

推动取消高速公路省界收费站

总体技术方案

(征求意见稿)

交通运输部公路科学研究院
北京中交国通智能交通系统技术有限公司
2018年8月

目 录

第一章	概 述	1
1.1	背景.....	1
1.2	实施目标.....	1
1.3	工作过程.....	2
1.4	编制依据.....	3
1.5	名词解释.....	4
第二章	全国高速公路联网收费现状	5
2.1	高速公路基本情况.....	5
2.2	联网收费体制.....	5
2.3	收费制式.....	5
2.4	收费方式.....	6
2.5	通行介质.....	6
2.5.1	基本情况.....	6
2.5.2	运营管理情况.....	6
2.6	计费规则.....	7
2.7	拆分结算.....	8
2.8	小结.....	8
第三章	总体技术方案	9
3.1	总体思路.....	9
3.1.1	远期发展目标.....	9
3.1.2	技术路径.....	10
3.1.3	实施步骤.....	13
3.1.4	当前取消省界收费站的技术路线.....	14
3.2	总体架构.....	14
3.2.1	总体架构.....	14
3.2.2	部中心系统框架.....	16
3.2.3	省中心系统框架.....	18

3.2.4	数据交互.....	18
3.3	收费方式.....	19
3.3.1	省界虚拟站计费/扣费方案.....	19
3.3.2	货车计费/扣费方案.....	20
3.3.3	对收费车道系统的要求.....	21
3.4	通行费计算.....	22
3.4.1	技术难点和解决思路.....	22
3.4.2	通行费快速计算方案.....	28
3.4.3	费率基本参数表.....	39
3.4.4	程序输入和输出要求.....	42
3.4.5	性能指标要求.....	43
3.4.6	运行环境要求.....	43
3.4.7	试点期间和特殊情况下的通行费快速处理程序的应用规则说明.....	43
3.5	拆分结算.....	44
3.6	稽查和信用管理.....	44
3.7	时钟同步.....	45
3.8	数据传输.....	45
3.8.1	通信网络.....	45
3.8.2	传输安全.....	46
3.9	网络安全.....	46
第四章	系统方案.....	47
4.1	省界虚拟站系统.....	47
4.1.1	基本思路.....	47
4.1.2	车道布局.....	47
4.1.3	系统组成.....	48
4.1.4	系统功能.....	48
4.1.5	基本处理流程.....	49
4.1.6	流水数据.....	49
4.1.7	供电要求.....	51

4.1.8	系统性能要求.....	51
4.1.9	其他.....	52
4.2	标识点系统.....	52
4.2.1	布局要求.....	52
4.2.2	系统组成.....	53
4.2.3	系统功能.....	53
4.2.4	基本处理流程.....	53
4.2.5	通信要求.....	53
4.2.6	供电要求.....	54
4.2.7	系统性能要求.....	54
4.2.8	流水数据.....	54
4.2.9	ETC 路径信息存储	55
4.3	收费站系统.....	57
4.4	车道系统.....	57
4.4.1	ETC 入口车道	57
4.4.2	MTC 入口车道	57
4.4.3	ETC 出口车道	58
4.4.4	MTC 出口车道	59
4.4.5	特情处理.....	59
4.5	拆分结算系统.....	61
4.5.1	现金拆分结算.....	61
4.5.2	ETC 拆分结算	66
4.6	稽查和信用管理系统.....	66
4.6.1	高速公路逃费类型分析.....	66
4.6.2	联网收费稽查系统总体架构.....	67
4.6.3	部级稽查系统.....	67
4.6.4	省级稽查系统.....	68
4.6.5	信用管理系统.....	69
4.7	客服系统.....	69

4.8	CPC 卡发行与管理系统	69
4.8.1	CPC 卡发行	69
4.8.2	CPC 卡调拨管理	72
第五章	切换方案	74
5.1	实施思路	74
5.2	试点省份切换方案	74
5.2.1	系统升级切换	74
5.2.2	取消省界收费站并网	76
第六章	风险控制与管理	77
第七章	资金筹措	80
附录 A	省界虚拟站处理流程	81
附录 B	标识点处理流程	82
附录 C	收费车道系统处理流程	83
C.1	ETC 入口车道系统流程	83
C.2	MTC 入口车道系统流程	84
C.3	ETC 出口车道系统流程	85
C.4	MTC 出口车道系统流程	86
附件 1:《收费公路联网收费多义性路径识别复合通行卡 (CPC) 技术要求》		
附件 2:《推动取消高速公路省界收费站总体技术方案关键技术验证测试报告》		

