

# Research on Precise Manufacturing Supervision Based on Optimization of Manufacturing Supervision Strategy

Zhongqiang Lei, Shujin Zhao, Li Huang, Dingliang Hong

State Grid Shanghai Electric Power Company Material Company, Shanghai  
Email: gnschmdl@163.com

Received: Apr. 12<sup>th</sup>, 2020; accepted: May 2<sup>nd</sup>, 2020; published: May 9<sup>th</sup>, 2020

---

## Abstract

Precise supervision is an effective way to improve the quality management of power materials. At present, the supervisor implements the supervision task according to the quality supervision plan, and the supervision mode is relatively single. Although it meets the coverage of quality supervision, it has no good pertinence, and the supervision resource allocation is unreasonable. This paper takes the supplier as the core dimension, establishes the supplier performance evaluation index system, establishes the supervision measures database and the supervision strategy database, and realizes the precise supervision process optimized based on the supervision strategy. Through statistical analysis and fuzzy comprehensive evaluation method, according to the comprehensive evaluation value of suppliers, different suppliers and different types of materials are implemented with different supervision strategies. It can effectively improve the supervision effect, reduce the supervision cost and improve the quality of electric power materials by formulating the precise supervision strategy and issuing the detailed supervision rules through the precise supervision process.

## Keywords

Optimization of Manufacturing Supervision Strategy, Precise Manufacturing Supervision, Performance Appraisal

---

# 基于监造策略优化的精准监造研究

雷仲强, 赵述金, 黄 丽, 洪鼎良

国网上海市电力公司物资公司, 上海  
Email: gnschmdl@163.com

收稿日期: 2020年4月12日; 录用日期: 2020年5月2日; 发布日期: 2020年5月9日

## 摘要

精准监造是提升电力物资质量管理的有效手段。针对目前监理人员根据质量监督计划实施监造任务，监造模式较为单一，虽然满足了质量监督的覆盖面，但没有很好的针对性，监造资源配置不合理的现状。本文以供应商为核心维度，建立供应商绩效评价指标体系，建立监造措施库和监造策略库，实现基于监造策略优化的精准监造流程。通过统计分析，利用模糊综合评价法，根据供应商综合评价值，对不同供应商、不同类型的物资实行差异化监造策略。通过精准监造流程，编制精准监造策略，下发执行监造细则，能有效提高监造效果，降低监造成本，提升电力物资质量。

## 关键词

监造策略优化，精准监造，绩效评价

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers 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

## 1. 引言

电力工业是设备密集、技术密集、资金密集的行业。为适应电力生产、建设的迅速发展，提高设备的可靠性、经济性、维修性，发挥其最佳效益，并争取获得设备寿命周期总费用最低的目的，必须对电力设备进行全过程管理[1]。然而，设备监造作为质量全过程管理的重要一环，具有不可替代的作用。

俗话说，好钢用在刀刃上，优秀的监造队伍资源总是有限的和稀缺的。如何根据供应商质量评价结果来正确匹配与之相应的监造策略，实现精准监造，既解决监造质量问题，又节约监造成本，是目前需要解决的课题。本文以供应商为核心维度，建立供应商绩效评价指标体系，建立监造措施库和监造策略库，实现基于监造策略优化的精准监造流程。通过统计分析，利用模糊综合评价法，根据供应商综合评价值，对不同供应商、不同类型的物资实行差异化监造策略。通过精准监造流程，编制精准监造策略，下发执行监造细则，能有效提高监造效果，降低监造成本，提升电力物资质量。

## 2. 电力设备常规监造过程及存在的问题

电力物资质量管理的主要方式有监造、抽检及服务于产品全寿命周期管理的活动。监造是监造单位按监造服务合同约定，派驻专业人员到供应商现场，对设备材料的制造质量及进度进行全过程的监督见证[2]。监造模式又分为三种：驻厂监造、关键节点见证、专家巡检。委托人可根据实际工作的需要，选择监造模式。见证方式主要包括：停工待检点(H点)、现场见证点(W点)、文件见证点(R点)。

