文章编号：2097-5899(2025)04-0039-05　　**中图分类号**：U294.2　　**文献标识码**：A
DOI：10.16669/j.cnki.issn.2097-5899.202409020001
引用格式：邹继军，张旭宁，曹蔚然. D_{22B}型长大平车渡板的设计研究[J]. 铁路物流，2025，43(4)：39-43.
ZOU Jijun，ZHANG Xuning，CAO Weiran. Design of Gangway Foot Plate of D_{22B} Heavy-Duty Flat Car[J]. Railway Logistics，2025，43(4)：39-43.

D_{22B}型长大平车渡板的设计研究

邹继军[1]，张旭宁[2]，曹蔚然[1]

(1. 中铁特货物流股份有限公司 西安分公司，陕西 西安　710000；2. 中铁特货物流股份有限公司 北京分公司，北京　100071)

摘　要：由于D_{22B}型长大平车底架两端未设有能开闭的加强型端板，现有钢结构渡板不便于安装、使用，不能满足特种大型轮式装备的滚装、滚卸要求。提出使用新材料、新结构和新固定方式的渡板设计方案。基于渡板的使用工况，分析渡板的承载要求和受力，进一步结合铝合金材料的特性，形成关键部位的结构设计，并提出纵向、垂向固定的设计方案。通过仿真进行垂向应力分析，仿真结果表明新型渡板强度满足最不利工况下的使用要求。通过整列各尺寸、重量特种轮式装备的实际滚装、滚卸作业验证。验证结果表明：D_{22B}型长大平车渡板各项性能均符合设计要求且优于现有钢结构渡板，可以明显提高特种大型轮式装备的装卸载效率。

关键词：D_{22B}型长大平车；渡板；结构设计；强度校核；实际验证

0　引言

铁路特种运输是指发送单位利用铁路列车输送人员、装备并且有特殊要求的运输方式[1]，是特种运输的一种重要方式。铁路发运的特种货物以轮式货物为主，当前服务于特种轮式装备运输的车辆主要为换长1.3/1.5的普通木地板平车，该车型具有摩擦系数大、木地板便于轮胎掩挡加固、加强端板利于滚装滚卸的优势[2]。但近年来随着我国特种装备关键技术的发展[3]，越来越多新装备投入使用，这些新的特种装备普遍具有尺寸大、质量大、重心高度高和运输时效要求高等特点，而该种设备通过普通木地板平车装载往往出现重车重心超高等问题。在铁路装载加固的定型、暂行方案中，D_{22B}型长大平车(以下简称“D_{22B}型车”)成为主力特种大型轮式装备的准用货车。提升使用D_{22B}型车装运大型特种轮式装备的整体运输安全和效率，对铁路部门具有十分重要的意义。针对D_{22B}型车无固定渡桥可使用的难题，装、卸车单位的普遍解决方案是使用传统且较为笨重的钢结构渡板。该方案存在渡板搬运困难、固定不便的问题，严重影响装、卸车单位的装卸作业安全和效率。所以有必要研究D_{22B}型车的新型渡板。

1　D_{22B}型车概况和特点

D_{22B}型车在中国标准轨距铁路上使用，可适应装运25 m长钢轨、大型机械、电站、化工设备等长大笨重货物以及超长、超重和重车超高的大型轮式装备。D_{22B}型车主要尺寸和性能参数如表1所示。

D_{22B}型车如图1所示，具有自重大、承载面长、集载能力强和承载面为木地板等特点，装运特种大型轮式装备时，其可降低重车重心高、避免因装备超长的拆解运输和轮挡加固通用便捷等方面优势明显。但该车型在最初设计中对特种运输的适用性重视不足[4]，集中表现在D_{22B}型车的承载底架两端未设有能开闭的加强型端板，无固定渡桥可以使用[5]，导致特种大型轮式装备无法进行滚装、滚卸，严重影响装卸安全和效率。

