文章编号：2097-5899(2025)06-0035-06　　**中图分类号：**U212.33+3　　**文献标识码：**A
DOI：10.16669/j.cnki.issn.2097-5899.202410310002
引用格式：李仕毅. 基于主成分分析的铁路专用线接轨方案评价及比选[J]. 铁路物流，2025，43(6)：35-40.
LI Shiyi. Evaluation and Comparison for Connection Schemes of Railway Special Line Based on Principal Component Analysis[J]. Railway Logistics，2025，43(6)：35-40.

基于主成分分析的铁路专用线接轨方案评价及比选

李仕毅

(中铁二院工程集团有限责任公司 土建二院，四川 成都 610031)

摘　要：研究铁路专用线接轨方案评价及比选，量化评价各接轨方案，科学且直观地比选出优质的接轨方案，对铁路专用线项目决策有着重要的指导作用。通过综合考虑对接轨站和既有线运营的影响、工程实施难易程度、工程投资等技术经济因素，建立铁路专用线接轨方案评价指标体系，提出基于主成分分析的接轨方案评价及比选方法。以广元市某铁路专用线为实例，对其3个接轨方案进行优缺点定性分析及定量综合评价，基于综合评价值比选出相对最优的接轨方案，并将定量分析结果与优缺点定性分析结论进行对照，验证比选结果的一致性，进而论证该方法的有效性，结果表明该方法可以有效地对不同接轨方案进行评价和比选，可为铁路专用线的项目决策提供支撑。

关键词：铁路专用线；接轨方案；方案综合评价；方案比选；主成分分析法

0　引言

铁路专用线作为铁路货运网的重要组成部分[1-3]，对解决铁路运输“最后一公里”问题，扩大铁路货运的覆盖范围，促进铁路货运的“门到门”服务，提高运输能力和效率，降低运输成本，以及提升经济社会效益等有着重要作用[4-5]。铁路专用线接轨方案不仅是专用线建设方案的重要组成部分及必要条件，还是直接影响专用线运输效率和效益的重要因素，更是专用线投资决策的重要基础和依据[6-7]。而在铁路专用线项目前期研究过程中，通常需要对接轨方案进行全面分析和多方案研究比选，最终确定方案可行、投资较省、满足运输需求的接轨方案，对减少接轨站和既有线运营影响以及确保施工和既有线运营安全均有重要意义。因此，对铁路专用线接轨方案进行科学、合理的评价，并比选出技术可行、经济合理且优质的接轨方案供决策者参考借鉴，可为项目决策提供有力支撑。

国内有不少专家学者对铁路专用线接轨方案的比选问题开展过研究。孙宇等[7]通过技术经济比选和优缺点对比分析，结合区间正线通过能力和车站咽喉通过能力，对接轨方案进行了比选。朱海洋[8]从运输组织、接轨站改建条件、工程投资等方面对接轨方案优缺点进行了分析比较。薛旭军[9]从接轨条件和工程建设、工程规模对既有线运营的影响程度等方面进行了分析，以专用线接轨对车站影响最小、效果最佳为目的，选取了推荐的接轨方案。

上述研究主要从技术、经济方面进行比选，仅定性对比分析优缺点，缺乏对接轨方案的量化评价，人为主观因素影响相对较大，从而影响评价结果的客观性。而且，某些接轨方案之间的优劣差异可能并不显著，仅定性分析往往难以抉择，因此需要综合考虑对接轨站和既有线运营的影响、工程实施难易程度、工程投资等技术经济因素，选取合适的评价指标和评价方法，对各个接轨方案进行量化评价，并基于各方案的评价指标值，科学且直观地比选出优质的接轨方案。研究利用主成分分析法，对铁路专用线接轨方案进行量化评价，并以广

收稿日期：2024-10-31

元市某铁路专用线进行实例分析和验证。

1　铁路专用线接轨方案评价及比选方法

1.1　研究思路

在铁路专用线前期研究过程中，通常有多个接轨方案需要进行比选，涉及多目标、多层次，而影响接轨方案的因素众多，且某些因素往往难以量化，各因素之间还存在相关性和重叠性，因此，选取合适的接轨方案评价指标体系和评价方法，对比选出优质的接轨方案至关重要。

