

Research and Application of Multidimensional Matching Algorithm Based on Bipartite Graph in Power Materials Inventory Balance

Yuan Cai

Jiangsu Electric Power Info-Tech Co. Ltd., Nanjing Jiangsu
Email: qqtangcy@126.com

Received: Jul. 27th, 2019; accepted: Aug. 8th, 2019; published: Aug. 15th, 2019

Abstract

The material management of electric power enterprises has the characteristics of wide distribution and high demand for response time. In order to ensure the timely and stable supply of power supplies, the electric power enterprises have formed a wide range of inventory locations in the distribution area. Balanced libraries can integrate the existing inventory information of all warehouses, and match each other according to the current material demand plan, so as to reduce the quantity of material procurement and eliminate the backlog of inventory materials. Referring to the principle of multiple matching algorithm of bipartite graph, this paper uses ABAP language to design and simulate the logic of multi-algorithm of bipartite graph. According to the relationship among multiple factors such as demand plan, inventory, level of material pool, weight of libraries between counties and cities, the function of multi-to-many one-key libraries is realized in the planning link, and finally "intelligent, fast, comprehensive and reasonable" balanced libraries in the whole process is realized. The system is based on ABAP language to design balanced libraries function and interface. It can dynamically set libraries level and scope of libraries materials according to user's requirements. In operation, it can automatically generate transfer orders according to the results of libraries and complete one-button libraries transfer function.

Keywords

Bipartite Graph, Multidimensional Matching, Inventory Balance, ERP

二分图多重匹配算法在电力物资平衡利库中的 研究与应用

蔡媛

江苏电力信息技术有限公司，江苏 南京
Email: qqtangcy@126.com

收稿日期：2019年7月27日；录用日期：2019年8月8日；发布日期：2019年8月15日

摘要

电力企业物资管理具有分布地域广泛、响应时间要求高等特点。为确保电力物资的及时稳定供应，电力企业分布在多个区域广泛的库存地点。平衡利库能够整合所有仓库的现有库存物资信息，同时结合当前物资需求计划情况，实现相互匹配，以减少物资采购数量，消除积压的库存物资。本文参考二分图多重匹配算法原理，运用ABAP语言设计模拟二分图多重算法逻辑，根据需求计划、可利库库存、物资利库级别、县市之间利库权重等多重因子之间的相互关系，在计划环节实现多对多的一键利库功能，最终实现“智能、快捷、全面、合理”的全过程平衡利库。系统基于ABAP语言设计平衡利库功能以及界面，能够根据用户要求动态设置利库级别以及利库物资范围，在操作上实现根据利库结果自动生成调拨单，完成一键式利库调拨功能。

关键词

二分图，多重匹配，平衡利库，ERP

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

随着社会的不断进步和用电需求的飞速发展，物资管理作为电网建设和运维过程中不可或缺的一个重要环节，对电网企业的安全生产运行起着决定性的作用，物资管理水平的高低直接影响着电网企业的发展进程。电力企业物资管理的核心业务主要包括物资需求管理、采购管理、合同管理、库存管理和供应商管理等工作，并且保证企业物资采购和库存资源的合理使用，实现收益最大化。

由于电力企业的电网生产运行具有高度的连续性，由此决定了电力物资供应必须保证电网生产和建设需求。此外，供电的安全和质量具有广泛的社会影响，由此电力企业肩负着较大的社会责任，面对各种突发应急抢修工作，电力企业要求物资供应部门必须及时组织电力生产运行所需要的各种电力物资。因此，加强电力企业物资管理，对保证电力生产的安全经济运行和基建工程的顺利投产，提高企业经济效益和社会效益，都有着不可替代的作用[1]。

对于电力企业来说，由于其项目的特殊性，物资管理过程中可能会存在库存积压物资过多、调拨困难的情况。本文致力于解决物资利库过程中出现的匹配不合适、调拨困难等问题，将运用二分图原理，参考二分图多重匹配算法的计算规则，在需求和可利库库存之间寻求最优的调拨距离及匹配方案，在设定业务流程范围内求取最优解，简化利库配比流程，得出最优利库方案[2]。

2. 平衡利库及存在问题

以某省级电力公司为例，平衡利库作为国网公司物资集约化管理的重要组成部分和管理手段，已上

线运行多年,截至目前系统中含有4千多条可利库物资数据,单位数量达到93万以上。该省级电力公司已经实现了简单的平衡利库模式(方式为单条匹配、手工操作),已实现全省各级供电公司在需求计划提报环节、需求计划县、市、省三级汇总审批环节进行平衡利库,根据库存物资和物资扩展编码将需求物资与库存物资进行比对,利库成功的物资条目不再进行后续采购,实现物资的简单利库。

