



Annual Production Plan of Mine Based on Linear Programming

Shulin Jiang¹, Zhao Zhang², Qiaozhi Sang³

¹Mining Engineering College, North China University of Science and Technology, Tangshan, China

²Mechanical College, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang, China

³Yisheng College, North China University of Science and Technology, Tangshan, China

Email: 892965571@qq.com

How to cite this paper: Jiang, S.L., Zhang, Z. and Sang, Q.Z. (2018) Annual Production Plan of Mine Based on Linear Programming. *Open Access Library Journal*, 5: e4651. <https://doi.org/10.4236/oalib.1104651>

Received: May 10, 2018

Accepted: June 5, 2018

Published: June 8, 2018

Copyright © 2018 by authors and Open Access Library Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

In order to solve the difficulty of the arrangement of ore production at each mine site during the transition from open pit to underground mining in Shirengou iron mine. Taking the largest amount of mining as the objective function, each deposit storage capacity, ore dilution rate, ore loss rate and grade as the constraints, thus the linear programming model was established and solved by lingo considering the balance between reserve and production ratio. The optimal number of each mining area mining was obtained, providing a theoretical basis for raising the overall economic benefits of mining transition period.

Subject Areas

Mineral Engineering

Keywords

Mine Production Plan, Linear Programming, Optimum Mining Program, Lingo Software

1. 引言

线性规划(Linear Programming 简记 LP)是数学规划的一个重要分支。自从1947年 G.B. Dantzig 提出求解线性规划的单纯形方法以来,线性规划在理论上趋向成熟,在实用中日益广泛与深入[1]。特别是在计算机能处理成千上万个约束条件和决策变量的线性规划问题之后,线性规划的适用领域更为广泛,已成为现代管理中经常采用的基本方法之一[2] [3]。杨驰[4]等针对鞍千矿公司科学配矿的需求,应用线性规划算法建立了露天矿多采场协同开采资源配置优化模型,提高可生产效率,降低了生产成本。高志国[5]等为了解决经济试凑

方法配矿效率低下,无法满足现代矿山生产要求的问题,建立了露天矿配矿数学模型,利用 lingo 软件求解得出了满足最小运输功的配矿方式。王军红[6]以线性规划理论为基础,提出矿山生产中汽车运输方案优化的方法,减小了露天矿山矿石的质量波动程度。张慧慧[7]建立了总体线性规划模型和短期线性规划模型,得出了露天采矿生产中可行的动态控制方案,验证了线性规划法在露天采矿过程中的科学性及其合理性。周琴等[8]根据徐州矿山材料公司的生产特点,采用线性规划的方法以年度利润最大化为生产计划模型,并运用 lingo 软件进行求解,得到了实现最大利润的开采方案,有效的提高了生产效率。李事婕[9]等为合理安排每个采场的矿石开采量,综合考虑了矿石供应需求和井下工程状况,建立了辅助采矿计划编制的线性规划模型,提高了开采的经济效益。刘浪[10]等将模糊预测型线性规划模型转变为模糊线性规划模型,得到矿山产能取得最大经济效益时的产能分配,实现生产资料的科学配置和利润的最大化。综上可知充分考虑矿山开采过程中的各种约束条件,建立线性规划模型可求解出较为科学合理的矿山生产计划,为矿山的高效生产和安全转型提供理论依据。

唐山钢铁集团有限责任公司下属的石人沟铁矿经过近 30 年的开采,目前处于露天转地下过渡时期,其开采特点是:开采方式多样化,既有边坡硐采,又有小设备露天开采和地下开采;地下开采点多面广;采用承包方式进行开采。这些特点使得矿山开采系统生产规划十分复杂。本文以该时期各矿点的矿石产量安排困难的问题为背景,设计满足矿山要求的最优开采方案,为石人沟铁矿的安全转型提供理论保障。

2. 模型建立

矿山管理需要下达矿山企业在计划期限内达到的产品品位、质量、产量、产值等生产活动指标,并进行生产进度的安排,最终作为指导矿山企业计划期内生产活动的纲领性方案,是企业生产管理的主要依据[11],矿山企业的计划管理环节如图 1 所示。

本文对石人沟铁矿的开采计划进行编制,收集到 2007 年石人沟铁矿计划采出矿石的储量、质量及技术经济指标见表 1。线性规划模型以满足生产计划的产量最大化作为目标。约束条件主要是对于采矿点所采出的矿石品位控制、损失贫化率控制、采出矿石成本控制;再者就是对各采矿点的储采比进行控制,以保持生产均衡。

