

绿色低碳交通在雄安新区的探索实践

张慧敏, 向旭, 郭淑霞

(北京市市政工程设计研究总院有限公司, 北京市 100082)

摘要:绿色低碳在道路交通领域的落实覆盖了规划设计、施工建造和运维管理全过程。雄安新区建设以生态优先、绿色发展为指引,在市政基础设施规划理念引领、设计创新驱动、建造技术提升及运维管理智能等方面进行了探索实践。以雄安新区启动区的道路交通项目和雄安站、雄安城际站为例,阐述了绿色低碳理念在项目中的具体做法,提出了绿色低碳理念下的设计参数指标体系,可为其他城市及新区建设提供借鉴。

关键词:城市道路;窄路密网;街道设计;交通枢纽;雄安新区

中图分类号: U412.37

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)09-0001-07

0 引言

绿色出行是缓解城市问题,实现“碳中和、碳达峰”目标,保障城市可持续发展的重要途径^[1]。伴随城市化进程的发展,在社会目标和资源环境的约束条件下,城市交通发展模式逐步向绿色低碳发展转变^[2]。美国、日本以及欧盟国家的典型城市主要通过制定绿色低碳交通战略、推广新能源和清洁能源、推进运输结构调整、倡导绿色出行等措施推动绿色低碳交通发展。党中央、国务院高度重视交通运输绿色发展,习近平总书记明确指出,要加快形成绿色低碳交通运输方式,加强绿色基础设施建设,推广新能源、智能化、数字化、轻量化交通装备,鼓励引导绿色出行,让交通更加环保、出行更加低碳。

根据《河北雄安新区规划纲要》、《河北雄安新区总体规划》、《河北雄安新区起步区控制性规划》和《河北雄安新区启动区控制性详细规划》,雄安新区积极践行绿色理念,要建成绿色低碳、智能高效、环保宜居且具备优质公共服务的新型城市,同时起步区的绿色交通出行比例要求达到90%。本文以雄安新区项目实践为例,探讨在绿色低碳发展理念下的城市道路设计参数标准和交通枢纽的组织设计。

1 绿色低碳城市道路设计实践

1.1 “窄路密网”指标

(1)行业 and 标准要求

2016年2月6日,国务院下发《关于进一步加

强城市规划建设管理工作的若干意见》,要求优化街区路网结构,树立“窄马路、密路网”的城市道路布局理念,建设快速路、主次干路和支路级配合合理的道路网系统。到2020年,城市建成区平均路网密度提高到8 km/km²,道路面积率达到15%。

《雄安新区规划技术指南》规定:城区规划路网密度不宜小于10 km/km²,路网密度应与强度分区相适应,差异化控制。城区Ⅳ级、Ⅴ级强度分区,道路平均间距不宜大于150 m;城区Ⅲ级强度分区,道路平均间距不宜大于200 m。

《河北雄安新区启动区控制性详细规划》要求:构建级配合理、功能完善的城市道路系统;以服务人作为中心设计城市街道,满足交通出行需求,促进社会交往,构建小街区、密路网的路网体系。启动区整体路网密度控制在12 km/km²左右;金融岛、总部区等核心区路网密度达到15 km/km²,形成高密度街区;外围地区路网密度达到10 km/km²。

(2)雄安新区实践

雄安新区启动区城市道路按照其在路网中的地位及沿线的服务功能分为快速路、组团连接道路(主干路)、单元集散道路(次干路)、街坊邻里道路(支路)4个等级。根据规划路网统计,启动区相邻道路间距约150 m,道路面积率约18%,符合“窄马路、密路网”的指标要求。各等级道路的长度和密度指标见表1。

1.2 以人为本的街道设计

1.2.1 设计速度

城市道路交通构成复杂,承担着机动车交通、公共交通、非机动车和行人交通。各种交通方式的需求

收稿日期: 2023-06-17

作者简介: 张慧敏(1972—),女,工程硕士,教授级高级工程师,主要从事道路交通规划设计工作。

表 1 规划路网统计表

道路等级	长度 /km	密度 / (km·km ⁻²)
组团连接道路(主干路)	44.3	1.8
单元集散道路(次干路)	84.0	3.3
街坊邻里道路(支路)	128.6	5.1
绿道	63.0	2.5
总计	319.9	12.7

