

高等级道路工程建设预留决策要点探析 ——以S7公路为例

张 焱

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092]

摘 要: 随着城市化进程的加速和交通需求的不断增长,大型交通基础设施的规划和建设必须具备前瞻性,以适应未来发展的需求。但是,在实际建设过程中,相关详细规划及工程建设的具体情况往往无法确定,给精准预留决策带来困难。S7公路勘察设计工作正式开始于2015年,研究工作则更早开展,在研究和设计过程中存在大量不确定因素。探讨了大型交通基础设施远期预留的技术方法及实际应用,分析了远期预留的关键要素,包括土地预留、技术接口预留、功能拓展预留等;站在2025年这个时间点重新审视当初预留设计的适应性,在外部条件日趋明确的今天讨论当初预留的成功及不足;提出了“预留空间优于预留结构”的主张,旨在为交通基础设施的可持续发展提供支持和借鉴。

关键词: S7公路;远期预留;工程接口;技术方法

中图分类号: U412

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)07-0031-06

Analysis of Key Points for Reservation Decisions in Construction of High-grade Road Engineering for S7 Highway

ZHANG Yan

[Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China]

Abstract: With the acceleration of urbanization and the continuous growth of transportation demands, the planning and construction of large-scale transportation infrastructure must be forward-looking to accommodate the future development needs. However, during the actual construction process, the specific circumstances of the relevant detailed planning and engineering construction are often impossible to determine, which brings difficulties to precise reservation decisions. The survey and design work for the S7 Highway officially began in 2015, while the research work was initiated even earlier. Numerous uncertainties existed during the research and design processes. The technical methods and practical applications for long-term reservation in large-scale transportation infrastructure are discussed. And the key elements of long-term reservation including land reservation, technical interface reservation, and functional expansion reservation are analyzed. From the perspective of the year 2025, the adaptability of the initial reservation design is re-examined. Today, when the external conditions are becoming increasingly clear, the successes and shortcomings of the initial reservation are discussed. The proposition that "reserving space is superior to reserving structure" is put forward in order to provide support and reference for the sustainable development of transportation infrastructure.

Keywords: S7 Highway; long-term reservation; engineering interface; technical methods

0 引 言

大型交通基础设施是城市和区域发展的关键支撑,具有投资大、周期长、影响深远的特点。由于需要其尽快发挥作用以促进地区发展,因此往往在前期边界条件尚未完全明确的情况下便启动建设。随着经济社会的快速发展,需求也会不断变化,基础设施

的远期预留成为保障其可持续发展的重要手段。远期预留不仅涉及土地资源的合理规划,还包括技术接口的预留、功能拓展的灵活性设计等多方面内容。同时,大型交通基础设施是否留有远期加宽扩建的条件,已经成为评价其建设合理性的重要标准^[1]。本文通过理论分析和案例研究,探讨大型交通基础设施远期预留的技术方法和实践应用。

S7公路(沪崇高速公路)是上海市规划高速路网十二条射线中的东北方向的重要射线,起于S20公路(外环高速)西北转弯处,经宝山区顾村镇、嘉定区

收稿日期: 2025-02-27

作者简介: 张焱(1979—),男,硕士,高级工程师,从事道路交通设计工作。

马陆镇、宝山区罗店镇、嘉定区徐行镇和华亭镇,于宝山区罗泾镇与S16公路(沿江高速二期)和S22公路(嘉安高速)相交,远期向东北方向接沪崇越江西线进入崇明岛,并与陈海公路、沪崇苏高速相接,全长约49.9 km。一期工程(S20公路—月罗公路)全长8.75 km,于2019年10月建成;二期工程(月罗公路—宝钱公路)全长6.1 km,于2021年7月建成。S7公路为双向6车道高速公路,设计速度100 km/h。

该项目在道路系统上除需要预留远期连接崇明岛的条件外,还要考虑与远期建设实施的相交道路的预留衔接,包括高等级的S16、S22和其他较低等级的道路,但在该项目设计阶段这些道路均无明确的实施计划。此外,吴淞江行洪通道罗蕴河位于S7公路西侧,全线并行,最近处距离不足200 m, S7公路设计时也无实施计划。沪通铁路和北沿江铁路位于S7公路与罗蕴河之间,并行长度约8 km,在G1503公路(郊区环线高速)立交附近向东转向, S7公路设计时沪通铁路也同时在进行方案研究,北沿江铁路在上海市具体走向也不明确。众多的不确定因素给项目的决策和设计都带来了很大的困难。图1所示为S7公路工程总体布置图。



