

基于层次分析法对影响预应力高强度混凝土管桩工程 质量管理的要点探究

魏昊琦

郑州大学管理学院 河南 郑州 450000

摘要：预应力高强度混凝土管桩，即PHC管桩，是地基基础处理工程中经常使用的一种材料，因其桩身混凝土强度高（强度等级一般 \geq C80），具有适用范围广（适用于多种地质条件）、工程造价低（标准化生产且施工快）等优点，在进行地基基础处理工程中被广泛应用。然而在实际施工中，经常出现施工中无法达到设计要求的桩长，进而导致单桩承载力不满足设计要求的问题。而层次分析法是一种定性定量有机结合的方法，能够将复杂的系统评价明朗化。但在现有国内工程质量的系统评价中，通过层次分析法对预应力高强度混凝土管桩工程质量进行系统分析评价的工作尚有不足。基于此，本文从工程实际出发，运用层次分析法，对影响预应力高强度混凝土管桩工程质量管理的要点进行详细探究。得出影响其工程质量的主要因素为现场施工，其余因素依次为后期验收、前期设计、地质勘察、生产运输；而进一步细化，排名前三的影响因素具体指标为验收管理情况、实体部分检验情况、施工人员的技术水平。并针对三个主要影响，提出具体的优化措施。

关键词：PHC管桩；层次分析法；工程质量；问题与改进

1 层次分析法理论简介

1.1 基本思想

层次分析法（AHP）是一种决策分析方法，它将复杂的多目标决策问题分解为多个组成因素，又将各组成因素按照从属关系重新排列，组成递阶的层次结构。通过定性和定量相结合的方法构造两两比较判断矩阵并进行一致性检验，从而确定各层次元素的权重，并计算各层要素对系统目的（总目标）的总权重，从而选择最优方案^[1]。层次分析法适用于具有分层交错评价指标且目标值难以定量描述的决策问题。

1.2 实施步骤

分析评价系统中各基本组成要素之间的关系，从而建立系统的递阶层次结构→对同一层次各要素重要性构造两两比较判断矩阵，并进行一致性检验→根据判断矩阵计算各要素的相对权重，计算各层要素对系统目的（总目标）的总权重→对各方方案计算结果进行排序^[2]。

1.3 判断矩阵标度定义

判断矩阵标度定义如表1所示。

表1 判断矩阵标度定义

标度	含义
1	两个要素相比，具有同样的重要性
3	两个要素相比，前者比后者稍重要
5	两个要素相比，前者比后者明显重要
7	两个要素相比，前者比后者强烈重要
9	两个要素相比，前者比后者极端重要
2, 4, 6, 8	上述相邻判断的中间值
倒数	两个要素相比，后者比前者的重要性程度

1.4 权重计算

求各要素相对于上层某要素的归一化相对重度向量 $W^0 = (W_i^0)^{[3]}$ 。常采用方根法，即

$$W_i = \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{\frac{1}{n}} \quad W_i^0 = \frac{W_i}{\sum_i W_i}$$

1.5 一致性检验

计算一致性检验指标C.I.

$$C. I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

通过查表2，得到相应的平均随机一致性指标R.I.

表2 平均随机一致性指标

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
R.I.	0	0	0.52	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41	1.46	1.49	1.52	1.54	1.56	1.58

计算一致性比例C.R.

$$C. R. = \frac{C. I.}{R. I.} < 0.1$$

2 影响预应力高强度混凝土管桩工程质量因素及评价结果

2.1 背景介绍

以郑州某区建筑工地预应力高强度混凝土管桩工程为例，该项目共涉及两个单位工程：3#楼、4#楼，在预应力高强度混凝土管桩施工完成后，发现问题：3#楼设计桩长为16米、总桩数为411根，实际施工符合设计要求长度根数为36根，未达到设计要求长度根数为375根，长度区间在10.8—15.98米；4#楼设计桩长为16米、总桩数为482根，实际施工符合设计要求长度根数为106根，未达到设计要求长度根数为376根，长度区间在11.1—

15.95米。

2.2 系统评价指标体系建立

通过邀请20名行业相关专家（10名勘察设计专业人员、10名施工专业人员，均为高级工程师）进行专家访谈，从地质勘察、前期设计、生产运输、现场施工、后期验收等多个方位对可能的影响因素进行分析，构建影响预应力高强度混凝土管桩工程质量管理的风险指标体系，见表3。

