水电工程智能组价的研究与实践

张　然[1]，马　岗[2]
（1. 中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司，四川 成都　610072；2. 四川野马科技有限公司，四川 成都　610072）

摘　要：在工程造价领域，组价是一项重要工作内容，组价过程需耗费造价人员大量时间和精力，故提升组价效率是业界共同的目标。业界将历史组价成果与云计算和大数据的技术结合，试图提升组价效率，但照搬历史数据无法贴合施工方案。笔者提出智能组价思路，用语义分析技术识别清单特征，用智能算法模拟人脑思考进行组价，实现组价结果与施工方案的贴合，并分享了智能组价实施的难点与改进思路。

关键词：工程造价；智能组价；工程大数据
中图分类号：TN915.5　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1001-2184(2023)06-0001-04

Research and Practice on Intelligent Price Grouping in Hydropower Engineering

ZANG Ran[1], MA Gang[2]
(1. PowerChina Chengdu Engineering Corporation Limited, Chengdu Sichuan 610072;
2. Sichuan Yema Technology Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610072)

Abstract: In the field of engineering cost, price grouping process is an important task that requires a lot of time and effort from cost personnel. Improving the efficiency of price grouping is a common goal in the industry. The industry has combined historical price grouping results with cloud computing and big data technologies to try to improve the efficiency of price grouping. However, blindly copying historical data cannot match the construction plan. This paper has proposed the concept of intelligent price grouping, using semantic analysis technology to identify list features, and using intelligent algorithms to simulate human thinking for price grouping, thus achieving the matching of price grouping results and construction plans, and also has shared the difficulties and improvement ideas of implementing intelligent price grouping.

Key words: Engineering cost; Intelligent price grouping; Engineering big data

0　引　言

近几年，人工智能、云计算和大数据快速发展，工程造价领域拥有大量数据，但造价过程需要耗费大量人力和时间。因此，如何将人工智能、云计算、大数据与工程造价进行结合，提升工程造价效率，对整个工程造价领域都具有重要的价值[1]。

1　手动组价现状分析

在工程造价领域中，组价是一个非常重要的环节。组价，即清单项目组价，指在给出工程清单和工程量后，根据清单项目特征等信息，套用清单计价定额进行计算形成清单项目综合单价的过程。组价过程要根据计价规范选择定额，要考虑一个复杂清单对应多个定额子目，还要综合考虑人员、材料的价格及工程其他因素。因此，组价对造价工程师的知识面和工作经验要求很高。在实际操作中也需要花费大量的人力和时间，且受限于造价师的工作经验可能会存在缺漏项，或因人工失误造成偏差[2]。

为了提升组价的效率，造价工程师和造价软件公司在多方面进行尝试和探索，大体分为以下三种方式：

(1)复制相似度高且已完成组价的工程，并手动修改，这是造价师想的“土办法”。其相当于复制一个范本工程，在原范本清单和组价成果的基础上进行二次调整。但是，现实世界中，很难找到相似度非常高的两个工程，所以找到范本再进行

收稿日期：2023-03-14
中国电建成都院科技项目：PB4421《水电工程造价云数据库应用系统研发》资助

修改，这样做的工作量也相当大，组价效率提升幅度并不明显。

(2)复制当前项目组价成果进行组价。这种方法是软件公司在单项目文件中想到的“复制/粘贴”功能。即复制当前项目已经完成组价的清单，粘贴应用到需要组价的目标清单中。这种方法存在一定的局限性，要求同一个项目中相同的清单较多，对相同的清单只需要组价一次就可以复制应用。此外，这种方式还有一个缺陷，虽然两个清单相同，但清单所在的部分项不同时，组价的方法可能会存在差异。比如，地下工程的石方开挖与地面工程的石方开挖，使用的定额就有所不同。

(3)复制历史组价成果进行组价。该方法需先将若干个历史组价成果加工并形成组价方案库，放在云数据库中，在需要组价时选中清单，调用云数据库的组价方案按编码或关键词组匹配，完成匹配后实现自动组价[3]。复制历史组价成果进行组价，有两个局限性：一方面，需要有大量历史造价成果数据，如果数据无法匹配到合适的清单则无法进行自动组价；另一方面，用历史数据组价，会带入历史项目的组价因素(如商务条款、施工方案、地方规定)，而这个因素可能与当前项目冲突，比如历史数据使用的老工法，当前需要用新工法或者新设备，或者历史项目施工组织方案与当前项目不同，那么就会造成组价精度无法满足实际造价需要[4]。