电力设备监造主要采取集中监造，即在一家供应商只派一个监造组，代表国家电网公司对该供应商中标的主要设备进行统一监造，包括对设备在生产过程中的工艺流程、制造质量及进度、包装储运等进行监督的活动。电力设备监造工作过程主要包含电力设备监造准备阶段、实施及总结阶段。其中，电力设备监造资料准备阶段十分关键，主要是由监造大纲编制、监造组织机构和质量保证体系组建等工作构成。监造组织机构通常包含总监、项目经理、驻场监造代表或项目专工等。设备监造等级的制定是以设备质保等级、规范等级、安全级别和设备制造厂管理水平、业主投资中设备所占比重为根据进行的。而在监造准备阶段中，质量保证体系检查这一项工作十分重要，主要负责对设备监造人员职责权限、问题

处理程序的明确，而要想为监造计划的实施提供有效、可靠的保障，就必须针对各个责任人员明确设备监造环节的内容。设备监造实施阶段主要包含编制监造计划与协议、情况通报、过程记录和出厂验收等工作[3]。

针对目前监理人员根据质量监督计划实施监造任务，在监造范围、实施原则、管控方式等方面模式较为单一，虽然满足了质量监督的覆盖面，但没有很好的针对性。无法对这些设备质量信息开展准确、有效地统计和分析。以及当前设备供应商数量众多，供货质量水平也是参差不齐，未能对不同供应商的供货质量情况，采取有的放矢监造工作，从而精准、有效提升设备质量。

### 3. 精准监造实现过程

#### 3.1. 方法和思路

针对当前对供应商无差别对待、统一标准的常规监造存在的一些问题，本文以供应商为核心维度，建立供应商绩效评价指标体系，建立监造措施库和监造策略库，实现基于监造策略优化的精准监造流程。通过对供应商的历史供货质量水平、履约行为等信息进行综合分析评价后，通过统计分析对于同类设备的不同供应商，采取差异化监造策略，对监造项目，从见证范围、见证点类型、见证方式等方面精准制定监造细则。同时对各个见证点的 R 点、W 点、H 点等类型，以及见证方式制定差异化方案。通过统计分析，利用模糊综合评价法，根据供应商综合评价值，对不同供应商、不同类型的物资实行差异化监造策略。对优质供应商实行常规监造策略，对问题供应商实行更加严格的监造策略，从而优化监造资源，提高监造效率和监造效果。通过精准监造流程，编制精准监造策略，下发执行监造细则，提升电力物资质量。

#### 3.2. 供应商绩效评价指标体系建立

电力物资供应商评价指标体系包括五个方面指标进行评价：供应商的资质能力、绩效评价、履约评价、供需依存度、供应商负面评价。具体到每一个指标又包括多个细分的评价指标，本文针对监造策略主要考虑供应商绩效评价指标。

电力物资供应商是监造的对象，也是监造策略的重点实施对象。依据业务需求报告内容，建立供应商绩效评价模型，供应商绩效评价指标包括：生产制造阶段质量信息分析、安装调试阶段质量信息分析和运行维护阶段质量信息分析。

分析方法是采用模糊综合评价法将涉及到供应商评价的评价准则和关键因素进行分析，得到其相关的指标权重，然后按照评价准则，得到按重要程度排序的影响因素。模糊综合评价法基本思想：是以模糊数学为基础，应用模糊关系合成的原理，将一些边界不清、不易量化的因素定量化，从多个因素对被评价事物隶属等级(或称为评语集)状况进行综合性评价的一种方法。综合评判对评判对象的全体，根据所给的条件，给每个对象赋予一个非负实数评判指标，再据此排序择优[4]。

基本步骤：确定因素集、评语集；构造模糊关系矩阵；确定指标权重；进行模糊合成和做出评价。将模糊层次分析评价方法引入电力物资供应商评价体系，需要经过四个步骤，具体过程如下：