2.1. 目标函数确定

矿山的开采效益与矿山开采量的息息相关,若想实现矿区的安全转型,必须在保证在开采效益的基础上进行开采,故线性规划模型以开采产量最大化为目标函数如式(1)所示,式中, x_i 为第 i 个矿点的计划开采量, n 为采矿点的个数。

$$\text{Max}N = \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

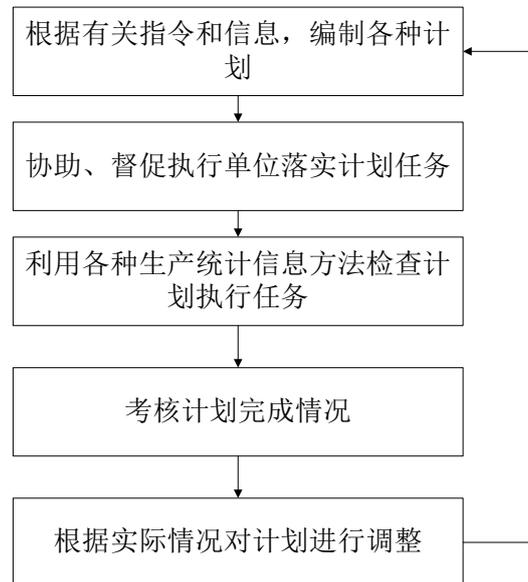


图 1. 矿山企业的计划管理环节

表 1. 2007 年石人沟铁矿计划采出矿石的储量、质量及技术经济指标

出矿点	占总储量比例/%	矿石损失率/%	矿石贫化率/%	采出矿石品位/%	采出矿石成本/元	矿石储量/万吨
措施井	12.7	19	19	27.8	105.05	51
中字队	29.9	18	18	29.5	153.14	120
分支巷	28.5	19	19	28	172.05	114
平二队	14.7	20	20	28.6	170.05	59
安装队	10.0	21	21	27	175.05	40
露天小采	0.5	16	16	26.8	22.5	2
边坡硐采	3.7	15	15	26.5	24.88	15
合计	100					401
控制值		18.5	18.5	28	105	

2.2. 年产量约束

由于矿区生产条件的约束, 矿区的开采量不会大于当前生产力条件下的最大开采量, 即矿区的开采量满足式(2), 式中 O 表示当前生产条件下矿区最大的开采量。

$$\sum_{i=1}^n x_i \leq O \quad (2)$$

2.3. 储采比约束

各矿点的矿石储量确定, 且考虑各矿点的矿石质量及技术指标存在较大差异, 故不可对某个矿点的矿石全部开采或放弃开采, 否则后期开采可能会出现负盈利开采的现象, 因此各矿点的开采量应满足式(3), 式中 $S_{i\min}$ 及 $S_{i\max}$ 分别代表第 i 个矿点的最大和最小开采量, 规定者两个值是满足最小成本条件下的

最值，其取值方法如式(4)所示，式中 k 为满足成本最低的比例系数，经过迭代运算得知 k 的最优值为 $1/20$ 。 p_i 为第 i 个矿点的矿石占总储量的比例， s_i 为第 i 个矿点的矿石储量。

$$S_{i\min} \leq x_i \leq S_{i\max} \quad (3)$$

$$\begin{cases} S_{i\min} = \frac{p_i \times s_i}{k} \\ S_{i\max} = s_i - \frac{p_i \times s_i}{k} \end{cases} \quad (4)$$

2.4. 矿石损失率约束

矿石损失率是指工业矿石(或金属含量)丢失的程度，即损失矿石量或金属量占该采场或采场区段内矿石储量或金属量的百分比。在矿山开采过程中都不可避免的产生矿石的损失，矿石的损失会造成不可再生资源的浪费，缩短矿山的的服务年限[12]。矿石的损失率是影响矿山开采效益的主要条件之一，在开采前需要对开采矿石的损失率做约束，即开采矿石的平均损失率应小于规定的最大贫化率，即满足式(5)，式中 L_i 为第 i 个矿点的矿石损失率， L_{\max} 为开采矿石的最大允许矿石贫化率。

$$\frac{\sum_{i=1}^n L_i \times x_i}{\sum_{i=1}^n x_i} \leq L_{\max} \quad (5)$$

2.5. 矿石贫化率约束

矿石贫化率(亦称废石混入率)是指工业矿石品位降低的程度，以百分数表示；是采出的矿石品位与平均地质品位之比，是指矿石在开采过程中，由于废石的混入，致使采出矿石的品位降低，其降低程度以百分比表示。矿石的贫化使得采出矿石的品位降低，废石的混入增大了矿石的运输及选矿成本，矿石的品位降低，最终导致开采的经济效益降低[13]。在开采前需要对开采矿石贫化率进行约束，即开采矿石的平均贫化率应小于规定最大贫化率，即开采贫化率满足式(6)。式中 D_i 为第 i 个矿点的开采贫化率， D_{\max} 开采所允许的最大贫化值。

$$\frac{\sum_{i=1}^n D_i \times x_i}{\sum_{i=1}^n x_i} \leq D_{\max} \quad (6)$$

2.6. 品位约束

品位是指矿石中 有用元素或它的化合物含量比率。含量愈大，品位愈高。据此可以确定矿石为富矿或贫矿。矿石的品位是决定开采收益的重要因素之一，因此若想保证开采的收益必须保证开采的平均品位大于规定的最小品位，即开采的品位满足下式，式中 T_i 为第 i 个矿区的矿石品位， T_{\min} 为开采所能允许的最小开采品位。