图1 工程总体布置图

1 工程预留的必要性和关键要素

高等级道路工程建设往往需要耗费大量资源,包括土地、资金和技术,其远期预留是现代交通基础设施设计和建设中不可或缺的重要环节。它不仅是应对未来交通需求增长和城市发展的必要手段,同时也是实现交通系统可持续发展的关键策略。

1.1 远期预留的必要性

1.1.1 适应交通需求的动态变化

1.1.1.1 交通流量增长

随着城市化进程的加速和经济活动的集中,交通流量将持续增长,远期预留可以确保道路在未来仍能满足日益增加的交通需求。应根据远期交通量特征年的预测值,结合路网分析,同时考虑远期互通匝道标准的提高、收费站规模的扩大以及平交口交通条件的改善等因素^[2],避免因道路容量不足而导

致交通拥堵。

1.1.1.2 出行结构变化

未来交通出行结构将更加多样化,包括电动汽车、自动驾驶车辆、共享出行等。预留空间和技术接口可以为这些新兴交通模式提供支持,提升道路的适应性。

1.1.2 为其他重要基础设施的实施提供便利

1.1.2.1 避免废弃工程

通过远期预留,可以在道路建设初期预留足够的空间和接口,避免将来其他设施实施时进行大规模改造或重建,以降低建设成本。

1.1.2.2 降低实施影响

合理预留相应实施接口或空间后,其他相关设施在实施过程中,对已开放交通的道路的影响就较小,实施难度就低。

1.2 远期预留的关键要素

1.2.1 土地预留

远期预留需要提前规划土地,确保未来交通设施的扩建或新建有足够的空间。土地预留应考虑预留宽度和长度以满足未来车道的增加或设施的延伸。同时,预留的土地应进行合理保护,避免被非法占用或用于其他用途。大城市寸土寸金,应尽量节约土地,对于近期暂时用不到但远期有可能使用的土地应做好预先控制。

1.2.2 接口预留

必要的接口预留是保障未来交通设施互联互通和升级的关键,主要分为物理接口和电信接口。物理接口投资大,一旦建成不易改造,建设时应谨慎考虑,如匝道出入口、通行净空等;电信接口如仅考虑土建预留,投资不大,但要增加其他内容则相对比较困难,应尽可能预留空间,如5G网络、车联网接口、电气化改造、照明系统的升级等。

1.2.3 拓展预留

随着社会的进步,赋予道路基础设施的功能会增加,因此要考虑道路功能拓展方面的预留,包括多模式交通融合和智能交通系统功能扩展,如预留公交站、自行车道、步行道、传感器安装位置、数据采集设备接口等。

2 S7公路主要工程预留

2.1 与交通系统相关的预留

2.1.1 S22公路(嘉安高速)立交节点

在规划中,S22公路为上海市最北侧的东西向高

速公路,与S7公路在宝钱公路位置或S16公路位置相交,远期须设置全互通立交。交叉位置的不确定和实施计划的不确定需要考虑工程预留。

在满足近期与宝钱公路沟通的基础上,考虑了3个可行的方案,即菱形立交方案、单喇叭立交方案、全互通立交方案(按全互通预留相关匝道出入口)。在比较了近期工程投资、使用功能、远期或相关工程实施代价以及对不确定规划的容错性等方面后,最终选择了菱形立交方案^[3]。图2所示为S7公路与宝钱公路立交近期平面图。

