

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2023.12.002

G98 环岛高速公路大茅隧道改扩建总体方案

陈宏坡

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092]

摘 要: 海南省 G98 环岛高速公路大茅隧道近年来交通拥堵状况越发凸显,交通事故发生率居高不下。从多个角度对现状大茅隧道存在的问题进行了调研,对规划三亚第二绕城高速公路与大茅隧道改扩建的关系进行了解读,并结合三亚市公路网规划和现场建设条件,对 3 个大茅隧道改扩建总体方案进行了比选论证,为高等级公路山岭隧道改扩建工程提供设计参考。

关键词: 高速公路;山岭隧道;改扩建;总体方案

中图分类号: U412.37

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)12-0005-05

0 引 言

G98 环岛高速公路三亚绕城段是三亚市域东西向交通干道,不仅承担三亚市区对外客货运交通功能,也兼顾市内各行政区间快捷交通联系功能。大茅隧道是 G98 环岛高速公路上最长的隧道,位于三亚市吉阳区与海棠区交界处(见图 1)。随着海棠湾发展日趋成熟和人口不断导入,以及三亚市汽车保有量持续增长,该隧道通行能力已无法满足现状和未来交通发展需求,成为 G98 环岛高速公路的交通瓶颈。这种状况不仅严重影响了三亚市对外交通效率,也给高速公路安全运营带来重大隐患。



图 1 大茅隧道区位图

本文在对现状大茅隧道进行多方位调研的基础上,结合现状及规划建设条件,重点对隧道改扩建的必要性和总体方案进行论述。

1 大茅隧道现状概况

现状大茅隧道位于 G98 环岛高速公路林旺互

通(230 km 处)和迎宾互通(237 km 处)之间,布置为独立双洞,洞净间距达 70 m,洞口鸟瞰见图 2。其中右线隧道于 1993 年 7 月开工,1995 年 12 月正式建成通车;左线隧道于 2000 年 4 月 28 日开工,2001 年 3 月 6 日贯通。2004 年 10 月右洞进行封闭大修整治,新增了通风、消防、监控、防火报警等安保系统,2005 年 1 月全面恢复双向通车。



图 2 现状大茅隧道洞口(西端)航拍图

现状右洞全长 1 070 m,左洞全长 1 162 m,净宽 10.25 m,通行净高 5.1 m,采用曲墙式锚喷支护复合衬砌,建筑限界断面见图 3。目前双向隧道均按照限速 80 km/h 运营管理。右线隧道施工时曾发生多处坍塌,并有 3 处塌方出现冒顶;左线隧道在选址时将隧道原预留设计间距由 40 m 增加到 70 m,并采用超前地质雷达预报,确保了左线隧道施工顺利完成。现状隧道地质灾害分布见图 4。

2 工程改扩建必要性分析

2.1 缓解区域路网容量供需不平衡矛盾

大茅隧道所处的独特的自然和交通区位,决定了该段高速公路不仅要承担省域城际过境交通和三亚

收稿日期: 2023-03-01

作者简介: 陈宏坡(1981—),男,工学硕士,高级工程师,从事道路交通工程设计研究工作。

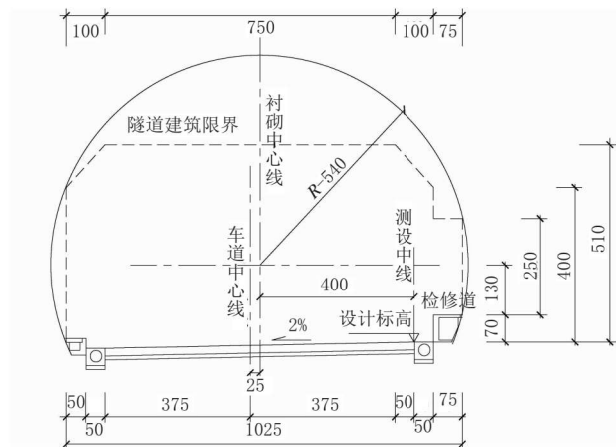


图 3 现状大茅隧道建筑限界图(单位:cm)