相互矛盾,既要保证一定的机动车交通通行效率,又要保障非机动车及行人的交通安全。合理的设计速度是保障效率和安全的重要要素。

根据《全球街道设计指南》对于城市街道设计速度的研究成果:速度是影响撞击可能性和严重程度的主要因素;平均车速每增加 1 km,发生交通事故的风险就会增加 3%,死亡人数增加 4%~5%;降低车速是减少交通死亡和严重伤害最有效的途径;除特定街道外,城市街道的行车速度不得超过 40 km/h。

《城市道路工程设计规范》(CJJ 37—2012)规定了各级道路的设计速度:主干路分为 40 km/h、50 km/h、60 km/h 三级,次干路分为 30 km/h、40 km/h、50 km/h 三级,支路分为 20 km/h、30 km/h、40 km/h 三级。

《雄安新区规划技术指南》结合雄安新区的规划特点,规定了道路的设计速度,采用了规范的中低值。城镇建设用地区域内的主干路设计速度建议采用 40~50 km/h,城镇建设用地区域外的主干路设计速度建议采用 50~60 km/h。具体规定见表 2。

表 2 各级道路建议设计速度

建议指标	快速路	主干路	次干路		支路	
		(组团连接道路)	普通型	公交型	街坊外部路	街坊内部路
设计速度 / (km·h ⁻¹)	60~80	40~50	30~40	30~40	20~30	<20

启动区规划路网交叉口间距为 150~200 m,为典型的“窄路密网”结构。

组团连接道路均为交通性干路,不宜采用过低的设计速度,可以采用控制运营速度来提高街道的安全性。未来随着自动驾驶、AI、5G 通信等技术的成熟,智慧设施及设备广泛应用,交通控制及组织效率将大幅提升,因此设计速度及相关指标按照 60 km/h 控制,近期建议按照 50 km/h 管控,远期可根据技术发展情况适配运营安全的管控速度。

次干路兼顾交通和集散功能,设计速度采用 40 km/h;街坊外部支路设计速度采用 30 km/h;街坊

内部支路采用 20 km/h 的设计速度。

1.2.2 横断面空间要素

《雄安新区规划技术指南》将城市道路的功能模块分为小型车通行、大型车通行、公交车通行、非机动车通行及行人通行五大类。不同类型、等级及定位的道路所需要实现的主要功能见表 3。

表 3 道路等级与功能模块对照表

道路类型	规范等级	功能模块				
		小型车	大型车	公交车	非机动车	行人
组团连接道路	主干路	●	●	●	●	●
普通型单元集散道路	次干路	●	●	●	●	●
公交型单元集散道路		○	○	●	●	●
普通型支路	支路	●	○	●	●	●
公交型支路			○	●	●	●
纯慢行支路					●	●
绿道	慢行专用路				●	●

注:●必须实现的功能模块;○根据规划及交通管控政策确定是否需要实现的功能模块。

城市道路横断面一般由人行道、非机动车道、机动车道(含公交车道)、中央分隔带、机非分隔带、设施带等组成。

(1)人行道的宽度

《城市道路工程设计规范》(CJJ 37—2012)对各级城市道路以及特殊区域路段的人行道宽度进行了规定:各级道路人行道最小值 2 m,一般值 3 m。《雄安新区规划技术指南》规定人行道宽度与设计规范一致,未对特殊区域路段的人行道宽度进行明确规定,要求次干路、支路的人行道与建筑退距作为开敞性的空间进行一体化规划设计。

《启动区控制性详细规划》要求在市政道路红线内高标准布置慢行空间,单侧人行道宽度不小于 2 m,非机动车道宽度不小于 2.5 m。但是,在次干路进行路口渠化、设置公交港湾的局部路段,由于道路红线无展宽,因此采取了压缩车道宽度、压缩分隔带宽度、取消人行道绿化设施带等办法,虽然满足了人行道宽度不小于 2 m 的规定,但服务品质有所下降。

(2)非机动车道宽度

在《城市道路工程设计规范》(JJ 37—2012)中,非机动车设计车辆为自行车和三轮车,一条车道宽度分别为 1.0 m 和 2.0 m,单向宽度不应小于 2.5 m。非机动车专用道路宽度单向不宜小于 3.5 m,双向不宜小于 4.5 m。《雄安新区规划技术指南》按照等级规

定了单向和双向的非机动车道最小宽度,最小值(双向)规定均高于规范值。由于交通规划未对非机动车道进行分级,在具体项目的规划设计中并无对应关系和差异性体现。具体规定见表 4。

