

2019 年 MathorCup 高校数学建模挑战赛题目

D 题 钢水“脱氧合金化”配料方案的优化

炼钢过程中的脱氧合金化是钢铁冶炼中的重要工艺环节。对于不同的钢种在熔炼结束时，需加入不同量、不同种类的合金，以使其所含合金元素达标，最终使得成品钢在某些物理性能上达到特定要求。随着钢铁行业中高附加值钢种产量的不断提高，如何通过历史数据对脱氧合金化环节建立数学模型，在线预测并优化投入合金的种类及数量，在保证钢水质量的同时最大限度地降低合金钢的生产成本，是各大钢铁企业提高竞争力所要解决的重要问题。国外从上世纪九十年代开始研究计算机自动配料，到目前为止，已经形成了具备以合金收得率预测及成本优化算法为主体的自动配料模型，该模型可以实现自动脱氧合金化的功能。国内钢铁企业除部分车间具有引进的脱氧合金化模型外，其他炼钢车间尚未采用这一技术，而是按照不同元素的固定收得率或经验值计算各种合金的加入量，难以实现当前炉次合金配料的自动优化和成本控制。

合金收得率指脱氧合金化时被钢水吸收的合金元素的重量与加入该元素总重量之比。在钢水脱氧合金化过程中，合金收得率受多种因素影响，难以采用显式表达式确定。通过对低合金钢种前期冶炼数据的采集，得到历史真实数据附件 1，以及常用合金成分说明附件 2，所需其它数据请自行查找。

建立合适的数学模型，分析并解答以下问题：

问题 1：钢水脱氧合金化主要关注 C、Mn、S、P、Si 五种元素的含量，请根据附件 1 计算 C、Mn 两种元素历史收得率，并分析影响其收得率的主要因素。

问题 2：在问题 1 的基础上，构建数学模型，对 C、Mn 两种元素收得率进行预测，并进一步改进模型及算法，尽可能提高这两种元素收得率的预测准确率。

问题 3：不同合金料的价格不同，其选择直接影响钢水脱氧合金化的成本。请根据问题 2 中合金收得率的预测结果及附件 2，建立数学模型，实现钢水脱氧合金化成本优化计算，并给出合金配料方案。

问题 4：请根据你们的研究结果，给炼钢厂领导写一封建议信（一页以内）。

附件 1：炼钢历史数据

“炉号”指转炉一包钢水的生产顺序编号；

“钢种”指根据钢种元素含量、结构等对钢做的分类；

“钢号”指按国家标准对具体钢产品取的名称，如钢号 HRB400B 为一种热轧带肋钢筋，其主要合金元素含量的国家标准为

钢号	标准	元素含量（%）				
		C	Si	Mn	P	S
HRB400B	内控区间	0.19-0.25	0.50-0.65	1.30-1.60	≤0.045	≤0.045
	目标值	0.23	0.55	1.45	0.04	0.04

“转炉终点温度”指脱氧合金化之前所测得的钢水温度；

“转炉终点 C”指脱氧合金化之前的钢水中碳元素的含量，其数值为重量百分比，如 0.00065=0.065%，其他元素数据含义相同；

“钢水净重”指本炉钢水的净重量，单位为 kg；

“连铸正样 C”指脱氧合金化之后钢水中碳元素的含量，其数值为重量百分比，如 0.0023=0.23%，其他元素数据含义相同；

其他为所加入合金料的重量，单位为 kg；最后一列为“硅钙碳脱氧剂”加入量，单位为 kg。

附件 2：各种合金料成分说明

附件 2 中的数据为向钢水中加入的合金料的自身成分，其数值为重量百分比，最后一列为参考价格。