文章编号：2097-5899(2026)03-0027-05　　**中图分类号**：U292.5+5　　**文献标识码**：A
DOI：10.16669/j.cnki.issn.2097-5899.202410180001
引用格式：李丹．“强网补链”形势下包西线张桥—何寨段扩能改造方案及标准研究[J]．铁路物流，2026，44(3)：27-31.
LI Dan. Study on Capacity Expansion and Renovation Schemes and Standards for Zhangqiao-Hezhai Section of Baotou-Xi'an Railway under Situation of "Strengthening Network and Complementing Chains"[J]. Railway Logistics，2026，44(3)：27-31.

“强网补链”形势下包西线张桥—何寨段扩能改造方案及标准研究

李　丹

(中铁第一勘察设计院集团有限公司 线路运输院，陕西 西安　710043)

摘　要：包西线是国家北煤南运战略通道之一，张桥—何寨段是包西线引入西安枢纽的重要区段。目前，张桥—何寨段能力利用率达98.7%，通过能力已饱和，亟需扩能改造。研究首先阐述了既有线概况及路网客、货运输存在的问题；其次，结合研究年度客、货运需求，分析了预测运量与既有线能力的适应情况，推荐增建三四线，并从工程设置及运输组织方面分析了增建客货共线及货运专线方案，最终推荐三四线按货运专线标准建设。在此基础上，进一步结合地形条件，从路网匹配性、运输组织适应性等方面研究了增建三四线的限制坡度。从而为既有线扩能改造方案提供参考。

关键词：既有铁路；包西铁路；改扩建方案；标准研究；限制坡度

0　引言

包西线(包头—新丰镇)是连接内蒙古自治区包头市与陕西省西安市的国家铁路Ⅰ级双线电气化铁路，是中国铁路网八纵八横主骨架包柳大通道(包头—柳州)的重要组成部分[1]。目前，既有包西线张桥—何寨段(以下简称“本线”)能力利用率已达98.7%，通过能力已处于饱和状态，致使铁路运输组织机动性差，难以满足日常运输需求，直接影响了陕北煤炭外运及陕北地区与西康线(西安—安康)、宁西线(南京—西安)、陇海线(连云港—兰州)的物资交流[2]。随着区域经济的快速发展，煤炭、铁矿石等大宗货物“公转铁”政策的推动，包西线、侯阎线(侯马—阎良)、咸铜线(咸阳—铜川)等线开行动力集中动车组的需求[3-4]，研究年度通道大宗货物及客运量大幅增长，这种状况与其路网地位及区域经济发展对铁路运输的需求极不适应，已成为限制包西通道运能的“卡脖子”地段，亟需进行扩能改造。

收稿日期：2024-10-18

1　包西线张桥—何寨段客、货运量预测

1.1　客运量预测

目前，包西线主要开行与甘钟线(甘泉—钟家村)、咸铜线、侯阎线等线路的跨线中长途普速旅客列车以及短途城际动力集中动车组列车。甘钟线主要承担沿线通勤客流，侯阎线同时承担西安至韩城方向城际客流以及西安至太原及以远的跨区长途客流，咸铜线以承担西安、咸阳与铜川地区间的城际交流为主。研究年度通道总客运需求呈上升趋势，但随着包西高铁通道建成，分流通道客运量。研究年度包西铁路客流量略有递减，初期(2030年)、近期(2035年)、远期(2045年)本线旅客列车对数分别为26对/d、25对/d、24对/d。

1.2　货运量预测

研究年度本线主要承担陕北地区及西平铁路(西安—平凉)南下东出至陕南、川渝、安徽、江苏及山东、河南等陇海线沿线地区的煤炭运量以及兰炭、铁矿石、化工品、集装箱等货物。初期、近期、远期货运量分别为17 302万t、18 974万t、19 918万t。

2　建设方案研究

2.1　既有能力与预测运量适应情况分析

现状本线大部分煤炭列车按5 000 t组织，其他货物列车按4 500 t组织，根据运量预测结果，既有相关区段能力与预测运量适应情况如表1所示。

由表1可见，研究年度既有本线初、近、远期能力均不足，亟需进行扩能改造。

2.2　改建方案比选及推荐意见

2.2.1　既有线牵引质量按5 000 t组织方案

现状既有线大部分煤炭列车按5 000 t组织，其他货物列车按4 500 t组织，研究年度既有线牵引质量均提高至5 000 t组织运营时，5 000 t方案下既有相关区段能力与预测运量适应情况如表2所示。