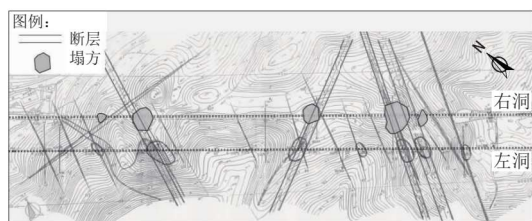


图 4 现状大茅隧道地质灾害平面示意图

市对外交通,还要更多地承担市域跨区交通需求,成为区域交通“蜂腰”(见图 5)。



图 5 三亚主城区与海棠区间形成交通“蜂腰”

该隧道南北两侧大片土地在国土空间规划中被划为生态空间,是以山岭地貌为主的自然生态保护区,严禁土地开发建设;隧道东西两侧规划为城镇空间及农业空间。因此,大茅隧道不仅是环岛高速公路东线进出三亚市的“咽喉”,也是三亚市海棠区和主城区的联系“纽带”。该段高速公路客观上承担了省域过境交通(占比约 25%)、三亚市对外交通(占比约 30%)和市域跨区交通(占比 40%以上)三重服务功能。

根据调查数据统计:自 2016 年起,每年冬季迎宾互通至林旺互道路段日均流量均突破设计流量 5 万 pcu,每年春节假期日均流量达到 7.5 万 pcu;2020 年 12 月 31 日山海高速建成通车,并与 G98 环岛高速在 218 km 处互通,受山海高速的流量压力影响,该路段流量压力明显增加,高峰日流量一度达到 7.99 万 pcu,道路拥堵严重。

2.2 提升路段通行能力,消除事故黑点

因历史客观原因,原 G98 环岛高速公路大茅隧道段设计与现行规范相比要求偏低。该路段的交通承载能力与其目前承担的多重交通功能在客观上不匹配,严重制约了 G98 环岛高速公路整体效益的发挥。

现状大茅隧道全长 1 070 m,布置为独立双洞 4 车道,且没有设置连续的紧急停车带。隧道段现状管理车速为 80 km/h,因隧道两侧连接段采用小半径圆曲线和较大纵坡组合,该段实际运营车速受交通量负面影响极大。该路段的实际交通承载能力不仅显著低于 G98 环岛高速正常路段的通行能力,更与该路段所承担的省域过境和市域跨区双重交通功能下的交通需求不匹配。因此,仅从该路段的交通通行能力和高速公路整体效益发挥的角度分析,大茅隧道也迫切需要进行扩容改造。

G98 环岛高速公路大茅隧道段事故率居高不下,已显著影响到人民生命财产安全。根据调查数据统计,2017—2022 年,大茅隧道前后约 10 km 路段共发生交通事故 1 776 起,约占三亚境内高速公路全路段事故总量的 34%,给广大人民的出行安全带来很大隐患,每年仅交通事故一项造成的直接经济损失达数千万元,间接负面影响更是无法估量。

对既有隧道进行扩容改造将不仅能缓解交通“肠梗阻”,提升环岛高速公路的整体交通效率和服务水平,更能消除安全黑点,从而满足人民日益增长的安全、高效的出行需求。

3 与规划三亚第二绕城高速公路关系解读

规划三亚第二绕城高速公路(以下简称第二绕城高速)起点位于陵水县环岛高速黎安互通,终点于乐东县冲坡村农场处接 G9811 海三高速。该路线规划全长约 121.7 km,采用双向 6 车道高速公路标准,设计速度 120 km/h,其与本工程区位关系见图 6。第二绕城高速与现状 G98 环岛高速公路路线走向基本平行,两条路线平均间距约 6 km。此外沿线规划新建三亚市区连接线 6 条,采用双向 4 车道,一级公路标准,设计速度 60 km/h。区域规划骨干公路网见图 7。

第二绕城高速对于缓解 G98 环岛高速公路三亚段的城际交通和三亚市中心城区对外交通将发挥积极作用。

(1)从海南省域范围琼南各县市发展布局来看:城际间过境交通(不进入三亚市域城镇的交通)将主



图 6 规划三亚第二绕城高速与本工程区位关系示意图



图 7 三亚市对外骨干公路网规划示意图

要由三亚第二绕城高速承担;三亚市对外交通(外省市进出三亚市的交通)将由现状 G98 环岛高速公路和三亚第二绕城高速共同承担。

(2)从三亚市域范围各区镇发展布局来看:三亚第二绕城高速对于三亚市“东西两翼”(崖州湾与海棠湾)之间点对点长距离(现状绕城高速约 58 km 车程)交通有很强的吸引力;现状 G98 环岛高速公路荔枝沟互通至林旺互通车程为 18 km,迎宾互通至林旺互通车程仅 7.5 km,一来一回将多绕行 12 km 以上,三亚第二绕城高速对于主城区与两翼之间的交通分流作用非常有限。主城区与海棠湾之间未来的交通联系仍然主要由现状 G98 环岛高速公路大茅隧道段承担。