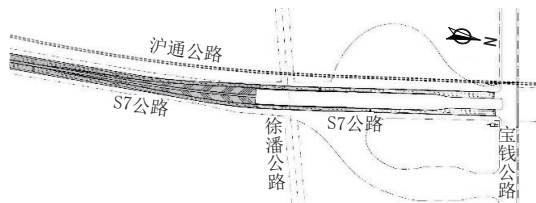


图2 S7公路与宝钱公路立交近期平面图

以该项目的立交节点为例,对几个工程预留方案的合理性进行分析。项目的近期功能和投资是本次工程实施时要重点考虑的问题。

(1)优先满足近期功能,在不增加过多投资的情况下适当兼顾远期功能。在这一项上,菱形立交方案 and 全互通立交方案略优于单喇叭立交方案。

(2)远期或相关工程的实施代价主要包括用地、改造难度、废弃工程数量、相关工程实施可能性、近远期总投资等,应避免出现无法实施的情况或否决项。在这一项上,菱形立交方案 and 全互通立交方案远优于单喇叭立交方案。

(3)规划容错性是由不确定性产生的,做了预留结构后,远期一旦条件变化将导致近期投资浪费,造成废弃工程的同时也可能会增加远期工程实施的难度,且预留的结构长时间未使用也会造成社会影响,因此预留结构一定要慎重,除非已纳入近期建设计划。通常的做法是,在远期规划尚不明确的情况下,近期预留空间要优于预留结构。在这一项上,菱形立交方案 and 单喇叭立交方案远优于全互通立交方案。

综上所述,对于有远期预留需求的高等级公路工程项目,评价其不同方案要素的合理排序应为:规划容错性>远期或相关工程的实施代价>近期使用功能>近期工程投资。

2.1.2 崇明西通道

在规划中,崇明西通道为S7公路向崇明岛的延伸,向北穿越长江后在崇明岛范围内与G40公路相

连并接入高速系统。由于高速公路里程的增加,崇明西通道具备了收费公路条件,需要对包括收费站管理用地、续建桥梁结构在内的收费系统、高速公路管理系统以及相关结构进行预留。

现状G1503公路为收费高速公路,在满足其收费要求基础上考虑2个可行方案:方案1仅考虑近期匝道收费需求;方案2实施近期收费设施,同时预留远期收费站用地。崇明西通道在交通系统的规划中具有确定性,但实施时机和具体方案是不确定的,经过综合比选,选择了方案2。同样,在近期项目终点附近主线桥梁结构的预留问题上,选择了仅满足近期使用需求的长度,在为远期预留空间的同时又对具体方案的变化留有灵活性。图3所示为崇明西通道远期收费站预留示意图。

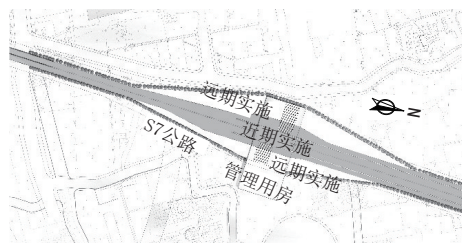


图3 崇明西通道远期收费站预留示意图

2.2 与罗蕴河相关的预留

新开罗蕴河为吴淞江工程(上海段)的重要组成部分,位于S7公路西侧200~800 m,南起蕴藻浜,向北接新川沙河。河道中心线长度约16.0 km,底宽60 m,口宽96 m,通航航道等级为Ⅲ级。S7公路实施的时候,新开罗蕴河具体实施时间尚不明确,而S7公路为避免对地块的分割,大部分路段都采用高架的形式,规划罗蕴河的存在给方案决策带来了不小的困难。相关跨越罗蕴河的横向道路,尤其是与罗蕴河和S7公路距离比较近的道路,如果考虑不充分,很容易造成近期投资加大、远期产生废弃工程或不可实施的情况。

2.2.1 宝安公路

宝安公路规划为兼具城市功能的二级公路,S7公路需要设置出入口与宝安公路连接,远期根据交通情况的发展不排除设置互通立交的可能性,近期采用菱形立交设置出入口。此处预留既有路线层次的预留,也有立交型式的预留,本着规划灵活性优先的原则预留实施空间。最终主管部门同意采用菱形立交设置出入口,并且批复了“远期待罗蕴河实施后宝安公路上跨S7公路主线”的预留方案。图4所示为宝安公路纵断面图。