目前D_{22B}型车滚装、滚卸作业采用的是钢结构渡

收稿日期：2024-09-02
通信作者：张旭宁(1990—)，男，山西运城人，中铁特货物流股份有限公司北京分公司工程师。
基金项目：中铁特货物流股份有限公司科技研究开发计划课题(ZTTH-2024-KY-009)

表1　D_{22B}型车主要尺寸和性能参数

Tab.1　Main dimensions and performance parameters of D22B heavy-duty flat car

车辆长度/mm	车辆定距/mm	地板面尺寸（长×宽）/（mm×mm）	空车地板面高/mm	轴重/t	载重/t	自重/t
25 966	17 800	25 000×3 000	1 350	21	120	48
集载能力/（m/t）					最高运行速度/（km/h）	通过最小曲线半径/m
2/55	6/62	12/76	20/108	24/120	100	180

注：集载能力为地板负重面长度/容许载质量。



图1　D_{22B}型车

Fig.1　D_{22B} heavy-duty flat car

板，钢结构渡板是一种传统材料渡板[6]，主要有以下问题。①钢结构渡板质量大，最小规格的单件质量达到了60 kg，不便于作业人员搬提、安装，也不便于日常的移动、存放；②钢结构渡板不便于安装，渡板与D_{22B}型车间的固定较为繁琐，要用扒锔钉、铁线分别与车地板和车体进行固定；③安装钢结构渡板对车底板损伤大，扒锔钉与车地板需要钉固，多次安装钉固对车地板损伤较大，降低了车辆使用寿命，且在紧急情况下时有在未安置渡板时直接进行滚装、滚卸作业的情况发生，导致D_{22B}型车的车地板端部压条直接受冲击破坏。

为有效解决钢结构渡板的上述问题，提出使用新材料、新结构和新固定方式的渡板设计方案。

2　D_{22B}型车渡板设计需求分析

针对D_{22B}型车承载面两端没有能开闭的加强型端板问题，设计新型渡板提高大型特种轮式装备的装卸效率，实现大型轮式装备的安全、快速装卸目标，新型渡板需满足以下要求。

(1)强度符合要求。轮式装备单个轮胎的承载质量一般不超过5 t，综合考虑35%的安全余量，单个渡板要能承受6.75 t以上的中部垂向载荷。

(2)质量轻。单个渡板质量不超过20 kg，便于人工快速搬运和安装。

(3)长度合理。由于车钩拉伸、压缩的状态不同，2辆D_{22B}型车间、D_{22B}型车与普通平车间的车地板间距离在850～980 mm之间，新型渡板的长度要满足上述长度要求。

(4)与车体捆绑加固可靠、操作便捷。要防止渡板向前、向后的纵向移动，防止渡板向上的垂向移动，渡板中部的受力变形在安全范围以内，渡板与站台、车地板间的过渡要平稳。

3　D_{22B}型车渡板设计方案

3.1　材料的选择

新型渡板的材料选择6082级，规格为105 mm×40 mm×3 mm(高×宽×壁厚)的铝合金方管，该型号铝合金方管密度2.7 g/cm^3，屈服强度240 MPa，硬度为95 HB；6082属Al—Mg—Si系热处理可强化铝合金，具有良好的可焊接性、耐腐蚀性以及较高的机械特性，广泛用于机械零部件、商务车辆、铁路设备结构件等。现有钢结构渡板大多选择同规格的Q235材质的方钢，密度7.89 g/cm^3，屈服强度235 MPa，硬度为130 HB。二者屈服强度基本相同，但同样规格的新型渡板质量仅为钢结构渡板的1/3，有更高的可塑性，从而可用来生产具有结构自重底、韧性好的高强度渡板。

3.2　结构的设计

渡板长度要满足2辆D_{22B}型车之间、D_{22B}型车与普通平车之间不同工况下的跨度。渡板太短无法实现其功能；而D_{22B}型车与普通平车的承载面高度差为130 mm，渡板太长会导致装卸过程中渡板一端翘起。根据实际测量，2辆平车车地板间距离，在车钩缓冲器没有任何压缩的情况下为980 mm，在车钩缓冲器充分压缩的情况下为850 mm。综上，渡板长度定为1 350 mm较为合理。