2　智能组价的定义与特征

要提升组价效率，单纯套用历史组价数据无法满足造价师对组价精度的要求。要满足组价精度要求，不是单纯的匹配清单编码，也不是匹配关键词组，而是完整地提取出清单中影响组价结果的全部信息，然后准确地套用定额组价，利用人工智能技术的出场，将人工智能与工程造价结合，则是智能组价[5]。从手动组价到智能组价的演进过程见图 1。

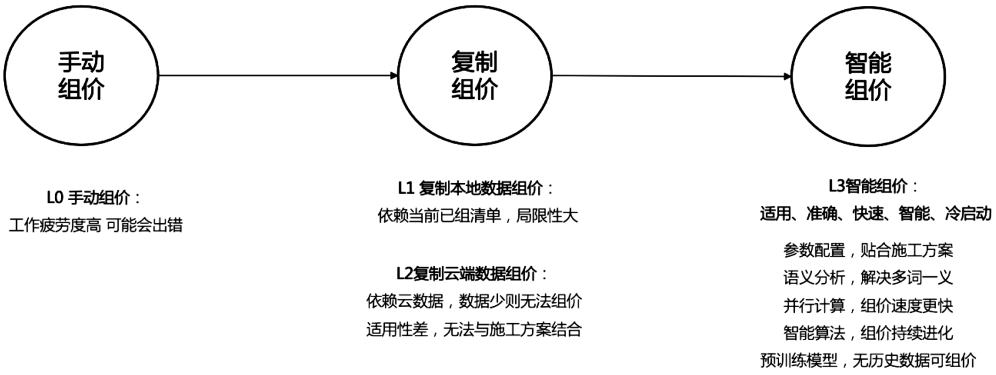

图 1　从手动组价到智能组价的演进过程

智能组价是利用人工智能技术，由算法学习历史组价数据形成算法模型，进而实现计算机自动组价的过程。市面上有不少造价软件号称拥有“智能组价”功能，但经过试用后发现，市面上的“智能组价”功能都采用前面提到的复制历史组价成果进行组价的技术，早期造价软件公司把这个功能叫“云组价”，后来将“云组价”名称修改为“智能组价”，但本身组价结果精度和智能化程度都不高，无法在日常造价过程中应用。

在智能组价中，人工智能技术有三个重要作用：其一，学习预处理历史组价数据，形成组价算法模型；其二，用语义分析技术解译组价信息，可解译清单、项目特征、备注、工程特征、分部分项等表达的组价信息；其三，学习手工组价结果，实现组价算法模型的进化。

让智能组价成为造价师的生产力工具，智能组价要具备以下五个特征：

(1)适用。智能组适用于日常的概算、预算、投标报价等阶段的应用，造价结果与施工组织方案、招标商务条件等要求贴合，实现大多数清单的自动组价，无需造价师手动调整。

(2)准确。智能组价的结果，符合所在专业的

造价规范，不会漏组定额，不会错组定额。

(3)快速。与手工组价相比，智能组价速度要更快速，能提升造价师的工作效率。

(4)智能。对于无法自动组价的清单，算法可对人工组价结果进行学习，实现模型的进化，后续遇到类似清单可完成自动组价。

(5)冷启动。完成训练的算法模型，在用户没有历史工程数据时，也可以“冷启动”进行智能组价。冷启动则进一步丰富智能组价的应用场景，让没有历史工程数据的企业、个人都能享受到智能组价技术的红利。

3　智能组价的实施及训练过程

智能组价，本质是计算机模拟造价师思考进行组价。实现智能组价，需要以下几个步骤：

(1)数据预处理。对工程特征数据、工程标准清单、基础资料、概算预算定额等数据进行预处理，数据处理需引入大数据和人工智能技术，将半结构化的数据进行结构化处理，并提取数据特征进行归类。