表 4 非机动车道宽度表			单位:m
元素类别	元素尺寸		
	最小值(单向)	最小值(双向)	
一级非机动车道	3.5	6	
二级非机动车道	2.5	5	
三级非机动车道	2.5	5	

在启动区道路规划设计中:沿各级城市道路双侧设置、单向行驶的非机动车道宽度不小于 2.5 m;与城市绿道一体化设置时,双向行驶的非机动车道不小于 4.5 m;主干路进口道结合路口渠化将非机动车道加宽至 3.5 m。

外围几个先行建设的片区,如容东、容西、雄东等片区与启动区基本一致,沿各级城市道路两侧设置了 2.5 m 的非机动车道。但是道路建成后,由于电动自行车的普及使用,在道路运营中非机动车道普遍偏窄,因此在五组团规划中,结合道路红线和用地条件,将大学区范围的非机动车道单向宽度调整为 3.5 m,与绿道一体化设置时采用 4.5 m。

东西轴项目布设了单侧双向行驶的非机动车道,最小宽度采用了 6 m。

随着电动自行车的大量使用,在道路设计中需要考虑电动自行车的通行条件。根据相关研究成果:电动自行车的外廓尺寸在宽度上略宽于普通自行车,结合行驶速度的差异,电动自行车对车道宽度的需求与普通自行车不同。

建议结合电动自行车的生产、使用、管理等方面进行专题研究,以便为电动自行车提供符合要求的道路条件,保证安全便捷。表 5 为自行车车型尺寸调查统计表。

表 5 自行车车型尺寸调查统计表				
统计项目	普通自行车		电动自行车	
	车体长度	车体宽度	车体长度	车体宽度
均值/cm	170	58	174	64
最小值/cm	135	50	136	53
最大值/cm	190	63	200	70
标准差	9.68	2.91	12.54	4.32
85%位值/cm	178	60	188	68

(3)机动车道宽度

《雄安新区规划技术指南》将车道类型和设计速

度进行了细化,对应的机动车道宽度见表 6。

表 6 车道类型和设计速度对应的车道宽度表				
设计速度 / (km·h ⁻¹)	大型或混行 车道宽度 /m	小客车车道 宽度 /m	快线、干线公 交车道宽度 /m	支线公交车 道宽度 /m
V=60	3.50	3.25	3.5	—
30<V<60	3.50	3.00	3.5	—
V≤30	3.25	3.00	3.5	3.0

雄安新区对需求响应性支线公交的车型拟采用中小型车。结合雄安新区道路等级和车道功能,采用中型车的需求响应性支线公交设计速度均不大于 40 km/h,采用车道宽度不小于 3 m,可以满足通行和安全需求,同时净空高度按不小于 3.5 m 控制。

(4)分隔带、设施带的宽度

雄安新区在道路横断面设计时考虑不同交通类型的通行安全、通行效率、景观绿化以及各设施的布设需求,中央分隔带采用绿化隔离时其宽度一般不小于 3 m。

主、次干路考虑公交车站、管廊出地面设施、初期雨水处理设施、绿化种植及杆线设置等,确定机非分隔带宽度不小于 2.5 m。

行道树设施带的功能除隔离非机动车和行人交通外,还应满足护栏、照明灯柱、标志牌、信号灯、城市公共服务设施等所需的设置宽度要求,一般采用 1.5 m,树池尺寸与设施带宽度相匹配。

1.2.3 典型横断面布局方案

雄安新区道路横断面形式按照四幅路、三幅路、两幅路、一幅路的优先次序设计;横断面空间按照行人、非机动车、公共交通、机动车的优先次序进行分配;慢行交通加景观空间整体控制在横断面的 50% 左右,提高人的活动空间及道路的景观效果。各级道路典型横断面布置及主要元素见表 7。

1.2.4 交叉口渠化设计

交叉口设计部分重点探讨交叉口渠化设计和路缘石转弯半径。

(1)交叉口渠化

《城市道路交叉口规划规范》(GB 50647—2011)和《城市道路交叉口设计规程》(CJJ 152—2010)规定了各级城市道路交叉口应选的交叉口类型、渠化设计的进出口道展宽段和渐变段长度,并规定进出口道设置公交港湾停靠站时,展宽段还应加上公交港湾停靠站所需的长度。