##### 1) 建立层次结构模型。

在 FAHP 方法中，首先将评价目的作为 FAHP 的最高层。然后将通过某种措施来实现目标所涉及到的各个因素作为评价的中间层。最后，将解决问题的具体措施，作为最底层。

##### 2) 建立模糊判断矩阵。

针对上一层的某个元素，对本层与其有关因素的相对重要性进行比较。如果上、下两层元素的关系

用模糊判断矩阵表示为

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

那么, 判断矩阵  $R$  就应该有如下性质:

I)  $r_{ii} = 0.5, i = 1, 2, \dots, n$ ; II)  $r_{ij} = 1 - r_{ji}, i, j = 1, 2, \dots, n$ 。

3) 根据判断矩阵计算相对权重。

首先, 要计算判断矩阵  $A$  的最大特征根为  $\lambda_{\max}$ , 以及其对应的特征向量  $W = [w_1^A, w_2^A, \dots, w_n^A]$ 。那么  $W = [w_1^A, w_2^A, \dots, w_n^A]$  即为中间因素  $A_i$  的权重。为计算方便, 在此采用平方根法来近似计算。即

$$w_i^A = \frac{\left(\prod_{j=1}^n a_{ij}\right)^{\frac{1}{n}}}{\sum_{i=1}^n \left(\prod_{j=1}^n a_{ij}\right)^{\frac{1}{n}}}$$

4) 修正各层风险指标权重。

通过计算权重之间的相似系数, 对各权重的离散程度进行计算得到相似矩阵  $R$  如下:

$$R = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & \cdots & R_{1n} \\ R_{21} & R_{22} & \cdots & R_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ R_{m1} & R_{m2} & \cdots & R_{mn} \end{bmatrix},$$

其中,  $R_{ij}$  表示第  $i$  个与第  $j$  个专家的评价结果的相似度, 相应的计算公式为:

$$R_{ij} = 1 - \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (w_{ik} - w_{jk})^2}{n}},$$

$R_{ij}$  越小, 说明两个专家评价结果的相似度越小。所以,  $R$  为中心位置为 1 的对称矩阵。在此, 本文利用权重偏离程度来衡量专家对于评价指标的意见, 主要是在所有的专家评价中分离出偏离整体水平较大的权重点。对于偏离度较大的权重点处理, 令

$$P_i = \sum_{j=1}^n R_{ij}, P = (P_1, P_2, \dots, P_n)^T, D_i = \frac{P_{\max} - P_i}{P_{\max}} \times 100\%,$$

其中,  $P_i$  为相似系数矩阵中每一行的和, 表示第  $i$  个专家的权重判断与其他专家的偏离程度, 相似系数越小, 表明偏离程度越大, 即与其他专家的意见相差越远;  $P$  表示行相似系数求和后的单列矩阵;  $D_i$  表示第  $i$  个专家的相似系数与最大相似系数的偏离程度, 当  $D_i$  超过某个固定值时, 就将该值舍去, 不参与计算。

### 3.3. 监造策略库建立

建立监造策略库之前, 先要建立精准监造措施。监造措施从四个维度进行监造方式分类: 人力资源、见证方式、监造技术和监造管理。每个监造方式又有多个具体监造措施, 监造措施库示例, 见表 1。

**Table 1.** Supervision measures library  
**表 1.** 监造措施库

加强监造方式	监造措施
人力资源	调整监造人员数量 派技术专家参加见证等
见证方式	增加 H 点 增加 W 点 增加 R 点 R 点调整为 W 点 R 点调整为 H 点 W 点调整为 H 点 增加飞行检查
监造技术	增加出厂试验项目 组织专家专项评审(设计方案、试验方案) 原材料组部件厂内抽检 增加生产环境专项检查 增加供应商生产试验设备专项检查
监造管理	增加三方协调会 建立定期召开协调会机制