业务用户在多年平衡利库使用过程中,对系统易用性、匹配精准度提出了更高的要求,当前平衡利库中主要问题如下:

一、利库逻辑机械单一匹配效果低下:

要求单条可利库数量必须大于等于需求数量情形下,才允许执行利库,不支持累计数匹配。执行过程中,未考虑可利库先后顺序,未考虑匹配过程的已被占用的利库数量等情况。

二、未考虑调拨经济效益:

系统中缺乏合理调拨原则,如可利库物资种类、距离远近,无法给予系统使用者最大、最优判断,造成不经济或不合理调拨。

三、系统操作方式繁琐:

依赖计划员人工逐条判断并逐行点击“是否执行利库方案”操作,方式繁琐,造成工作效率低下,使用者体验差、利用率低。由于平衡过程中可利库数量不更新,界面中显示的可以利库的条目在实际利库时,可能会存在利库物资不够的情况。

3. 二分图及主要算法介绍

二分图(Bipartite Graph):

二分图,是图论中的一种特殊模型。简单的说,一个图被分成了两部分,相同的部分没有边,那这个图就是二分图,二分图是特殊的图,在二分图中,顶点可以分为两个集合,每一条边的端点都分别位于这两个集合。对应到平衡利库业务中,这两个集合分别为需求集合和可利库库存集合。

二分图匹配(Bipartite Matching):

给定一个二分图 G ,在 G 的一个子图 M 中, M 的边集 $\{E\}$ 中的任意两条边都不依附于同一个顶点,则称 M 是一个匹配。详细匹配见图 1 所示:

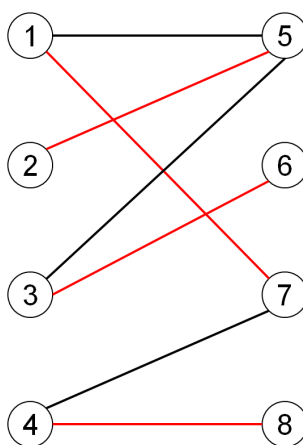


Figure 1. Maximum matching
图 1. 最大匹配

极大匹配是指在当前已完成的匹配下,无法在通过增加未完成匹配的边的方法来增加匹配的边数。最大匹配是所有极大匹配当中边数最大的一个匹配。选择这样的边数最大的子集程伟图的最大匹配问题。

如果一个匹配中，图中的每个顶点都和图中某条边相关联，则称此匹配为完全匹配，也称作完备匹配。

最佳匹配又称为最大权值匹配，就是在是指在带有权值边的二分图中，求一个匹配使得匹配边上的权值和最大。一般 X 和 Y 集合顶点个数相同，最优匹配也是一个完备匹配，即每个顶点都被匹配。如果个数不相等，可以通过补点加 0 边实现转化。求一个二分图的最佳匹配的普遍算法是 KM (Kuhn-Munkres) 算法。KM 算法的基本思想是，把权值转化为可行顶标，再用匈牙利算法求出一组完备匹配，如果无法求出完备匹配，则修改可行顶标，直至找到完备匹配为止，这时的完备匹配为最佳匹配。

KM 算法步骤：

- 1) 用邻接矩阵来存储图，注意：如果只求最大权值匹配而不要求完全匹配，请把各个不相连的边的权值设置为 0。
- 2) 运用贪心算法初始化标杆。
- 3) 用匈牙利算法找到完备匹配。
- 4) 如果找不到，则通过修改标杆，增加一些边。
- 5) 重复 3) 4) 步骤，直到完备匹配时可结束。

4. 基于平衡利库的二分图多重匹配算法

4.1. 平衡利库功能需求分析

一、进一步细化并明确平衡利库先决条件。

物资利库级别明确：不同物资可能有不同的利库范围。

大部分通用物资均可在本工厂、本地区、全省范围三个层级内基于平衡利库的二分图多重匹配算法进行利库。

部分消耗类物资只在本工厂进行利库。比如水泥杆(大类编码 14、中类编码 01、小类编码 002)、金具(大类编码 14、中类编码 01、小类编码 003)、电缆附件(大类编码 14、中类编码 08)等物资。

