DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.260547

铁路桥梁桩基工程量指标主要影响因素及数据繁衍研究

吴　宁[1,2],王立波[1,2],王尧周[3],陈　强[3]
(1.江苏省铁路集团有限公司,江苏 南京 210012;2.江苏省智能与绿色铁路工程研究中心,江苏 南京 210012;
3.苏交科集团股份有限公司,江苏 南京 210019)

摘　要: 对江苏省铁路桥梁桩基工程量指标的关键影响因素进行深入剖析,系统识别技术标准、地貌单元、平均墩高、地震动参数、曲线占比以及特殊孔跨比等因素对桩基工程量指标的影响。在此基础上,实现数据的高效管理与智能应用,构建多维度铁路桩基工程量案例库,并提出一种机器学习与物理模型相结合的混合繁衍方法。分析结果表明,该方法能够有效地扩展数据样本,解决工程数据稀缺的难题,为铁路桩基设计和审核提供基于"经验+数据"的双驱动决策支持。

关键词: 铁路桥梁;桩基工程量指标;案例库;影响因素;数据繁衍
中图分类号: U443;TU997　　**文献标志码:** B　　**文章编号:** 1009-7716(2026)11-0073-07

Research on Main Influencing Factors and Data Reproduction of Railway Bridge Pile Foundation Engineering Quantity Indicators

WU Ning[1,2], WANG Libo[1,2], WANG Yaozhou[3], CHEN Qiang[3]
(1. Jiangsu Provincial Railway Group, Nanjing 210012, China; 2. Jiangsu Provincial Engineering Research Center for Intelligent and Green Railways, Nanjing 210012, China; 3. JSTI Group, Nanjing 210019, China)

Abstract: An in-depth analysis of the key influencing factors on the pile foundation engineering quantity indicators for railway bridges in Jiangsu Province is conducted. The impacts of various factors such as technical standards, geomorphological units, average pier height, seismic ground motion parameters, curve track proportion and special span-to-pier ratios on the pile foundation engineering quantity indicators are systematically identified. On this basis, the efficient management and intelligent application of the data are achieved, a multi-dimensional case database for railway pile foundation quantities is established, and a composite reproduction method combining machine learning and physical models is proposed. The analysis results show that this method can effectively expand the data sample, solve the problem of scarce engineering data, and provide dual-driven decision support based on "experience + data" for the design and review of railway pile foundations.

Keywords: railway bridge; pile foundation engineering quantity indicator; case database; influencing factors; data reproduction

0　引　言

江苏省的铁路建设成就斐然,已建成及正在建设的铁路里程规模较大,其中桥梁所占比例极高,在高速铁路领域更是凸显这一特点[1-2]。鉴于该省平原地区覆盖层厚度较大,基岩埋深较深,使得铁路桥梁桩基础多采用摩擦桩形式,进而导致投资占比相对较大[3-5],如何节省工程投资、如何审核桩基,显得尤为重要。在此背景下,构建并完善铁路桥梁桩基工程数量指标案例库显得尤为关键,这不仅能够为后续工程设计审核提供有力的案例支撑,而且对于培育数字资产、推动数字化转型进程具有深远意义。

国内外针对铁路桥梁桩基设计的研究已成果丰硕,但多数研究往往聚焦于单一因素或特定条件下的分析,针对多因素综合影响的系统性研究仍显匮乏[6-8]。与此同时,工程数据稀缺的难题普遍存在,这在一定程度上制约了设计和审核精细化水平的进一步提升。

收稿日期:2026-05-15
作者简介:吴宁(1969-),男,本科,正高级工程师,研究方向为铁路规划、长江铁路隧道智能建造、铁路勘察设计。
通信作者:陈强(1995-),男,硕士,助理工程师,从事桥梁勘察设计工作。电子信箱:chenqiangpersonal@163.com

1　桩基工程量指标案例库构建

本文聚焦江苏省铁路桥梁桩基础的审核工作，旨在构建涵盖不同铁路项目及桥梁工点的桩基础工程量指标的案例库。该案例库对于深入分析铁路项目桩基工程量指标以及推动铁路精细化设计具有重要的指导意义。

1.1　案例库创建原则

案例库应具备全面性、样本丰富性、样式统一性、数字化及智能化[9-10]。全面性：案例库应能完整呈现已建铁路工程中桥梁桩基础工程量的关键技术指标；样本丰富性：所包含的样本需覆盖不同条件下铁路桥梁桩基础工程量的技术指标；数字化与智能化：具备快速检索关键词、全面输出指标以及准确分析数据的能力；样式统一性：案例库的呈现样式应保持一致。

