

高速公路枢纽互通改扩建施工方案优化研究

张宝君¹, 宁志军²

(1. 中交第二航务工程勘察设计院有限公司, 湖北 武汉 430071; 2. 中交路桥建设有限公司, 北京市 100000)

摘要: T形互通立交改造枢纽互通, 在满足枢纽互通功能需求的前提下, 既要满足相交的两条高速公路主线施工期间的畅通及交通转换, 也要达到经济费用最低、施工相互干扰小的综合目标, 需要从线形设计、跨线构筑物、路基拼接施工、施工工序等方面分析和研究施工保通方案。

关键词: 互通立交; 枢纽互通; 交通量; 服务水平; 方案优化

1 项目概况

主线高速公路为东西向的H高速, 被交于南北向的S高速; 两条高速设T形互通立交完成交通量转换。其中, H高速现状为双向四车道, 路基宽26 m, 设计速度100 km/h, 现状交通量为51 315 pcu/d, 已达到三级服务水平。根据H高速交通量增长趋势估算, 在未来2~3年交通量将达到饱和, 因此需要扩建为双向八车道, 拟扩建后路基宽41 m。S高速为双向四车道, 路基宽26 m, 设计速度100 km/h, 根据区域经济发展情况, 需要向南延伸, 因此原有的T形互通立交需改造为十字形互通(图1), 改造后的互通方案为单环式变形苜蓿叶形枢纽互通。

2 改造要求

2.1 主线保通要求

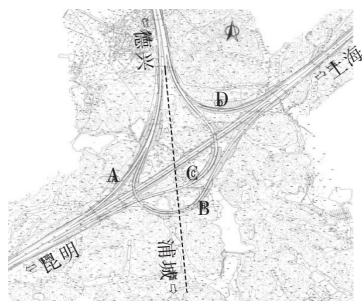
H高速现状交通量大, 互通改造期间要同时完成互通段主线的拓宽改造(双侧拓宽)。施工期间需要保证H高速交通不中断, 保通道路的通行能力需要满足施工期间预测交通量需求, 验算按式(1)计算:

$$DDHV = AADT \times D \times K \quad (1)$$

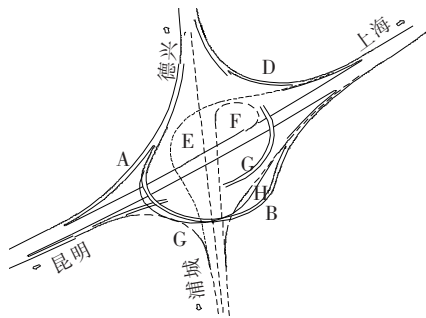
式中: $DDHV$ 为单向设计小时交通量(pcu/h); $AADT$ 为预测年度的年平均日交通量(pcu/d); D 为方向不均匀系数; K 为设计小时交通量系数。

根据测算施工期间的年平均日交通量 $AADT = 51\,335$ pcu/d, $D = 0.518$, $K = 0.105$, 单向设计小时交

通量 $DDHV = 2\,792$ pcu/h, 对应的单车道基准通行能力为 $2\,100$ pcu/(h · ln), 三级服务水平最大服务交通量为 $1\,600$ pcu/(h · ln), 因此, 保通道路必须满足单向二车道以上。施工期间预测交通量见图2。



(a) 现状



(b) 改建方案

图1 互通现状及改建方案

2.2 互通转向保通要求

互通保通要求为东、北、西3个方向间的交通转换不中断, 至少需要利用一座现有桥梁作为主线的跨线桥梁, 以满足互通保通要求。T形交叉互通方案中, 单喇叭互通是最经济的方案, 因此临时保通互通应优先

考虑变异单喇叭互通形式,优先完成东、北、西 3 个方向的定向、半定向匝道。

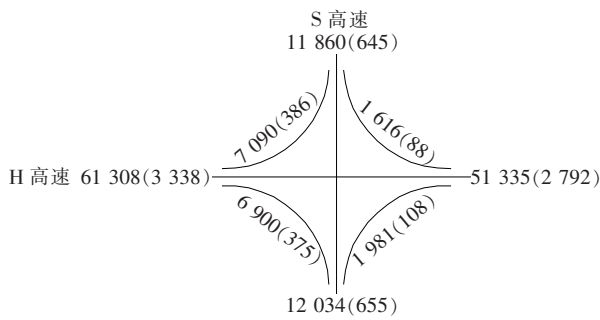


图 2 施工期间预测交通量(单位:pcu/d)