由表2可见，从运输能力考虑，由于本线集装箱比例较大且大部分煤炭列车按5 000 t组织，因此牵引质量提高至5 000 t，张桥—何寨段行车量变化不大，初、近、远期能力仍无法满足运输需求，且能力缺口较大，研究年度第二货运双线引入本通道，即使不考虑第二货运双线运量，新建单线初、近、远期承担列车对数分别为34对/d，44对/d，46对/d，初期能力满足需求，近、远期能力不足。考虑第二货运双线运量后，能力缺口更大，新建单线初、近、远期需承担列车对数达74对/d，89对/d，91对/d，单线方案能力不满足运输需求，需增建双线。从运输组织考虑，研究年度本线后方通道中，陇海线、西康线牵引质量为4 500 t，到发线有效长度850 m。若本线按5 000 t组织运营，需在新丰镇编组站进行增减轴等作业，降低运输效率，并增加新丰镇编组站作业量[5]。因此，研究年度张桥—何寨段应一次增建三四线。

2.2.2　增建三四线方案

（1）方案构成。新建张桥至何寨三四线存在2种建设模式，即新建客货共线方案(方案Ⅰ)与新建货运专线方案(方案Ⅱ)。

①新建客货共线方案(方案Ⅰ)。三四线按160 km/h客货共线标准建设，三四线、既有线共同承担通道客货运输任务。该方案由既有包西线张桥站引出沿既有包西铁路东侧并行，于既有线渭河桥位下游30 m处跨

表1　既有相关区段能力与预测运量适应情况　　对/d

Tab.1　Adaptability between capacity of existing relevant sections and predicted traffic volume

年度	线别	区段	旅客列车对数		货物列车对数	合计	平图能力	需要能力	差值
			动力集中型动车组列车	普速旅客列车					
初期	包西线	张桥—关山	10	13	124	147	194	218.9	–24.9
		关山—何寨	13	13	133	159	194	231.4	–37.4
近期	包西线	张桥—关山	8	13	134	155	194	227	–33
		关山—何寨	12	13	144	169	194	242.8	–48.8
远期	包西线	张桥—关山	7	13	136	156	194	228.6	–34.6
		关山—何寨	11	13	147	171	194	245	–51

表2　5 000 t方案下既有相关区段能力与预测运量适应情况　　对/d

Tab.2　Adaptability between capacity of existing relevant sections and predicted traffic volume under 5 000 t scheme

年度	线别	区段	旅客列车对数		货物列车对数	合计	平图能力	需要能力	差值
			动力集中型动车组列车	普速旅客列车					
初期	包西线	张桥—关山	10	13	121	144	194.0	215.5	–21.5
		关山—何寨	13	13	129	155	194.0	226.9	–32.9
近期	包西线	张桥—关山	8	13	130	151	194.0	222.5	–28.5
		关山—何寨	12	13	140	165	194.0	239.7	–45.7
远期	包西线	张桥—关山	7	13	132	152	194.0	224.2	–30.2
		关山—何寨	11	13	141	165	194.0	240.8	–46.8

越渭河，后接入何寨站。新建正线长度34.10 km，桥梁占比32.6%。

②新建货运专线方案(方案Ⅱ)。根据《铁路主要技术政策》要求：“快运货物列车最高运行速度160 km/h，普通货物列车最高运行速度120 km/h”[6]。三四线主要以煤炭运输为主，按120 km/h货运专线标准建设。该方案与客货共线方案线路走向基本一致，线路工程差异较小，与客货共线方案相比，主要区别在于可采用最小R-800 m曲线半径，可优化部分工程设置，且路基等建设标准差异小，可减少工程投资。

(2) 方案比选及推荐意见。从工程设置分析，新建货运专线方案与客货共线方案线路设计标准不同可优化部分工程设置，且建设标准不同，新建货运专线方案可采用较低标准工程设置，节省投资。从运输能力分析，研究年度新建三四线采用客货共线方案或货运专线方案，2种建设模式能力均可满足运输需求。