表3 PHC管桩质量管理的风险指标体系

目的	一级指标	二级指标	文献/参考
预应力高强度混凝土管桩工程质量管理(U)	地质勘察(A)	勘察人员技术水平(A1)	[1]
		水文地质、气候环境评估情况(A2)	[5]
		勘察结果合理性(A3)	访谈
	前期设计(B)	设计人员技术水平(B1)	[1]
		设计标准化程度(B2)	[7]
		深化设计合理性(B3)	[3]
		施工图设计质量(B4)	[5]
	生产运输(C)	生产工人技术水平(C1)	[7]
		构件工厂专业化程度(C2)	[7]
		运输与保存不规范(C3)	[3]
	现场施工(D)	施工人员的技术水平(D1)	[1]
		施工方案的选择(D2)	[1]
		施工机械性能参数的选择(D3)	[1]
		技术交底执行情况(D4)	[7]
		成孔质量(D5)	[2]
		施工分包单位的管理(D6)	[3]
		施工人员的过程管理(D7)	[1]
		实体部分检验情况(D8)	[5]
	后期验收(E)	验收人员合作情况(E1)	[5]
		验收管理情况(E2)	[5]
过程监督到位情况(E3)		[6]	

利用YAAHP软件，构建系统评价模型^[4]。见图1。

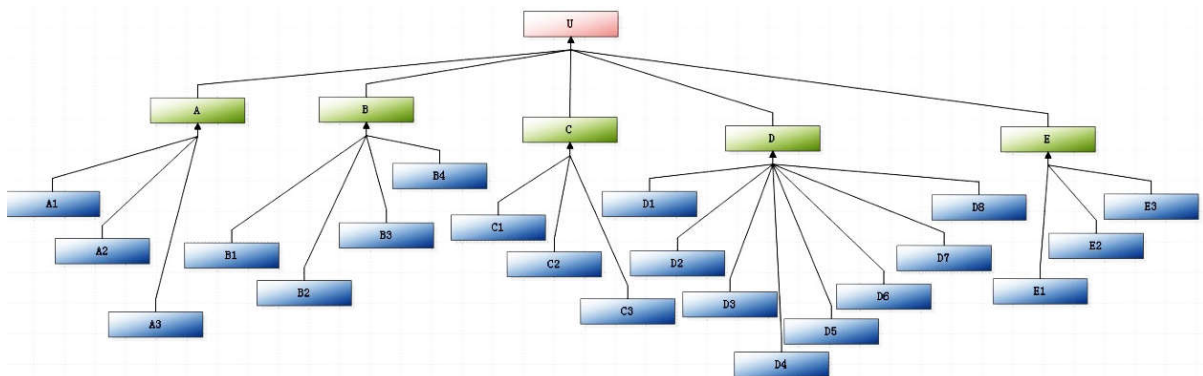


图1 PHC管桩系统评价模型

2.3判断矩阵构建

通过专家访谈法，对各层次构建判断矩阵见表4-表9。

表4 A-E层判断矩阵

U	A	B	C	D	E
A	1	2	2	1/5	1/4
B	1/2	1	3	1/3	1/2
C	1/2	1/3	1	1/5	1/4
D	5	3	5	1	3
E	4	2	4	1/3	1

表5 A1-A3层判断矩阵

A	A1	A2	A3
A1	1	3	2
A2	1/3	1	1
A3	1/2	1	1

表6 B1-B4层判断矩阵

B	B1	B2	B3	B4
B1	1	3	2	2
B2	1/3	1	1/2	1/2
B3	1/2	2	1	1/2
B4	1/2	2	2	1

表7 C1-C3层判断矩阵

C	C1	C2	C3
C1	1	3	2
C2	1/3	1	1/2
C3	1/2	2	1

表8 D1-D8层判断矩阵

D	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
D1	1	3	2	3	2	5	2	1
D2	1/3	1	3	2	1	3	1/2	1/3
D3	1/2	1/3	1	1	1/2	1/2	1/3	1/3
D4	1/3	1/2	1	1	1	2	1/3	1/3
D5	1/2	1	2	1	1	5	3	1/2
D6	1/5	1/3	2	1/2	1/5	1	1/3	1/5
D7	1/2	2	3	3	1/3	3	1	1/5
D8	1	3	3	3	3	5	5	1

