

文章编号:1673-9469(2014)01-0017-03

doi:10.3969/j.issn.1673-9469.2014.01.005

## 钢结构施工过程中人因失误因素 AHP 分析

李张苗<sup>1,2</sup>,寇新建<sup>1</sup>,蒋萌<sup>1</sup>,胡启平<sup>3</sup>

(1.上海交通大学 船舶海洋与建筑工程学院,上海 200240; 2.南通职业大学 建筑工程学院,江苏 南通 226007;  
3.河北工程大学 建筑工程学院,河北 邯郸 056038)

**摘要:**本文深入研究钢结构施工过程中人因失误影响因素,利用层次分析法(Analytical Hierarchy Process, AHP)对各因素的重要性进行分析,获得相应的权重排序向量。权重排序向量可以在实践中指导人因失误因素的控制,合理分配管理资源,保障钢结构工程整体可靠性。

**关键词:**钢结构; 施工过程; 人因失误; 层次分析法(AHP)

**中图分类号:**TU391

**文献标识码:**A

### AHP analysis of human - error factors of steel structure in constructing process

LI Zhang - miao<sup>1,2</sup>, KOU Xin - jian<sup>1</sup>, JIANG Meng<sup>1</sup>, HU Qi - ping<sup>3</sup>

(1. School of Naval Architecture, Ocean & Civil Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China;  
2. School of Construction Engineering, Nantong Vocational College, Jiangsu Nantong 226007, China;  
3. School of Civil Engineering, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China)

**Abstract:** Human errors are inevitable in steel structure constructing process. They would produce a negative effect on the quality of constructions. There are many factors likely to cause human errors. This paper concludes human - error factors in constructing process of steel structures. Then the importance of these factors can be analyzed by AHP (Analytical Hierarchy Process) method. Afterwards, the importance ranking vector of factors can be acquired. The ranking vector can direct engineers to control human - error factors in constructing process and allocate resource reasonably. Then the safety of steel structures can be ensured.

**Key words:** steel structure; constructing process; human - error; Analytical Hierarchy Process (AHP)

建筑结构施工操作都是由人来完成,在这一过程中不可避免存在各种人因失误操作。施工阶段的人因失误操作将会影响结构抗力性能,导致结构可靠性功能函数发生变化,使结构实际可靠性能与设计可靠性能产生偏差。如果实际可靠性能低于设计可靠性能将会引起安全隐患,而实际可靠性能高于设计则会造成本不必要的经济浪费。Ellongwood 在文献[1]中通过大量统计数据总结约 90% 的结构失效及其正常使用功能出现问题均来源于人为失误。因此施工阶段人因失误操作的研究有很高的工程意义。

Stewart<sup>[2]</sup>对钢筋混凝土梁施工过程中人因失误

进行了现场调查和量化研究。周详<sup>[3]</sup>建立了基于人误概率可能性分布的结构模糊随机可靠度分析模型。周冲<sup>[4]</sup>利用层次分析法(AHP)对混凝土施工过程中的人因失误影响因素进行了重要性排序,将得到的权重向量用于结构可靠度研究。史文秀<sup>[5]</sup>对钢结构施工过程中人因失误的机理进行了分析,归纳总结人因失误影响因素的类型,研究影响因素之间的灰色关联度,建立了可靠性灰色 - 模糊评判方法。本文拟对钢结构在施工过程中的人因失误因素进行调查研究,建立层次分析法(AHP)研究模型,分析各因素重要性,获得可以反映各种人因失误操作对钢结构整体安全性能影响

收稿日期:2013-05-20

作者简介:李张苗(1982-),男,安徽安庆人,博士,讲师,从事结构可靠性、建筑节能的研究。

大小的权重排序向量。

## 1 施工阶段人因失误因素分析

钢结构施工阶段由人完成的基本操作难以准确界定,比如钢筋绑扎可以是单根钢筋的绑扎也可以是某个节点的钢筋绑扎,因此按基本操作进行人因失误因素分析难度较大,本文将参照文献[4]和[5]依据钢结构施工工序从宏观管理角度出发定义钢结构施工阶段人因失误因素。