通过供应商绩效评价指标体系,获得供应商最终绩效评分值,根据评分值对供应商进行风险分级:优秀、良好、合格、问题、风险。同时,根据物料类别、电压等级等条件建立监造策略库。一条监造策略中可包含多种监造措施组合生效。

监造策略库示例,见表 2。

**Table 2.** Supervision strategy library  
**表 2.** 监造策略库

供应商绩效评价	电压等级	物料类别	监造策略
优秀(4.5~5 分)	110 KV	变压器	1) 减少监造。
	220 KV	变压器	1) 减少监造。
良好(4~4.5 分)	110 KV	变压器	1) 增加 H 点。 2) 增加生产环境专项检查。
	220 KV	变压器	1) 增加 H 点。 2) 原材料组部件厂内抽检。
合格(3~4 分)	110 KV	变压器	1) 增加 H 点。 2) 增加生产环境专项检查。
	220 KV	变压器	1) 增加 H 点。 2) 原材料组部件厂内抽检。
问题(1~3 分)	110 KV	变压器	1) 增加 H 点。 2) 增加飞行检查。
	220 KV	变压器	1) 增加 H 点。 2) 增加飞行检查。 3、增加出厂试验项目。
风险(0 分)	110 KV	变压器	1) 组织专家专项评审。 2) 建立定期召开协调会机制。
	220 KV	变压器	1) 组织专家专项评审。 2) 建立定期召开协调会机制。

### 3.4. 基于监造策略优化的精准监造

以供应商绩效评价为核心指标,通过供应商评价(优秀、良好、合格、问题、风险)、电压等级、物料类别(规格型号、物料描述)、项目单位、质量分析指标等条件,将供应商绩效评价与监造策略进行匹配。对不同绩效评价的供应商采取不同的监造策略,优化供应商监造策略,从而实现供应商精准监造。

根据国网公司电力物资监造工作的要求,制定出厂试验监造差异化原则,以指导差异化监造策略的制定,具体如下:

- 1) 历史质量问题较多的物资,加强监造力度;
- 2) 历史质量问题较多的供应商,加强监造力度;
- 3) 历史质量问题较严重的供应商,加强监造力度;
- 4) 对出厂试验监造范围内,物资质量问题数量排名前三的厂商,按照项目全覆盖的方式制定监造计划;
- 5) 采购量大、金额高的物资,加强监造力度;
- 6) 中标量大、金额高的供应商,加强监造力度;
- 7) 中标单价偏低的供应商,加强监造力度;
- 8) 新入网的供应商,加强监造力度;
- 9) 采用了新技术、新材料、新部件、新工艺等的物资,加强监造力度。

基于监造策略优化的精准监造流程,如图 1 所示。

- 1) 物资公司质监部负责人根据质量问题、监造大纲、监造方案模板等,建立精准监造策略库,制定精准监造措施库;
- 2) 物资公司质监部负责人根据质量情况,制定监造策略,并提交物资部供应质量处分管负责人审核;
- 3) 物资公司质监部负责人将审核通过的监造策略纳入监造策略库正式生效;
- 4) 监造师获取职责范围内的监造任务信息,并对职责范围内的监造任务进行监造策略匹配;
- 5) 监造师根据监造策略匹配结果,在基础监造细则模板的基础上,编制精准监造细则,并提交物资公司质监部主任审核;
- 6) 监造师将审核通过的监造细则正式下发执行。

## 4. 精准监造应用

本文通过案例,应用模糊综合评价方法对 3 家供应商绩效评价进行打分和计算分析,其过程如下。

步骤一:确定对象集:

$$X = \{X_1, X_2, X_3\} = \{\text{供应商1, 供应商2, 供应商3}\}$$

步骤二:确定指标集:

$$U = \{u_1, u_2, u_3, u_4\} = \{\text{生产制造, 运输交接, 安装调试, 生产运行}\}$$

步骤三:确定权重矢量:

$$A = (a_1, a_2, a_3, a_4) = (0.4, 0.1, 0.2, 0.3)$$

步骤四:确定评价等级集:

$$V = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5\} = \{\text{优秀, 良好, 合格, 问题, 风险}\}$$