表9 E1-E3层判断矩阵

E	E1	E2	E3
E1	1	1/3	1
E2	3	1	2
E3	1	1/2	1

2.4 权重计算及一致性检验

通过YAAHP软件计算各要素权重、且均能通过一致性检验^[5]。总体见图2、具体见表10-表15

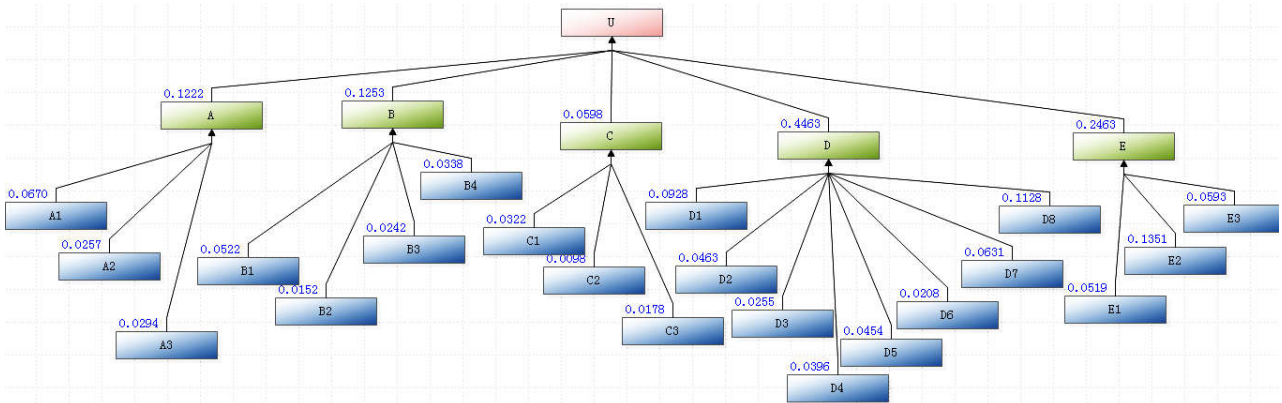


图2 各要素权重总图

表10 A-E层计算结果

1. U 一致性比例: 0.0763; 对"U"的权重: 1.0000; λ_{max} : 5.3420

U	A	B	C	D	E	Wi
A	1.0000	2.0000	2.0000	0.2000	0.2500	0.1222
B	0.5000	1.0000	3.0000	0.3333	0.5000	0.1253
C	0.5000	0.3333	1.0000	0.2000	0.2500	0.0598
D	5.0000	3.0000	5.0000	1.0000	3.0000	0.4463
E	4.0000	2.0000	4.0000	0.3333	1.0000	0.2463

表11 A1-A3层计算结果

2. A 一致性比例: 0.0176; 对"U"的权重: 0.1222; λ_{\max} : 3.0183

A	A1	A2	A3	Wi
A1	1.0000	3.0000	2.0000	0.5485
A2	0.3333	1.0000	1.0000	0.2106
A3	0.5000	1.0000	1.0000	0.2409

表12 B1-B4层计算结果

3. B 一致性比例: 0.0267; 对"U"的权重: 0.1253; λ_{\max} : 4.0712

B	B1	B2	B3	B4	Wi
B1	1.0000	3.0000	2.0000	2.0000	0.4168
B2	0.3333	1.0000	0.5000	0.5000	0.1209
B3	0.5000	2.0000	1.0000	0.5000	0.1928
B4	0.5000	2.0000	2.0000	1.0000	0.2695

表13 C1-C3层计算结果

4. C 一致性比例: 0.0089; 对"U"的权重: 0.0598; λ_{\max} : 3.0092

C	C1	C2	C3	Wi
C1	1.0000	3.0000	2.0000	0.5390
C2	0.3333	1.0000	0.5000	0.1638
C3	0.5000	2.0000	1.0000	0.2973

表14 D1-D8层计算结果

5. D 一致性比例: 0.0893; 对"U"的权重: 0.4463; λ_{\max} : 8.8817

D	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	Wi
D1	1.0000	3.0000	2.0000	3.0000	2.0000	5.0000	2.0000	1.0000	0.2080
D2	0.3333	1.0000	3.0000	2.0000	1.0000	3.0000	0.5000	0.3333	0.1038
D3	0.5000	0.3333	1.0000	1.0000	0.5000	0.5000	0.3333	0.3333	0.0572
D4	0.3333	0.5000	1.0000	1.0000	3.0000	2.0000	0.3333	0.3333	0.0886
D5	0.5000	1.0000	2.0000	0.3333	1.0000	5.0000	0.5000	0.5000	0.1017
D6	0.2000	0.3333	2.0000	0.5000	0.2000	1.0000	0.3333	0.2000	0.0465
D7	0.5000	2.0000	3.0000	3.0000	2.0000	3.0000	1.0000	0.2000	0.1415
D8	1.0000	3.0000	3.0000	3.0000	2.0000	5.0000	5.0000	1.0000	0.2528