主成分分析法[10]可有效地解决铁路专用线接轨方案综合评价这一多目标、多层次的决策问题，同时能有效地消除各指标、因素之间的相关性和重叠性。该方法是利用降维的思想，将多指标、多因素转化为少数几个互不相关且能反映原始指标绝大部分信息的综合指标(即主成分)，各综合指标之间线性无关，不仅能有效地评价各接轨方案，而且所含信息互不重复，同时该方法的综合评价通常将各主成分方差贡献率作为权重值，具有客观性的特点，可有效避免权重赋值过程中人为因素的影响[11]。

研究在提出铁路专用线接轨方案评价指标体系的基础上，利用主成分分析法，构建铁路专用线接轨方案的综合评价模型，并基于各接轨方案的综合评价结果，比选出相对最优的接轨方案。

1.2　接轨方案评价及比选的主成分分析方法

首先需建立科学且全面的评价指标体系，而后基于评价指标体系，构建基于主成分分析法的铁路专用线接轨方案综合评价模型，并根据综合评价结果进行方案比选。

1.2.1　接轨方案评价指标体系

结合目前已有研究成果[12-13]，铁路专用线接轨方案主要是从技术和经济这2方面进行评价及比选。为科学、全面、客观地评价铁路专用线接轨方案(方案数记为i)，从技术、经济角度，共选取11项单项指标构成评价指标体系X_i。

(1) 技术指标。①接轨站咽喉通过能力x_{i1}：通过使用利用率法[14]检算接轨方案i对应的近、远期车站咽喉通过能力，以其近、远期的最大利用率为该指标值。该指标为极小型指标，即该指标值越小表明该方案在这一指标上的优势越明显。②接轨站到发线通过能力x_{i2}：通过使用利用率法检算接轨方案i对应的近、远期车站到发线通过能力，以其近、远期的最大利用率为该指标值。该指标为极小型指标。③接轨方案规模合理性x_{i3}：为定性指标，利用专家打分法(专家打分的满分为10分，下同)对接轨方案i的规模合理程度进行量化，为极大型指标，即该指标值越大表明该方案在这一指标上的优势越明显。④接轨方案布局合理性x_{i4}：为定性指标，利用专家打分法进行量化，为极大型指标。⑤工程实施难度x_{i5}：为定性指标，利用专家打分法进行量化，为极大型指标，分值越高说明接轨方案i的工程实施难度越低，方案就越优。⑥接轨站改造工程量x_{i6}：用接轨方案i对应的站内适应性改造工程投资表示，为极小型指标。⑦对接轨站运营和运输组织的影响x_{i7}：为定性指标，利用专家打分法进行量化，为极大型指标，分值越高说明接轨方案i对接轨站运营和运输组织的影响越小，方案就越优。⑧远期发展规划可拓展性x_{i8}：为定性指标，利用专家打分法进行量化，为极大型指标，分值越高说明接轨方案i远期的发展规划可拓展性越好，方案就越优。

(2) 经济指标。①工程投资x_{i9}：为接轨方案i对应的接轨站相关工程(含既有站改造及新建专用线交接场等)的静态投资估算，为极小型指标。②新征用地x_{i10}：为接轨方案i对应的接轨站相关工程相应的新征用地数量，为极小型指标。③拆迁工程量x_{i11}：为接轨方案i对应的接轨站相关工程相应的拆迁房屋建筑工程量，为极小型指标。

1.2.2　接轨方案综合评价及比选

针对建立的接轨方案评价指标体系，由于各单项指标x_{ij}(j=1，2，…，11)的单位和数量级有所不同，因此在利用主成分分析法综合评价接轨方案i之前，需要对各单项指标x_{ij}进行标准化处理，将其属性值统一变换到[0，1]范围内。标准化处理方法如下。