1.2　数据来源及采集

数据主要来源于江苏省已建及在建的高速铁路、城际铁路和普速铁路项目，包含项目信息、地质资料、桥梁信息及指标信息等内容。通过资料收集与现场调研相结合的方式，确保数据的全面性和准确性。

在研究过程中，工程地质占据重要地位[11]。一方面对省内地貌情况进行资料收集与深入研究；另一方面对省内已建和在建铁路的地质资料进行系统收集与细致研究。

1.3　数据预处理与标准化

针对已收集的数据，从4个层次分13个工作表进行归纳整理。

项目级信息：含项目信息工作表、工点线路资料2个工作表。

地质信息：含各工点地貌单元分区、地震信息等8个工作表。

桥梁信息：含工点桥梁基本信息、总体信息—梁墩台基础2个工作表。

指标信息：含工点特点及工程数量指标工作表。

1.4　案例库功能架构

基础层：由数据存储与管理模块构成，支持增删改查操作以及版本追溯功能。

分析层：实现影响因素可视化（如热力图、箱线图）以及指标相关性分析（如散点矩阵、相关系数矩阵）。

应用层：具备智能检索功能（可按地质、桩型、问题类型匹配相似案例）和预测预警功能（基于历史数据进行风险等级评估）。

2　桩基工程量指标影响因素分析

依托江苏省已建或在建桥梁桩基工程量指标数据，并结合铁路桥梁设计经验总结，认为影响桩基础工程量各指标的因素主要有技术标准、地貌单元、平均墩高、地震动参数、曲线占比、特殊孔跨占比，以下对各个因素对指标的影响进行分析和总体评价[12-13]。

2.1　技术标准对桩基工程量指标的影响

根据对已建项目的统计，主要技术标准分成4类：时速350 km/h无砟轨道的高速铁路、时速250 km/h有砟轨道的高速铁路、时速250 km/h无砟轨道的高速铁路、时速200 km/h以下有砟轨道的客货共线铁路。即使建设标准相同，但因梁图图号不同，对桩基工程量指标也存在一定的影响。表1以32 m双线简支梁为例，分析不同技术标准和不同梁图图号对桩顶力及桩基工程量指标的影响。结果表明，技术标准差异导致桩顶力增减量−380 kN～0 kN，对桩长影响约−11.9%～0%。

表1　不同梁型对32 m双线简支梁桩顶力的影响分析

序号	图号	桩顶力增减/kN	影响程度
1	通桥（2016）2229-Ⅰ	−130	−4.1%
2	通桥（2023）2229-Ⅰ	−204	−6.4%
3	通桥（2016）2229-Ⅳ	−272	−8.5%
4	通桥（2021）2229-Ⅳ	−380	−11.9%
5	通桥（2013）2322-Ⅱ-1	−196	−6.1%
6	通桥（2013）2322-Ⅱ-2	−147	−4.6%
7	通桥（2013）2322 A-Ⅱ-1	−213	−6.7%
8	通桥（2013）2322 A-Ⅱ-2	−165	−5.2%
9	通桥（2016）2322 A-Ⅱ-1	−213	−6.7%
10	通桥（2023）2322 A-Ⅱ-1	−327	−10.2%
11	通桥（2023）2322 A-Ⅴ	−348	−10.9%
12	通桥（2016）2321 A-Ⅱ	−11	−0.3%
13	通桥（2019）2132-Ⅳ	−41	−1.3%
14	通桥（2019）2133-Ⅳ	−38	−1.2%
15	通桥（2014）2232-Ⅳ	0	0.0%

2.2　地貌单元对桩基工程量指标的影响

对江苏省地貌开展研究，省内共涵盖7个地貌分区、19个地貌单元（见表2）。基于案例库数据，对各地貌单元分区内32 m简支梁桩长进行统计，绘制典型地貌单元墩高与桩长散点图，总结主要地貌单元的简支梁墩台桩长特点。