《雄安新区规划技术指南》规定:平面交叉口处

表 7 典型横断面布置及主要元素表

道路类型	红线 /m	路幅形式	中央分隔带 /m	机动车道	机非分隔带 /m	非机动车道 /m	设施带 /m	人行道 /m
主干路	44	四幅路	3	双向 6 车道 11 m × 2	2.5	2.5	1.5	3.0
普通型次干路	32	三幅路	—	双向 4 车道 15 m	2.5	2.5	1.5	2.0
公交型次干路	28		—	双向 3 车道 10 m	2.5	2.5	1.5	2.5
支路	18	一幅路	—	双向 2 车道 6 m	—	2.5	1.5	2.0

道路红线原则上不予展宽,若确实需要展宽,应通过专项论证确定展宽尺寸。

《雄安新区道路交叉口渠化设计导则》规定:为适应“窄路密网”的特点,主-主交叉口可展宽红线,其他交叉类型原则上不展宽红线。优先采用缩窄机动车道、设施带、分隔带和中心线适当偏移等方式进行渠化,减小红线展宽对周边用地的影响和给行人

过街造成的不便。同时,结合新区绿色交通出行要求,考虑路口间距较近,对进出口道渠化车道数、渠化段长度、渐变段长度等进行了适当的调整,参照《城市道路交叉口规划规范》(GB 50647—2011)采用了向下一级取低值的规定。由于主、次干路与支路交叉未进行渠化展宽,这里仅对主、次干路交叉口的进口道展宽段和渐变段进行对比,具体规定见表 8。

表 8 进口道展宽段和渐变段长度对比表

单位:m

交叉口类型	主干路进口道				次干路进口道			
	展宽段长度		渐变段长度		展宽段长度		渐变段长度	
	规范值	采用值	规范值	采用值	规范值	采用值	规范值	采用值
主-主	80~120	70	30~50	20	—	—	—	—
主-次	70~100	50	20~40	20	50~70	40	20~40	20
次-次	—	—	—	—	50~70	40	20~30	20

(2)路缘石转弯半径

《城市道路交叉口规划规范》(GB 50647—2011)规定了不同的右转弯设计速度 and 有无非机动车道条件下的路缘石半径。根据规定对应实际行车轨迹测算横向力系数及乘客舒适感(见表 9),测试显示低速转弯时舒适感较好。

表 9 路缘石转弯半径与舒适感关系表

右转弯 设计速度 / (km·h ⁻¹)	规定路缘石半径 /m		μ 值	乘客舒适感
	无非机动车道	有非机动车道		
30	25	20	0.25	略感不平稳
25	20	15	0.21	略感不平稳
20	15	10	0.17	尚平稳
15	10	5	0.13	尚平稳

《雄安新区规划技术指南》结合交叉口类型规定了平面交叉口处路缘石转弯半径(见表 10)。结合道路横断面布置,主次干路交叉口和支路交叉口基本对应的右转弯设计速度分别为 20 km/h、15 km/h。

《雄安新区道路交叉口渠化设计导则》规定,片区内部交叉口路缘石应采取较小的转弯半径。有非机动车道和机非分隔带的交叉口,路缘石转弯半径原则上按 5~8 m 控制;无非机动车道和机非分隔带

表 10 路缘石转弯半径

交叉口类型	路缘石转弯半径 /m
主-主	10
主-次	10
次-次	10
主-支	5~8
次-支	5~8
支-支	5

注:大型车辆需要频繁转弯的交叉口宜为 8~10 m。

的交叉口,路缘石转弯半径不宜大于 10 m。该规定与右转弯设计速度为 15 km/h 时的路缘石转弯半径基本一致。

2020 年,北京市规划和自然资源委员会通州分局牵头,开展了路口转弯半径现场测试分析试验。测试车辆采用 12 m 长大客车,通过 5 m、8 m、10 m 三种路缘石转弯半径测试,得出以下结论:相交道路为机非分行断面,5 m 半径能满足转向要求;相交道路为混行断面,仅 10 m 半径可满足车辆转向,同时不侵入相交路对向车道及非机动车道右转弯行驶空间。

目前的城市道路设计趋向于“窄路密网”、小路口、小转弯半径。雄安新区启动区规划设计的主次干

路交叉口路缘石转弯半径均采用了5 m,支路交叉口采用8 m。在后续的设计中,根据使用需求对路缘石转弯半径进行了优化调整,设置有机非分隔带和非机动车道的主次干路交叉口路缘石转弯半径统一采用8 m。