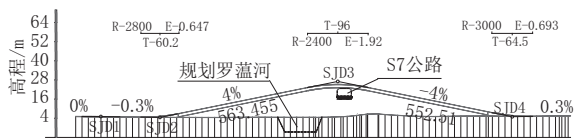


图4 宝安公路纵断面图

2.2.2 潘广路

潘广路是一条连接嘉定与宝山的次干路,其功能是解决近距离车行和慢行交通的问题,如果也预留跨越S7公路条件的话,其功能将无法实现,且会增加远期投资。因此,在这里将S7公路高架抬升2 m左右,在不增加太多投资的同时预留了其实施的便利条件,也得到了审批部门的支持。图5所示为潘广路纵断面图。

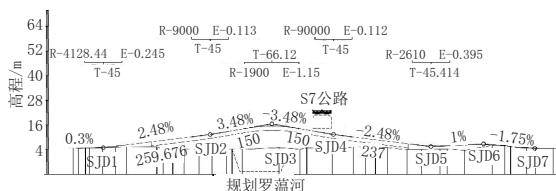


图5 潘广路纵断面图

2.2.3 G1503公路(郊区环线高速)

G1503公路是上海市郊区环线高速公路,在此处需要设置全互通立交。立交中心距离罗蕴河中心线有830 m,远期建设G1503公路跨越罗蕴河桥梁的落坡长度足够,如不考虑远期预留,很容易造成立交加速车道进入主桥从而减少主桥的可选方案,同时引桥进入立交分叉点也会造成改造难度加大的情况,给远期实施带来困难,容错性降低,实施代价大幅上升。因此,预留方案对立交形态和分岔点位置进行了研究,在不增加投资的情况下考虑了远期的实施。图6所示为G1503公路-S7公路立交示意图。

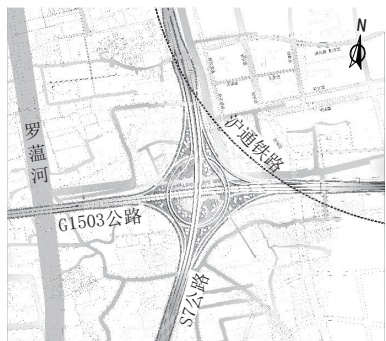


图6 G1503公路-S7公路立交

2.3 与铁路相关的预留

沪通铁路二期(G1503公路—宝钱公路段)新建线路在S7公路西侧与其平行,在宝嘉公路以北、嘉盛公路以南区域设有徐行地面站,设计速度200 km/h。S7公路与沪通铁路的相关预留在设计阶段就进行了

深入对接和研究,主要是预留通道空间。例如:降低G1503立交北肢和东肢的标高,以方便铁路跨越;在跨越点合适位置预留铁路设置桥墩的条件,避免铁路桥跨径过大。图7所示为沪通铁路二期位置图。

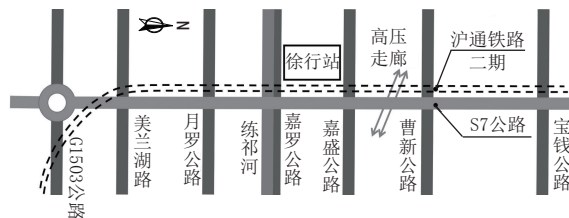


图7 沪通铁路二期位置图

2.4 主要预留工程小结

该工程项目复杂程度极高,涉及的相关内容也多,除道路交通系统本身外,还涉及航道、铁路,为尽快建成S7公路并早日发挥其效益,不得不在相关内容尚未完全稳定的情况下作出预留工程决策,实施单位和决策部门均承担了很大的压力。由以上论述可以看到,主要预留工程在设计时均是在满足近期功能、近期投资合理的前提下优先考虑预留方案的容错性,同时适当考虑远期方案的可实施性。

3 工程预留决策辅助方法

层次分析法(Antalytic Hierarchy Process, AHP)是一种系统化、层次化的多准则决策分析方法,由美国运筹学家托马斯·萨蒂(Thomas L. Saaty)在20世纪70年代提出。它将复杂问题分解为多个层次和因素,进行定量和定性分析,帮助决策者作出科学合理的决策。其优点主要体现在:系统性,将复杂问题分解为多个层次,逻辑清晰;灵活性,适用于定性和定量相结合的决策问题;实用性,广泛应用于经济、管理、工程等领域。其缺点主要表现在:主观性,判断矩阵的构建依赖于决策者的主观判断,可能存在偏差^[4-5]。

