

DOI:10.20035/j.issn.1671-2668.2022.04.025

# 复合式枢纽互通立交方案比选研究

周辉, 雷鸣, 韩剑

(广东交通实业投资有限公司, 广东 广州 510623)

**摘要:** 考虑到城区高速公路网建设的逐渐密集, 依托广东省清南(清远清新一佛山南海)高速公路, 对沿线新建枢纽互通与既有高速公路落地互通的复合方式、与既有高速公路停车区的复合方式、与同期建设的落地互通的复合方式进行比选研究, 通过对比分析不同方案的技术、经济指标, 选择合理的复合方式, 为后续类似城区高速公路复合式枢纽互通立交设计提供参考。

**关键词:** 桥梁; 复合式枢纽互通; 落地互通; 停车区

中图分类号: U442.5

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2022)04-0106-05

## 1 工程概况

清南(清远清新一佛山南海)高速公路是广东省“十四五”规划重大交通基础设施重点建设项目, 该项目的建设将在珠三角核心区形成新的南北向高速通道, 提升珠三角地区通向粤北地区交通运输通道服务水平, 对完善广东省高速公路路网布局结构起到重要作用。

该项目全线采用 120 km/h 高速公路技术标准, 其中起点至佛清从(佛山—清远—从化)高速公路路段为双向六车道、路基宽 34.5 m, 佛清从高速公路至终点路段为双向八车道、路基宽 42 m。

## 2 与既有高速公路落地互通的复合方案

环山枢纽互通位于该项目终点处, 处于西二环炭步互通西侧、花都区炭步镇环山村北侧附近, 承担清南高速公路及其南延线与西二环高速公路的交通转换, 实现清南高速公路终点对接桂和路的功能。该互通需与西二环炭步互通(西二环与省道 S267 互通)叠合设置, 为复合式互通立交。两互通的交通流量见图 1、图 2, 炭步互通现状见图 3。被交路西二环为双向六车道高速公路, 设计速度 100 km/h, 远期预计扩建为十车道。S267 桂和路花都段为双向四车道一级公路, 佛山段为双向六车道或双向八车道分段设置的一级公路或城市道路。

设计 2 种环山枢纽互通方案进行比选。方案 1 为复合式互通(见图 4)。该方案在南延主线西侧布置半菱形匝道对接桂和路, 所有方向匝道均布置为指标较高的(半)直连匝道。互通西二环高速公路侧

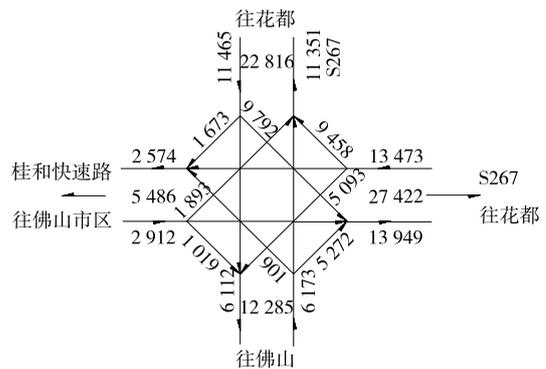


图 1 炭步互通的交通流量(单位: pcu/h)

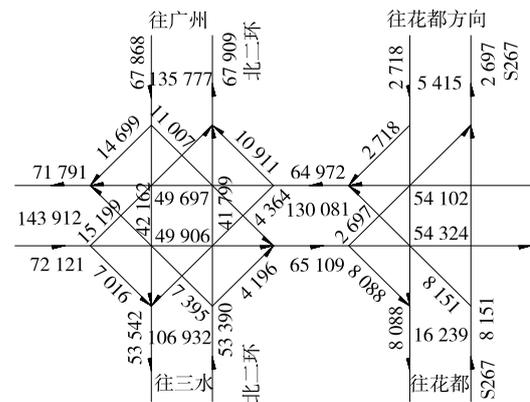


图 2 环山枢纽互通 2045 年预测交通流量(单位: pcu/h)