表15 E1-E3层计算结果

6. E 一致性比例: 0.0176; 对"U"的权重: 0.2463; λ_{\max} : 3.0183

E	E1	E2	E3	Wi
E1	1.0000	0.3333	1.0000	0.2106
E2	3.0000	1.0000	2.0000	0.5485
E3	1.0000	0.5000	1.0000	0.2409

2.5 结果分析

按照权重排序, A-E层准则权重排序见表16, A1-

A3、B1-B4、C1-C3、D1-D8、E1-E3层各要素综合排序

见表17。

表16 A-E层准则权重排序

中间层要素	权重
D	0.4463
E	0.2463
B	0.1253
A	0.1222
C	0.0598

表17 A1-A3、B1-B4、C1-C3、D1-D8、E1-E3层各要素综合排序

备选方案	权重
E2	0.1351
D8	0.1128
D1	0.0928
A1	0.0670
D7	0.0631
E3	0.0593
B1	0.0522
E1	0.0519
D2	0.0463
D5	0.0454
D4	0.0396
B4	0.0338
C1	0.0322
A3	0.0294
A2	0.0257
D3	0.0255
B3	0.0242
D6	0.0208
C3	0.0178
B2	0.0152
C2	0.0098

通过权重排序发现，影响预应力高强度混凝土管桩工程质量的因素按照权重排序依次为现场施工、后期验收、前期设计、地质勘察、生产运输；做进一步细化，则排名前三的影响因素具体指标为验收管理情况、实体部分检验情况、施工人员的技术水平。

3 预应力高强度混凝土管桩工程质量改进措施

通过层次分析法对系统评价后，建议预应力高强度混凝土管桩工程采取以下措施加强质量管理：

3.1 地质勘察：

- ① 完善质量管理体系，设立专门的质量管理部门；
- ② 做好勘察前期准备工作，充分收集项目基础资料并制定科学合理的勘察方案；
- ③ 定期对勘察人员进行技术培训，加强现场勘察技术人员的管理，严格按照勘察方案执行并实时监控勘察质量^[5]。

3.2 前期设计：

- ① 建立健全的设计质量管理体系，加强设计文件的审核和审批；
- ② 充分的调查和分析工程地质条件，并了解项目具体需求，根据工程实际情况，制定合理的设计

方案,并做好过程跟踪和沟通,及时的处理施工中的问题和调整设计方案;③组织设计人员专业培训和技术交流,提高设计人员的专业技能和知识水平^[6]。

3.3 生产运输:

①严格原材料控制、加强模具管理;②选择合适的运输方式,加强运输过程中的监控。

3.4 现场施工:

①建立现场施工质量管理体系,提高现场管理人员技术素养;②做好施工前期准备工作,制定科学的、可操作性强的施工方案;③密切联系各方,加强参建各方的沟通协作,及时解决出现的难点和问题;④强化过程控制,提高进场验收、过程把控的管理力度,充分利用科学手段做好实体验收,提高施工质量判断的准确性;⑤加强对分包单位及现场工人的监督管理,严格落实施工方案的执行^[7]。

3.5 后期验收:

①严格按照规范标准进行验收,杜绝走过场,确保验收程序真实有效;②做好验收过程的监督把控,切实履行参建各方的质量责任和义务,提高各单位人员的质量意识;③做好验收前期的准备工作,确保满足验收前置条件再组织验收,提高验收通过的可能性;④密切联系各方,积极采纳各方提出的合理化建议、处理各方提出的问题^[8]。

结语

通过运用层次分析法,对影响预应力高强度混凝土管桩工程质量的各系统评价指标进行了较为系统的研究:项目各参建方应重视现场施工和后期验收的质量管

理工作,通过建立科学严密的质量管理体系、提高技术人员的专业素养与能力、密切沟通各方的协作手段、加强过程和验收的管理等方式,以期在后续的预应力高强度混凝土管桩工程质量控制中努力实现“质量优、工期短、成本省、效率高”。本文研究的时间较短,可能未全面考虑现象背后的其他原因,不足之处,还需通过后续的深入研究做进一步补充。

参考文献

- [1]潘林锋.基于结构方程和模糊综合法的工程施工质量风险评价[J].粉煤灰综合利用,2022,38(02):125-133.
- [2]刘会会,田普.浅析影响钻孔灌注桩质量主要因素[J].内蒙古科技与经济,2022(21):117-120.
- [3]汪应洛.《系统工程论》[M],机械工业出版社,2015年版,124-127.
- [4]徐强.基于AHP的房建工程质量管理要点探究[J].中国住宅设施,2023(06):89-91.
- [5]代云云,安琪,李德智,裴斐,周剑峰,焦宝龙,林诺.基于博弈论-云模型的地下室防水工程质量潜在缺陷风险评价[J].土木工程与管理学报,2024,41(01):82-88.
- [6]张陈,付连红,徐新战,杜鹏,沈海姣.基于层次分析法的SLD桩施工风险种类及权重研究[J].城市建筑,2019,16(33):100-104.
- [7]林琪燕.基于模糊综合评价法的EPC模式下装配式建筑成本风险评价[J].东莞理工学院学报,2024,31(01):94-102.
- [8]陈澍.影响装配式建筑施工质量因素及优化措施[J].价值工程,2023,42(01):25-27.