

# 京雄高速公路涑庄复合式枢纽互通方案研究

胡甜,孙天垠,易学斌

(中交第二公路勘察设计院有限公司,湖北 武汉 430056)

**摘要:**涡轮形互通具有造型美观、各向交通转换便捷、行车流畅、立交层次分明的优点;但通常由于匝道桥梁规模较大,在高速公路互通设计中应用较为少见,较多应用于城市互通立交中。该文基于京雄高速公路涑庄复合式枢纽互通方案研究,在尽量避免设置集散车道和减小工程规模,同时又能最大程度实现交通转换便捷的思路下,提出服务区、主线收费站与涡轮形枢纽互通复合设计的优化设计方案。最后,分析匝道连续合流最小间距对涡轮形互通工程规模及行车安全的影响,总结复合式涡轮形互通的设计要点。

**关键词:**主线收费站;复合式枢纽互通;方案比选;服务区;涡轮形

随着中国路网建设的日益完善,受用地、规划、控制地物等限制,新建或改建高速公路之间交叉设计时复合式枢纽互通也越来越常见。国内外学者及工程设计中关于复杂枢纽互通的应用与研究也较多。李臻<sup>[1]</sup>对复合式枢纽互通集散车道的交织区分类,基于运行速度及交通冲突率指标研究交织区的优化方案并进行了安全评价;王义鑫<sup>[2]</sup>通过上下分层、左右分幅等方法,研究了大丰枢纽高快系统与慢速系统彻底分离的互通改造方案;梁海文<sup>[3]</sup>基于南桐复合式枢纽互通研究了复杂地形和铁路交叉条件下互通方案设计的思路和方法,最终确定以双喇叭枢纽加接地的复合式枢纽互通设计方案。此外,还有很多学者与工程应用人员,对于类似复杂条件下枢纽互通设计方案作了相关研究工作<sup>[4]</sup>。但关于涡轮形枢纽互通复合设计,且同时与两个服务区及主线收费站复合设计的互通立交研究与应用还较为少见。涡轮形互通方案造型美观、各向交通转换便捷、行车流畅、立交层次分明。

北京至雄安新区高速公路是雄安新区“四纵三横”区域高速公路网络重要组成部分,是连接北京市区和雄安新区最便捷的高速通道,是促进雄安新区规划建设及京津冀区域协同发展的重要经济干线,也是雄安新区连接北京新机场的主要高速通道。该文结合北京至雄安新区高速公路涑庄枢纽互通设计实践,对涑庄复合式枢纽互通总体方案的拟定及方案比选进行分析讨论,以寻求此类地形等限制条件下枢纽互通布设的最佳方案及方法。

## 1 工程概况

涑庄枢纽互通位于高碑店市涑庄镇西,是京雄高速与荣乌高速新线交叉的枢纽立交。互通的主流向为北京至保定方向,预测末年,主流交通量为20 781 pcu/d(图1)。主线上跨荣乌高速新线,互通被交路荣乌高速新线路基宽42.0 m,设计速度为120 km/h。该互通京雄主线设计终点与白沟服务区(与主线收费站合设)通过辅助车道相接;被交道荣乌高速新线设计终点通过辅助车道与雄安北服务区相接。互通采用涡轮形,匝道最小半径150 m,匝道路基宽根据交通量采用9.0 m(单车道)、10.5 m(双车道)及12.25 m(有紧急停车带的双车道),最大纵坡3.74%。主线设计速度互通起、终点分别为120、100 km/h,匝道设计速度60 km/h。

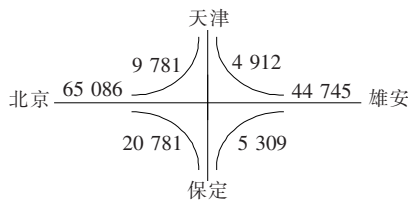


图1 涑庄枢纽互通 2040 年交通量预测图(单位:pcu/d)