(1) 对于定性指标(即x_{i3}，x_{i4}，x_{i5}，x_{i7}和x_{i8})，采用公式(1)进行标准化处理。

$$y_{ij}=\frac{x_{ij}}{10}\quad j=3,4,5,7,8 \tag{1}$$

式中：y_{ij}为第i个接轨方案的第j个指标标准化处理后的指标值；x_{ij}为原始值。

(2) 对于定量指标(即x_{i1}，x_{i2}，x_{i6}，x_{i9}，x_{i10}和x_{i11})，采用公式(2)进行标准化处理。

$$y_{ij}=1-\frac{x_{ij}}{\max\limits_{i}(x_{ij})+\min\limits_{i}(x_{ij})}\quad j=1,2,6,9,10,11 \tag{2}$$

根据标准化处理后的指标y_{ij}(j=1，2，…，11)，利用统计分析软件进行主成分分析，通过计算指标间相关系数矩阵，并求解相关系数矩阵的特征值和特征

向量，按“特征值大于1”及“累计方差贡献率不小于85%”的规则提取主成分[10-11]，提取的第k个主成分记为$F_k(k=1，2，\cdots，n)$，主成分对应的方差贡献率记为a_k、特征值记为b_k，特征值b_k对应的特征向量记为$(b_{1k}，b_{2k}，\cdots，b_{11k})$，该特征向量以主成分载荷矩阵的形式体现。则接轨方案i的综合评价函数Y_i的计算公式如下。

$$Y_i=\sum_{k=1}^{n}\frac{a_k}{\sum_{k=1}^{n}a_k}F_{ik} \tag{3}$$

$$F_{ik}=b_{1k}y_{i1}+b_{2k}y_{i2}+\cdots+b_{11k}y_{i11}\quad k=1,2,\cdots,n \tag{4}$$

Y_i即为对接轨方案i的综合评价值，该值越大，说明接轨方案越优，依此可对各接轨方案进行优劣排序，并直观地选取出最优的方案。

2　案例分析

以广元市某拟建的铁路专用线为实例，基于研究构建的接轨方案综合评价模型，对该铁路专用线各接轨方案进行综合评价和比选。

2.1　方案概述

（1）铁路专用线简介。该专用线拟于宝成铁路(宝鸡—成都)既有昭化站接轨，并配套建设电厂站。近、远期到发货物品类均以煤炭为主，其中，近期(2035年)到发运量600万t/a，远期(2045年)到发运量1 000万t/a。到达货物均来源于新疆、内蒙古，从昭化站宝鸡端调入，发送货物均供应宝成铁路绵阳地区，从昭化站成都端调出。

（2）接轨方案描述。结合该铁路专用线配套的电厂站选定的站址，以及昭化站(接轨站)既有设施设备情况，综合考虑昭化站周边工业园区规划、地形地貌、地质条件以及工程实施难易程度、运输组织等因素，重点研究了站对侧引入方案(方案Ⅰ)、站同侧引入方案(方案Ⅱ)和区间换边引入方案(方案Ⅲ)共3个接轨方案。

①方案Ⅰ。方案Ⅰ平面布置示意图如图1所示，专用线从昭化站对侧成都端接轨引出，相应改建车站两端咽喉。并在车站对侧新建交接场，交接场内新建交接线3条，远期预留2条，有效长均满足850 m。为方便运输组织、保证运输安全，专用线与车站接轨处设安全线1条。同时新建疏解线自宝成铁路左线接轨引出，通过局部改建宝成铁路正线，新建渡线1组，疏解线自接轨点向西南方向行进，而后在新建专用线桥上接轨。

②方案Ⅱ。方案Ⅱ平面布置示意图如图2所示，专用线从昭化站同侧成都端接轨引出，相应改建车站两端咽喉。并在车站对侧新建交接场，交接场内新建交接线3条，远期预留2条，有效长均满足850 m。同时新建疏解线自车站对侧成都端接轨引出，疏解线与车站接轨处设安全线1条，疏解线沿既有宝成铁路北侧并行后折向南以桥方式上跨既有宝成铁路，而后在新建专用线桥上接轨。