三水方向出入口、广州方向入口均前置于现状拥堵的西二环高速公路炭步互通出入口前, 改造炭步互通广州方向出口匝道与广州往清新方向匝道出口合并, 出主线后在匝道分流。

方案 2 为单环复合式互通(见图 5)。与方案 1 的主要区别是方案 2 中三水往清新方向采用环形匝道, 设置上下匝道连接炭步互通, 利用炭步互通收费

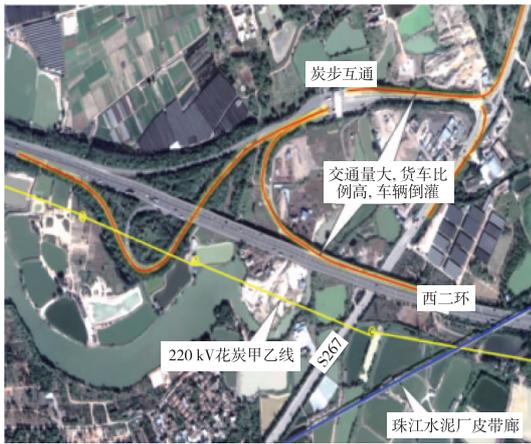


图 3 炭步互通现状图

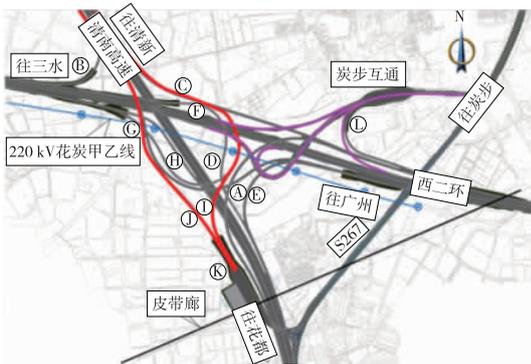


图 4 环山枢纽互通方案 1 设计示意图

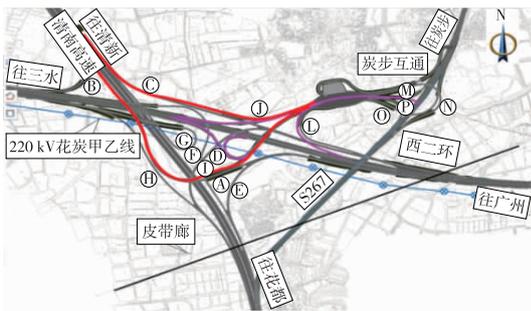


图 5 环山枢纽互通方案 2 设计示意图

站,设置 Y 形互通衔接桂和路。该方案通过改造桂和路平交口为 Y 形互通,提高通行效率,解决平交口拥堵问题。改造后被交路只有一个高速公路出入口,指引性较好,不容易导致误行。但工程规模较大,占地大,三水往清新方向 G 匝道平面指标较低。

上述两方案的比较见表 1。从匝道技术指标比较,方案 1 全涡轮形互通各匝道指标均较高,形式与交通量匹配度较高,通行能力强;方案 2 有效利用主线、西二环及炭步互通之间的夹心地块合理布置匝道,但三水往清新方向 G 匝道平面指标较低。从对

被交地方路交通流的影响比较,方案 1 避开交通拥堵的炭步立交,设独立匝道对接省道 S267,便于该项目交通快速上下省道 S267;方案 2 改造桂和路平交口为 Y 形互通,提高了通行效率,解决了平交口拥堵问题,但增大了炭步互通收费站交通量,需对现状收费站进行扩建。从对被交高速公路交通流的影响比较,两方案西二环高速公路侧三水方向出入口、广州方向入口均前置于现状拥堵的西二环高速公路炭步互通出入口前,降低了炭步互通拥堵对高速转换交通的影响;改造广州方向出口匝道与广州往清新方向匝道出口合并,车流在匝道分流,不易误行。