渡板的宽度要满足轮距最窄和最宽装备的通行。渡板太宽则质量不符合要求；渡板太窄则需要在装卸不同大小轮式装备的过程对渡板横向位置进行调整，影响整体效率。普通平车的车地板宽度为2 960～2 980 mm，大型特种轮式装备轮胎外沿宽度最大为2 900 mm，小型特种轮式装备轮胎内沿宽度最小为1 300 mm。综上，渡板宽度设计为750 mm，距离车辆一侧车地板边缘30 mm布置，可实现在不进行渡板横

向调整的情况下最宽、最窄轮距装备的通行。

根据大型特种轮式装备的特点，单胎的承载质量不超过3 t，双胎的承载质量不超过5 t。装备在渡板上为低速通过工况，需额外考虑35%的安全余量。综上，渡板要满足6.75 t的承载要求。

渡板在承载力作用下的主要变形为向下弯曲，为了提高渡板的抗弯强度[7]，从以下3个方面进行设计。①从弯曲强度考虑，最合理的截面形状是用最少的材料获得最大的抗弯截面，提高材料的利用率，因此渡板选择4根长1 350 mm，截面尺寸为105 mm×40 mm×3 mm(高×宽×壁厚)的铝合金方管作为渡板的主梁，单根承载强度不小于1.7 t；②为确保4根主梁在承载时的变形同步，增强渡板的抗弯强度[8]，增大轮胎与渡板间的接触面积，在渡板4根主梁间均匀设置加强筋，每2根支撑梁间设置6件长度120 mm加强筋，加强筋与主梁材料、规格相同，放置方向为垂直于主梁、且与主梁上平面平齐；③在渡板两端弯矩较小处将主梁两端削为30°斜坡并进行封口，加强筋同步倾斜30°两端分别放置3件，使轮式装备在通过车地板和渡板时能够平稳过渡。

单个渡板使用105 mm×40 mm×3 mm(高×宽×壁厚)的铝合金方管共8 280 mm，质量仅为18.65 kg。新型渡板结构图如图2所示。

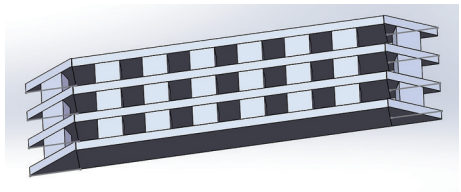


图2　新型渡板结构图

Fig.2　New gangway foot plate structure

3.3　受力的有限元分析

使用建模软件对新型渡板结构进行建模和有限元分析，具体参数设置如下：载荷为垂直向下的力，大小为6.75 t(67.5 kN)；载荷区域为中间两根主梁和中部2件加强筋，表面积为208 cm^2；固定约束为主梁两端的斜坡底面，共8处；主梁与加强筋间接触处均为固定约束。

渡板受力有限元分析如图3所示。新型渡板最大应力为110 MPa，位置为两受力主梁的中部；第二大应力为90 MPa，位置为主梁的斜坡变坡点。6082级铝合金，其屈服强度为240 MPa，安全系数取2.0，该材料的许用应力为120 MPa，新型渡板的最大应力110 MPa，小于该材料的许用应力120 MPa。仿真结果表明新型渡板强度满足最不利工况下的使用要求。