③方案Ⅲ。方案Ⅲ平面布置示意图如图3所示，专用线拟自昭化站同侧成都端原区间正线左线上引出，

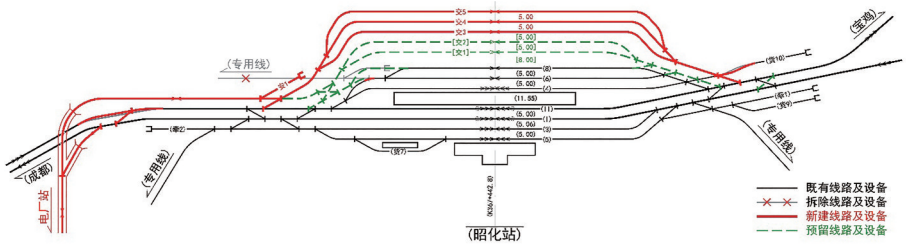


图1　方案Ⅰ平面布置示意图

Fig.1　Layout diagram of connection scheme Ⅰ

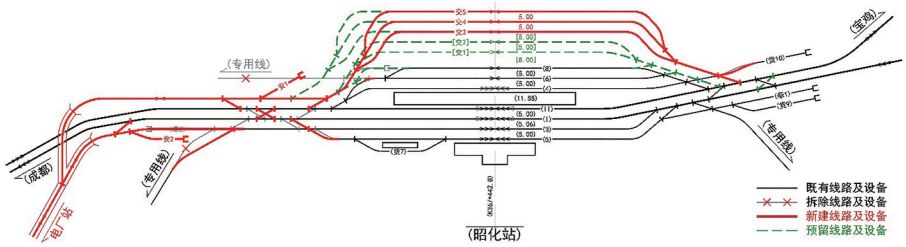


图2　方案Ⅱ平面布置示意图

Fig.2　Layout diagram of connection scheme Ⅱ

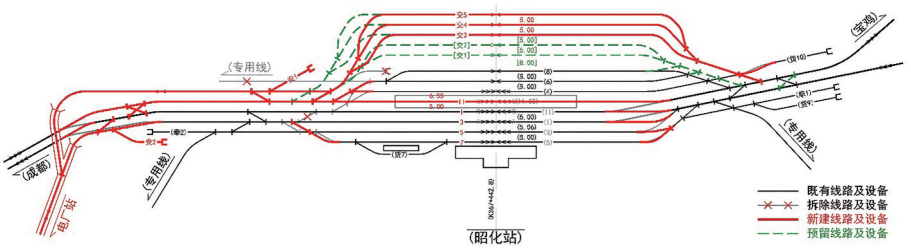


图 3　方案Ⅲ平面布置示意图

Fig.3　Layout diagram of connection scheme Ⅲ

通过对既有正线改造并在线路北侧局部新建正线与既有正线并行，以实现既有左线换边至既有右线，既有右线换边至新建正线，利用既有左线作为专用线区间走行线引出。站内新建到发线1条，相应改建车站既有到发线及两端咽喉，拆除既有中间站台。并在车站对侧新建交接场，交接场内新建交接线3条，远期预留2条，有效长均满足850 m。同时新建疏解线自昭化站对侧成都端接轨引出。

（3）接轨方案优缺点分析。针对方案Ⅰ、方案Ⅱ和方案Ⅲ，从工程投资、工程实施条件等方面对比分析其优缺点，3个方案优缺点对比分析如表1所示。

表1　3个方案优缺点对比分析

Tab.1　Relative merits of three connection schemes

方案名称	优点	缺点
方案Ⅰ	基本不占用车站同侧成都端既有专用线场地，协调难度较小，工程实施条件较好；近期车站站改工程量较小，远期发展空间相对较大；拆迁工程量相对较小；工程投资相对最省	需局部改建既有宝成铁路正线，施工对运营有一定干扰
方案Ⅱ	工程投资相对较省；新征用地相对较少	需占用车站同侧成都端既有专用线的较多场地，协调、实施难度大；拆迁工程量较大
方案Ⅲ	采用正线换边方式，车站同侧增加1条到发线(共有3条)，车站到发线分布较为均匀，各条到发线利用率较高，有利于车站运输组织；利用换边后的正线衔接专用线，对车站同侧成都端既有专用线影响小	采用正线换边方式，站改及施工过渡工程量大，对既有线运营影响大；拆迁工程量大；工程投资相对较大