2 绿色优先的交通组织方案

(1) 换乘便捷的公交系统

雄安新区规划布局“快线+干线+支线”三级公交网络,公交站点300 m服务半径覆盖率100%。“公交快线”沿组团的连接道路设公交专用道;“公交干线”布设于公交型单元集散道路;“公交支线”根据需求灵活组织运营,可在一定区域内独立运行。公交线路覆盖所有通行机动车的市政道路。

主、次干路上均布设了公交专用道。主干路双向6车道,含2条公交专用车道;普通型次干路双向4车道,含2条公交专用车道;公交型次干路为公交专用车道。公交专用车道在路口设置至停止线,在交叉口享有信号优先权。

以雄安新区主干路与主干路相交的交叉口为例,公交车站距交叉口出口缘石转弯半径终点的距离按最小距离50 m计算,停靠站长度30 m,则异向和交叉换乘距离均大于规范规定值。

在“窄路密网”条件下,交叉口间距较小,如果按照规范要求设置公交车站,将会将车站布设在两路口中间的路段位置,造成无法利用路口过街,且各方向换乘距离较远,不符合公交优先的原则。为缩短公交换乘距离,在规划设计中,结合交叉口渠化,公交车站设置在出口道的近路口端,公交型次干路车站可设置在进口道或出口道,站台设置在距对向进口车道停止线20~30 m处,以方便行人过街。

(2) 多层次全覆盖的慢行网络

雄安新区规划沿各级城市道路两侧布置了连续、无障碍的非机动车道和人行道,结合水系、绿地系统布局了区域绿道、城市绿道、社区绿道三级网络。区域绿道结合绿地水系灵活布局,城市绿道与道路两侧绿地空间一体化设计,社区绿道连通地块和衔接支路,构建了高密度、高品质的慢行交通网络。

以中小学、幼儿园为核心,依托绿道、慢行专用路设置学径网络(见图1),打造安全、便捷、舒适的步行环境,推动建设儿童友好城市。

(3) 安全无障碍的过街设计

慢行交通优先采用平面过街,过街设施间距不



图1 学径网络示意图

大于150 m,道路慢行空间全面实施无障碍设计。

非机动车道一般采用平面过街,区域绿道结合跨水系桥梁设置立体过街(见图2)。



图2 区域绿道立体过街效果图

人行过街优先采用平面过街,采用立体过街时设置自动扶梯。平面过街根据需求设置人行过街横道、二次过街安全岛或斜向人行横道。

当穿越车行道的人行横道长度大于16 m时,或小于16 m但需要加强过街安全时,在人行横道中央规划设置行人过街安全岛。有中央分隔带的道路,行人过街安全岛宽度不宜小于2 m;无中央分隔带的道路,行人过街安全岛宽度不小于1.5 m。图3为行人过街安全岛设计。



(a)有中央分隔带

(b)无中央分隔带

图3 行人过街安全岛设计

雄安新区城市道路设置了连续、完整的无障碍设施,服务全龄友好出行。

全面推行交通稳静化设计。在学校周边因地制宜地采用减速路拱、凸起型交叉口、小型环岛等设施,提高道路交通安全水平。

3 绿色高效站城融合的交通枢纽

为服务“轨道上的京津冀”建设,雄安新区内规划了“两主两辅”综合交通枢纽。雄安站、雄安城际站是两个主要的综合交通枢纽,其中雄安站作为“四纵两横”高速铁路网中京港台高铁与津雄城际铁路的换乘站,是将雄安新区交通体系与京津冀乃至全国交通体系融为一体的重要锚点,也是新区最先建设并已投入运行的交通基础设施。城际站位于新区重点建设区域内开发强度最高的组团中,结合城市轨道交通系统,将承担新区对外出行和内部转换双重功能,是新区绿色交通体系建设质量的重要体现^[3]。雄安站和雄安城际站都是基于雄安新区绿色交通体系架构下的功能载体,但结合各自所在区位,其功能定位又有所不同。