鉴于工程预留决策的复杂性,可考虑采用层次分析法进行辅助决策,拟对S7公路涉及的部分预留问题进行理论计算,评价其适用性。

3.1 建立层次分析结构模型

该决策的最终目标是:通过对几种预留方式在近期工程投资、使用功能、远期实施代价、容错性等几个方面的比较,确定采用方案。

(1)目标层:选择最合适的工程预留方案。

(2)准则层:一是近期工程投资;二是近期使用功能;三是远期或相关工程实施代价;四是对不确定规划的容错性。

(3)方案层:可采用的工程预留方案。
以 S22 公路(嘉安高速)立交节点决策过程为例,用层次分析法进行辅助决策。

3.2 模型分析及结果

3.2.1 准则层判断矩阵

由表 1 可知,该矩阵将预留方案的“容错性”和“近期功能”放在主要的位置,“远期代价”相对次要,仅满足“避免颠覆性”即可。

表 1 关注规划容错性的准则矩阵

准则	近期投资	近期功能	远期代价	规划容错性	权重/%
近期投资	1.000	0.200	0.333	0.143	5.69
近期功能	5.000	1.000	3.000	0.333	26.33
远期代价	3.000	0.333	1.000	0.200	12.19
规划容错性	7.000	3.000	5.000	1.000	55.79

当投资主体不同、政策不同时,决策者可能对标准矩阵的权重持不同态度。如果决策者重点关注投资,可能会更加关注“近期投资”和“近期功能”,从而产生不同的判断矩阵。表 2 为关注投资的准则矩阵。

表 2 关注投资的准则矩阵

准则	近期投资	近期功能	远期代价	规划容错性	权重/%
近期投资	1.000	3.000	5.000	7.000	52.94
近期功能	0.333	1.000	5.000	7.000	31.48
远期代价	0.200	0.200	1.000	3.000	10.51
规划容错性	0.143	0.143	0.333	1.000	5.08

由此可见,决策者的主观判断对准则权重结果影响较大。决策者对于远期预留工程应尽可能站在社会公共利益最大化的基础上考虑,虽然以关注“规划容错性”为主的准则有可能增加部分近期投资,但该准则对基础设施可持续的韧性提升很大。

3.2.2 方案判断矩阵

方案层对准则层的影响相对客观,咨询机构要充分分析工程预留方案的优缺点。表 3 为不同方案对准则层权重结果。

表 3 不同方案对准则层权重结果

方案	近期投资	近期功能	远期代价	规划容错性
A 菱形立交	64.34	47.96	63.33	72.35
B 单喇叭立交	7.38	11.50	10.62	19.32
C 全互通立交	28.28	40.55	26.05	8.33

3.2.3 目标层结果汇总

关注不同准则的目标结果会不一致,表 4 是分别关注容错和投资下的不同方案的决策结果。

3.2.4 结论

从案例的辅助决策结果来看,关注规划容错性

表 4 不同方案对目标层结果

方案	容错关注导向	投资关注导向
A 菱形立交	64.37	59.48
B 单喇叭立交	15.52	9.62
C 全互通立交	20.11	30.90

导向的决策和关注投资导向的决策均指向菱形立交方案,这两种决策并不存在矛盾。预留空间不预留结构通常在满足功能的情况下不增加近期投资或少量增加投资,而经过充分考虑各种可能性后,以相对简单的方案应对将来的不确定性也是优先的选择。同时,层次分析法总体来说决策主观性比较强,建议作为辅助性决策,不宜过度依赖。

4 远期预留实施效果回顾

S7 公路勘察设计工作正式开始于 2015 年,研究工作则更早开展,至今已将近 10 a,总体设计时不确定的条件和因素逐步明晰,重新审视工程预留的合理性及总结重点考虑因素对以后项目预留决策具有很好的借鉴意义。

