改造与实践 [J]. 洁净煤技术, 2010, 16(3): 28-30.
- [3] 刘文轩. 大同侏罗系煤和石炭二叠系煤配煤入选的探讨 [J]. 煤炭工程, 2006(6): 97-100.
- [4] 刘文轩. 大同煤矿集团各选煤厂选煤工艺比较与分析 [J]. 煤炭工程, 2008(2): 26-30.
- [5] 赵海洋. 云冈选煤厂的技术改造及其效果 [J]. 煤炭加工与综合利用, 2003(1): 7-10.
- [6] 全 效. 四台选煤厂技术改造方案探析 [J]. 煤质技术, 2004(6): 65-66.
- [7] 全 效. 燕子山选煤厂技术改造方案分析 [J]. 中国煤炭, 2009, 35(7): 71-73.
- [8] 倪 超, 谢广元, 蒋兆桂, 等. 煤泥“2+2”分选工艺的问题分析及优化试验 [J]. 煤炭学报, 2013, 38(11): 2035-2041.
- [9] 刘炯天. 选煤工艺试验研究方法 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1991: 101-103.
- [10] 郭会利. 多元回归分析的逐步回归预测模型 [J]. 数学教学与研究, 2009(26): 92-93.
- [11] 唐启义, 冯明光. DPS 数据处理系统: 实验设计、统计分析及数据挖掘 [M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [12] 王晓红, 吴德会. 一种燃煤发热量的综合预测方法 [J]. 煤炭科学技术, 2006, 34(6): 16-18.
- [13] 杨宏丽, 樊明强. 一种新型煤泥分级装置的分级曲线数学模型 [J]. 煤炭学报, 2012, 37(5): 187-191.
- [14] 陈晓华, 王举龙. 巴伦诺尔一矿煤发热量的综合预测 [J]. 洁净煤技术, 2012, 18(3): 67-70.
- [15] 刘晓国, 赵志根, 黄文辉. 汝箕沟煤矿煤发热量的回归分析研究 [J]. 洁净煤技术, 2011, 17(2): 51-53.

(上接第 37 页)

- [1] 董干国, 刘桂芝. BF-L 型浮选机的研究 [J]. 稀有金属, 2006, 30(5): 115-118.
- [2] 谢广元, 吴 玲, 欧泽深, 等. 煤泥分级浮选工艺的研究 [J]. 中国矿业大学学报, 2005, 34(6): 756-760.
- [3] 戴化震, 陈森林, 汤俊杰. 平煤八矿选煤厂工艺改造 [J]. 洁净煤技术, 2012, 18(4): 23-25, 43.
- [4] 谢广元, 倪 超, 张 明, 等. 改善高浓度煤泥水浮选效果的组合柱浮选工艺 [J]. 煤炭学报, 2014, 39(5): 947-953.
- [5] Clayton R, Jameson G J, Manlapig E V. The development and application of the Jameson cell [J]. Minerals Engineering, 1991, 4(7/11): 925-933.
- [6] Safak Gohan Ozkan. Effects of simultaneous ultrasonic treatment on flotation of hard coal slimes [J]. Fuel, 2012, 93(3): 576-580.
- [7] 谢领辉. 高浓度煤泥水浮选柱分选试验研究 [J]. 徐州: 中国矿业大学, 2009.
- [8] MT/T 58—1993, 煤粉筛分试验方法 [S].
- [9] MT/T 144—1997, 选煤实验室分步释放浮选试验方法 [S].