部分特殊物资不纳入平衡利库范围。比如铁附件(大类编码 14、中类编码 06)、环网柜(大类编码 10、中类编码 16、小类编码 006)等物资。

县市利库级别明确：维护不同地市之间的距离权重关系，两地市间权重越大，利库越优先。

在省平衡利库汇总环节，优先本地市平衡利库，不满足条件再按地市公司之间的距离权重优先进行片区范围内的平衡利库，最后再考虑全省范围内的利库：

例：

- 1、南京、无锡、常州、苏州和镇江为同一片区。
- 2、泰州、南通、扬州和淮安为同一片区。
- 3、徐州、连云港、宿迁和盐城为同一片区。

二、按照二分图多重匹配算法进一步优化利库方案。

根据平衡利库的需求，根据平衡利库基础数据、按照二分图多重匹配算法根据物料主数据和扩展编码，用物资需求计划集匹配可利库库存物资集，最终完成多条物资同时利库、自动匹配、最优选择、自动生成调拨单等一系列利库操作。

4.2. 二分图多重匹配算法设计

1、需求归集

将需要进行县平衡利库的数据全部写入需求集，县市 A 编码为工厂的 3, 4 位，并按照物资编码 + 扩展编码排序。

2、需求匹配基础表

物资利库级别：维护不同类型物资的利库级别。

县市利库级别(原始路径集)：维护不同县市之间的距离权重及利库级别。

3、需求匹配可利库库存

将找到的数据按物资编码 + 扩展编码 + 县市 B 编码 + 可利库级别为筛选条件在利库库存对应表中去找符合的数据，将找到的数据全部写入库存集。

4、平衡利库匹配

需求集和库存集写入后，将需求集根据物资分类，每一类物资单独进行利库。每类物资按照二分法匹配原则将需求集和库存集进行最优匹配。匹配过程中，遵循权重最大化原则，选取调拨最优路径完成物资平衡利库。匹配成功后，需求集更新已利库数量，库存集更新已利库数量和可利库数量，同一组物资匹配完成后，按需生成相关后续凭证。

5、根据匹配结果生成相关后续凭证

物资匹配后，需求集的已利库数量 = 需求数量，即完全平衡利库，则更新采购申请已结算标识；若该条物资匹配后，需求集的已利库数量 < 需求数量或不能平衡利库，则物资继续进入下一级采购汇总。

每条需求匹配运行完成后，若完全平衡利库，自动创建冻结物料凭证、创建转储订单、更新采购申请已结算标识。若未完全平衡利库，则不创建后续凭证。

4.3. 基于平衡利库的二分图多重匹配算法实现

一、匹配算法实现原理说明

为方便描述，将需求集记为 A，其中每一个需求为 A_i 。将库存集记为 B，其中每一个库存为 B_j 。

1、循环需求集 A。

2、对第一条需求 A_i ，在原始路径集中查找与当前 A_i 相关联的权值最大的 B_j ，如果 B_j 数量大于 0，将路径集 A_i-B_j 添加进结果路径集 Z。如果 B_j 数量大于等于 A_i 数量，则匹配结束，执行步骤 1；如果 B_j 数量小于 A_i 数量，则在原始路径集中按权值从大到小依次查找与 A_i 相关联的 B_j ，直到 B_j 的数量和大于等于 A_i ，或者循环结束。

3、对非第一条需求 A_i ，在原始路径集中查找与当前 A_i 相关联的权值最大的 B_j ，如果 B_j 数量大于 0，将路径集 A_i-B_j 添加进结果路径集 Z。如果 A_i 数量等于 0，则匹配结束，执行步骤 1；如果仍大于 0，则执行步骤 3.1。

3.1、循环原始路径集，查找与当前需求 A_i 相关联的 B_j ，放入计算路径集 J。

3.2、循环计算路径集 J 中的 B_j ，在原始路径集中查找与 B_j 相关联的 A_m ，放入可断开路径集 D。

3.3、循环可断开路径集 D 中的 A_m ，在原始路径集中查找与 A_m 关联的 B_n ，放入计算路径集 J。

3.4、循环计算路径集 J，依次计算“预计权值” = “当前 A_i 与 B_j 的权值” - “可断开路径(B_j-A_m)的权值” + “可添加路径(A_m-B_n)的权值”。并按“预计权值”的倒叙排序。