综合以上分析,第二绕城高速建成后将部分分流现状 G98 环岛高速公路三亚段交通,主要是城际过境交通、市域东西两翼间点对点交通以及部分三亚市对外交通,但其对于主城区与海棠湾之间的交通分流作用非常有限,而这部分交通也是目前造成环岛高速(迎宾互通—林旺互通)拥堵的主要原因,且这部分交通未来仍有很大增长空间。

4 工程总体方案

4.1 公路等级标准

本工程为现状双向 4 车道高速公路改扩建工程,既有高速公路设计速度为 100 km/h,其中大茅隧道采用双洞双向 4 车道,限速 80 km/h。根据国家及

海南省高速公路网规划,结合 G98 环岛高速三亚段的使用功能、主要服务对象、远景年交通量,确定本次改造按照双向 6 车道、100 km/h 高速公路标准。考虑到三亚第二绕城高速的规划建设,隧道段预留远期双向 8 车道、80 km/h 城市快速路实施条件。

4.2 隧道总体布置

隧道改扩建总体方案分为新增隧道、原位扩建隧道(单侧扩、两侧扩、四周扩等)、组合扩建隧道(主要为新增+原位扩建组合模式)、改建隧道(可细分为局部补强、翻修、加固、拓宽行车道等模式)4 种类型。大茅隧道右线施工时出现过多次塌方,经走访调查,其原因是没有实施超前地质预报探测,对隧道沿线诸多横向断层破碎带没有查明,导致隧道在多处断层破碎带处出现较大塌方。对隧道左线进行地质勘探,并结合近 30 a 右线隧道运营状况,判断原塌方体状态已趋于稳定,但考虑到右线隧道塌方体工程特征,认为工程地质条件仍存在一定的不确定性。因此,本工程隧道总体布置方案除满足交通功能要求外,还要考虑尽量减小对右线隧道的扰动。

根据收集的既有隧道地质资料:隧道区岩层主要是云母花岗岩,也分布着闪长玢岩岩脉,次为石英斑岩,隧道围岩以弱风化岩为主;隧道全线共发育有 16 条岩脉穿插,岩脉与隧道轴线大部分斜交,近直立穿插隧道,岩脉均为闪长玢岩,饱和单轴抗压强度为 23 MPa;隧道区 5 处断层均为张扭断层,断层破碎带宽 30~60 m,断层内水量来源主要是降雨补水。根据工程建设标准和既有隧道及两端立交节点线位,结合工程地质、交通组织、原有隧道及设施充分利用等建设条件,考虑原位扩建、增建隧道、扩增结合 3 种方案进行比选。

4.2.1 原位扩建方案

将左、右既有隧道分别进行扩挖,扩挖后形成双向 6 车道,设紧急停车带的双洞隧道,远期预留改造为双向 8 车道城市快速路的条件。扩建时均向隧道中分带方向扩挖,扩建后两隧道间净距约为 54.5 m。隧道总体布置见图 8。



图 8 原位扩建方案总体布置图(单位:m)

4.2.2 增建隧道方案

在现状大茅隧道左、右幅隧道之间新增建 2 孔

小净距隧道作为主线隧道,现状左、右幅隧道由单向 2 车道调整为单向 1 车道加紧急停车带,作为隧道两端现状互通立交匝道与主线分合流的集散车道,形成 4 洞双向 6 车道的隧道群。新建两隧道间净距为 12 m,与现状隧道间净距为 16 m。隧道总体布置见图 9。

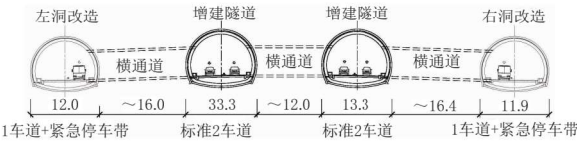


图 9 增建隧道方案总体布置图(单位:m)