表 1 环山枢纽互通方案比选

项目	方案 1	方案 2
互通形式	复合枢纽	复合枢纽
匝道最小设计速度/(km·h <sup>-1</sup> )	40	40
匝道最小圆曲线半径/m	110	60
匝道最大纵坡/%	3.85	3.85
匝道总长/m	10 352	13 635
匝道路基长度/m	2 534	5 230
匝道桥梁长度/m	7 818	8 405
桥梁面积(含主线桥)/m <sup>2</sup>	125 996.5	118 645.1
涵洞/通道/座	12	15
互通路基/万 m <sup>3</sup>	填方	37.45
	挖方	58.66
路面面积/万 m <sup>2</sup>	0.29	1.17
路面面积/万 m <sup>2</sup>	5.356 1	9.690 0
拆迁房屋/m <sup>2</sup>	6 077.1	12 418.5
互通占地/m <sup>2</sup>	565 713.62	814 667.07
互通占用基本农田/m <sup>2</sup>	177 146.76	247 742.12
收费站	集中式,一处	集中式,一处
建安费/亿元	8.074	9.585

### 3 与既有高速公路停车区的复合方案

民安枢纽互通位于清远市清城区石角镇民安村北侧,被交路为佛清从高速公路,设计速度为 120 km/h,双向六车道,互通主要实现清南高速公路与佛清从高速公路间交通流的快速转换。清南高速公路主线与佛清从高速公路交叉桩号为 K26 + 619.754(佛清从高速公路桩号为 ZK38 + 806.521),佛清从高速公路石角停车区原设计起、终点桩号为 K38 + 700—K40 + 410,其中石角停车区北侧广场距离该互通交叉点 559.443 m,石角停车区南侧广场距离该互通交叉点 830.821 m。民安枢纽互通 2045 年预测交通流量见图 6。

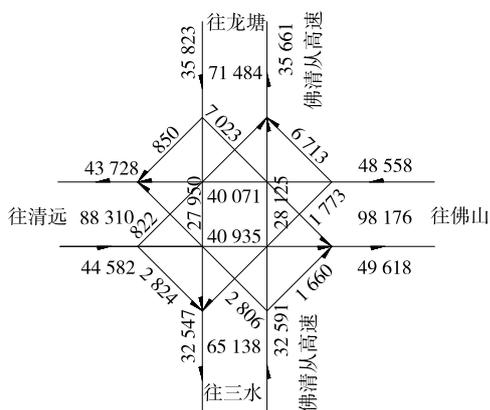


图6 民安枢纽互通 2045年预测交通流量(单位:pcu/h)

设计3种民安枢纽互通方案进行比选。其中方案一为变异涡轮形十字枢纽互通,交叉桩号K26+619.754(见图7)。石角停车区北侧减速车道匝道与互通匝道合并设置,停车区加速车道匝道不作调整。南侧停车区减速车道匝道不作调整,加速车道匝道与互通匝道合并设置。匝道最小圆曲线半径 $R=100\text{ m}$ ,均为单车道出入口的双车道匝道,路基宽度 $10.5\text{ m}$ 。除清远至龙塘、佛山至三水方向匝道设计速度为 $50\text{ km/h}$ 外,其余匝道为 $60\text{ km/h}$ 。