3.5、取计算路径集 J 中，计算后预计权值最大的路径，作为实际添加/断开 - 添加路径。

4、执行步骤 1，直到循环结束。

二、简单图例举证展示匹配原理：

1、假设有需求集 A 和库存集 B，红线表示对应的需求可与库存匹配，即可进行平衡利库(如 A_1 计划可由 B_1 或 B_2 的库存调拨)，见图 2 所示。

2、按照顺序依次将需求 A 和库存 B 匹配，发现需求 A_1 可以匹配库存 B_1 ，则认为 A_1 和 B_1 匹配成功，连上一条蓝线，见图 3 所示。

3、接着将需求 A2 匹配，发现可以匹配库存 B2，则认为 A2 和 B2 匹配成功，连上一条蓝线，见图 4 所示。

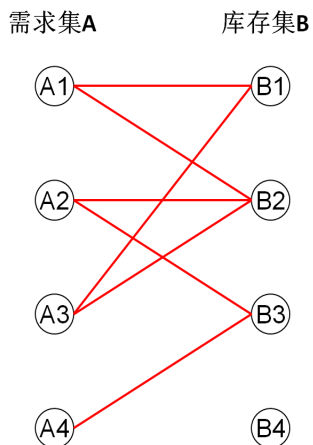


Figure 2. Step 1 figure for illustration
图 2. 步骤 1 图例说明

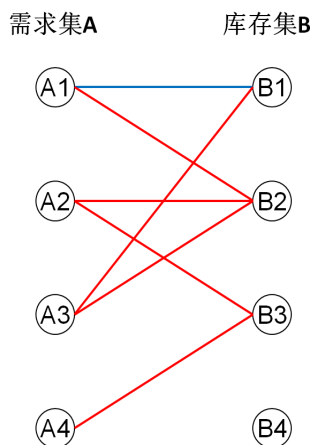


Figure 3. Step 2 figure for illustration
图 3. 步骤 2 图例说明

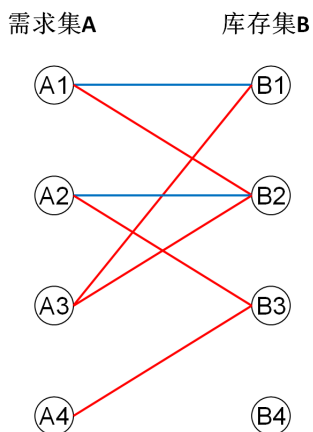


Figure 4. Step 3 figure for illustration
图 4. 步骤 3 图例说明

4、接下来为需求 A3 匹配，发现可以匹配的库存 B1 和 B2 均已被其他需求匹配，无法匹配 A3，尝试将之前的需求 A1 匹配另一个库存，将 A1-B1 的匹配蓝色拆除，变成虚线，表示这条边被临时拆掉，见图 5 所示。

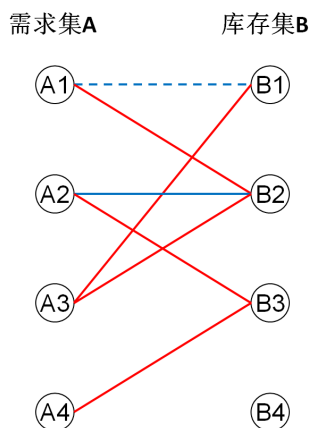


Figure 5. Step 4 figure for illustration

图 5. 步骤 4 图例说明

5、与 A1 可匹配的另一个库存是 B2，但是 B2 已经匹配了 A2，尝试将 A2-B2 拆除(变为虚线)，并为 A2 再匹配一个库存 B3 (连上一条蓝线)，见图 6 所示。

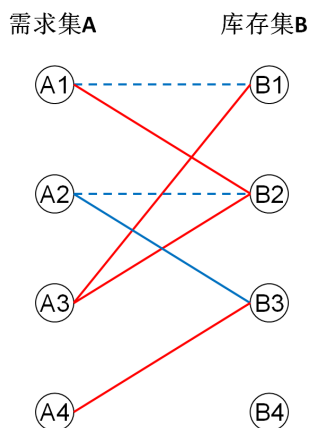


Figure 6. Step 5 figure for illustration

图 6. 步骤 5 图例说明

6、A2 匹配 B3 后，之前的问题都可以迎刃而解，回溯回去，A1 可以匹配 B2，而 A3 可以匹配 B1，从而使需求集 A 和库存集 B 在匹配过程当中尽可能得到最优匹配(A1-B2, A2-B3, A3-B1)，见图 7 所示 [3]。

5. 平衡利库功能实现

基于二分图多重匹配算法的平衡利库功能根据物资分类确定利库范围以及根据运输成本确定利库权重等因素，确定可利库匹配关系的边权矩阵基础数据。界定合理的利库物资范围(如图 2 所示)，制定利库地域优选级别和原则(如图 3 所示)，实现二分图多重匹配算法，将单一数量满足匹配改造成累计数匹配(如图 4 所示)，通盘考虑优先级、已占用数量、剩余数量等信息，并且自动推荐最优利库方案，提高利库的