(2)建立算法模型。模拟造价师组价逻辑，初步建立组价算法，输入预处理的历史组价数据训练算法，形成组价算法模型。

(3)校核算法模型。输入各类需组价清单数据，进行自动组价，由造价专家和研发工程师校调算法模型，提升算法模型的精度和适用性。

(4)数据反哺模型。部分清单无法自动组价时，由算法学习造价师手工组价方法，进行反复训练，将训练结果反哺给算法模型，实现模型的进化。

(5)智能组价应用。选中需组价清单，点击智能组价，调用算法模型进行组价，并将组价结果回写到需组价的清单，完成组价。

智能组价的实施及训练过程见图 2。

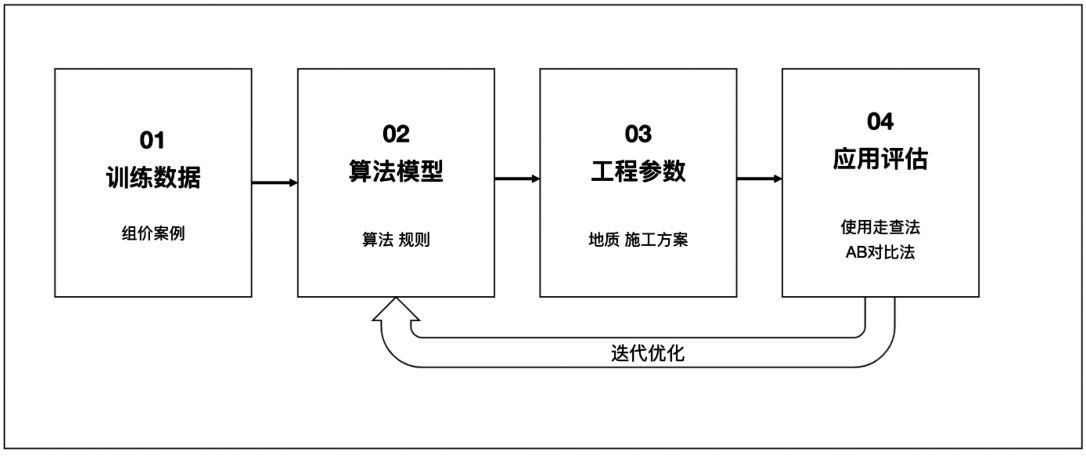

图 2　智能组价的实施及训练过程

4　利用大数据优化智能组价模型

在实际生产中，每个造价师的工作习惯千差万别，智能组价在实际工程中的应用存在着诸多难点，需采用一些创新的方法对智能组价模型进行优化和改进：

(1)造价师表达习惯不同，引入噪声数据，需对数据进行去噪和特征提取。比如，有的造价师喜欢叫“挖土”，有的造价师则喜欢叫“挖土方”，还有的叫“土方开挖”，也有的叫“开挖土方”，需要多词一义归集。再比如，有的工程师在书写过程中添加特殊符号，如空格、逗号、斜杠、制表符等内容，这需借助语义分析技术，对语义特征进行提取，实现数据去噪。自然语处理则是人工智能重要的一个分支，同时自然语处理也是智能组价应用最重要的新技术之一。

(2)造价师编写清单及项目特征描述时，会简写或省略部分内容，需要引入补偿机制。比如，造价师看了工程勘察报告、设计图以及施工组织方案后，对整体组价思路了解于心，在清单项描述时不用写明岩石类别、挖运机械、运输距离等内容，直接用大脑存储的知识结合清单项进行手工组价。换成计算机智能组价时，缺少必要的要素则影响组价的精度，为了解决这个问题，引入了工程参数，让用户将存储在大脑的信息转化为工程参数，然后让计算机进行智能组价。

(3)大型项目清单量大，计算耗时长，影响用

户使用体验，需要引入云计算技术。实验后发现，在多款单机版造价软件中，对 1 000 行工程清单的造价成果进行全部计算时，耗时在 10～30 min，计算速度受限于安装的单机版造价软件的 PC 机本身的性能。普通 PC 机在算力、多任务处理上，存在诸多局限性。为了提升用户体验，将智能组价需要大量运算的部分交给云计算，完成计算后回传到造价软件客户端，以提升组价的速度。这个过程实际上使用了“端云协同”的理念，即客户端输入大量需计算的数据，云计算则利用进行数据处理和计算，实现分工协同，提升效率。

(4)跨专业创新，需要消除彼此认知盲区，团队之间要高度互信，高频次沟通。智能组价，是工程造价与新一代信息技术的融合创新。这要求造价师熟悉大数据和人工智能的特点、优势和技术规律，也要求研发工程师了解造价业务和智能组价目标预期，引入合适的技术攻克难题，达成目标。要实现跨专业融合创新，一方面团队内部彼此要有高信任度且进行高密度、高频次沟通，共同面对压力且找到方法以寻求突破；另一方面团队要积极关注外部创新，将外部创新与内部创新有机结合，类似 ChatGPT 模型，可启发智能组价的算法模型形成。