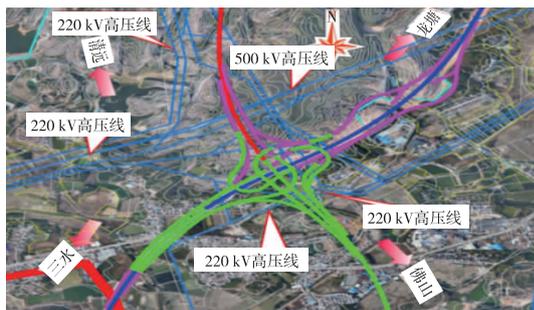


图7 民安枢纽互通方案一

方案二采用单环混合型十字枢纽互通,交叉桩号K26+619.754(见图8)。石角停车区北侧减速车道匝道与互通匝道合并设置,停车区加速车道及匝道不作调整。佛清从南侧集散车道起点设置于民西大桥小桩号侧桥台附近,终点与石角停车区南侧加速车道合并设置。匝道最小圆曲线半径 $R=60\text{ m}$ ,环形匝道采用单车道匝道,路基宽度 $10.5\text{ m}$ ;其余匝道均为单车出入口的双车道匝道,路基宽度 $10.5\text{ m}$ 。环形匝道设计速度为 $40\text{ km/h}$ ,清远至龙塘方向匝道、佛山至三水方向匝道设计速度为 $50\text{ km/h}$ ,其余匝道设计速度为 $60\text{ km/h}$ 。

方案三采用涡轮形十字枢纽互通,交叉桩号K26+619.754(见图9)。该方案利用原石角停车

区,只对贯穿匝道进行局部改造,石角停车区北侧减

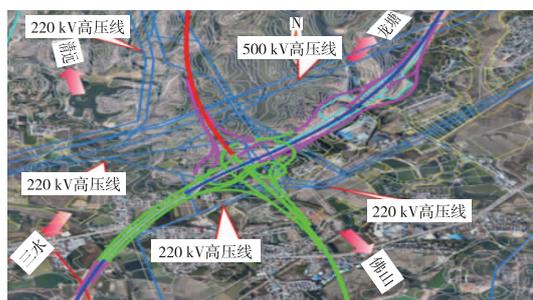


图8 民安枢纽互通方案二

速车道匝道与互通匝道合并设置,停车区加速车道匝道不作调整。南侧停车区减速车道匝道不作调整,加速车道匝道与互通匝道合并设置。最小圆曲线半径 $R=150\text{ m}$ ,匝道均为满足超车需要的单向双车道匝道,路基宽度 $10.5\text{ m}$ ,匝道设计速度为 $60\text{ km/h}$ 。该方案全部采用半定向匝道,平纵面线形指标高,但挖方达 $397\text{万 m}^3$ ,填方 $75\text{万 m}^3$ ,弃方达 $322\text{万 m}^3$ ,弃方数量较大,而互通附近无合适的弃土场,弃方消化困难,故予以舍弃,不进行技术、经济比选。



图9 民安枢纽互通方案三

方案一、方案二的比较见表2。从技术经济性比较,方案一各匝道指标均较高,通行能力较强;方案二在方案一的基础上将三水至清远方向改为环形匝道,以上坡减速的形式接入环形匝道以提高行车安全性,并压缩东南象限的占地以减少征地拆迁,降低工程规模。从对被交高速公路停车区交通流的影响比较,石角停车区北侧减速车道匝道与互通匝道合并设置,出入口唯一,不易误行,停车区加速车道匝道不作调整;南侧停车区减速车道匝道不作调整,加速车道匝道与互通匝道合并设置,减少合流鼻。

#### 4 与同期建设的落地互通的复合方案

连珠枢纽互通位于花都区连珠村、肇花(肇庆—花都)高速公路三坑互通附近,主要实现清南高速公

表 2 民安枢纽互通方案比选

项目	方案一	方案二
互通形式	单环混合型	混合型
匝道最小设计速度/(km·h <sup>-1</sup> )	50、60	40、50、60
匝道最小圆曲线半径/m	100	60
匝道最大纵坡/%	-3.99	-3.99
匝道总长/m	12 498.1	11 905.3
匝道路基长度/m	6 551.893	5 958.130
匝道桥梁长度/m	5 946.207	5 946.170
桥梁面积(含主线桥)/m <sup>2</sup>	88 877.091	89 660.142
涵洞/通道/座	6	6
互通路基/万 m <sup>3</sup>	填方	63.71
	挖方	333.72
路面面积/万 m <sup>2</sup>	8.56	8.07
拆迁房屋/户	18	18
互通占地/m <sup>2</sup>	380 000.19	376 000.19
互通占用基本农田/m <sup>2</sup>	6 666.67	6 666.67