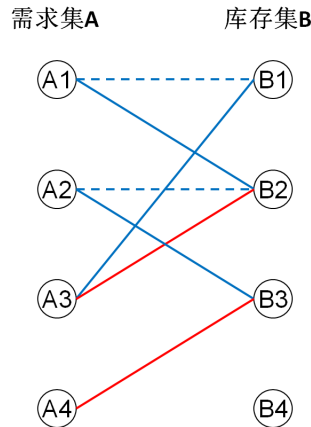


Figure 7. Step 6 figure for illustration
图 7. 步骤 6 图例说明

匹配程度(如图 5 所示)。基于 ABAP 语言开发设计平衡利库功能以及界面，能够根据用户要求动态设置利库级别以及利库物资范围，在操作上实现一键执行利库功能，提高界面操作便捷性。系统实现 ERP 系统中对应的主要功能如下：

- 1) 二分图多重算法平衡利库基础数据维护(见图 8、图 9 所示)，进行平衡利库的县市所对应的利库级别及县市利库级别。
- 2) 二分图多重匹配算法平衡利库计算过程(见图 10 所示)，在县、市、省三级物资需求计划汇总时，根据二分图原理创建最优匹配算法模型进行物资平衡利库。
- 3) 平衡利库报表(见图 11 所示)，按照工厂、物资唯一码等信息查询二分图多重匹配算法的平衡利库相关情况。

更改视图 "物资利库级别表": 概览

| 物资小类 | 物资小类描述 | 可利库级别 |
|----------|----------------|-------------|
| G1016001 | 高压开关柜 | 1 县公司级别范围利库 |
| G1022001 | 高压熔断器 | 3 省公司级别范围利库 |
| G1304021 | 绝缘电阻测试仪 | 1 县公司级别范围利库 |
| G1304022 | 阻抗测量仪 | 2 市公司级别范围利库 |
| G1304023 | 有载分接开关测试仪 | 3 省公司级别范围利库 |
| G1304024 | 核相器 | 2 市公司级别范围利库 |
| G1304025 | 接地导通仪 | 3 省公司级别范围利库 |
| G1304026 | 线路参数测试仪 | 3 省公司级别范围利库 |
| G1304027 | 电容电流测试仪 | 3 省公司级别范围利库 |
| G1402001 | 钢芯铝绞线 | 3 省公司级别范围利库 |
| G1402004 | 钢绞线 | X 不利库 |
| G1402005 | 架空绝缘导线 | 2 市公司级别范围利库 |
| G1402013 | 布电线 | 1 县公司级别范围利库 |
| G1404001 | 电力电缆 | 3 省公司级别范围利库 |
| G1404002 | 低压电力电缆 | 3 省公司级别范围利库 |
| G1406017 | 电缆固定支架 | 3 省公司级别范围利库 |
| G1408001 | | 2 市公司级别范围利库 |
| G1504001 | 辅助设备设施/车辆/普通客车 | 3 省公司级别范围利库 |
| G2206001 | | 3 省公司级别范围利库 |

Figure 8. Maintain material inventory balance level
图 8. 维护物资利库级别

更改视图 "县市利库级别表": 概览

新条目

| 县市A编码 | 县市A描述 | 县市B编码 | 县市B描述 | 可利库级别 | 权值 |
|-------|-----------------|-------|-----------|-------------|----|
| O1 | 江苏省电力公司物资采购与配送中 | O0 | 江苏省电力公司机关 | 0 本仓库内范围利库 | 12 |
| A0 | 南京供电公司 | A0 | 南京供电公司 | 2 市公司级别范围利库 | 1 |
| A0 | 南京供电公司 | A1 | 溧水市供电公司 | 2 市公司级别范围利库 | 1 |
| A0 | 南京供电公司 | A2 | 高淳市供电公司 | 2 市公司级别范围利库 | 1 |
| A0 | 南京供电公司 | B0 | 无锡供电公司 | 3 省公司级别范围利库 | 2 |
| A1 | 溧水市供电公司 | A0 | 南京供电公司 | 2 市公司级别范围利库 | 1 |
| A1 | 溧水市供电公司 | A1 | 溧水市供电公司 | 1 县公司级别范围利库 | 1 |
| A1 | 溧水市供电公司 | A2 | 高淳市供电公司 | 2 市公司级别范围利库 | 1 |
| A2 | 高淳市供电公司 | A0 | 南京供电公司 | 2 市公司级别范围利库 | 1 |
| A2 | 高淳市供电公司 | A1 | 溧水市供电公司 | 2 市公司级别范围利库 | 1 |
| A2 | 高淳市供电公司 | A2 | 高淳市供电公司 | 1 县公司级别范围利库 | 1 |
| B0 | 无锡供电公司 | B0 | 无锡供电公司 | 2 市公司级别范围利库 | 1 |
| B0 | 无锡供电公司 | B1 | 宜兴市供电公司 | 2 市公司级别范围利库 | 1 |
| B0 | 无锡供电公司 | B2 | 江阴市供电公司 | 2 市公司级别范围利库 | 1 |
| C0 | 徐州供电公司 | C0 | 徐州供电公司 | 2 市公司级别范围利库 | 1 |
| F0 | 南通市供电公司 | F0 | 南通市供电公司 | 2 市公司级别范围利库 | 1 |
| N0 | 宿迁市供电公司 | A0 | 南京供电公司 | 2 市公司级别范围利库 | 2 |