步骤五:确定评价矩阵。

各供应商隶属度,见表 3。

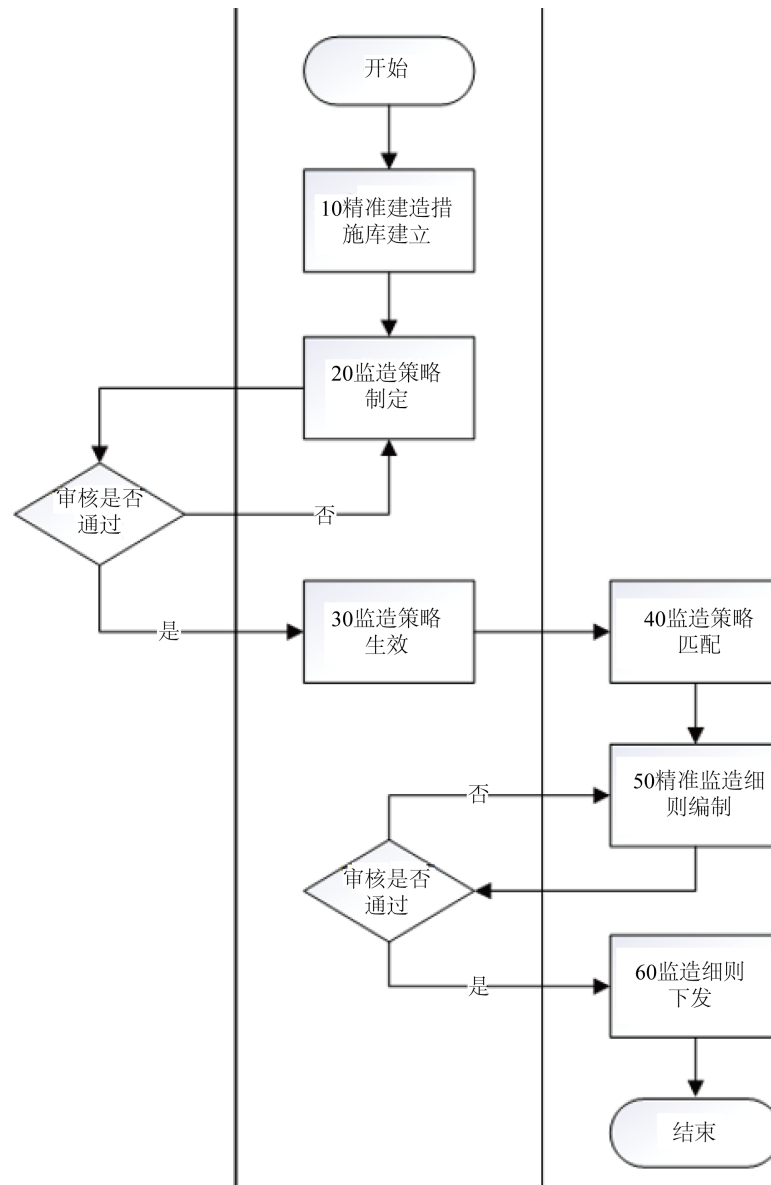


Figure 1. Precise supervision process optimized based on supervision strategy  
 图 1. 基于监造策略优化的精准监造流程