## 2 互通功能定位

由于该互通是京雄高速与荣乌新线高速公路在白

沟新城西北侧相交叉的枢纽互通,与白沟河共同围成一个三角形滨水区域,如图2所示。由于受地形及水利条件限制,雄安北服务区及白沟服务区同时只能布设于枢纽互通的西侧与西南侧。雄安北服务区西侧紧接白沟河特大桥,白沟服务区南侧紧接兰沟洼特大桥,两个服务区也位于这个由白沟河及两条高速围成的河滩三角区内。两座特大桥均设计为白沟河特色景观桥,与两座特色服务区一起打造特色滨水景观带,同时结合当地在此处的滨江特色旅游购物等规划,形成较好的协同效应,促进当地经济发展。另外根据地方意见,主线收费站往南无设置条件,即将进入雄安新区,也只能设置在此处,导致主线收费站与白沟服务区只能合并设置。该枢纽互通与服务区及主线收费站之间的间距过近,只能通过辅助车道或集散车道复合设计。

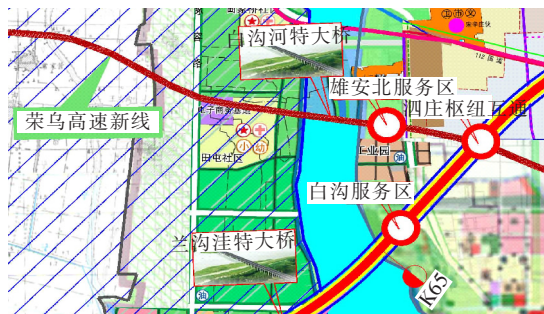


图2 涇庄枢纽互通路网位置

综合分析,作为复合式枢纽互通,涇庄枢纽互通不仅要实现京雄高速与荣乌新线高速的交通转换功能,同时还需解决两条高速进出雄安北服务区及白沟服务区的服务功能,最后还要完成主线收费站的收费功能。

### 3 互通方案设计

#### 3.1 方案1(变异苜蓿叶形)

互通形式采用对称双环形变异苜蓿叶形。受互通与服务区间距控制,互通与雄安北服务区采用集散车道连接,与白沟服务区采用辅助车道相接,方案1平面图如图3所示。

优点:服务区布设避开主分洪通道,主流向交通便捷。

缺点:互通与雄安北服务区间距小于800 m,需增设集散车道连接服务区与互通,桥梁规模大;且双环集散车道上有交织段,不利于行车安全。

#### 3.2 方案2(涡轮形)

将进出雄安北服务区的匝道布设于服务区西侧,拉开互通与雄安北服务区的距离,满足不设集散车道

的间距要求,布设涡轮形方案;互通形式采用涡轮形,匝道最小半径为150 m,匝道路基宽根据交通量采用9.0 m(单车道)、10.5 m(双车道)及12.5 m(有紧急停车带的双车道),匝道设计速度为60 km/h。此方案互通形式简洁,通过辅助车道连接两个服务区,工程规模也较方案1小。方案2平面图如图4所示。

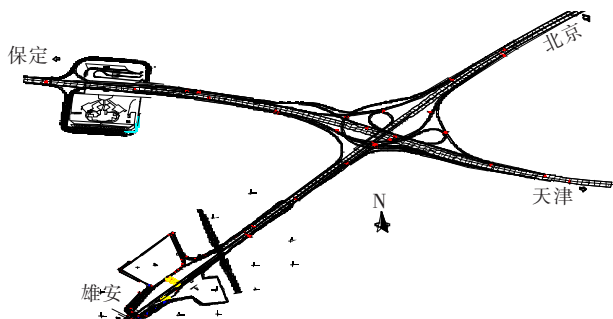


图3 方案1(变异苜蓿叶形)

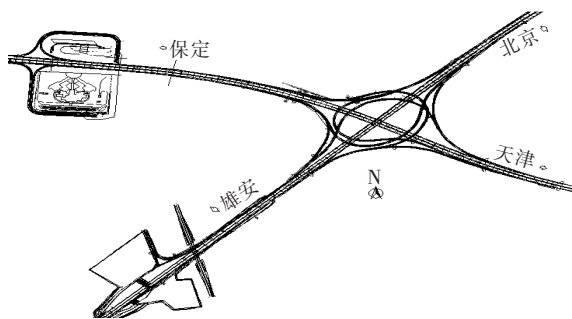


图4 方案2(涡轮形)