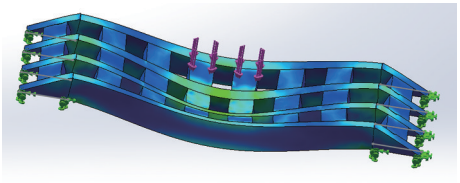


图3　渡板受力有限元分析

Fig.3　Finite element analysis of gangway foot plate force

3.4　纵向、垂向固定的设计

渡板在使用中会发生纵向的前、后移动和垂向的向上移动，需要采取措施防止上述3个方向的移动。

防止纵向前移措施：由于两平车地板的间距不固定，只在新型渡板前端(货物装载前进方向)两外侧主梁的一端设计了2处突出挡柱。突出挡柱与前车车辆端部边框卡紧，实现防止渡板纵向前移。材料为35 mm×35 mm×3 mm(高×宽×壁厚)的6082级铝合金方管。突出挡柱示意图如图4所示。

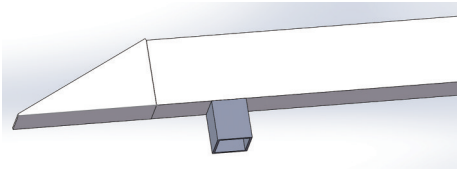


图4　突出挡柱示意图

Fig.4　Protruding bumping post

防止纵向后移措施：由于车钩伸缩状态不固定，两车车地板间的距离在850～980 mm之间，无法通过设置突出挡柱的方式防止纵向后移。既有钢渡板使用铁线进行固定，本方案计划使用单根绑带许用拉力为5 t的2根棘轮捆绑带整体捆绑向前、向下斜拉的方式进行固定。绑带既可将渡板固定在车辆上，也可将渡板固定在钢轨或轨枕上。棘轮捆绑带较铁线优势明显：一是棘轮捆绑带较铁线更容易实现拉紧效果；二是棘轮捆绑带便于二次紧固，较铁线更易检查和再次紧固；三是可以重复使用，铁线只能使用一次，棘轮捆绑带可以多次重复使用。

防止垂直向上移动措施：防止纵向后移的2根棘轮捆绑带的拉牵方向为斜下方，可同步实现防止向上移动。

综上，上述材料和结构能够满足大型轮式装备的单轮承载通过要求；计划采取的捆绑方法，可以实现渡板的有效固定，能够防止渡板在使用过程中的纵向前、后和垂向移动。因此，新型渡板的设计符合实际要求。

4　实际应用情况

为检验新型渡板的应用效果，制造了2组(4件)新

型渡板，以某次整列铁路装车任务(含小型、大型特种轮式装备)进行实际验证。该整列装车任务为25车(23辆普通木地板平车和2辆D_{22B}型车)，2辆D_{22B}型车位于端站台后1位和2位，端站台与第1辆D_{22B}型车间有固定的渡板，需要将2组渡板分别安放在第一辆D_{22B}型车与第二辆D_{22B}型车之间、第二辆D_{22B}型车与普通木地板平车之间。2组新型渡板需要经受23辆质量、轮距不同的轮式装备的顺序通过。

4.1　放置和固定情况

新型渡板直接平放在2辆D22B型车之间，渡板突出挡柱位置示意图如图5所示，棘轮捆绑带加固位置示意图如图6所示。突出挡柱卡在前一辆D_{22B}型车的车端，再使用棘轮捆绑带2道整体向下捆绑紧固在车辆上，渡板横向外侧边沿距离车辆车地板边沿30 mm。2名工作人员放置和加固2件渡板共计用时5 min。