从表1可以看出，3个接轨方案各有优劣，其中方案Ⅰ具有协调难度较小、工程实施条件较好、站改工程量较小、远期发展空间相对较大、工程投资较省等优点，其优势相对较显著，故推荐方案Ⅰ，即站对侧引入方案。

2.2　接轨方案评价及比选分析

针对上述3个接轨方案，结合其主要工程数量及工程投资，以及利用专家打分法，量化评价指标体系$X_i(i=1，2，3)$，并根据公式(1)和(2)标准化处理各单项指标，3个方案各单项指标的标准化指标值如表2所示。

表2　3个方案各单项指标的标准化指标值

Tab.2　Normalization values of the single indexs for three connection schemes

序号	指标	方案Ⅰ	方案Ⅱ	方案Ⅲ
1	接轨站咽喉通过能力y_{i1}	0.49	0.49	0.51
2	接轨站到发线通过能力y_{i2}	0.44	0.42	0.58
3	接轨方案规模合理性y_{i3}	0.88	0.88	0.86
4	接轨方案布局合理性y_{i4}	0.87	0.89	0.91
5	工程实施难度y_{i5}	0.88	0.91	0.85
6	接轨站改造工程量y_{i6}	0.89	0.52	0.11
7	对接轨站运营和运输组织的影响y_{i7}	0.89	0.83	0.80
8	远期发展规划可拓展性y_{i8}	0.85	0.83	0.84
9	工程投资y_{i9}	0.55	0.51	0.45
10	新征用地y_{i10}	0.48	0.57	0.43
11	拆迁工程量y_{i11}	0.55	0.51	0.45

基于标准化处理后的各项指标值$y_{ij}(i=1，2，3；j=1，2，\cdots，11)$，利用统计分析软件中的“因子分析”功能，提取出2个主成分F_1和F_2，其对应的特征值分别为8.362与2.638，均大于1，且二者累计方差贡献率高达100%，表明以主成分F_1和F_2为综合评价指标，可以很好地替代原始指标体系，对3个接轨方案进行综合评价。2个主成分的特征值与方差贡献率如表3所示。主成分载荷矩阵如表4所示。

根据公式(3)和(4)可得3个接轨方案的综合评价函数

表 3　2个主成分的特征值与方差贡献率

Tab.3　Eigenvalues and variance contribution rates of two principal components

主成分 F_k	特征值 b_k	方差贡献率 a_k/%	累计方差贡献率/%
F_1	8.362	76.019	76.019
F_2	2.638	23.981	100.000

表 4　主成分载荷矩阵

Tab.4　Loading matrices of principal components

序号	指标	特征向量 b_{jk}	F_1	F_2
1	接轨站咽喉通过能力 y_{i1}	b_{1k}	−0.996	0.093
2	接轨站到发线通过能力 y_{i2}	b_{2k}	−0.949	0.315
3	接轨方案规模合理性 y_{i3}	b_{3k}	0.979	−0.204
4	接轨方案布局合理性 y_{i4}	b_{4k}	−0.950	−0.313
5	工程实施难度 y_{i5}	b_{5k}	0.746	−0.666
6	接轨站改造工程量 y_{i6}	b_{6k}	0.960	0.281
7	对接轨站运营和运输组织的影响 y_{i7}	b_{7k}	0.873	0.487
8	远期发展规划可拓展性 y_{i8}	b_{8k}	0.204	0.979
9	工程投资 y_{i9}	b_{9k}	0.986	0.169
10	新征用地 y_{i10}	b_{10k}	0.638	−0.770
11	拆迁工程量 y_{i11}	b_{11k}	0.974	0.226

$Yi(i=1, 2, 3)$的计算方法如下。

$$Y_i = 0.760\,19\,F_{i1} + 0.239\,81\,F_{i2} \quad i = 1, 2, 3 \tag{5}$$

$$F_{i1} = -0.996y_{i1} - 0.949y_{i2} + 0.979y_{i3} - 0.950y_{i4} + 0.746y_{i5} + 0.960y_{i6} + 0.873y_{i7} + 0.204y_{i8} + 0.986y_{i9} + 0.638y_{i10} + 0.974y_{i11} \tag{6}$$

$$F_{i2} = 0.093y_{i1} + 0.315y_{i2} - 0.204y_{i3} - 0.313y_{i4} - 0.666y_{i5} + 0.281y_{i6} + 0.487y_{i7} + 0.979y_{i8} + 0.169y_{i9} - 0.770y_{i10} + 0.226y_{i11} \tag{7}$$