Figure 9. Maintain relationship between cities inventory balance level
图 9. 维护县市利库级别

市平衡利库汇总

开始平衡利库 取消平衡利库 提交审批 驳回

| 选择行 | 序列号 | 采购申请 | 行项目 | 凭证类型 | 计划批次ID | 计划批次 | 计划批次名称 | 序列 | 需求批 | 库存批次 | 物料编码 | 可利库库存 | 已平衡利库库存 |
|-------------------------------------|-----|----------|-----|------|------------|------------|----------------|----|-------|------------|-----------|---------|---------|
| <input type="checkbox"/> | 1 | 10324529 | 10 | ZPB | 0000001851 | XYKZCX2018 | 2018协议库存实际需求测试 | 1 | | 0000000325 | 500000001 | 996.000 | 0.000 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 2 | 10324530 | 10 | ZPB | 0000001851 | XYKZCX2018 | 2018协议库存实际需求测试 | 2 | | 0000000329 | 500000002 | 297.000 | 0.000 |
| <input type="checkbox"/> | 3 | 10324532 | 10 | ZPB | 0000001851 | XYKZCX2018 | 2018协议库存实际需求测试 | 3 | | 2013HAA101 | 500000001 | 983.000 | 0.000 |
| <input type="checkbox"/> | 4 | 10324533 | | | | | | 4 | | 2013HAA102 | 500000001 | 934.000 | 0.000 |
| <input type="checkbox"/> | 5 | 10324728 | | | | | | 5 | | 2013HAA103 | 500000001 | 985.000 | 0.000 |
| <input type="checkbox"/> | 6 | 10324728 | | | | | | 6 | | 2013HAA104 | 500000001 | 971.000 | 0.000 |
| <input type="checkbox"/> | 7 | 10324902 | | | | | | 7 | | 2013HAA106 | 500000001 | 685.000 | 0.000 |
| <input type="checkbox"/> | 8 | 10324902 | | | | | | 8 | 1809A | 2013HAA106 | 500000001 | 685.000 | 10.000 |
| <input type="checkbox"/> | 9 | 10324902 | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> | 10 | 10324902 | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> | 11 | 10324914 | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> | 12 | 10324915 | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> | 13 | 10324915 | | | | | | | | | | | |

市平衡利库汇总

请检查所选择的需求条目及可利库条目是否准确，系统将开始自动平衡利库。开始自动平衡利库请点击“确认”，重新选择条目请点击“取消”