以里下河浅洼平原区—浅洼平原区与太湖水网平原区—水网平原区为例，其工程地质条件一般，上

表 2　不同地貌单元简支梁桥桩基设计特征统计表

序号	地貌单元	统计墩台数/个	单墩平均桩长（平均值）/m	单墩平均桩数（平均值）/根	墩高（平均值）/m	每延米平均桩长（平均值）/m
1	长江三角洲平原区—新三角洲平原	2 688	46.7 ~ 65.5（57.2）	8.1 ~ 9.7（8.5）	7.5 ~ 12.5（10.3）	11.5 ~ 19.3（14.8）
2	长江三角洲平原区—高沙平原	910	48.2 ~ 50.4（49.2）	7.9 ~ 9.2（8.3）	7.6 ~ 14.1（9.9）	11.8 ~ 13.8（12.5）
3	太湖水网平原区—高亢平原	1 703	38.1 ~ 61.1（50.7）	8.0 ~ 9.7（8.7）	7.1 ~ 17.9（11.8）	10.0 ~ 16.0（13.5）
4	里下河浅洼平原区—浅洼平原区	2 896	40.7 ~ 56.3（50.3）	8.0 ~ 10.2（8.7）	7.7 ~ 12.6（10.2）	10.0 ~ 17.0（13.3）
5	太湖水网平原区—水网平原	2 130	38.2 ~ 65.7（49.6）	8.0 ~ 10.3（8.6）	7.4 ~ 15.7（11.4）	9.8 ~ 17.1（13.0）
6	苏北滨海平原区—滨海平原	53	51.0 ~ 57.8（54.4）	9.7 ~ 10.0（9.8）	6.1 ~ 17.9（12.0）	15.0 ~ 17.6（16.3）
7	太湖水网平原区—低山丘陵	58	26.5 ~ 41.0（32.6）	7.9 ~ 8.2（8.0）	7.3 ~ 8.9（8.3）	6.9 ~ 10.2（8.3）
8	宁镇扬丘陵岗地-平原区—岗地	280	30.1 ~ 40.0（34.0）	8.0 ~ 9.4（8.6）	8.7 ~ 17.8（11.5）	7.4 ~ 10.2（8.9）
9	宁镇扬丘陵岗地-平原区—冲积平原	290	24.7 ~ 43.8（34.5）	8.1 ~ 8.8（8.3）	8.1 ~ 15.7（11.8）	6.1 ~ 11.8（8.8）
10	宁镇扬丘陵岗地-平原区—低山丘陵	622	26.8 ~ 30.9（29.2）	8.0 ~ 9.9（8.7）	6.2 ~ 12.2（10.3）	6.8 ~ 8.9（7.7）

部分布厚度较大的软弱土层，浅洼平原区单墩平均桩长为 50.3 m，每延米平均桩长为 13.3 m，如图 1 所示。水网平原区单墩平均桩长为 49.6 m，每延米平均桩长为 13.0 m，如图 2 所示。总体而言上述两个地貌元桩基指标接近，整体审核时两地貌单元工点可互为参考。

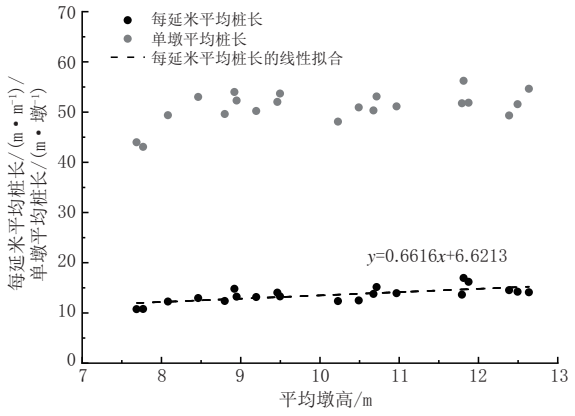


图 1　里下河浅洼平原区浅洼平原墩高-桩长散点图及线性回归分析

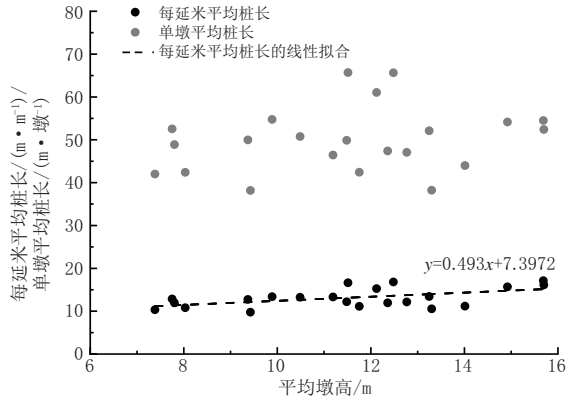


图 2　太湖水网平原区墩高-桩长散点图及线性回归分析

综上，地貌单元分区对桩长及混凝土用量有显著影响，该影响难以定量，离散性较强，创建案例库时应区分地貌单元。但江苏部分地貌单元具有一定的相似性，整体审核时相似案例可相互引用，扩充案例样本。