图5　渡板突出挡柱位置示意图

Fig.5　Protruding bumping post position of gangway foot plate

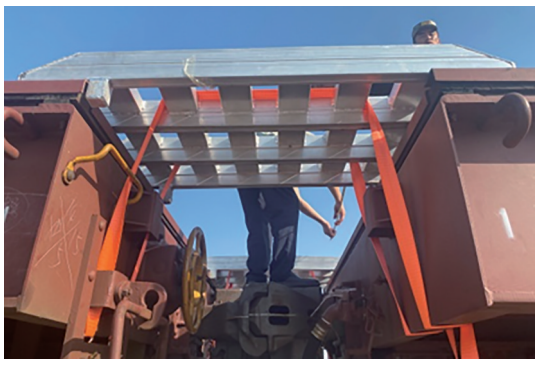


图6　棘轮捆绑带加固位置示意图

Fig.6　Ratchet binding belt reinforcement position

2辆D_{22B}型车之间渡板安装效果如图7所示。

D_{22B}型车与普通木地板平车之间，新型渡板突出挡柱卡在前一辆普通木地板平车的车端；由于D_{22B}型车的车地板高度为1 350 mm，普通木地板平车的车地板高度为1 220 mm，两者存在130 mm的高度差，渡板需要纵向斜放，需采取措施垫平渡板在D_{22B}型车上的翘起部位，再使用棘轮捆绑带整体向下捆绑紧固在车辆上，渡板横向外侧边沿距离车辆车地板边沿30 mm。2名作业人员放置和加固2件渡板共计用时5 min，D_{22B}型车与普通木地板平车之间渡板安装效果图如图8所示。



图7　2辆D_{22B}型车之间渡板安装效果图

Fig.7　Rendering of gangway foot plate installation between two D_{22B} heavy-duty flat cars



图8　D_{22B}型车与普通木地板平车之间渡板安装效果图

Fig.8　Rendering of gangway foot plate installation between D_{22B} heavy-duty flat car and common flat car with wooden floors

4.2　轮式装备通过情况

本次实装验证试验中，每组渡板通过轮距2 900 mm装备3件、轮距2 500 mm装备18件、轮距1 500 mm装备2件；2辆最大质量为6轴56 t的轮式装备和23辆大小不一的轮式装备(平均载重40 t)均安全通过。2辆D_{22B}型车间和D_{22B}型车与普通木地板平车间的4件新型渡板均未发生明显变形，4件新型渡板的8处突出挡柱均未发生明显变形，捆绑固定用的棘轮紧固带均未发生松动，整体使用效果良好。

5　结论

研究设计的D_{22B}型车新型渡板，强度满足使用要求，运用优势明显。①质量轻。单个质量18.65 kg，便于人工搬运、安装和存放。②固定捆绑便捷。使用2根棘轮紧固带，单人5 min即可完成固定安装。③适用性强。可在各型平车间及端站台间使用，便于整列平车形成快速滚装、滚卸通道[9-10]。

新型渡板可有效解决大型特种轮式装备通过D_{22B}型车各种编组情况下的两车车地板间距不确定难题，提高了特种装备运输效率和铁路车辆适用性。D_{22B}型车作为铁路特种车辆中典型装备，适装范围广，其所蕴含的特种运输潜力值得进一步深入挖掘[11]，以进一步提高铁路特种货物的投送保障能力。

参考文献：

[1] 陶泽南. 提高铁路军事运输能力研究[J]. 物流工程与管理，2017，39(5)：19-20.
TAO Ze'nan. Study on Improving Railway Military Transportation Capacity[J]. Logistics Engineering and Management，2017，39(5)：19-20.

[2] 兰　叶，于世明，关雪梅，等. 铁路通用平车对特种装备加固和运输的适应性研究[J]. 铁道车辆，2010，48(9)：22-25，47-48.
LAN Ye，YU Shiming，GUAN Xuemei，et al. Research on Adaptability of General Railway Flat Cars to Securing and Transport of Special Equipment[J]. Rolling Stock，2010，48(9)：22-25，47-48.

[3] 徐开启. 新形势下如何做好铁路军事运输工作[J]. 铁道运输与经济，2000，22(2)：1-3，38.
XU Kaiqi. How to Do the Work of Military Railway Transport Well under the New Circumstance[J]. Railway Transport and Economy，2000，22(2)：1-3，38.

[4] 梅　迪，张艳萍，王　玮. 铁路敞车与棚车贯彻国防要求研究[J]. 国防交通工程与技术，2022，20(3)：1-4.
MEI Di，ZHANG Yanping，WANG Wei. Research on Implementation of National Defense Requirement for Railway Gondola and Boxcar[J]. Traffic Engineering and Technology for National Defence，2022，20(3)：1-4.