Table 3. Membership of suppliers  
 表 3. 各供应商隶属度

评价因素	供应商 1					供应商 2					供应商 3				
	优秀 (v <sub>1</sub> )	良好 (v <sub>2</sub> )	合格 (v <sub>3</sub> )	问题 (v <sub>4</sub> )	风险 (v <sub>5</sub> )	优秀 (v <sub>1</sub> )	良好 (v <sub>2</sub> )	合格 (v <sub>3</sub> )	问题 (v <sub>4</sub> )	风险 (v <sub>5</sub> )	优秀 (v <sub>1</sub> )	良好 (v <sub>2</sub> )	合格 (v <sub>3</sub> )	问题 (v <sub>4</sub> )	风险 (v <sub>5</sub> )
生产制造(u <sub>1</sub> )	0.5	0.3	0.2	0	0	0.7	0.2	0.1	0	0	0.5	0.2	0.3	0	0
运输交接(u <sub>2</sub> )	0.7	0.2	0.1	0	0	0.8	0.2	0	0	0	0.6	0.2	0.2	0	0
安装调试(u <sub>3</sub> )	0.9	0.1	0	0	0	0.8	0.1	0.1	0	0	0.8	0.2	0	0	0
生产运行(u <sub>4</sub> )	0.6	0.3	0.1	0	0	0.7	0.1	0.2	0	0	0.5	0.3	0.2	0	0

各供应商单因素评价矩阵:

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.3 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.7 & 0.2 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.9 & 0.1 & 0 & 0 & 0 \\ 0.6 & 0.3 & 0.1 & 0 & 0 \end{bmatrix}, R_2 = \begin{bmatrix} 0.7 & 0.2 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.8 & 0.2 & 0 & 0 & 0 \\ 0.8 & 0.1 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.7 & 0.1 & 0.2 & 0 & 0 \end{bmatrix}, R_3 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.2 & 0.3 & 0 & 0 \\ 0.6 & 0.2 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.8 & 0.2 & 0 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0.3 & 0.2 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

步骤六: 进行模糊综合评价。

将评价因素的权重矢量与各供应商评价矩阵进行模糊合成变换, 即模糊综合评价模型:  $B = A \cdot R$ 。即得:

$$B_1 = A \cdot R_1 = (0.4, 0.1, 0.2, 0.3) \cdot \begin{bmatrix} 0.5 & 0.3 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.7 & 0.2 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.9 & 0.1 & 0 & 0 & 0 \\ 0.6 & 0.3 & 0.1 & 0 & 0 \end{bmatrix} = (0.63, 0.25, 0.13, 0, 0)$$

$$B_2 = A \cdot R_2 = (0.4, 0.1, 0.2, 0.3) \cdot \begin{bmatrix} 0.7 & 0.2 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.8 & 0.2 & 0 & 0 & 0 \\ 0.8 & 0.1 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.7 & 0.1 & 0.2 & 0 & 0 \end{bmatrix} = (0.73, 0.15, 0.12, 0, 0)$$

$$B_3 = A \cdot R_3 = (0.4, 0.1, 0.2, 0.3) \cdot \begin{bmatrix} 0.5 & 0.2 & 0.3 & 0 & 0 \\ 0.6 & 0.2 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.8 & 0.2 & 0 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0.3 & 0.2 & 0 & 0 \end{bmatrix} = (0.57, 0.21, 0.2, 0, 0)$$

步骤七: 解释模糊综合评价结果矢量。

利用最大隶属度原则, 即取  $V$  中与最大值  $b_j$  对应的元素  $v_j$  作为评价结果。显然, 在  $B$  中,  $b_3 < b_1 < b_2$ , 故选择  $v_2$ , 即供应商 2 最优。