5　智能组价的应用案例

2022 年，中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司(以下简称“中国电建成都院”)在自有的水电工程计价软件的基础上进行扩展，研发了水电工程智能组价，主要实践历程如下：

(1)工程数据预处理。将中国电建成都院大量历史水电造价成果进行数据预处理，形成智能组价的算法模型。这个过程花费时间比较长，需要校核历史数据，去伪存真，确保基础数据样本的适用性，并且要做到严谨真实。中国电建成都院的相关设计专业与造价专业紧密配合，多次组织专题会议，对基础数据进行讨论，并确定了私有化部署方案，确保数据安全。

(2)算法模型锤炼。在形成初版智能组价功能后，由熟悉水电造价专业的工程师使用智能组价功能，提出修改意见并由研发人员优化算法。为确保研发贴合业务，研发人员现场校调算法模型，并与多个造价专家进行讨论，确保算法的普适性。当前版本的智能组价算法模型，内嵌了 400 余个参数，适用于概算和预算阶段的造价成果编制。

(3)完善工程参数。根据中国电建成都院造价师的工作习惯，以及工程造价概算和预算编制精细度的要求，针对性地萃取工程参数，嵌入到智能组价功能中，建立了清单项目组价要素表达不完整的补偿机制。需要对概算和预算等应用场景模拟推演，逐步萃取工程参数。工程参数不求多，而是要结合组价需求，灵活组合运用。智能组价的工程参数设置见图 3。

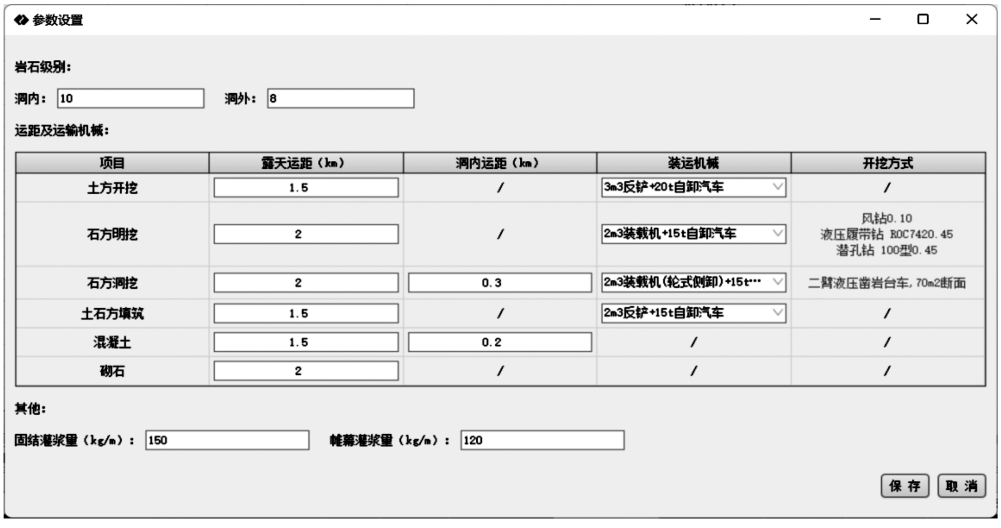

图 3　智能组价的工程参数设置

(4)应用到实际工作中评估效率。应用评估小组对多组需组价的实际工程，分配给两组造价人员进行组价。第一组使用手工组价，第二组使

(下转第 15 页)

凝土干缩率明显低于普通混凝土，说明掺用防裂剂能明显抵消或减小混凝土的收缩。但最终暴露在空气中的混凝土仍呈收缩趋势，加强养护才能充分发挥补偿收缩混凝土的补偿优势。为了最大程度降低面板混凝土干缩裂缝的产生，宁蓄电站的面板混凝土采取了分阶段养护措施，具体养护流程为：二抹结束薄膜覆盖→初凝撤膜换布压住→两布一膜低温保护，在混凝土终凝后，外界气温非负温的情况下，在土工布和混凝土之间利用坝体布置的单阀单控的花洒长流水养护。