4.1 与交通系统相关的回顾

崇明西通道和 S22 公路的研究这些年来一直在推进,尚未最终确定,从目前研究成果来看,崇明西通道与 S7 公路连接后再上崇明岛的总体规划没有变,S22 公路与 S7 公路相交的规划也没有变,不确定性仍然存在。因此,当时在 S22 公路节点设置简洁的菱形立交目前看来是合适的,既为未来可能的变化留有结构和空间,也使近期实施代价(包括土地、投资)最小,是较好的工程预留。预留的主线收费广场符合现行规范对主线收费站的要求,但随着智慧化技术的升级,高速公路收费系统可能会迎来根本性的变革,可能不再需要大面积的收费广场,远期有可能将其改造为公路服务场地设施。

4.2 与罗蕴河相关的回顾

罗蕴河(新川沙河—蕴藻浜)工程是打通流域泄洪通道、提高防洪标准的重要举措之一,同时也能极大缓解嘉定区与宝山区除涝压力,对改善区域水环境作用明显,目前已进入实施阶段。罗蕴河北段已于 2024 年完成设计并开工建设,南段将于 2025 年开工建设。影响较大的几条上跨罗蕴河的道路也是本次需要实施的内容。

4.2.1 宝安公路

设计方案按之前预留的宝安公路连续上跨罗蕴河和 S7 公路的技术方案实施。按目前确定的罗蕴

河条件,层次上宝安公路在S7公路下方穿越也是一个选择,但这个方案对宝安公路采用隧道方式穿越罗蕴河或者宝安公路设置互通立交这些可能的方案的适应性比批复方案要差,因此从方案灵活性和近期投资这个角度来看,原方案仍是更优的。

4.2.2 潘广路

设计方案按原预留条件实施。针对道路的性质和功能,原预留技术方案考虑得充分合理。

4.2.3 G1503公路(郊区环线高速)

设计方案按原预留条件实施。立交加减速车道不进入主桥,桥梁引桥不进入立交分叉,跨罗蕴河桥型选择自由,实施难度不大,针对性空间预留合理。

4.3 与铁路相关的回顾

S7公路建设后期,铁路系统发生变更,在S7公路(G1503公路—宝钱公路)这一段范围内,沪通铁路二期的线位需要与北沿江铁路并行。由于预留的是空间,此变更并未对S7公路的实施造成过大的影响,S7公路的实施也没有造成铁路项目投资大幅增加。预留各种实施可能性所需空间的方式,在面对不确定性时以较小的代价适应了未知的变化。

5 结 语

S7公路(沪崇高速公路)属大型基础设施,在设计、建设和运营过程中,外部条件众多,为设施预留功能拓展和升级条件是设施韧性的重要体现。该项

目在设计过程中除了上文提到的主要预留内容外,还包括地面道路预留、智慧设施预留、标识标牌预留等一系列内容,这些工程预留绝大部分都没有增加过多的近期投资,而是通过预留空间和实施条件的方式实现的。从近十年的时间跨度来看,这种预留的思考方式基本合理,不仅满足了当时的交通需求,还为未来的发展和可能的变化留有余地。

(1)高等级道路在设计、审批和建设过程中考虑本工程以及相关工程的建设预留是非常有必要的,对提高基础设施升级的韧性有非常重要的意义。

(2)层次分析法在准则层权重的确定上依赖决策者的立场定位和主观认识,可作为决策过程的补充手段,印证决策者的想法。

(3)工程预留的具体措施方面要以较小代价实现近期功能为前提,优先考虑预留方案的容错性,适当考虑远期方案的可实施性,通过“多预留空间少预留结构”的方式来应对未来的不确定性。

参考文献:

- [1] JTG/TL11—2014,高速公路改扩建设计细则[S].
- [2] 苏小青.高速公路增设互通式立交的预留设计分析[J].交通科技,2019(3):77-81.
- [3] 赵磊.南京滨江大道快速路组合式菱形立交方案研究[J].中国市政工程,2011(2):8-10.
- [4] 赵红.层次分析法在定量分析中的应用[J].中国公共安全(学术版),2010(1):134-136.
- [5] 郭金玉,张忠彬,孙庆云.层次分析法的研究与应用[J].中国安全科学学报,2008(5):148-153.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

官方网址: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: roadbridgeflood@163.com