2.3　平均墩高对桩基工程量指标分析的影响

根据案例数据分析，不同地貌单元墩高对指标的影响存在差异，基本无规律，每延米墩高变化影响度基本在 0.86% ~ 7.46%（见表 3）。

表 3　不同地貌单元下每延米墩高变化对桩长指标的影响分析表

地貌单元名称	每延米墩高单延米桥桩长指标变化量	单延米桥桩长平均指标	影响度
里下河浅洼平原区—浅洼平原	0.507	11.1 687	4.54%
宁镇扬丘陵岗地—平原区—冲积平原	0.459 7	6.1 655	7.46%
宁镇扬丘陵岗地—平原区—岗地	0.342 6	6.33	5.41%
太湖水网平原区—低山丘陵	0.357 3	6.8 465	5.22%
太湖水网平原区—高亢平原	0.238 1	12.406 6	1.92%
太湖水网平原区—水网平原	0.106 5	12.334	0.86%
长江三角洲平原区—高沙平原	0.458 6	11.078 5	4.14%
长江三角洲平原区—新三角洲平原	0.225	13.922	1.62%

考虑 5 种侧摩阻取值以代表 5 种不同的地貌单元情况，计算 3 ~ 20 m 不同墩高下的桩长，研究墩高改变对桩长指标的影响。每延米桩长与墩高的关系如图 3 所示。由图可见，随着墩高的增加，每延米桩长也呈增加的趋势。相同墩高下，地质条件越好，桩长指标越低；从拟合曲线来看，斜率逐渐减小，表明地质条件越好，对于指标变化越不敏感。为了量化墩高改变对桩长的影响，将桩长指标的变化量除以墩高的改变量以得到每米墩高的桩长指标改变量，计算每种侧摩阻下的平均桩长指标，每米墩高的桩长指标改变量除以平均桩长指标得到指标变化程度，结果见表 4。由表可知，每米墩高变化对于指标

的改变量为0.03~0.08 m;变化程度为0.36%~0.60%,随着侧摩阻的增加,每米墩高的桩长指标改变量逐渐减小,但是减小的幅度越来越小。

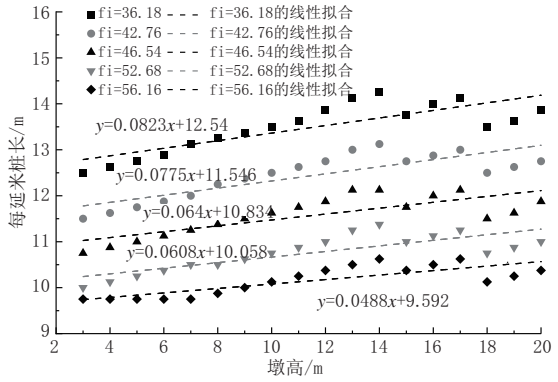


图3　不同侧摩阻力系数下每延米桩长与墩高的关系

表4　不同侧摩阻力水平下桩长指标对墩高变动的敏感性分析

均侧摩阻/kPa	单延米桥桩长指标变化量/m	单延米桥桩长指标平均值/m	影响度/%
36.18	0.081	13.47	0.60
42.76	0.074	12.47	0.59
46.54	0.066	11.57	0.57
52.68	0.059	10.76	0.55
56.16	0.037	10.15	0.36

结合案例库数据和理论计算分析,所得影响程度差异较大,目前数据量较小,主要参考理论计算分析数据,每延米墩高变化影响程度暂按1%考虑,后期结合更多数据再进行修正。

2.4　特殊孔跨比对桩基工程量指标的影响

根据上述各地貌单元数据统计分析,特殊孔跨比对每延米桩基混凝土增量有影响。

(1)里下河浅洼平原区—浅洼平原、宁镇扬丘陵岗地—平原区—岗地、沂沭丘陵—平原区—低山丘陵及长江三角洲平原区—新三角洲平原,特殊孔跨比每增加10%,对每延米混凝土增量影响在10%以下;

(2)太湖水网平原区—高亢平原、太湖水网平原区—水网平原、沂沭丘陵—平原区—冲积平原及长江三角洲平原区—高沙平原,特殊孔跨比每增加10%,对每延米混凝土增量影响为10%~15%。

(3)宁镇扬丘陵岗地—平原区—岗地和沂沭丘陵—平原区—低山丘陵特殊孔跨比对每延米桩基混凝土增量的影响较小,可能由于柱桩占比相对较高。

分析表明,特殊孔跨比对每延米桩基混凝土增量有显著影响。不同地貌单元下,特殊孔跨比每增加10%,对每延米混凝土增量影响在6%~15%之间,详细见表5。

在选取江苏省已建铁路作为依据进行数据繁衍时,以桩基案例库32 m简支梁的桩基指标数据,通过特殊孔跨比影响占比进行线性内插,对其进行修正,得到新的特殊孔跨比下的工点桩基指标,形成目标工程数据库,为后续审核提供参考和依据。