路与肇花高速公路的交通转换,同时满足山前旅游大道上下高速公路需求。被交路肇花高速公路为双向六车道,设计速度 120 km/h;山前大道为双向四车道一级公路,与肇花高速公路并行布置(见图 10),远期规划宽度为 60 m。连珠枢纽互通 2045 年预测交通流量见图 11。



图 10 山前旅游大道与肇花高速公路并行布置

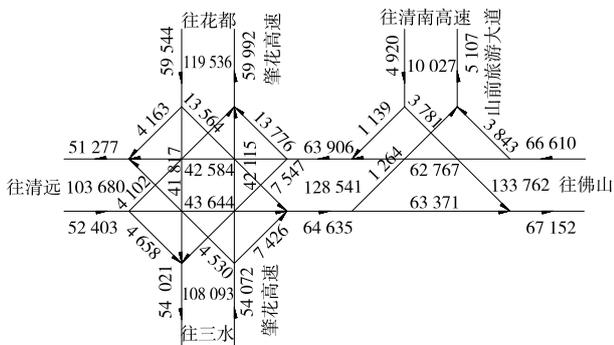


图 11 连珠枢纽互通 2045 年预测交通流量(单位:pcu/h)

设计 2 种连珠枢纽互通方案进行比选。方案一采用全涡轮形十字枢纽形式(见图 12)。设计思路

为枢纽互通与肇花高速公路三坑半菱形互通复合设置,不改造、不影响现状三坑互通,同时在肇花高速公路南北两侧复合新增 4 条落地匝道,实现山前旅游大道上下清南高速公路的需求。该互通形式与交通流相匹配,整体平纵指标较好,最小圆曲线半径  $R=150\text{ m}$ ,落地收费匝道设计速度为 40 km/h,其余匝道设计速度为 60 km/h。佛山往来花都方向路基宽度为 12.5 m,其余路基宽度均为 10.5 m。该方案匝道布置紧凑,立交规模、占地、拆迁量均较小。但互通收费站采用非集中式设置,会增加运营成本。



图 12 连珠枢纽互通方案一设计示意图

方案二采用全涡轮形十字枢纽形式(见图 13)。肇花高速公路南侧与方案一的设计思路相同,考虑到肇花高速公路现状三坑互通往三水方向入口收费站与连珠枢纽互通山前大道进入清南高速公路的入口收费站距离较近,为避免 2 个入口处车辆误行,将肇花高速公路三坑互通入口匝道拆除重建,并将 2 个收费站合并设置。该方案最小圆曲线半径  $R=150\text{ m}$ ,落地收费匝道设计速度为 40 km/h,其余匝道设计速度为 60 km/h。佛山往来花都方向路基宽度为 12.5 m,其余路基宽度为 10.5 m。该方案需对肇花高速公路现状收费站进行拆除,重建连接匝道较长,规模较大。



图 13 连珠枢纽互通方案二设计示意图

两方案的比较见表3。从技术经济比较,两方案与交通流相互匹配,整体平纵指标较好。但匝道交叉较多,分流合流较频繁,容易误行,互通区桥梁规模也较大。从对被交地方道路交通流的影响比较,方案一及方案二在肇花高速公路南侧的方案一致;方案一北侧对现状三坑互通不改造,收费站采用非集中式设置,会增加运营管理成本;方案二山前大道往高速公路方向收费站合并设置,增设山前大道往肇花高速公路三水方向匝道,废除现状匝道,工程规模比方案一大,造价较高,占地也比方案一大。从对被交高速公路交通流的影响比较,方案二将肇花高速公路现状三坑互通往三水方向的入口收费站与连珠枢纽互通山前大道进入清南高速公路的入口收费站合并设置,将肇花高速公路三坑互通入口匝道拆除重建,可避免2个入口处车辆误行。