综上所述，货运专线方案工程投资相对小，运输能力满足需求，本次增建三四线推荐采用货运专线方案，三四线货运专线方案示意图如图1所示。考虑到既有线和三四线在车站两端的衔接关系，研究年度新建三四线承担侯阎线、甘钟线、包西通道至零口方向(陇海线、宁西线)的货运任务；既有线承担通道客运任务与咸铜线、包西通道至新丰镇方向(西康线、西陇海线、枢纽内)及规划货运第二双线(兴平—昌寨)的通过货流。

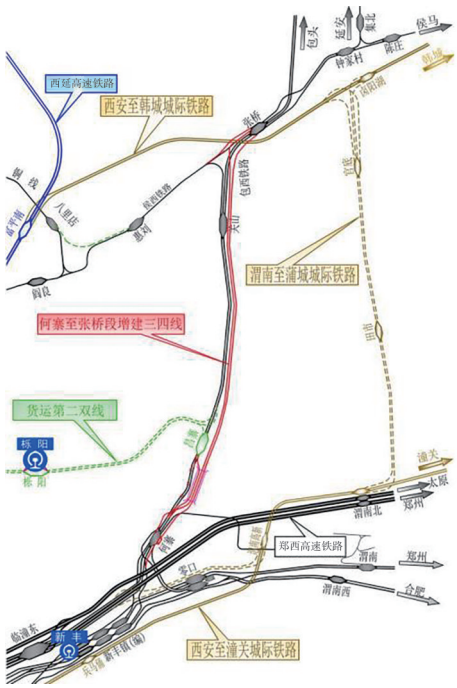


图1　三四线货运专线方案示意图

Fig.1　Schematic diagram of scheme for additional third and fourth lines as dedicated freight lines

2.3　新建三四线限制坡度研究

2.3.1　沿线地形条件

新建三四线起自包西铁路张桥车站，与既有线并行至相桥镇，向西绕行至渭河桥位后接入何寨车站。线路位于陕西省中部渭河河谷区，地势开阔，地形平坦[7]。本次结合沿线地形特征及相邻路网主要技术标准，分别研究了6‰，13‰这2个坡度方案。

2.3.2　限制坡度与牵引质量的适应性分析

不同限坡方案下，各型电力机车受坡度限制牵引质量如表3所示[8]。

表3　受坡度限制牵引质量

Tab.3　Traction mass limited by gradient

限制坡度/‰	机车台数	HXD1/t	HXD2/t	HXD3/t
6	单机	6 050	6 360	4 540
	双机	11 990	12 600	8 990
13	单机	3 090	3 240	2 310
	双机	6 110	6 410	4 580

由表3可见，在6‰的限坡上，以上各型机车单机均能满足牵引质量4 500 t要求，其中HXD1，HXD2满足单机牵引5 000 t的要求。在13‰的限坡上，以上各型机车单机均不满足单机牵引4 500 t要求，双机均能满足牵引质量4 500 t要求，HXD1，HXD2双机满足牵引质量5 000 t要求。

2.3.3　与相邻路网的适应性分析

与本线衔接的线路主要有包西线、侯阎线、甘钟线、咸铜线、货运第二双线等，相邻线路限制坡度如表4所示。

由表4可见，与本线相关的线路限制坡度主要为6‰，13‰。本线为包西铁路的组成部分，既有包西线甘泉北至张桥段限制坡度为6‰，本线采用6‰的坡

表4　相邻线路限制坡度　‰

Tab.4　Limiting gradients of adjacent lines

线别	限制坡度
包西线	6
侯阎线	13
甘钟线	6
咸铜线	6（萧家村至阎良段）、6/17（阎良至铜川段）
货运第二北环线	6

注：“/”前为上行，后为下行。

度，与相邻线可较好地匹配，运输组织较13‰方案更灵活，更有利于提高运输效率。

综上，本线限制坡度采用6‰，地形适应性较好，与区域路网内相邻线路坡度匹配，运输组织灵活，且工程投资增加不多。但有一处坡段，采用更大坡度可改善工程，因此对该处坡段进一步优化研究。