4.2.3 增建隧道结合方案

在既有隧道中间新增单洞 3 车道隧道,左线现状隧道向右侧扩挖成设有紧急停车带的 3 车道隧

道,形成双洞双向 6 车道隧道 + 右线服务隧道的隧道群。新增隧道与既有左线隧道净距约 21.3 m,与既有右线隧道净距为 23.9 m,为了尽量减少新增征地,左线隧道扩挖时向右侧单侧扩挖。隧道总体布置见图 10。

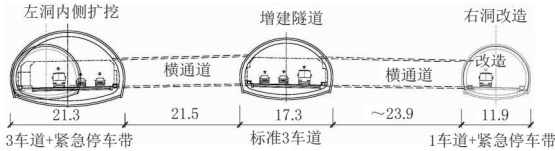


图 10 增建隧道结合方案总体布置图(单位:m)

4.2.4 方案比选

对以上 3 个方案从总体线位、洞外新增占地、工程安全性、经济性、对既有隧道的影响及交通组织几个方面进行比较(见表 1)。

表 1 隧道扩容总体方案比较表

比较项目	原位扩建方案	新增建隧道方案	扩增结合方案
新增用地	6.38 hm ²	9.93 hm ² ,路基段拼宽,集散车道占地较多	7.40 hm ²
两端接线	交能组织最优,洞外接线顺畅,无分合流设置	交通组织最差,存在分合流情况	交通组织较好,洞外接线顺畅,无分合流设置
远期预留	远期双向 8 车道快速路,隧道段交通顺畅,两端均不存在分合流设置	远期双向 8 车道快速路,左右线车道在隧道两端均存在分合流情况	远期双向 8 车道快速路,右线车道存在隧道两端分合流情况
既有隧道影响	左右线既有隧道结构完全凿除,由于左右线间距较大(扩挖后净距仍有 54.5 m),隧道间相互间影响较小	原隧道保持不变,新建隧道断面小,但距既有隧道均较近,对左、右线隧道均有一定影响,特别是距右线隧道较近,由于右线曾经大塌方较多,须着重考虑对既有右幅隧道的影响	新建中间隧道距左、右幅隧道均较近,隧道开挖断面较大,对左线隧道影响较大,对右线隧道影响较小,左线隧道扩挖对新建隧道有一定影响
施工安全性	左、右线隧道均扩挖为单洞 3 车道设紧急停车带的隧道,左、右线隧道开挖断面大,特别是右线隧道出现过较多塌方,扩挖施工风险高,但风险总体可控	新建均为单洞 2 车道,断面小,但新建隧道距既有右线隧道较近,既有右线隧道发生过多次大塌方,虽然隧道断面较小,施工仍然存在不确定性,但风险较低	新建为单洞 3 车道,扩建为单洞 3 车道设紧急停车带,扩建隧道断面大,扩建隧道距右线隧道较远,左线隧道扩建风险较高
施工便利性	可直接利用既有高速公路或邻近道路顺接施工,施工便利性好	隧道施工时须另设置施工通道跨越既有高速	隧道施工时须另设置施工通道跨越既有高速
施工组织	隧道扩挖时会中断单侧既有交通,对既有隧道交通影响最大	既有隧道可连续限速通行,影响小	对既有隧道通行有一定影响,先施工中间新建单洞,利用该洞分流原左洞交通后再封闭扩建左幅隧道,可确保施工期道路通行
结构断面内力	单洞开挖断面大,扁平率小,结构内力大	单洞开挖断面小,扁平率大,内力小	单洞开挖断面大,扁平率小,结构内力大
施工工期	开挖断面大,须破除既有隧道结构,但可利用既有隧道的临空面施工,有条件进行全线大范围同时施工,施工工期可变性大,工期长约 21 个月	隧道断面小,开挖简单,工期短,约 23 个月(含既有隧道改造 7 个月)	开挖断面大,须破除既有隧道结构,但可利用既有隧道的临空面施工,有条件进行全线大范围同时施工,施工工期可变性大,工期长,约 33 个月(含既有隧道改造 7 个月)
运营管理	近、远期运营管理简单,运营费用均较低	近、远期运营管理最复杂,运营费用最高	近期运营管理简单,运营费用低,远期运营费用较高
主要缺点	1.隧道扩挖断面大,施工风险高,特别是右线隧道在原塌方位置扩挖时风险较大,处治费用较高; 2.隧道扩挖时对既有交通影响大,单向存在交通中断; 3.工程土建费用高	1.新建隧道距既有右线较近,须加强设计及施工措施; 2.双向交通在隧道段均存在分合流情况; 3.右线既有隧道结构须进行改造以满足服务生命周期; 4.近、远期运营费用均高	1. 远期双向 8 车道运营时右线隧道存在分合流问题; 2. 右线既有隧道结构须进行改造以满足服务生命周期; 3. 远期运营费用较高; 4. 工程造价较高