(1) 雄安站交通组织设计

雄安站是新区面向京津冀、辐射全国的纽带,是重要的区域性对外交通枢纽,是提供城市服务功能、带动城市集聚发展的站城一体城市活动中心。雄安站作为区域性对外交通枢纽,提供功能完备、组织高效的多交通方式接驳和转换系统,是交通组织设计的核心要求之一。在雄安站规划设计之初,设计提出了主要换乘关系距离最短,构建立体化、管道化的换乘通道,保证交通组织高效等目标要求。对于站城一体目标,结合周边城市空间,设计提出了步行连通时间不超过 5 min 的指标控制。图 4 为雄安站客流组成示意图,图 5 为雄安站功能布局概念图。

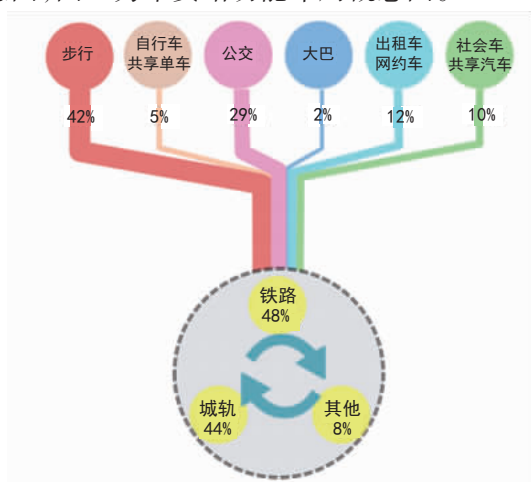


图 4 雄安站客流组成示意图

结合高架车站的特点,充分利用站台桥下空间,立体化布局各接驳设施;结合客流分析,将机动化接驳方式分别布设于场站四角,通过明确的外部接驳道路,使外部交通组织化繁为简,内部通过类管道

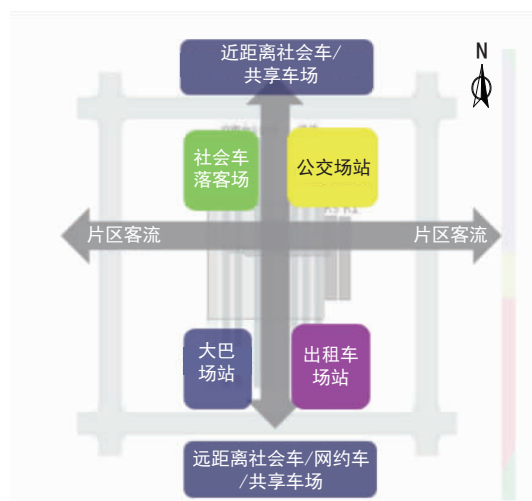
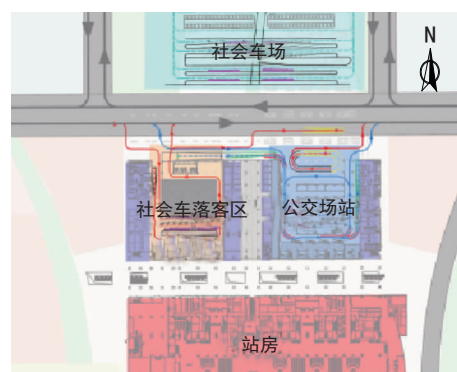
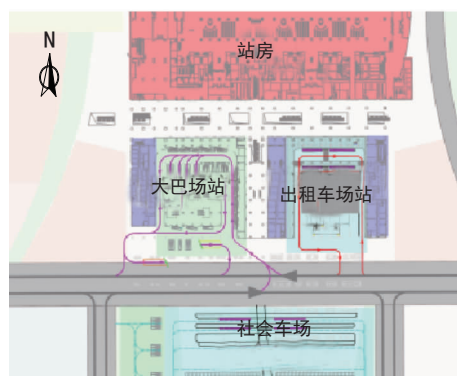


图 5 雄安站功能布局概念图

化的专用匝道系统,衔接到达、出发等不同功能层,实现高效进出。图 6 为雄安站车辆进出组织流程图。



(a) 北侧



(b) 南侧

图 6 雄安站车辆进出组织流程图

(2) 雄安城际站交通组织设计

雄安城际站更加关注京津冀城际联系需求,是服务城际的综合交通枢纽,是进入新区的起始点。城际站客流与新区内各交通系统的集散与转换是交通组织设计的重中之重。城际站位于启动区核心区域,本身就是总部基地和中央商务区的组成部分,是城市功能不可分割的一部分,也是体现城市活力、串联城市功能区的重要载体。

根据雄安新区提出的绿色交通体系要求,新区