6　结　语

宁蓄电站上下库大坝面板混凝土，首次采用 VF 防裂剂 & 玄武岩纤维双掺防裂配合比，并通过科学精细的施工前准备、规范有效的混凝土振捣、严格细微的施工中质控和阶段分明的施工后养护。上水库历时 77 d 和下水库历时 65 d 完成共计 74 块面板混凝土的施工，三个月后对面板进行裂缝普查，上库大坝 3.15 万㎡的面板仅 12 条裂缝，其中Ⅰ类缝 1 条，Ⅱ类缝 11 条；下库大坝 3.2 万㎡面板共发现 51 条裂缝，其中Ⅰ类缝 2 条，Ⅱ类缝 49 条，且上述裂缝均属于浅层非贯穿裂缝。裂缝控制水平在国内抽水蓄能电站类似工程中十分突出，真正意义上打造出了高质量的少缝面板，获得中国水电水利规划设计总院专家们的一致好评。

充分准备是基础，配比选对靠技术，质控细微不含糊，保养到位为要务。相信随着国内防裂混凝土新材料和新技术的不断发展创新，再加上施工全过程的精心策划和严格管控，在抽水蓄能电站甚至常规水电站的堆石坝工程中，会涌现出更多少缝、甚至无缝的高质量混凝土面板。

参考文献：

[1]　中国电力企业联合会. DL/T 5128-2021，混凝土面板堆石坝施工规范[S]. 北京：中国电力出版社，2011.

[2]　水利水电规划设计总院. NB/T 10871-2021，混凝土面板堆石坝设计规范[S]. 北京：中国水利水电出版社，2022.

[3]　中国建筑材料联合会. GB/T 23265-2009，水泥混凝土和砂浆用短切玄武岩纤维[S]. 北京：中国标准出版社，2009.

[4]　中国电力企业联合会. DL/T 5797-2019，水利水电工程纤维混凝土施工规规范[S]. 北京：中国电力出版社，2020.

[5]　中国工程建设标准化协会. CECS 13：2009，纤维混凝土试验方法标准[S]. 北京：中国计划出版社，2010.

作者简介：

刘　杰(1984-)，男，安徽舒城人，学士，从事抽水蓄能电站施工技术与质量管理工作.

(责任编辑：吴永红)

(上接第 4 页)

用智能组价，记录组价耗时，并由专业人员对组价精度进行评估。经过评估发现：智能组价的准确度高于或接近人工组价结果，速度较人工组价提升百倍以上。此外，研发团队还通过走查法，观察造价师组价过程和使用智能组价功能过程，优化界面布局和工程参数，以提升组价效率。

6　结　语

笔者从手动组价到智能组价的演进过程着手分析，提出了智能组价的特征、实施步骤及训练过程，并结合语义分析、云计算等 AI 技术不断优化和改进智能组价模型，以达到提高组价效率的目的。中国电建成都院在智能组价上的探索已经取得阶段成果，这是将造价工作经验转换为知识成果的开始，也是工程造价、工程大数据与人工智能技术融合的开始，更是响应行业数字化转型的工作成果。工程公司的数字化转型具有长期性、复杂性和艰巨性的特点，行胜于言，质胜于华。在后续工作中，将进一步探索工程造价与三维协同设计融合，与智慧水电业务融合，提升造价工作的数智化水平，更好地服务可再生能源生产业务，助力国家能源转型大战略。

参考文献：

[1]　李喜梅. 基于人工智能技术的建筑工程造价估算研究[J]. 城市建筑，2021，18(05)：146－148.

[2]　王琼. 面向人工智能的建筑工程造价计算性模式研究[J]. 土木建筑工程信息技术，2021，13(4)：120-124.

[3]　王琼. 人工智能工程造价信息管理平台构建研究[J]. 建筑经济，2020，41(10)：69-72.

[4]　王琼. 人工智能时代下工程造价行业的发展现状分析[J]. 山西建筑，2019，45(17)：166-167.

[5]　李丽芝. 工程造价人工智能时代的期待与展望[J]. 建材与装饰，2018(36)：134-135.

作者简介：

张　然(1988-)，男，重庆人，硕士，高级工程师，一级造价师，从事工程造价方面工作；

马　岗(1983-)，男，汉族，本科，陕西榆林人，从事企业数字化转型、工程大数据及智能应用工作.

(责任编辑：吴永红)