表5　各地貌单元特殊孔跨比每增加10%桩基础指标统计表

序号	地貌单元	平均墩高范围/m	每延米桩基混凝土增量/($m^3\cdot m^{-1}$)	每延米承台混凝土增量/($m^3\cdot m^{-1}$)	10%特殊孔跨比每延米桩基混凝土均值/($m^3\cdot m^{-1}$)	10%特殊孔跨比每延米承台混凝土均值/($m^3\cdot m^{-1}$)	每延米桩基混凝土增量的影响占比/%	每延米承台混凝土增量的影响占比/%
1	里下河浅洼平原区—浅洼平原	8.24~12.705	0.95	0.37	12.70	4.38	7.5	8.4
2	宁镇扬丘陵岗地—平原区—岗地	8.538~12.886	0.57	0.37	6.57	3.44	8.7	10.8
3	太湖水网平原区—高亢平原	11.835~15.174	1.82	0.35	13.02	5.24	14.0	6.7
4	太湖水网平原区—水网平原	11.584~14.898	1.83	0.56	13.07	4.40	14.0	12.7
5	沂沭丘陵—平原区—冲积平原	8.441~13.442	1.80	0.78	12.22	5.21	14.7	15.0
6	沂沭丘陵—平原区—低山丘陵	6.301~11.002	0.42	0.33	5.23	4.28	8.0	7.7
7	长江三角洲平原区—高沙平原	7.601~14.377	2.06	0.66	13.72	4.45	15.0	14.8
8	长江三角洲平原区—新三角洲平原	7.655~15.241	0.75	0.30	12.19	5.02	6.2	6.0

2.5　地震动参数对桩基工程量指标的影响

对江苏省地震动参数进行系统分析,并通过大量分析和总结[14-15],初步形成以下结论,可分为3类。第一类地震动参数不影响桩长,根据统计数据,一般在地震加速度大于0.1 g且考虑场地特征周期大于0.55 s时,地震工况才会控制桩长;第二类影响特别大,需要特殊研究,8度区长周期一般需要特殊研究和设计;第三类影响基本较小,但控制桩长,其中第三类根据影响程度进一步分组,经统计分析,地震动对32 m简支梁桩顶力影响如图4所示。

根据以上分析,地震动参数的影响占比可根据其对桩顶力的影响程度进行修正:1组不修正;2组按各指标4.3%修正;3组按各指标6.3%修正;4组按各指标9.1%修正;5组按各指标12%修正,6组需要

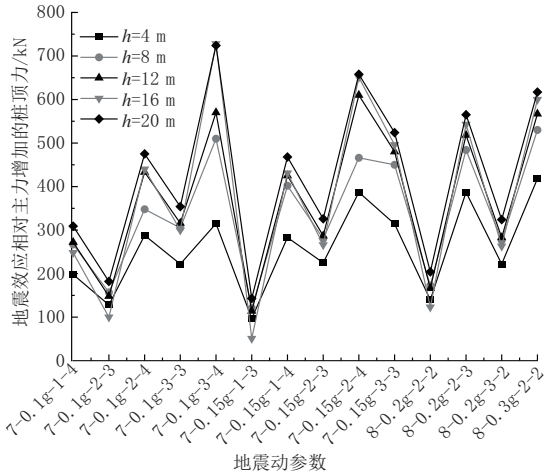


图 4　不同地震动工况下桩顶力相对增量对比图

特殊研究。具体分组及其影响程度见表6。

表 6　基于桩顶力增量影响程度的地震动参数分组表

地震分组	设防烈度	地震加速度/g	场地周期/s	桩顶力增加值/kN	影响度/%
1	6	—	—	不增加	不影响
	7	0.1	0.35		
	7	0.1	0.45		
	7	0.1	0.4		
	7	0.1	0.45		
	7	0.15	0.35		
	7	0.15	0.4		
	7	0.15	0.45		
2	7	0.1	0.55	150	4.3
	7	0.15	0.45		
	8	0.2	0.4		
3	7	0.1	0.65	220	6.3
	7	0.1	0.65		
	7	0.15	0.55		
	7	0.15	0.45		
4	7	0.1	0.75	320	9.1
	7	0.1	0.9		
	7	0.15	0.65		
	7	0.15	0.65		
5	7	0.15	0.75	420	12.0
	8	0.2	0.55		
	8	0.3	0.4		
6	其它			特殊研究	特殊研究