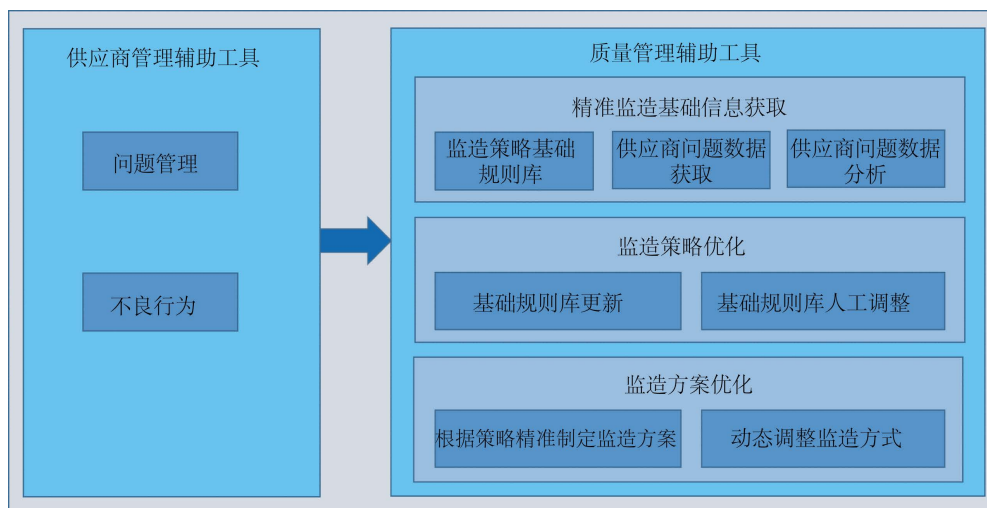
然后按照供应商的优秀程度排名, 进行差异化监造策略制定, 从而优化监造策略, 实现对供应商精准监造。对于优秀供应商, 采取驻厂监造和关键质量控制点见证方式, 适当减少关键质量控制点见证次数, 降低管理成本投入; 对于良好供应商, 采取关键质量控制点见证方式; 对于一般合格供应商, 采取驻厂监造方式; 对于问题、风险供应商, 必须采用全面跟踪的驻厂监造方式, 对其质保体系、原材料入厂检验、生产过程控制、成品检测和验收等实施全过程的现场监督。

基于监造策略优化的精准监造场景的应用架构图, 主要包括精准监造基础信息获取、监造策略优化、监造方案优化三部分, 通过供应商管理辅助工具问题管理、不良行为相关信息提供支撑。监造策略优化应用架构, 如图 2 所示。

供应商管理辅助工具中的问题管理、不良行为、供应商质量图谱以及供应商画像对精准监造提供数据支撑。主要步骤如下所示:

- 1) 精准监造基础信息获取是通过创建监造策略基础规则库, 供应商质量数据获取, 并对供应商问题进行分析。
- 2) 监造策略优化通过建立滚动更新机制, 对监造策略基础规则库进行更新, 同时也可以人工进行校核调整。
- 3) 监造方案优化通过根据监造策略, 针对监造项目, 从见证范围、见证点类型、见证方式等方面精准制定监造细则; 根据分析结果, 自动调整下一周期的设备监造策略, 例如将文件见证(R点)转为现场见证(W点)、增加停工待检(H点)数量、延伸监造、抽检监督方式转为监造监督方式等。





**Figure 2.** Supervision strategy optimization application architecture  
**图 2.** 监造策略优化应用架构

## 5. 结束语

以供应商为核心维度，建立供应商绩效评价指标体系，建立监造措施库和监造策略库，实行基于监造策略优化的精准监造流程。通过统计分析，利用模糊综合评价法，针对不同供应商、不同类型的物资实行一定程度的差异化监造策略，编制精准监造细则，下发执行监造细则，能有效提高监造效果，降低监造成本，提升电力物资质量。未来，随着监造策略库的完善，通过建立供应商评价知识图谱，运用人工智能，可以实现供应商监造策略的自动精准匹配。

## 参考文献

- [1] 张萍. 电力设备监造管理的体会与探讨[J]. 科技传播, 2012(5): 19-20.
- [2] 王晓泽. 电力设备监造业务过程规范化研究[J]. 广东科技, 2013(8): 46-47.
- [3] 李四维. 电力设备监造过程中规范化与信息化的应用分析[J]. 中国设备工程, 2018(18): 177-178.
- [4] 王延海. 电网输变电工程项目物资供应商评价体系研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 华北电力大学, 2017: 29-30.