2.3.4　局部段落坡度方案比选

本线采用6‰的坡度，已基本适应地形，仅有一处坡段，为下行线跨越渭河桥引入何寨站而设置，此处采用更大的坡度可有效改善工程条件，缩短线路长度。故本次对跨越渭河桥引入何寨站范围内进一步研究了6‰、个别9‰方案。

（1）限制坡度与牵引质量的适应性分析。不同限坡方案下，各型机车受坡度限制牵引质量如表5所示。

表5　局部段落受坡度限制牵引质量

Tab.5　Traction mass limited by gradient in local sections

限制坡度/‰	机车台数	HXD1/t	HXD2/t	HXD3/t
6	单机	6 050	6 360	4 540
9	单机	4 310	4 520	3 230

6‰、个别9‰方案中，9‰坡度仅使用1处，坡长为680 m，该坡段位于下行线的下坡方向，HXD1/HXD2/HXD3机型均满足牵引起动要求。若日常运营中发生特殊状况，下行线反向行车，经计算利用动能闯坡，从何寨站起车，HXD3牵引4 500 t在9‰坡段坡顶速度为65 km/h，HXD1，HXD2牵引5 000 t在9‰坡段坡顶速度为68 km/h，70 km/h，均不低于计算速度，满足列车牵引要求[9]。各型机车动能闯坡坡顶速度如表6所示。

表6　各型机车动能闯坡坡顶速度　km/h

Tab.6　Summit speed of momentum climbing for various types of locomotives

	4 500 t	5 000 t
HXD1	75	68
HXD2	77	70
HXD3	65	57

（2）满足制动要求的限制坡度分析。局部9‰坡度方案位于下行线的下坡方向，HXD1，HXD2牵引5 000 t，HXD3牵引4 500 t，各型机车满足不同牵引质量制动要求的坡度如表7所示。

由表7可见，HXD1，HXD2牵引5 000 t，HXD3牵引4 500 t，考虑70%的电阻制动，限制坡度最小也能适应到16.1‰，大于9‰，满足下坡制动安全要求。

表7　满足不同牵引质量制动要求的坡度

Tab.7　Gradients meeting braking requirements for different traction masses

电阻制动力比例/%	HXD1/‰	HXD2/‰	HXD3/‰
70	16.1	16.7	18.8
80	17.0	17.5	19.5

综上所述，新建包西线张桥—何寨段三四线坡度按6‰设计，已基本适应地形，且与相邻线协调匹配，仅有一处坡段，为下行线跨越渭河桥引入何寨站而设置，经过比选，该处采用9‰的坡度地形适应性较好，本线仅设1处680 m 9‰的下坡，各型机车均满足牵引、制动要求，如果反向行车，经检算利用动能闯坡，其最低速度不低于机车计算速度。故从运输组织角度分析，新建包西线张桥—何寨段三四线坡度研究限制坡度推荐6‰，个别9‰。

3　结束语

包西线是陕煤外运的重要通道，张桥—何寨段能力紧张问题严重制约了陕北煤炭南下、东出的运输需求[10]。研究年度陕煤外运量进一步增长，本线需进行改扩建。通过梳理现状能力利用情况及区域路网存在的主要问题，结合研究年度运量需求及工程条件，分析了研究年度货运量与既有线能力的适应情况。经分析，本线增建单线无法满足运输需求，需增建三四线。三四线仅承担货物运输，主要技术标准为：设计速度120 km/h，限制坡度为6‰，个别9‰，自动闭塞。本线的建设对消除西安枢纽北端运输瓶颈，畅通陕北煤运通道具有重要意义。

参考文献：

[1] 李维平. 提高既有包西线运输能力的实践及措施[J]. 铁道运输与经济，2010，32(6)：37-39.
LI Weiping. Practice and Measures of Increasing Traffic Capacity of Existing Baotou-Xi'an Line[J]. Railway Transport and Economy，2010，32(6)：37-39.

[2] 高　山，张满义，吴庆来，等. 西安局集团公司新丰镇站 扩能改造施工组织优化[J]. 铁道货运，2020，38(9)：40-45.
GAO Shan，ZHANG Manyi，WU Qinglai，et al. Optimization of Construction Organization of Xinfengzhen Station's Capacity Expansion and Reconstruction of China Railway Xi'an Group[J]. Railway Freight Transport，2020，38(9)：40-45.