表3 连珠枢纽互通方案比选

项目	方案一	方案二
互通形式	涡轮复合式	涡轮复合式
匝道设计速度/(km·h <sup>-1</sup> )	40、60	40、60
匝道最小圆曲线半径/m	60	60
匝道最大纵坡/%	3.95	3.95
匝道总长/m	9 338.8	10 147.0
匝道路基长度/m	2 792.8	3 106.4
匝道桥梁长度/m	6 546.1	7 040.6
桥梁面积(含主线桥)/m <sup>2</sup>	124 630	131 580
涵洞/通道/座	12	14
互通路基/万 m <sup>3</sup>	填方	57.6
	挖方	30.60
路面面积/万 m <sup>2</sup>	9.621 7	10.029 6
拆迁房屋/m <sup>2</sup>	9 004	9 007
互通占地/m <sup>2</sup>	429 800.21	445 066.89
互通占用基本农田/m <sup>2</sup>	89 133.38	87 400.04
收费站	分离式,两处	分离式,两处
建安费/亿元	10.745	11.235

## 5 结论

(1) 枢纽互通与既有高速公路落地互通复合时,考虑到国内93%的落地互通采用单喇叭形式,应使枢纽互通中被交高速公路2个方向出入口前置现状落地互通出入口前,尽量改造落地互通右转方向出口匝道与枢纽互通同方向匝道出口合并,出

主线后在匝道分流,以减少枢纽互通与落地互通间的车流交织。

(2) 当枢纽互通兼具落地互通功能时,与原有高速公路落地互通复合后,可新设菱形匝道对接地方道路或新设匝道连接原有落地互通,利用原有互通收费站,设置立交衔接地方道路。

(3) 对于枢纽互通与既有高速公路停车区的复合方式,原有停车区靠近互通匝道分流鼻侧减速车道匝道与枢纽互通匝道合并设置,出入口唯一,不易误行,停车区加速车道匝道不作调整;靠近互通匝道合流鼻侧停车区减速车道匝道不作调整,加速车道匝道与互通匝道合并设置,减少车辆交织。

(4) 当枢纽互通同时设置菱形匝道落地,与原有高速公路落地互通复合时,考虑到2个入口收费站距离较近,为避免入口处车辆误行,将原有互通入口匝道拆除重建,并将2个入口收费站合并设置。

## 参考文献:

- [1] 中交第一公路勘察设计研究院有限公司.公路路线设计规范:JTG D20—2017[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2017.
- [2] 中国公路工程咨询集团有限公司.公路立体交叉设计细则:JTG/T D21—2014[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2014.
- [3] 交通运输部公路司,中交第一公路勘察设计研究院有限公司.公路工程技术标准:JTG B01—2014[S].北京:人民交通出版社,2014.
- [4] 张良陈,韩雄俊,屈波,等.不停车收费模式下高速公路一般互通选型研究[J].公路与汽运,2022(1):112—114.
- [5] 李双艳,白瑞翔.汉口北枢纽互通总体方案研究[J].公路与汽运,2021(6):106—109+167.
- [6] 贺亚军.山区高速公路互通立交安全评价研究[D].重庆:重庆交通大学,2020.
- [7] 闫岑.金利至蚬岗段互通立交改扩建方案探讨[J].公路与汽运,2021(5):125—127+132.
- [8] 吴濛.基于价值工程的高速公路互通式立交设计方案比选研究[D].南昌:南昌大学,2021.
- [9] 史科.高速公路互通立交二次分离出口匝道通行能力分析[D].南京:东南大学,2021.
- [10] 宋智.张家界西枢纽互通方案设计与分析[J].公路与汽运,2021(6):110—111+114.