当前我国钢结构施工阶段相关工序及主要流程如图1所示。

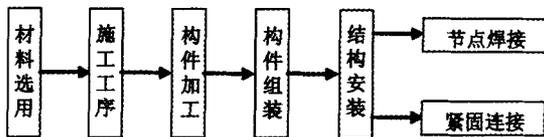


图1 钢结构施工流程图

Fig.1 The constructing flow chart of steel structure

在以上流程中,每一个步骤都依靠人的操作来完成,因而都存在人因操作失误可能。材料选用是否符合设计要求的强度、刚度、稳定性,是否充分考虑承载特性要求以及工作环境。施工工序设计是否完善,避免返工与窝工,是否考虑特殊使用要求。构件加工时必须按照设计图纸要求进行尺寸加工和偏差限制,在此过程中操作人员必须按照一定的操作规程进行加工。构件组装时,必须严格按照图纸组装,控制拼接偏差,减少构件变形。安装方案必须合理,安装操作要严格执行各种规定,注意安放位置的测量定位。焊接连接与紧固件连接必须按照规范要求进行,严格执行各种验收标准。

## 2 AHP 分析模型

钢结构施工阶段人因失误操作存在于7个流程,每一流程发生人因失误将会对钢结构建筑整体安全性能产生不同的影响,因此对这7个人因

失误因素进行重要性排序具有较高的工程指导价值。AHP法是目前应用较多的多因素重要性评价方法<sup>[6]</sup>。下文将按照AHP法分析步骤建立钢结构施工阶段人因失误因素AHP分析模型。

1)根据因素之间的因果关系建立递阶层次模型。模型决策目标即本文研究目标是钢结构施工阶段人因失误。模型准则层即B级任务为上文7个施工相关流程。故钢结构施工阶段人因失误因素AHP法递阶层次模型如图2所示。

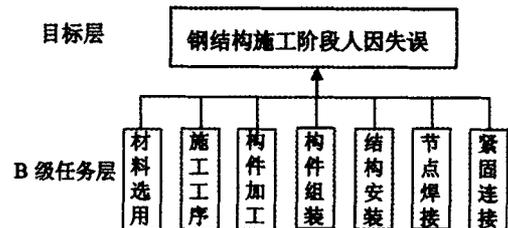


图2 AHP法递阶层次模型

Fig.2 The model of AHP method

2)对同层因素关于上一层的重要程度进行两两比较,构造两两比较判断矩阵。对图2的递阶层次模型中的B级任务层的因素关于目标层的重要程度进行两两比较。记B级任务层为 $b = [B_1, B_2, \dots, B_7]$ ,用 $b_{ij}$ 表示第 $i$ 个因素与第 $j$ 个因素之间的重要性之比。将所有因素进行两两比较,可以得到 $7 \times 7$ 阶两两比较判断矩阵

$$B = [b_{ij}]_{7 \times 7} = \begin{bmatrix} 1 & b_{12} & b_{13} & \dots & b_{17} \\ b_{21} & 1 & b_{23} & \dots & b_{27} \\ b_{31} & b_{32} & 1 & \dots & b_{37} \\ \dots & \dots & \dots & 1 & \dots \\ b_{71} & b_{72} & b_{73} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

衡量 $b_{ij}$ 的数值标准为标度,本文采取1~9标度,其数值意义见表1。由矩阵论可知判断矩阵为正互反矩阵。

3)计算各层次因素权重,获得其重要性序列,检验判断矩阵一致性。正互反矩阵中的元素 $B_{ij}$ 只

表1 标度数值的含义

Tab.1 The meaning of scale

比例标度	含义	比例标度	含义
1	两元素相比,具有相同的重要性		
3	两元素相比,前者比后者稍重要	1/3	两元素相比,前者比后者稍不重要
5	两元素相比,前者比后者明显重要	1/5	两元素相比,前者比后者明显不重要
7	两元素相比,前者比后者强烈重要	1/7	两元素相比,前者比后者强烈不重要
9	两元素相比,前者比后者极端重要	1/9	两元素相比,前者比后者极端不重要
2,4,6,8	表示上述相邻判断的中间值	1/2,1/4,1/6,1/8	表示上述相邻判断的中间值