#### 3.3 方案3(主流向定向匝道单环变异苜蓿叶方案)

由于保定至北京方向日交通量达20 781辆,该方向宜直接设置为定向匝道。但由于该互通离白沟服务区和雄安北服务区的距离较近,主交通流方向改为定向匝道后,鼻端间距小于1.2 km,不满足主线设计速度120 km/h时,互通与服务区不设集散车道的最小鼻端间距要求,需要增设集散车道,而该互通位于分洪区,所有匝道均为桥梁,导致工程规模大大增加,方案3平面图如图5所示。

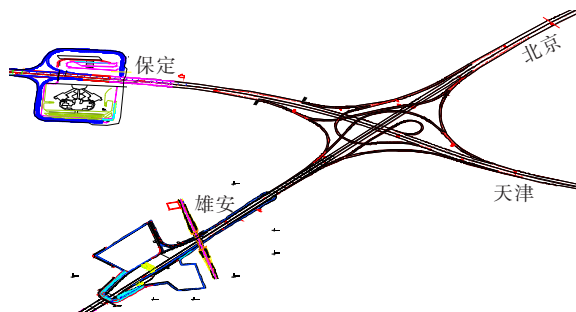


图5 方案3单环变异苜蓿叶方案(主流向定向匝道)

3.4 方案 4(双喇叭)

雄安北服务区设于双喇叭与两条高速之间服务于荣乌新线;白沟服务区利用白沟河河堤边三角地打造开放式综合服务区,服务于京雄高速。方案 4 平面图如图 6 所示。

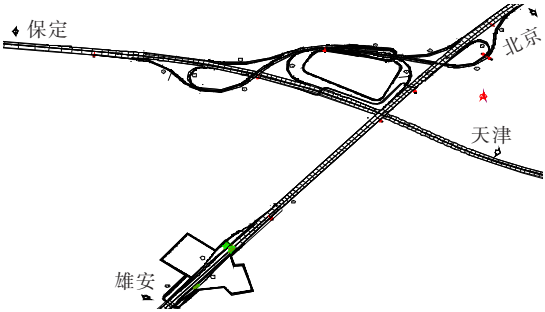


图 6 方案 4(双喇叭)

表 1 酒庄枢纽互通方案比较

| 互通方案  | 主线长度/m | 匝道长度/m | 集散车道/m | 匝道桥梁/m | 占地面积/亩 |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 双环半定向 | 2 206  | 11 351 | 3 865  | 11 351 | 665    |
| 涡轮    | 2 206  | 8 629  | 0      | 8 629  | 651    |
| 单环定向  | 2 206  | 10 312 | 1 426  | 10 312 | 674    |

注:① 匝道长度含集散车道长度;② 1 亩=666.67 m<sup>2</sup>。

(1) 主线收费站与白沟服务区合并设计,同时与枢纽互通复合时采用辅助车道相连。初设方案白沟服务区与主线站合设方案中以服务区为主体进行设计,靠近枢纽互通一侧采用匝道分合流实现服务区与主线车辆交通转换,辅助车道长度不小于 1.2 km。施工图设计中白沟服务区与主线站合并设计方案中以主线站为主体进行设计,采用主线加宽方式设计主线站,在靠近收费口位置设置平交接入服务区,辅助车道长度不小于 0.6 km。主线站靠近枢纽互通一侧不直接设置带鼻端的匝道,有效减少了辅助车道长度。