2.3 连续施工要求

现有互通的匝道利用与新建匝道应尽可能做到均匀、同步施工,以达到缩短工期,提高施工效率。从施工组织角度,要求连续均匀施工,尽量不出现资源需求高峰、多峰情况,避免工序等待时间。该项目匝道长度为 400~1 400 m,总长度约为 9.6 km,经测算至少需要 2 条匝道同时施工才能满足工期要求,尽量满足平行作业,避免顺序施工。

2.4 工期和费用要求

互通和主线改造升级势必需要保通临时道路或临时匝道,因此尽量减少临时工程量,降低工程投资。根据项目总体工期要求为 3 年,该项目改造必须满足总工期要求,确保 S 高速南延段如期通车。

3 方案研究

3.1 现状及条件

枢纽互通改建方案匝道布置情况如图 3 所示。

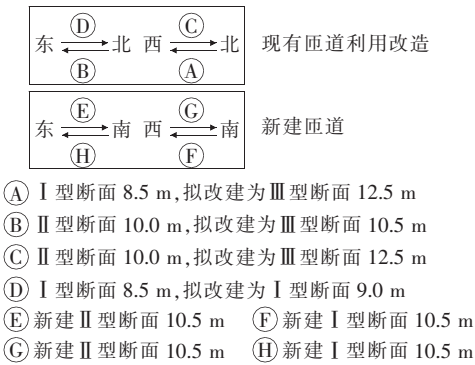


图 3 枢纽互通改建方案匝道布置

其中现状 T 形互通 B、C 匝道设桥上跨 H 高速主线,B 匝道同时上跨 C 匝道,互通范围及附近仅有 B、C

匝道跨线通道,但 C 匝道与 H 高速主线交角过小,空间狭小,难以作为保通跨线桥加以利用,只有 B 匝道跨线桥条件较好,着重考虑作为施工期间临时互通跨线通道利用。

3.2 方案比选方法

该项目选用基于 IAHP-EWM 模型的方案评价方法。其基本工作思路为:首先选用 IAHP 改进层次分析法确定各评价指标的主观权重,再利用 EWM 熵权法对参与评价的各利益相关方客观权重进行修正。最终根据两次评价结果进行比较,若修正后的评价结果距离小于阈值,则认为结果可信;若结果距离大于阈值则需要重新评价并修正,直至得到可信的评价结果。基于 IAHP-EWM 的模糊综合评价法详见相关文献,不再赘述。

利益相关方包括:建设单位代表、设计技术负责人、行政主管部门代表、工程运维代表、施工方技术负责人、道路使用者代表等。

3.3 建设方案

3.3.1 H 高速拓宽改造方案

H 高速公路拓宽改造拟定为双侧拓宽方案,如图 4 所示。

互通范围主线拓宽施工组织设计初拟两种方案。方案 1:利用互通匝道 A 匝道与 E 匝道并临建连接线,形成 H 高速主线由东向西交通保畅临时道路,利用 C 匝道与 H 匝道并临建连接线,形成 H 高速主线由西向东交通保畅临时道路;方案 2:路基部分主线双侧同时封闭硬路肩,实施路基拓宽形成八车道,然后封闭一侧路幅修建桥梁结构物,利用另外一侧作为临时保通通道,桥梁段落修建临时保通道路。

3.3.2 互通保通方案

针对 H 高速主线两种拓宽改造施工方案,分别拟定多个互通保通方案,详述如下。

3.3.2.1 方案 1

(1) 第一阶段(工期 176 d)(图 5)

① 修建 E 匝道接 D 匝道部分并修建辅道与主线 H 高速相接,将东向西方向车辆分流;② 修建辅道将 C 匝道与 B 匝道相接,将 H 高速西向东方向车辆分流;③ 利用 B 匝道上跨 H 高速主线和 C 匝道桥及修建辅道形成简易单喇叭互通,将西向北、北向东方向车辆分流。B 匝道用简易护栏分隔改为双向行驶。

控制性工程为 E 匝道新建段。

(2) 第二阶段(173 d)(图 6)