表 2. 开采计划表

出矿点	开采量/万吨	矿石损失率/%	矿石贫化率/%	采出矿石品位/%	采出矿石成本/元	矿石储量/万吨
措施井	6.7	19	19	27.8	105.05	51
中宇队	72.8	18	18	29.5	153.14	120
分支巷	2.2	19	19	28	172.05	114
平二队	2.0	20	20	28.6	170.05	59
安装队	0.5	21	21	27	175.05	40
露天小采	1	16	16	26.8	22.5	2
边坡硐采	14.8	15	15	26.5	24.88	15

$$T_{\min} \leq \frac{\sum_{i=1}^n T_i \times x_i}{\sum_{i=1}^n x_i} \quad (7)$$

2.7. 开采成本约束

矿区开采的成本直接影响到开采的收益，故若想提到开采的利润，必须控制开采的成本，因此开采过程中的平均成本应小于所能承受的最大成本，故开采成本满足式(8)，式中 M_i 为第 i 个采矿点的开采成本， M_{\max} 为开采过程中所能承受的最大成本。

$$\frac{\sum_{i=1}^n M_i \times x_i}{\sum_{i=1}^n x_i} \leq M_{\max} \quad (8)$$

3. 模型求解

以产量最大为目标函数，并以表 1 所示 2007 年石人沟铁矿计划采出矿石的储量、质量及技术经济指标为约束条件，在年约束产量为 100 万吨的条件下对模型进行迭代求解，利用 lingo 软件编写程序实现模型的单纯形法迭代求解可得出 $\text{Max}N = 100$ ，各采矿点的出矿量分别为： $x_1 = 6.7$ ， $x_2 = 72.8$ ， $x_3 = 2.2$ ， $x_4 = 2.0$ ， $x_5 = 0.5$ ， $x_6 = 1.0$ ， $x_7 = 14.8$ 。且矿物损失率为 17.68%，矿物贫化率为 17.68%，矿物品位为 28.85%，均比优于控制值，因此石人沟铁矿在年产量为 100 万吨的条件下，按表 2 所示开采方案安排开采任务，采矿技术及经济指标均可达到 2007 年的计划要求。

4. 结论

本文在矿山开采计划安排中应用线性规划的方法，合理的控制各矿点的开采量，使得矿石达到质量控制和合理利用资源的目的。同时利用线性规划模型对石人沟铁矿采掘计划进行优化，使 2007 年矿石损失率、贫化率分别均有一定程度的降低，同时开采矿物的品位有所上升，提高了矿山过渡期开采总体经济效益，具有一定的借鉴意义。

References

- [1] 章海燕. 含模糊变量的两层多目标线性规划方法[J]. 科技通报, 2017, 33(8): 11-14.
- [2] 陈忠强, 王李管, 熊书敏, 等. 基于模糊预测性线性规划的矿山产能分配方案优化分析[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2014, 45(9): 3166-3173.
- [3] 刘伟, 田斌. 露天磷矿数字配矿模型[J]. 武汉工程大学学报, 2013, 35(8): 23-26.
- [4] 杨驰, 吴建胜, 等. 露天矿多采区协同开采资源配置优化[J]. 金属矿山, 2017(6): 18-23.
- [5] 高志国, 宿海芬. 线性规划在露天矿配矿中的应用[J]. 内蒙古科技大学学报, 2017, 36(2): 137-140.
- [6] 王军宏. 线性规划在露天矿生产中的应用探讨[J]. 酒钢科技, 2016(2): 6-9, 18.
- [7] 张慧慧. 露天采矿排岩系统的线性规划法研究及其应用[J]. 露天采矿技术, 2014(2): 34-36.
- [8] 周琴, 马从安, 郑玲玲. 线性规划在矿山材料公司生产计划中的应用[J]. 煤炭技术, 2013, 32(1): 270-272.
- [9] 李事捷, 徐志宏. 线性规划法在采矿计划中的应用[J]. 金属矿山, 2009(4): 20-21, 25.
- [10] 刘浪, 陈建宏, 郑海力. 模糊预测型线性规划在矿山产能分配中的应用[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2012, 43(2): 611-619.
- [11] 关贤欢. 基于计算机模拟技术的矿山生产计划编制研究[J]. 现代矿业, 2017, 33(2): 78-81.
- [12] 吴海彦. 充填采矿法矿石损失贫化的原因及控制措施[J]. 河南冶金, 2013, 21(2): 34-35, 44.
- [13] 覃健华, 杨泽光. 矿石贫化率的控制措施及计算方法探讨[J]. 企业科技与发展, 2017(3): 87-89.