是 否 取消

Figure 10. Inventory balance optimal matching
图 10. 平衡利库最优匹配

平衡利库报表

| 物资唯一码 | 物资唯一码(调出方) | 物料号 | 扩展编码 | 采购申请数量 | 工厂 | 库存地点 | 采购申请数量 | 物料凭证编号 | 物料凭证年度 | 仓管员ID(调入方) |
|------------|------------|-----------|------|-----------|------|------|-----------|------------|--------|------------|
| 1000A00002 | 1705A00009 | 500026702 | | 6.800 | 01A1 | | 6.800 | 4900012826 | 2017 | 13100560 |
| 1000A00003 | 1705A00010 | 500026703 | | 6.600 | 01A1 | | 6.600 | 4900012827 | 2017 | 13100560 |
| 1000A00150 | 1705A00040 | 500014672 | | 5.200 | 01A2 | | 5.200 | 4900012859 | 2017 | 13000197 |
| 1000A00151 | 1705A00039 | 500014663 | | 0.130 | 01A2 | | 0.130 | 4900012860 | 2017 | 13000197 |
| 1000A00152 | 1705A00038 | 500014661 | | 41.499 | 01A2 | | 41.499 | 4900012861 | 2017 | 13000197 |
| 1000A00153 | 1705A00038 | 500014661 | | 7.780 | 01A2 | | 7.780 | 4900012862 | 2017 | 13000197 |
| 1000A00164 | 1705A00044 | 500021708 | | 2.000 | 01A2 | | 2.000 | 4900012863 | 2017 | 13000197 |
| 1000A00165 | 1705A00032 | 500001083 | | 1.000 | 01A2 | | 1.000 | 4900012864 | 2017 | 13000197 |
| 1000A00166 | 1705A00031 | 500001040 | | 6.000 | 01A2 | | 6.000 | 4900012865 | 2017 | 13000197 |
| 1000A00167 | 1705A00042 | 500021032 | | 24.000 | 01A2 | | 24.000 | 4900012866 | 2017 | 13000197 |
| 1000A00168 | 1705A00043 | 500021119 | | 12.000 | 01A2 | | 12.000 | 4900012867 | 2017 | 13000197 |
| 1000A00169 | 1705A00040 | 500014672 | | 2.480 | 01A2 | | 2.480 | 4900012868 | 2017 | 13000197 |
| 1000A00369 | 1705A00003 | 500001064 | | 2,000.000 | 01A1 | | 2,000.000 | 4900012828 | 2017 | 13100560 |
| 1000A00390 | 1705A00005 | 500014673 | | 1.000 | 01A1 | | 1.000 | 4900012829 | 2017 | 13100560 |
| 1000A00908 | 1705A00036 | 500010431 | | 1.000 | 01A2 | | 1.000 | 4900012869 | 2017 | 13000197 |
| 1000A01287 | 1705A00008 | 500023222 | | 25.000 | 01A1 | | 25.000 | 4900012830 | 2017 | 13100560 |
| 1000A04049 | 1705A00037 | 500011738 | | 20.000 | 01A2 | | 20.000 | 4900012870 | 2017 | 13000197 |
| 1000A04356 | 1705A00035 | 500008720 | | 1.000 | 01A2 | | 1.000 | 4900012871 | 2017 | 13000197 |
| 1000A04361 | 1705A00035 | 500008720 | | 1.000 | 01A2 | | 1.000 | 4900012872 | 2017 | 13000197 |

Figure 11. Inventory balance report
图 11. 平衡利库报表

6. 电力行业平衡利库二分图多重匹配算法多维度对比分析

一、横向对比-电力行业与其他行业(如煤炭行业)对比:

对比电力行业和其他行业(如煤炭行业)平衡利库匹配算法[4], 二分图多重匹配算法架构见图 12 所示:

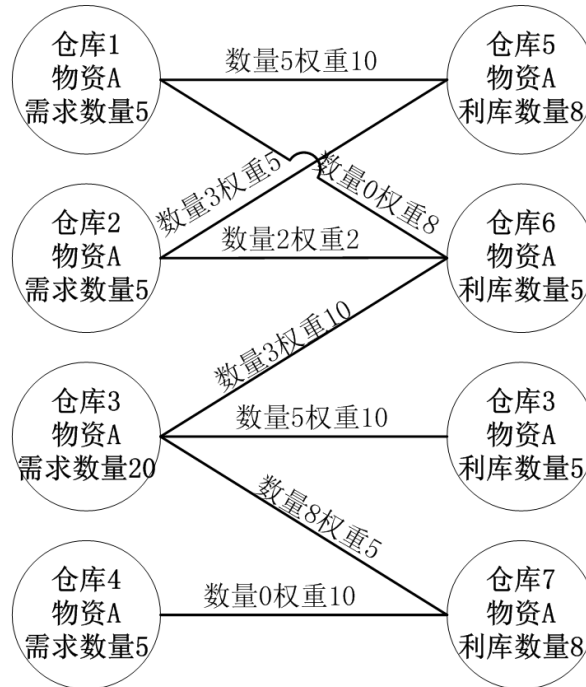


Figure 12. Algorithm architecture of bipartite graph optimal matching in mine materials

图 12. 煤矿物资二分图最优匹配算法架构

二分图匹配原则在其他行业平衡利库功能中也有运用, 但电力行业的运用更为细致。由于原先业务中已经实现了一对多的匹配, 故在运用二分图匹配原则时, 仍将一条需求对应多个可利库库存条目的结果予以保留, 实现最大限度的平衡利库匹配结果。电力行业在煤炭行业算法的相同点与区别见表 1 所示:

Table 1. Comparison between electric and other enterprises

表 1. 电力行业与其他行业对比

| 行业 | 相同点 | 对比点 |
|------|-------------------------------|--|
| 电力行业 | 算法上参考相同, 均运用二分图多重匹配算法得出最优匹配结果 | 电力行业中, 由于原先已经实现了一对多的匹配, 故在运用二分图匹配原则之后, 仍将一条需求对应多个可利库库存条目的颗粒度保留, 结合二分图匹配算法, 得出最优匹配结果的同时仍将一对多的匹配结果保留, 匹配更为精细 |
| 其他行业 | | 运用二分图多重匹配算法遵循最优匹配原则, 根据权重及其他条件得出最优匹配结果(此结果为一对一匹配结果), 运用二分图算法根据需求集和库存集集中匹配, 匹配结果一个需求只取最优的一条库存 |

二、纵向对比-电力行业平衡利库发展历程对比

对比电力行业原先平衡利库匹配算法, 二分图多重匹配算法更为智能、灵活、全面、快捷。以某省级电力公司为例, 平衡利库的信息化发展历程历经 3 个阶段, 分别为一对一逐条匹配、一对多逐条匹配、多对多多重匹配(即二分图多重匹配), 整体发展历程见表 2 所示。

Table 2. Comparison of balanced liquidity ways in electric power industry at different stages
表 2. 电力行业各阶段平衡利库方式对比

| 利库阶段 | 匹配方式 | 匹配方式详述 | 匹配速度及人工干预度 | 匹配成功率 | 经济效益分析 | 阶段对比 |
|--------|---------|---|---------------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| 第 1 阶段 | 一对一逐条匹配 | 一条需求只对应一条库存，可利库数据数量必须大于等于该条需求数量，才可匹配利库，一条需求数据匹配完成后，库存数据更新，才可匹配下一条需求，即逐条匹配 | 逐条匹配，较慢，需人工干预 | 必须一对一完全匹配才算成功，匹配成功率较小 | 匹配慢，利库成功率低，清仓利库效率较低 | 实现平衡利库信息化，较线下手工平衡利库相比，可运用信息系统进行匹配利库 |
| 第 2 阶段 | 一对多逐条匹配 | 一条需求可对应多条库存，多条可利库数据数量之和必须大于等于该条需求数量，才可匹配利库，一条需求数据匹配多条库存数据后，库存数据更新，才可匹配下一条需求，即逐条匹配 | 逐条匹配，较慢，需人工干预 | 可一对多匹配，匹配成功率较大 | 匹配慢，利库成功率较高，清仓利库率有所提高，但效率较低 | 较第 1 阶段相比，匹配成功率高，可充分利用可利库资源进行利库 |
| 第 3 阶段 | 多对多多重匹配 | 非逐条匹配方式，而是维护利库基础数据，根据基础数据将需求集和库存集进行整体匹配，运用二分图算法得出最优的匹配结果 | 整体匹配，速度快，成功率高，人工干预少 | 多对多匹配，匹配成功率大 | 匹配快，利库成功率高，清仓利库率高，匹配效率高 | 较第 2 阶段相比，匹配效率提高，成功率高，可充分利用可利库资源进行利库 |

7. 结语

基于二分图多重匹配算法的平衡利库功能实现了平衡利库按最优方式自动匹配物资需求计划与可利库物资的关系，根据用户要求实现了多级智能利库，极大提高了利库的匹配程度，减少了人工利库的差错。由于能够自动实现物资需求计划与可利库物资之间的多对多的多重匹配，充分利用库存积压物资，能够提升现有积压库存物资利用率，优化现有平衡利库功能以及利库流程，实现一键式利库，同时实现可视化平衡利库结果以及自动进行平衡利库调拨，从而实现“智能、快捷、全面、合理”的全过程平衡利库。

参考文献

- [1] 陈剑英, 田丽萍. 基于 SAP7.0 系统的物资管理整体方案调研[J]. 电力信息化, 2012, 10(2): 56-60.
- [2] 万宏伟, 陈军. 开展物资清仓利库依法合规盘活资源[J]. 农电管理, 2012, 6(1): 30-31.
- [3] 吴汉宝, 李伦, 张志云. 基于二分图最优完备匹配的目标关联算法[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2017, 42(2): 95-100.
- [4] 康鹏, 刘长龙. 二分图多重匹配算法在煤矿物资平衡利库中的研究[J]. 价值工程, 2018(36): 29-31.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网首页：<http://cnki.net/>，点击页面中“外文资源总库 CNKI SCHOLAR”，跳转至：<http://scholar.cnki.net/new>，搜索框内直接输入文章标题，即可查询；
或点击“高级检索”，下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2161-8801，即可查询。
2. 通过知网首页 <http://cnki.net/>顶部“旧版入口”进入知网旧版：<http://www.cnki.net/old/>，左侧选择“国际文献总库”进入，搜索框直接输入文章标题，即可查询。

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：csa@hanspub.org