① 修建 H 高速跨线桥以及分流鼻之间的主线路

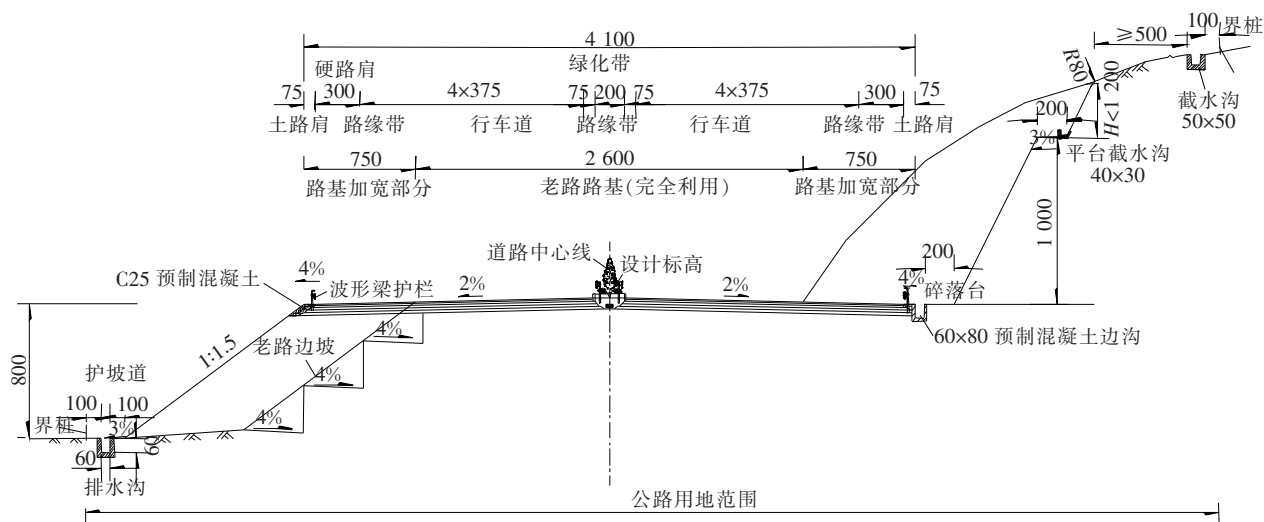


图 4 主线拓宽改造方案(单位:cm)

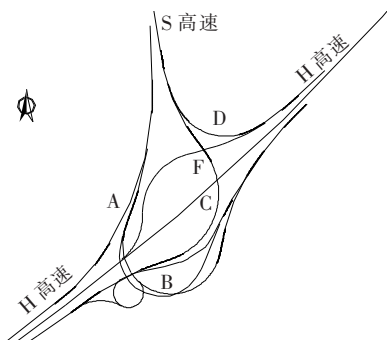


图 5 第一阶段施工示意图(方案 1)

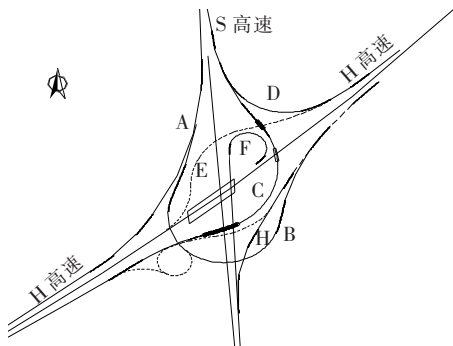


图 7 第三阶段施工示意图(方案 1)

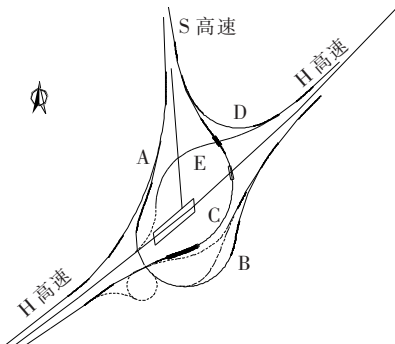


图 6 第二阶段施工示意图(方案 1)

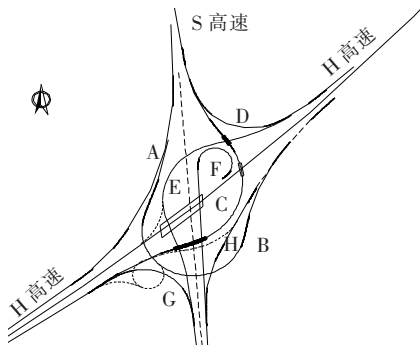


图 8 第四阶段施工示意图(方案 1)