(2) 匝道连续合流最小间距由 160 m 提高到 240 m。根据 JTG D21—2014《公路立体交叉设计细则》<sup>[5]</sup> 10.5.2 条,匝道设计速度为 60 km/h 时,对应连续合流最小间距为 160 m。根据该细则条文说明,匝道相邻分流鼻端的最小间距与车辆通过分流鼻端的通过速度有关,而通过速度又与主线设计速度有关,因此其最小间距按主线设计速度控制;匝道相邻合流鼻端的最小间距与匝道的的设计速度有关,按匝道设计速度控制。同时,根据 JTG D20—2017《公路路线设计规范》<sup>[5]</sup> 11.5.4 条,对于枢纽互通相邻出入口的最小间距在主线设计速度为 120 km/h 时均需满足 240 m。由于该枢纽互通为全桥方案,通过对匝道连续合流间距 160

优点:工程规模较小,主流向北京往保定方向指标高。

缺点:双喇叭之间的匝道与上下服务区交通存在交织段,雄安北服务区位于分洪区,填方规模较大;同时第二大主流向北京往天津方向绕行距离远。

3.5 方案比较

综合分析比较,从工程规模、主流向交通便捷及行车安全等方面比选,结果如表 1 所示。涡轮形互通方案造型美观、各向交通转换便捷、行车流畅、立交层次分明,最终推荐涡轮形方案。

3.6 施工图优化

施工图阶段结合专家意见对该互通做了以下几个方面优化。

m 与 240 m 两种情况下互通桥梁规模对比分析,施工图设计中采用匝道连续合流最小间距 240 m 控制时的桥梁面积只比初步设计阶段增加了 12.3 m<sup>2</sup>,即桥梁规模基本相当。从行车安全及工程经济双重考虑,酒庄枢纽互通施工图设计中,匝道连续合流间距按 240 m 控制。

(3) 根据咨询意见:D 匝道上跨荣乌高速升坡后再降坡,使主流 A 匝道纵坡较大,建议 D 匝道与 A 匝道在 AK0+550 附近提前分流,进一步优化降低分合流位置匝道与主线、匝道与匝道之间桥面高差,减少桥梁设计难度。F 匝道纵坡 3.95%较大,建议 F 匝道与 C 匝道提前分流,减小 F 匝道纵坡。施工图设计中按咨询意见优化,A 匝道的最大纵坡降为-3.429%的下坡,纵坡不大,且下坡利于加速,F 匝道最大纵坡降至 3.656%,同时直连式匝道与半直连匝道提前分流后再跨越主线,避免直连匝道纵坡产生过大上下起伏。

(4) 专家意见建议研究 F 匝道下穿京雄高速、下穿 B、H 匝道方案。F 匝道在靠近京雄主线位置上跨 B、D 匝道;减缓 H 匝道纵坡,改善 H 匝道纵面线形。经研究 F 匝道下穿京雄主线方案与原方案对比,京雄 K 线 A 匝道和 D 匝道墩高增加 5 m,B 匝道和 F 匝道下降 5 m。整体增加混凝土 4 864 m<sup>3</sup>,增加造价



1 289.7 万元,维持 F 匝道上跨京雄主线方案。F 匝道进一步在靠近京雄主线位置上跨 B、D 匝道,与 B 匝道交叉位置更靠近京雄主线 13 m,与 D 匝道交叉位置更靠近京雄主线 17 m,进一步优化改善了 F 匝道纵面;进一步优化 H 匝道纵面,H 匝道纵坡由 3.9% 优化为 3.76%。施工图优化方案如图 7 所示。

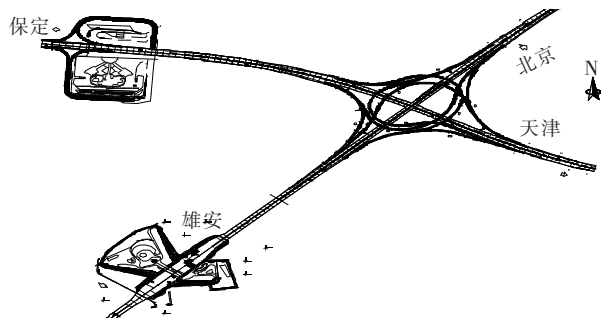


图 7 施工图优化后的涑庄枢纽互通

## 4 讨论

结合各阶段专家评审意见,对此类复合式涡轮形枢纽互通及服务与主线站合并设计时的一些设计要点讨论如下:

(1) 匝道间的分合流鼻位于桥梁段及匝道与主线分合流鼻位于桥梁段时,平纵面设计时注意尽量减少大鼻端两侧高差,便于桥梁结构设计。

(2) 匝道连续合流间距 160 m 与 240 m 的差别,160 m 的长度范围内要实现 2+1 车道往 1 车道的转变,若调线终点离主线鼻端过近,则容易造成车道渐变过于局促,应该适当增加连续合流的长度,此时采用路线规范 240 m 的长度更合理。

(3) 涡轮形互通主线布设时,一般情况都是主线上跨被交路,涑庄互通为京雄高速上跨新荣乌高速。再结合被交路的纵面高程,对整体美观性要求较高时应考虑主线在最上层布设,匝道及被交路在其下布设,城市立交采用涡轮形布设形式时多采用此种方式;对工程规模及美观性综合考虑时,可以考虑将主线布设于匝道与被交路中间,个别匝道放在最上层。该项目由于涑庄互通所在区域为清北分洪区,互通主线和匝道均为桥梁跨越,除 F 匝道上跨京雄主线外,其他匝道均下穿京雄主线,上跨新荣乌高速,在兼顾互通整体美观性的同时有效降低主线桥梁的墩高,节约造价。

(4) 涡轮形互通平纵面设计时,在匝道需要上跨主线时,应注意直连式匝道与半直连匝道提前分流后再跨越主线,避免直连匝道纵坡产生过大上下起伏。

(5) 主线收费站与服务区合并设计,同时与枢纽互通复合时可采用辅助车道相连,主线站靠近枢纽互通一侧不直接设置带鼻端的匝道,有效减少了辅助车道长度,优势明显。若采用匝道式出入口进出服务区,则服务区与涑庄互通之间的鼻端间距要满足 1 000 m 的要求,而采用主线收费站与互通之间辅助车道只需要不小于 600 m 即可。

## 5 结论

涑庄枢纽互通涡轮形方案已通过各阶段、多次互通专项方案评审并已交付施工。通过对涑庄互通复合式涡轮形互通方案的比选研究,得到以下结论:

(1) 受地形及水文条件等影响,枢纽互通布设为全桥方案且互通转向交通量较大时,因地制宜采用涡轮形互通方案可实现各方向的交通便捷转换。

(2) 结合涑庄枢纽互通的设计实践,该文提出了服务区与主线收费站合并设计后再与枢纽互通复合设计的思路与注意要点,为类似枢纽互通设计及服务区与主线站合并设计提供全新的工程实践案例参考。

(3) 由于细则与规范在匝道连续合流间距规定上的差异,细则对间距的规定略有放松,可理解为极限最小值要求,标准规范中为一般最小值要求,工程应用中首先以满足一般值为目标,采用极限值时必须配合相应的交通安全保障措施。

## 参考文献:

- [1] 李璨,陈雨人,邢小亮.复合式互通立交集散道交织区优化与安全评价[J].公路工程,2018,43(5):120-125.
- [2] 王义鑫,李升甫,康伦,等.大丰枢纽互通立交改造方案研究[J].中外公路,2020,40(5):322-325.
- [3] 梁海文.特定复杂条件下枢纽互通式立交方案研究[J].中外公路,2018,38(4):333-336.
- [4] 胡甜,刘涛,易学斌.大纵坡路段枢纽互通立交布设方案研究[J].中外公路,2018,38(6):314-316.
- [5] JTGD20-2017 公路路线设计规范[S].
- [6] JTGT D21-2014 公路立体交叉设计细则[S].
- [7] 唐登科,兰旭,张锴.山海高速公路终点接线及互通方案研究[J].中外公路,2021,41(1):8-11.
- [8] 曾骏,原二普.山区特大城市出口高速公路与城市快速通道衔接方案研究——以渝长高速公路扩能项目起点衔接方案为例[J].中外公路,2019,39(5):284-287.
- [9] 白浩晨,柳银芳.互通式立交出口匝道运行速度过渡段长度研究[J].中外公路,2020,40(1):262-267.