地震动参数对桩长及桩顶力有显著影响。根据地震动参数对桩基工程量各指标的影响程度,可进行修正。

2.6　曲线占比对桩基工程量指标的影响

曲线占比增加对桩长及桩顶力有一定影响,如图5所示。分析32 m简支梁对桩长的影响,直线和曲线约影响桩长4%～5%,曲线占比增加时,影响占比可按增加的曲线占比×0.04考虑修正。

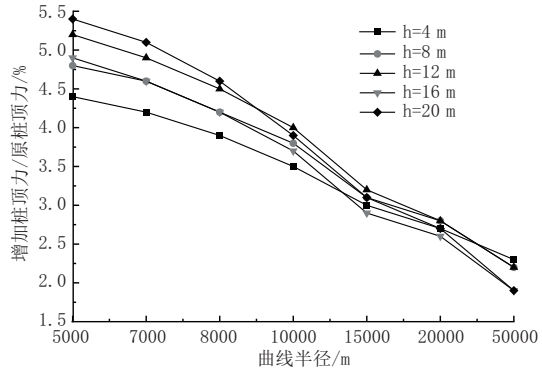


图 5　不同曲线半径及墩高下的桩顶力响应图

3　数据繁衍方法及实践

根据以上分析可知,桩基工程量指标各因素影响程度存在差异,影响权重亦不同,个别影响因素离散性较大,存在数据繁衍的可能性,其中技术标准、平均墩高、特殊孔跨比、地震动参数和曲线占比有一定的可行性,以技术标准因素为例进行数据繁衍,详细见表7。

表 7　各因素对桩基础影响评价

影响因素	整体评价	影响权重	数据繁衍可行性
技术标准	可根据荷载量化,主要修正梁重、二期和活载,得出影响权重	3%～15%	直接对指标修正繁衍,基本可行
地貌单元	离散性较大,可根据大量数据找出类似地貌单元	合并地貌单元,可找到更多案例	离散较大,不可行
平均墩高	结合案例和理论分析,基本可得出影响权重	每增加 1 m 墩高,影响指标1%	直接对指标修正繁衍,基本可行
特殊孔跨占比	根据含有特殊孔跨和简支梁案例库指标数据对照,地貌单元影响较大,按地貌单元基本得出影响权重	按地貌单元,增加的曲线占比×0.8%～1.2%	直接对指标修正繁衍,基本可行
地震动参数	可根据荷载量化,根据荷载大小,进行分组处理,得出影响权重	分 4 组,影响4.3%～12.0%	直接对指标修正繁衍,基本可行
曲线占比	可根据荷载量化,得出影响权重	按增加的曲线占比×5%	直接对指标修正繁衍,基本可行

3.1　繁衍目的

审核项目与案例库技术标准不同,要繁衍相同技术标准的案例数据。形成最新技术标准的案例数据,如时速350 km/h无砟轨道的技术标准。

3.2　数据繁衍对象

主要针对32 m双线标准简支梁,适用墩高3～20 m,适用于摩擦桩。

3.3　数据繁衍方案

对案例库细表修正桩长后，统计形成案例库。

（1）获取工点信息，主要是该工点技术标准，主要区分单双线和采用梁型。

（2）获取工点墩台基础信息，主要获取梁型、墩高、基础类型、桩数、桩径、桩长、控制工况、P_{max}及[P]参数，进行数据繁衍。

（3）计算单桩轴力增减值，根据各类荷载对桩顶力的影响，桩顶力变化值按以下公式计算。

$$\Delta P=\Delta P_1+\Delta P_2+\Delta P_3$$

式中：ΔP为单桩轴力增减值合计，kN；ΔP_1、ΔP_2、ΔP_3分别为梁重、活载、二期引起的单桩轴力，kN，按（繁衍模型反力-案例库模型反力）/桩数计算。

（4）计算增减桩长值，将单桩轴力增减值除以0.5倍均侧阻和桩周长后取整加上原桩长，与原富余值保持不变。侧摩阻取值按以下公式计算：0.97×1/2×桩周长×均侧阻×桩长。