表 1 (续)

比较项目	原位扩建方案	新增建隧道方案	扩增结合方案
主要优点	1.近、远期运营时隧道段无交通分合流问题; 2.近、远期运营费用均低; 3.施工工期最短	1.改造期间可确保既有交通有序通行; 2.隧道投资费用低	1.改造期间可确保既有交通有序通行; 2. 近期双向 6 车道运营时隧道段无交通分合流问题
造价 经济性	较高	较低	最高

通过上述比较,原位扩建方案虽然一次性工程投资费用大、施工期对既有交通影响最大,但建成后近、远期交通功能最好,运营费用最低,具有行车安全、洞外接线交通组织便捷、交通管理方便、隧道具有相同生命服务周期等优点,因此定为推荐方案。

4.3 隧道扩挖施工方案

为了有利于隧道外道路接线和减少隧道外永久占地,隧道采用单侧扩挖,可根据工程机械设备、人员和进度要求,沿隧道纵向布置多个点进行扩挖,形成多个掌子面同时施工。施工步序如下:

(1)拆除现状水沟、电缆沟及路面铺装层至填充混凝土顶面,沿既有隧道混凝土拱脚处打设锁脚钢管,地质较差、塌方段实施径向玻璃纤维锚杆的注浆加固。

(2)沿隧道纵向采用跳槽法挖除既有隧道填充及仰供,并开挖至隧道设计仰拱标高,再进行扩挖后隧道的中段仰拱及填充施工。

(3)对扩挖侧拆除范围内的现状隧道二次衬砌施工临时支撑后,凿除既有隧道非扩挖侧的现状二衬及初支结构。

(4)对以上工序中非扩挖侧拆除范围内进行初期支护及临时支撑,再进行该侧仰拱及仰拱填充施工。

(5)拆除扩挖侧临时支撑后,凿除既有隧道拱部二衬及初支,并扩挖至设计轮廓,再实施拱部扩挖隧道的初支及临时横撑。

(6)拆除既有隧道左侧二衬及初支,并扩挖至扩建隧道的轮廓,再封闭该断面的初期支护,并进行仰拱及填充施工。

(7)拆除临时初支钢架,浇筑隧道拱墙二次衬砌。

通过以上工序,实现最差地质条件下的隧道扩建。本工法充分利用隧道三维空间受力有利特性,纵

向上采用跳槽法实施该方案,达到安全、经济、快速及施工方便的目的。

5 结 语

(1)G98 环岛高速公路大茅隧道段原设计建造标准已无法满足现行规范要求,加上该路段多重交通功能叠加,已成为严重制约 G98 环岛高速公路整体效益发挥的交通瓶颈,交通事故率常年居高不下,市民对该路段扩容改造的呼声也很高。无论从技术合理性上,还是从经济社会发展需求上考虑,该路段的扩容改造都是十分必要的。

(2)根据第二绕城高速规划实施方案,该工程主要服务省域城际过境交通、部分三亚市对外交通以及部分三亚市东西两翼长距离跨区交通,其对于现状 G98 环岛高速公路东段的交通分流作用十分有限。随着未来交通流量持续增长,该工程建成后并不能有效缓解和消除大茅隧道持续成为交通“肠梗阻”的交通状况。

(3)根据三亚市 2035 国土空间总体规划,三亚市主城区与海棠区的道路交通主要通过 G98 环岛高速公路和 G223 国道承担,主城区与海棠湾新建通道的选线从技术、经济、用地、环保等因素综合考虑,都不具备优势和可行性。对现状 G98 环岛高速公路大茅隧道进行原位扩建,技术可靠、经济合理、用地节约、生态影响最小,具备工程建设可行性。

(4)G98 环岛高速公路大茅隧道段与未来实施的第二绕城高速在交通服务对象上是有显著差异的,二者不具备互相取代性。前者是新建工程,其施工期间对既有 G98 环岛高速公路没有直接影响,且建成后也不会对大茅隧道段交通起到显著分流作用,因此两个项目也具备同时施工的必要性和可行性。