基和部分 S 高速路基;② 修建新的 B 匝道及 B 匝道 1 号、2 号桥;③ 拆除原 C 匝道,修建 C 匝道及 C 匝道 1、2、3 号桥。

控制性工程为 B 匝道施工。

(3) 第三阶段(工期 70 d)(图 7)

① 修建被交 S 高速南延段;② 修建 F 匝道;③ 修建 H 匝道。

(4) 第四阶段(工期 70 d)(图 8)

① 拆除辅道,将北向东方向车辆导流回 B 匝道,东向北方向车辆导流回 C 匝道;② 修建 E 匝道剩余部分;③ 修建 G 匝道。

至此,互通匝道修建完成,总工期 490 d。

此方案要求 B 匝道新、老跨线桥处平面线形分离,为保通临时互通留出足够的空间,因此,B 匝道的路基利用率降低,同时需要建设临时保通道路和匝道总长约 1.2 km。

3.3.2.2 方案 2

(1) 第一阶段(工期 35 d)(图 9)

改造 H 高速进出口端部段,保证 H 高速与 S 高速交通转换。

(2) 第二阶段(工期 130 d)(图 10)

① H 高速四改八路施工,桥梁段南侧暂做路基,用南侧四车道保通,施工北侧桥梁;② 用北侧四车道保通,施工南侧桥梁;③ 打通 S 高速下穿 H 高速路段。

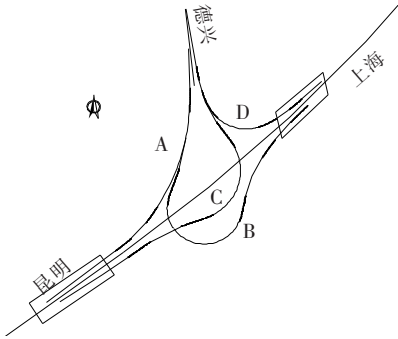


图 9 第一阶段施工示意图(方案 2)

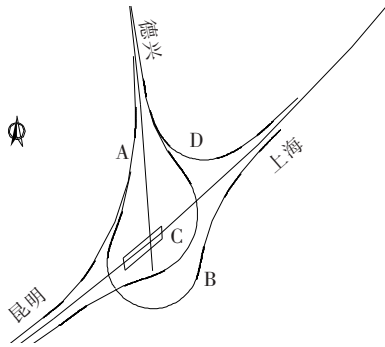


图 10 第二阶段施工示意图(方案 2)

(3) 第三阶段(工期 120 d)(图 11)

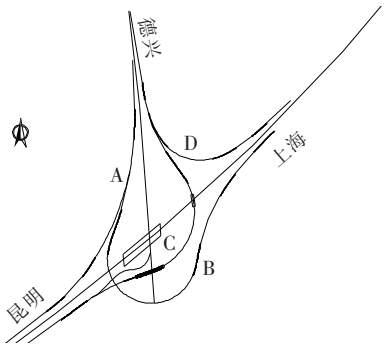


图 11 第三阶段施工示意图(方案 2)

① 修建 C 匝道临时保通道路:从 C 匝道引出后,接入 S 主线左侧;② 拆除 C 匝道 1 号桥和 C 匝道 2 号

桥;③ 修建新的 C 匝道 1 号桥和 C 匝道 2 号桥及路基部分。

(4) 第四阶段(工期 120 d)(图 12)

① 修建 B 匝道临时保通道路,从 S 高速主线右侧引出,接入现状 B 匝道;② 拆除 B 匝道 1 号桥和 B 匝道 2 号桥及路基;③ 修建新的 B 匝道 1 号桥和 B 匝道 2 号桥及路基部分。

(5) 第五阶段(工期 135 d)(图 13)

① 修建 E 匝道;② 修建 F 匝道;③ 修建 G 匝道;④ 修建 H 匝道。

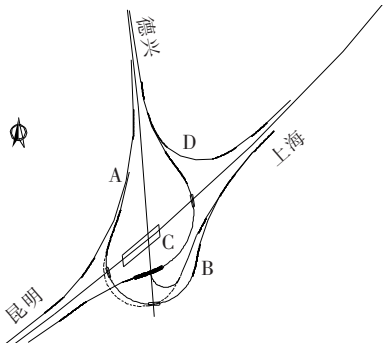


图 12 第四阶段施工示意图(方案 2)