（5）计算增减钢筋量（kg）：增减桩长值（m）×桩截面面积（m^2）×0.1%×7850（kg/m^3）。

（6）承台尺寸：若不存在m值，与原承台桩基布置保持一致；若存在m值，按推荐的承台桩基布置型式选定。

（7）承台钢筋：若承台尺寸不调整，钢筋不做调整；若调整，按课题研究成果，满足刚性角要求，按最小配筋率要求，计算承台钢筋总量。

（8）汇总以上工程数量，重新计算各工点指标，形成新技术标准下的案例库。

3.4　数据繁衍验证

以350 km/h无砟轨道高速铁路为例进行验证，梁型从《通桥（2016）2322 A-Ⅱ-1》繁衍为《通桥（2023）2322 A-Ⅱ-1》，主要针对桩长作调整。

（1）主要控制参数：根据速度目标值、轨道类型和建设年度自动配备32 m双线简支梁梁型，并根据梁型确定活载类型和二期荷载；主要梁重由8 220 kN调整为7 250 kN。

（2）根据需要繁衍的32 m双线简支梁的单桩的桩顶力，结合需繁衍的输入参数：梁型、墩高、桩数、桩长、桩径、控制工况、P_{max}、[P]、m均侧摩阻及承台尺寸等数据，首先确定桩顶力变化值，结合均侧摩阻修正桩长，生成新案例库数据。

由表8可知，4～20 m墩高桩长与设计软件计算结果一致，均侧摩阻相差最大约2%，认为繁衍结果合理，误差在可接受范围内。

表8　基于计算模型的不同墩高桩长对比表（直线段）

项目	控制参数	类型	墩高4 m	墩高8 m	墩高12 m	墩高16 m	墩高20 m
修正结果	修正ΔP/kN	单桩轴力增减值合计	−121.3	−121.3	−121.3	−107.8	−97.0
	修正P_{max}/kN	修正后	3 087.1	3 302.2	3 539.2	3 622.3	3 574.1
	桩长/m	修改后	48.0	50.0	52.5	53.0	52.5
	[P]/kN	修改后	3 161.9	3 358.4	3 603.6	3 677.4	3 579.4
软件计算结果	均侧摩阻/kPa		40.2	41.1	42.2	42.7	42.5
	P_{max}/kN		3 087.5	3 302.6	3 539.6	3 625.8	3 574.3
	桩长/m		48.0	50.0	52.5	53.0	52.5
	[P]/kN		3 109.3	3 307.2	3 554.6	3 630.0	3 580.5

4　案例库成果应用及实践

4.1　整体审核思路

创建铁路桩基工程量案例库主要目的是为新建项目提供案例基础，为类似工程提供技术支撑。结合课题研究成果，主要通过找到类似工程完成整体审核，整体审核流程如图6所示。主要步骤如下：（1）参考案例库处理审核工点分区，计算工区指标数据和特征数据；（2）严格区分单双线、相似的地貌单元，进行初步筛选，形成初步案例库；（3）按加权多因素计算相似度，主要考虑技术标准、地震动分组、曲线占比、特殊孔跨占比、平均墩高等因素；（4）根据相似度进行排序，列出前10个相似案例；（5）对比指标数据，结合数据情况，提出不同的建议，形成整体审核结论。

4.2　相似度计算及影响权重

相似度计算是案例对比的关键环节，经对比各种相似度算法，各影响因素可能是正相差或负相差。对于离散性较大的、无法确定影响权重的因素，进行一致性确定；对基本可确定权重的因素，先将各影响因素归一化，再乘以各影响因素的权重。计算结果越接近零，审核项目和案例库越相似，负值代表负相差，正值代表正相差。

