**2022年第十九届五一数学建模竞赛题目**

**B题 矿石加工质量控制问题**

提高矿石加工质量，可以直接或间接地节约不可再生的矿物资源以及加工所需的能源，从而推动节能减排，助力“双碳”目标的实现。矿石加工是一个复杂的过程，在加工过程中，电压、水压、温度作为影响矿石加工的重要因素，直接影响着矿石产品的质量。矿石加工过程如图1所示。某生产车间对于一批原矿进行加工，相关的原矿参数见附件1和附件2。为了方便描述，假设矿石加工过程需要经过系统I和系统II两个环节，两个环节不分先后，其他条件（电压、水压等）保持不变。生产技术人员可以通过传入调温指令，调节温度来改变产品质量。其中系统I和II的温度数据见附件1和附件2。矿石加工过程为2小时整（即：在调节温度2个小时后，可检测得到该调节温度所对应的矿石产品质量的评价指标（A,B,C,D）），假设每次温度调节之后的2个小时内不会传入新的调温指令，附件1和附件2中的温度数据记录了系统的实时温度，调温指令下达后系统温度基本与调温指令设定的温度相同，但是有轻微波动。注：附件1和附件2中，原矿参数和过程数据未给出数据的具体名称，不同类型的数据，采集时间间隔不同。

原矿参数

系统I

原矿

系统II

矿石产品

过程数据

图1 矿石加工过程

**问题1：**附件1给出了该生产车间2022-01-13至2022-01-22的生产加工数据，请应用附件1的数据，建立数学模型，给出利用系统温度预测产品质量的方法。在给定的2022-01-23原矿参数（见附件1）和系统设定温度（见表1，假设系统温度与调温指令设定的温度相同）下，给出产品质量预测结果。注意：在所给数据中，由于其他不确定因素的影响，在相同（或者相近）的系统温度下生产出来的产品质量可能有比较大的差别，在这种情况下请预测可能性最大的产品指标，并填入表1。

表1 问题1结果

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 时间 | 系统I设定温度 | 系统II设定温度 | 指标A | 指标B | 指标C | 指标D |
| 2022-01-23 | 1404.89 | 859.77 |  |  |  |  |
| 2022-01-23 | 1151.75 | 859.77 |  |  |  |  |

**问题2：**根据问题1的结果，利用附件1的数据，假设原矿参数和产品目标质量已知（系统温度未知），请建立数学模型，估计产品目标质量所对应的系统温度。在给定的2022-01-24原矿参数（见附件1）和目标产品质量（见表2）下，给出系统设定温度（假设调温指令设定的温度与系统温度相同）。注意，同一组产品质量可能有多种调温方法都可以得到，请给出可能性最大的系统设定温度，并填入表2。

表2 问题2结果

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 时间 | 指标A | 指标B | 指标C | 指标D | 系统I设定温度 | 系统II设定温度 |
| 2022-01-24 | 79.17 | 22.72 | 10.51 | 17.05 |  |  |
| 2022-01-24 | 80.10 | 23.34 | 11.03 | 13.29 |  |  |

**问题3：**过程数据是在矿石加工过程中检测得到的（见图1），可以反映原矿质量。由于同一批次（天）的原矿质量有差别，也可能造成在传入相同（或者相近）调温指令后生产出来的产品质量有差别。附件2给出了该生产车间2022-01-25至2022-04-07的生产加工数据及过程数据。表3给出了矿石产品的销售条件，满足销售条件的产品视为合格产品，否则视为不合格产品，假设每单位时间生产的产品数量相同，合格率=合格产品数/产品总数。请建立数学模型，给出指定系统设定温度，预测矿石产品合格率的方法。在给定的2022-04-08和2022-04-09原矿参数、过程数据（见附件2）和系统设定温度（见表4，假设系统温度与调温指令设定的温度相同）下，给出合格率预测结果，填入表4，并建立数学模型对给出的合格率的准确性进行评价。

表3 产品销售条件

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 指标 | 指标A | 指标B | 指标C | 指标D |
| 销售条件 | 77.78 - 80.33 | <24.15 | <17.15 | <15.62 |

表4 问题3结果

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 时间 | 系统I设定温度 | 系统II设定温度 | 合格率 |
| 2022-04-08 | 341.40 | 665.04 |  |
| 2022-04-09 | 1010.32 | 874.47 |  |

**问题4：**根据问题3中的结果，利用附件2的数据，建立数学模型分析在指定合格率的条件下，如何设定系统温度的方法，并完成以下任务：（1）适当的敏感性分析；（2）对结果准确性的分析；（3）判断能否达到表5中给出的2022-04-10和2022-04-11产品的合格率要求（原矿参数和过程数据见附件2），如果可以达到，给出系统设定温度（假设系统温度与调温指令设定的温度相同），并将结果填入表5。

表5 问题4结果

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 时间 | 合格率 | 能否达到 | 系统I设定温度 | 系统II设定温度 |
| 2022-04-10 | 80% |  |  |  |
| 2022-04-11 | 99% |  |  |  |