[5] 孙瑞林，许秀峰，万　涛，等. 载重60 t专用凹底平车研制[J]. 铁道车辆，2019，57(10)：23-25，4.
SUN Ruilin，XU Xiufeng，WAN Tao，et al. Development of the Specialized Depressed Center Flat Cars with the Load Capacity of 60 t[J]. Rolling Stock，2019，57(10)：23-25，4.

[6] 王合亭. 铁路平车军用渡板的研制[J]. 铁道货运，2001，19(3)：30-31.

[7] 王武建. 铁路平车装载加固用关键部件的安全可靠性研究[J]. 铁道机车车辆，2012，32(6)：21-24，37.
WANG Wujian. Safety and Reliability Analysis of Components of Railway Flat Wagon[J]. Railway Locomotive & Car，2012，32(6)：21-24，37.

[8] 杨广全，刘寅华，李　华. 我国铁路整车驮背运输技术研究[J]. 铁道货运，2022，40(5)：32-38.
YANG Guangquan，LIU Yinhua，LI Hua. Research on Technique of Railway Piggyback Transportation of Wagon Loading Goods in China[J]. Railway Freight Transport，2022，40(5)：32-38.

[9] 申楠公，王　曦，陈　愔. 集装箱专用平车加装承载板实现滚装运输技术研究[J]. 铁道货运，2020，38(3)：54-58.
SHEN Nangong，WANG Xi，CHEN Tao. A Research on the Roll-on-Roll-off Transportation Technology of Fitting Carrier Plate on Container Special Flat Car[J]. Railway Freight Transport，2020，38(3)：54-58.

[10] 王金宝. 北京铁路局军事运输货物装载安全卡控对策探讨[J]. 铁道货运，2018，36(7)：45-50.
WANG Jinbao. A Study on Safety Control Measures for Loading Military Freight of China Railway Beijing Group[J]. Railway Freight Transport，2018，36(7)：45-50.

[11] 岳　君. 军事物资铁路运输存在问题及对策：以沈阳车务段为例[J]. 物流技术，2017，36(2)：175-177.
YUE Jun. Countermeasures for Existing Problems in Railway Transport of Military Materials：In the Case of Shenyang Station Depot[J]. Logistics Technology，2017，36(2)：175-177.

（责任编辑：汪沁萱）

Design of Gangway Foot Plate of D_{22B} Heavy-Duty Flat Car

ZOU Jijun[1], ZHANG Xuning[2], CAO Weiran[1]

(1. Xi'an Branch, China Railway Special Cargo Logistics Co., Ltd., Xi'an 710000, Shaanxi, China; 2. Beijing Branch, China Railway Special Cargo Logistics Co., Ltd., Beijing 100071, China)

Abstract: The underframe of the D_{22B} heavy-duty flat car is not equipped with the enhanced end plate that can be opened and closed at both ends, and the existing gangway foot plate with steel structure is not easy to install and use, making it fail to meet the requirements of roll-on and roll-off of special large wheeled equipment. Therefore, a design scheme for gangway foot plate using new materials, new structures, and new fixing methods was proposed. Based on the application of the gangway foot plate, the bearing requirements and forces of the gangway foot plate were analyzed, and the characteristics of aluminum alloy material were considered. The structural design of the key parts was formed, and the longitudinal and vertical fixed design schemes were proposed. The vertical stress analysis was carried out through simulation, and the simulation results show that the strength of the gangway foot plate ensures its application in the most unfavorable working conditions. Finally, through the actual roll-on and roll-off operation verification of the whole line of special wheeled equipment with different dimensions and weights, it is concluded that the performance of the gangway foot plate of the D_{22B} heavy-duty flat car is better than that of the existing gangway foot plate with steel structure, which can significantly improve the loading and unloading efficiency of special large wheeled equipment.

Keywords: D_{22B} Heavy-Duty Flat Car; Gangway Foot Plate; Structural Design; Strength Check; Actual Verification