$$k=\sum_{i=1}^{n}k_i$$

通过加权多因素进行相似度计算，主要考虑的

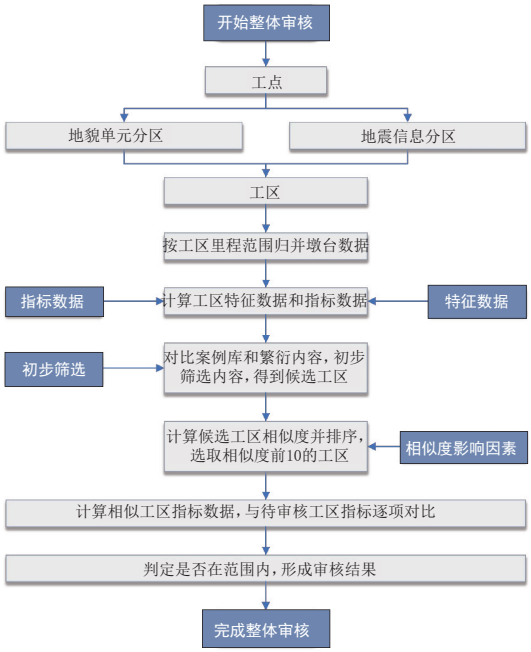


图 6　铁路桥梁桩基设计整体审核流程图

因素包括（见表 9）：技术标准、地震动分组、曲线占比、特殊孔跨占比、摩擦桩占比以及平均墩高。通过初步筛选后，计算案例库数据在特征指标上的相似度。

表 9　各设计因素相似原则及权重修正方案

影响因素	相似原则
技术标准	区分单双线，根据各标准，进行权重修正
地貌单元	类似组内相同即可
地震动参数 k_1	类似组内相同即可，不同组进行权重修正
曲线占比 k_2	计算差异性，进行权重修正，曲线占比每增加 10%，相似度得分增加 5%
特殊孔跨占比 k_3	计算差异性，进行权重修正，特殊孔跨占比每增加 10%，相似度得分增加 1.2%
平均墩高 k_4	计算差异性，进行权重修正，平均墩高每增加 1 m，相似度得分增加 1%

4.3　案例库应用效果评估

通过模糊检索与精准检索对比各项目的桩基础指标，验证案例库的应用效果。结果表明，案例库能够为后续审核提供有力参考，提高设计效率与质量。

5　结论与展望

系统识别了铁路桥梁桩基指标的关键影响因素，构建了多维度案例库，提出了技术标准修正的繁衍方法，依据对各因素的影响分析，提出了相似工程相似度的计算公式，为整体审核找到类似工程奠定了基础。

该繁衍方法有效扩展了数据样本，解决了工程数据稀缺问题，为铁路桩基设计提供了“经验+数据”双驱动决策支持。

本研究成果可降低铁路桩基设计的试错成本，提高设计效率与质量；同时，为运维阶段风险预警提供历史数据参考，具有较好的应用价值。

未来研究可引入机器学习和数字孪生技术，实现案例库与实时监测数据的动态联动更新；同时，拓展至多灾害耦合场景，完善全寿命周期桩基性能案例库，为铁路桥梁的安全运营提供更为全面的支持。

参考文献：

[1] 王惠臣. 中国高速铁路技术经济分析[J]. 铁道经济研究，2010(6)：35-38.
[2] 《中国公路学报》编辑部. 中国桥梁工程学术研究综述·2024[J]. 中国公路学报，2024，37(12)：1-160.
[3] 李永乐，李金蓉，黄林，等. 桥梁基础刚度有限元模拟的剪切单梁模型研究[J]. 桥梁建设，2025，55(6)：25-31.
[4] 贾凡鑫. 岩溶地区公路桥梁桩基础设计浅析[J]. 江西建材，2025(10)：201-203.
[5] 张奇. 铁路路基下穿对临近桥梁桩基的影响分析[J]. 黑龙江交通科技，2024，47(10)：97-101；106.
[6] 蒋丽忠，李伟，江力强. 复杂地形处高速铁路轨道-桥梁系统地震响应放大效应[J]. 铁道科学与工程学报，2025，22(9)：3809-3820.
[7] 聂细锋，黄树强，龚亚军，等. 基于自平衡法试桩试验的铁路桥梁桩基设计[J]. 铁道建筑技术，2023(12)：109-111；185.
[8] 马辰罡. 浅述桥梁桩基设计中桩侧土的负摩阻力问题及湿陷性黄土地区桥梁的桩基设计[J]. 内蒙古科技与经济，2010(21)：91-92；94.
[9] 王晰巍. 案例库建设赋能信息资源管理学科自主知识体系构建——作用机制与建设路径研究[J]. 信息资源管理学报，2026，16(3)：120-131.
[10] 孙翠红，岳军永，吕立强，等. 基于OBE理念的物理化学教学案例库建设与应用[J]. 石家庄学院学报，2026，28(3)：124-130.
[11] 李扬. 城市轨道交通建设工程智能化风险管控研究[J]. 人民公交，2026(6)：75-77.
[12] 魏晓光. 基于造价管理影响指标的桥梁工程投资估算研究[J]. 交通世界，2024(9)：182-184.
[13] 王鑫. 影响高架桥梁经济指标的因素分析[J]. 产业创新研究，2021(17)：88-90.
[14] 杨研科，王伟，熊文，等. 砂土液化场地地震动时频特性研究[J]. 震灾防御技术，2026，21(2)：296-306.
[15] 段淑倩，夏宇，熊杰程，等. 基于条件去噪扩散概率模型的脉冲型基岩地震动参数预测[J]. 振动与冲击，2026，45(8)：174-182.