[3] 张春来，苏　毅，彭怀涛，等. 时速160 km动力集中动车组运营

效益研究[J]. 铁道经济研究，2020(5)：1-4.
ZHANG Chunlai，SU Yi，PENG Huaitao，et al. Research on the Operational Benefits of 160 km/h Power Centralized EMU Trains[J]. Railway Economics Research，2020(5)：1-4.

[4] 徐　涵. 160 km/h动力集中动车组开行服务范围影响因素及对策研究[J]. 铁道经济研究，2024(2)：45-50.
XU Han. Influencing Factors and Countermeasures of the Service Range of 160 km/h Power-Concentrated EMUs[J]. Railway Economics Research，2024(2)：45-50.

[5] BULKOVÁ Z. Possibilities of Implementing Augmented Reality in Railway Freight Transport[J]. Transport Technic and Technology，2023，19(2)：1-7.

[6] 张博涵. 涉及铁路环境敏感区选线多方案评价指标模型[J]. 四川建筑，2021，41(5)：86-88.

[7] 雷潘宁. 何寨渭河特大桥主桥63 m简支箱梁设计[J]. 铁道标准设计，2009，53(4)：28-30.
LEI Panning. Design on 63 m Simply Supported Box Beam of Weihe Super Large Bridge at Hezai[J]. Railway Standard Design，2009，53(4)：28-30.

[8] 方　华. 精霍铁路精河—伊宁段扩能改造方案研究[J]. 铁道运输与经济，2018，40(3)：79-84.
FANG Hua. A Research on the Capacity Expansion Plan of Jinghe-Yining Section of Jinghe-Khorgas Railway[J]. Railway Transport and Economy，2018，40(3)：79-84.

[9] 王开云，黄　超. 重载列车动能闯坡计算方法及应用[J]. 西南交通大学学报，2015，50(5)：771-775，795.
WANG Kaiyun，HUANG Chao. Calculation Method for Heavy-Haul Train Rushing across Slope and Its Application[J]. Journal of Southwest Jiaotong University，2015，50(5)：771-775，795.

[10] 宁和平. 陕北煤炭铁路运输持续增量的区域路网能力优化研究[J]. 铁道运输与经济，2023，45(4)：36-43.
NING Heping. Regional Railway Network Capacity Optimization for Continuous Increment of Coal Transportation by Northern Shaanxi Railways[J]. Railway Transport and Economy，2023，45(4)：36-43.

（责任编辑：汪沁萱）

Study on Capacity Expansion and Renovation Schemes and Standards for Zhangqiao-Hezhai Section of Baotou-Xi'an Railway under Situation of "Strengthening Network and Complementing Chains"

LI Dan

(Railway Transportation Institute，China Railway First Survey and Design Institute Group Co.，Ltd.，Xi'an 710043，Shaanxi，China)

Abstract: The Baotou-Xi'an Railway is one of the national strategic channels for transporting coal from the north to the south. The Zhangqiao-Hezhai section is a crucial segment for the railway's introduction into the Xi'an Hub. Currently, the capacity utilization rate of the Zhangqiao-Hezhai section reaches 98.7%, indicating that the carrying capacity is saturated, and capacity expansion and renovation are urgently needed. First, the overview of the existing line and the problems existing in passenger and freight transportation of the railway network were expounded. Secondly, combined with the passenger and freight demand in the research year, the adaptability between the predicted traffic volume and the capacity of the existing line was analyzed, and the construction of additional third and fourth lines was recommended. The schemes of adding mixed passenger and freight lines and dedicated freight lines were analyzed from the aspects of engineering setting and transportation organization. Finally, it was recommended that the third and fourth lines be built according to the standards of dedicated freight lines. On this basis, further combined with the topographic conditions, the limiting gradient of the additional third and fourth lines was studied from the perspectives of network matching and transportation organization adaptability. The study provides a reference for the capacity expansion and renovation scheme of the existing line.

Keywords: Existing Railway; Baotou-Xi'an Railway; Reconstruction and Expansion Scheme; Standard Study; Limiting Gradient