根据公式(5)、(6)和(7)，计算3个接轨方案的综合评价结果如表5所示。

由表5可知，3个接轨方案的综合评价值差别较大，即采用主成分分析法对3个接轨方案进行综合评价，能很好且直观地体现出不同接轨方案之间的差异，同时，方案Ⅰ的综合评价值最高，表明方案Ⅰ相对最优，这和前述接轨方案优缺点定性分析的结果一致，验证了研究提出的铁路专用线接轨方案评价及比选方法的有效性。

表 5　3个接轨方案的综合评价结果

Tab.5　Comprehensive evaluation results of three connection schemes

序号	方案	F_{i1}	F_{i2}	Y_i	排名
1	方案Ⅰ	2.263	0.121	2.384	1
2	方案Ⅱ	1.954	0.057	2.011	2
3	方案Ⅲ	1.280	0.071	1.351	3

3　结束语

针对铁路专用线接轨方案，提出了接轨方案评价指标体系，以及基于主成分分析的接轨方案评价及比选方法，并以广元市某铁路专用线为实例分析验证了方法的有效性，同时也可为该铁路专用线的决策提供直观的依据。未来可基于铁路专用线接轨方案评价及比选方法，进一步研究铁路专用线建设方案的评价及比选，进而推广应用至客货共线铁路、高速铁路等场景。

参考文献：

[1] 余浩伟，黄志相，寇峻瑜，等. 铁路专用线总体设计方案研究[J]. 铁道勘察，2019，45(1)：102−105.
YU Haowei，HUANG Zhixiang，KOU Junyu，et al. Research on the System Design of Dedicated Railway[J]. Railway Investigation and Surveying，2019，45(1)：102−105.

[2] 陈海龙，段向博. 铁路专用线EPC工程成本管控措施探析[J]. 青海交通科技，2022，34(4)：65−68.
CHEN Hailong，DUAN Xiangbo. Analysis on Cost Control Measures of Railway Special Line EPC Project[J]. Qinghai Transportation Science and Technology，2022，34(4)：65−68.

[3] 武中凯，鲁　玉，尹传忠，等. 基于模糊综合评价的铁路专用线建设及经营模式研究[J]. 铁道运输与经济，2017，39(4)：53−57.
WU Zhongkai，LU Yu，YIN Chuanzhong，et al. Study on the Mode of Railway Industrial Siding Construction and Operation Based on Fuzzy Comprehensive Evaluation[J]. Railway Transport and Economy，2017，39(4)：53−57.

[4] 马长青，张　镇，肖虎林. 北京局集团公司铁路专用线发展对策探讨[J]. 铁道货运，2021，39(2)：23−28.
MA Changqing，ZHANG Zhen，XIAO Hulin. Strategies for Developing Industrial Sidings of China Railway Beijing Group[J]. Railway Freight Transport，2021，39(2)：23−28.

[5] 于雪峤，叶　飞，丁小东，等. 基于货流集中化的铁路专用线布局优化方法研究[J]. 铁道货运，2019，37(12)：45−50.
YU Xueqiao，YE Fei，DING Xiaodong，et al. A Study on a Layout Planning Model for the Dedicated Railway Lines Based on

Concentrated Freight Flow[J]. Railway Freight Transport，2019，37(12)：45-50.

[6] 李长明. 新形势下铁路建设项目前期工作研究[J]. 哈尔滨铁道科技，2021(4)：21-24.
LI Changming. Research on the Preparatory Work of Railway Construction Project under the New Situation[J]. Harbin Railway Technology，2021(4)：21-24.