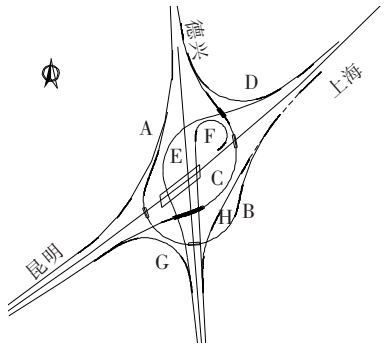


图 13 第五阶段施工示意图(方案 2)

此方案总工期 540 d,虽然 B 匝道利用率略有提高,临时保通道路约 930 m,较方案 1 略短,但在施工的第二阶段和第五阶段出现两次施工高峰,而在第三阶段和第四阶段中,B 匝道与 C 匝道需要顺序施工,H 高速拓宽施工的工作面狭窄,工期较长,施工组织困难。第三阶段的 C 匝道临时连接道路由于要利用现有 B 匝道桥孔下穿,导致线形曲折、反弯。S 高速南延段施工期间作为临时转向保通道路,中间分隔带需要临时开口,待第四阶段完工后方可修复。与保通方案对结构设计要求 B、C 匝道上跨 H 高速的桥梁只能采用预制吊装结构,结构物位于小半径平曲线之上,基本达到了技术极限,给设计与施工提出了较大的挑战。

建立评价指标体系如图 14 所示。

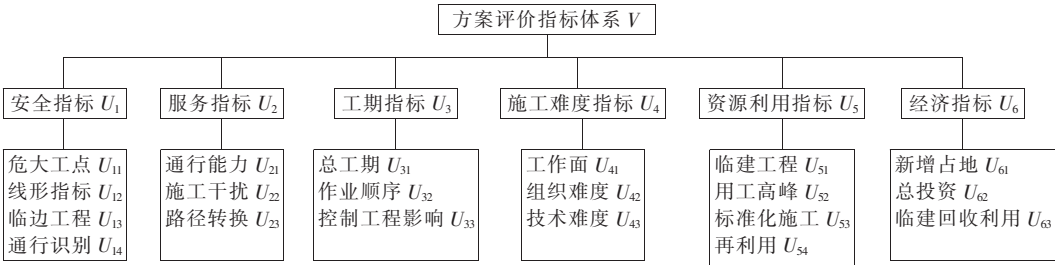


图 14 方案评价模型

运用 IAHP—EWM 模型,确定指标权重、专家权重,并对专家权重偏离度进行调整,形成评价结果 $V_1=(0.485,0.463,0.325,0.148)$,根据最大隶属度原则,最大值作为方案评价等级,介于优与良之间,倾向于优; $V_2=(0.387,0.425,0.246,0.125)$,同理最大值作为方案评价等级,介于优与良之间,倾向于良。进而可以判断方案 1 优于方案 2,综合方案比选见表 1。

表 1 方案比较

方案	工期/d	施工组织	匝道利用率	保通路线/km	施工期间交通组织	IAHP—EWM 评价
1	489	难度小	略低	1.20	较稳定	推荐
2	540	难度大	略高	0.93	需要多次转换	

4 结语

项目互通改造的同时,需要主线拓宽,被交道延长,导致需要考虑的因素和受控节点较多。保通设计不仅施工工序起着指导作用,同时也影响永久工程的设计方案。设计方案相较于新建工程不仅要从功能、经济、土地供应、可持续性等方面进行方案比选,还要将可实施性、保通性、安全保障性等方面作为主要因素纳入方案论证中,因此是一个综合复杂的互通改造工程,该文研究结果对类似工程具有一定借鉴意义。

参考文献:

[1] JTG/T D21—2014 公路立体交叉设计细则[S].

[2] JTG D20—2017 公路路线设计规范[S].
[3] JTG B01—2014 公路工程技术标准[S].
[4] JTG/T L11—2014 高速公路改扩建设计细则[S].
[5] 程轩,关大勇,夏杰.基于 IAHP—EWM 的高速公路路线方案比选研究[J].公路,2021,66(2):63—68.
[6] 张良陈,梁洪涛,周忻.基于三岔变四岔的高速公路枢纽互通改造方案研究[J].湖南交通科技,2019,45(3):75—78.
[7] 周艳丽.连霍高速公路兰考西枢纽互通改造方案研究[J].公路,2011,56(1):128—131.
[8] 张荣利,曾思清.广深高速公路东莞互通式立交改造方案设计与修改[J].广东公路交通,2014(5):31—33.
[9] 周平方.沪宁高速公路无锡北互通改造方案比较研究[J].福建交通科技,2019(6):8—11,25.