[7] 孙　宇，徐　娜，孙焕杰，等. 山区铁路专用线接轨方案与装卸站平面布置方案研究[J]. 铁道货运，2022，40(8)：7-14.
SUN Yu，XU Na，SUN Huanjie，et al. Research on Connection Schemes of Railway Private Sidings and Layout Scheme of Loading and Unloading Stations in Mountainous Areas[J]. Railway Freight Transport，2022，40(8)：7-14.

[8] 朱海洋. 铜陵江北港区铁路专用线建设方案比选[J]. 黑龙江交通科技，2024，47(2)：141-145.
ZHU Haiyang. Construction Scheme Comparison and Selection of Railway Special Line of the North Port Area of the Yangtze River of Tongling[J]. Communications Science and Technology Heilongjiang，2024，47(2)：141-145.

[9] 薛旭军. 赣榆港区专用线接轨方案研究[J]. 工程建设与设计，2022(4)：23-25，107.
XUE Xujun. Study on Special Line Connection Scheme in Ganyu Port Area[J]. Construction & Design for Engineering，2022(4)：23-25，107.

[10] 伏　坤，刘　勇，王　珣，等. 基于主成分分析法的铁路路堑高陡岩质边坡安全性评价[J]. 铁道建筑，2020，60(6)：108-111，116.
FU Kun，LIU Yong，WANG Xun，et al. Safety Evaluation of High-Steep Rock Slope of Railway Cutting Based on Principal Component Analysis Method[J]. Railway Engineering，2020，60(6)：108-111，116.

[11] 陈桃生，姚新胜，张若倩. 基于主成分分析的公路货运站场布局评价[J]. 交通运输系统工程与信息，2006，6(3)：128-131.
CHEN Taosheng，YAO Xinsheng，ZHANG Ruoqian. Evaluation for Stations Arrangement of Highway Transport Hub on Principal Component Analysis[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology，2006，6(3)：128-131.

[12] 李方豫. 沈丘港口物流园铁路专用线接轨方案设计[J]. 铁道货运，2021，39(9)：27-32.
LI Fangyu. Study on Junction Schemes for Special Railway Line of Shenqiu Port Logistics Park[J]. Railway Freight Transport，2021，39(9)：27-32.

[13] 谢乾坤. 大马铁路西黑岱专用线方案研究[J]. 铁道货运，2016，34(1)：41-45.
XIE Qiankun. Study on Program of Xiheidai Industrial Siding on Dafanpu-Mazha Railway[J]. Railway Freight Transport，2016，34(1)：41-45.

[14] 王　军. 利用分析计算法计算库尔勒站通过能力[J]. 铁道运输与经济，2013，35(4)：22-26.
WANG Jun. Calculating Passing Capacity of Korla Station by Using Analytical Calculations[J]. Railway Transport and Economy，2013，35(4)：22-26.

（责任编辑：魏　然）

Evaluation and Comparison for Connection Schemes of Railway Special Line Based on Principal Component Analysis

LI Shiyi

(Second Civil Construction Design and Research Institute，China Railway Eryuan Engineering Group Co.，Ltd.，Chengdu 610031，Sichuan，China)

Abstract: The research on the evaluation and comparison for connection schemes of railway special lines, which quantitatively evaluates various connection schemes and scientifically and intuitively selects the optimal connection schemes, has an important guiding role in the decision-making for railway special line projects. By comprehensively considering technical and economic factors such as the influence on connection stations and existing line operations, project implementation difficulty, and investment costs, this paper constructed a set of evaluation criteria for railway special line connection schemes. A principal component analysis-based method for evaluating and comparing connection schemes was proposed. Using a specific railway special line project in Guangyuan City as a case study, three connection schemes were analyzed qualitatively and quantitatively in terms of their advantages and disadvantages. Based on the comprehensive evaluation values, the relatively optimal connection scheme was selected, and the quantitative analysis results were compared with the qualitative analysis conclusions to verify the consistency of the selection results, thus demonstrating the effectiveness of the proposed method. The results show that this method can effectively evaluate and compare different connection schemes, providing valuable support for decision-making in railway special line projects.

Keywords: Railway Special Line; Connection Scheme; Scheme Comprehensive Evaluation; Scheme Comparison and Selection; Principal Component Analysis Method