第一章 概述

1.1 背景

1984年国务院出台了“贷款修路、收费还贷”的收费公路政策，极大加快了我国公路基础设施的建设步伐，收费公路应用也伴之而生。同时，我国交通运输管理部门和收费公路运营单位就一直在从技术和管理方面尽量减少设置主线收费站。我国高速公路建设从一开始就实行全封闭式收费制式，采取“分段建设、分段收费”的运营模式，而没有选择外国流行的开放式收费制式，从技术选择上减少大量的主线收费站；在“十二五”期间，交通运输部积极推动实施高速公路联网收费，采取“统一收费、统一拆分”的收费模式，取消省内设置的主线收费站，仅保留省界主线收费站，实施了省域内高速公路联网收费；同时在京沈高速公路实施了跨省联网收费示范工程；2015年9月28日，全国29个省（区、市）ETC系统实现联网收费运行，全国ETC车辆在省界主线收费站不停车缴费通行，这些都显著地提高了高速公路的通行效率和服务水平。

2018年5月16日，李克强总理在主持召开的国务院常务会议上，明确提出“推动取消高速公路省界收费站”，进一步提升高速公路服务能力和水平，促进物流降本增效，更好地服务经济社会发展和人民群众安全便捷出行。

为贯彻落实国务院的决策部署，交通运输部做出统一安排，成立专项工作组。按照工作安排，为指导推动取消高速公路省界收费站相关工作开展，交通运输部公路科学研究院在调研的基础上，形成本方案。

1.2 实施目标

深入贯彻落实国务院关于推动取消高速公路省界收费站的决策部署，按照“统筹谋划，分步实施，稳步推进，注重实效”，积极有序推进取消高速公路省界收费站工作。

1.3 工作过程

- (1) 按照 2018 年 5 月 16 日国常会的决策部署，部公路局组织制定《推动取消高速公路省界收费站工作方案》，明确工作内容、组织方式和推进计划，并成立了由部公路局吴德金局长任组长的专项工作组，下设政策组、技术组和运营组三个小组，政策组由部公路局负责，技术组由部公路院负责，运营组由部路网中心负责。
- (2) 2018 年 6 月 12 日，部公路局下发《关于开展推动取消高速公路省界收费站有关情况书面调研的函》（交公便字〔2018〕133 号），重点调研高速公路收费政策、建设运营、收费系统现状和联网收费运营管理等情况。
- (3) 2018 年 6 月 15 日，部公路局在上海组织召开《关于开展取消高速公路省界收费站的座谈会》，会议邀请北京、天津、河北、上海、江苏、浙江、安徽等省市参加会议，对各省市高速公路收费工作的基本情况，以及取消高速公路省界收费站需要重点解决的问题、对策、时机和相关建议进行深入调研和交流。
- (4) 2018 年 6 月 28 日，部公路局在南昌组织召开《关于开展取消高速公路省界收费站的座谈会》，会议邀请福建、江西、湖北、湖南、广东、广西、重庆、四川等省（区、市）参加会议，重点听取上述省份认为推动取消高速公路省界收费站需要重点解决的问题、对策、时机和相关建议。
- (5) 2018 年 7 月 1 日，部公路局组织专项工作组部分同志召开专题讨论会，明确部公路局、部公路院和部路网中心的近期分工和时间推进要求。
- (6) 2018 年 7 月 18 日，吴德金局长组织召开推动取消高速公路省界收费站工作组第一次会议，听取了部公路院、部路网中心相关工作研究情况的报告，并明确工作组分工。
- (7) 2018 年 7 月 30 日、8 月 2 日，部公路局在北京组织召开《关于取消高速公路省界收费站试点工作研讨会》，分四个半天分别邀请山东与江苏、四川与重庆、江西与福建、辽宁与吉林 8 个省份参加会议，会上就试点可行性、技术路径、时机条件、实施方案等展开讨论，会议最后部公路局明确了取消省界收费站工作分工以及试点工程进度要求。

- (8) 2018年8月2日晚,吴德金局长组织召开推动取消高速公路省界收费站第二次工作组会议,听取了部公路院、部路网中心相关工作进展情况汇报,对前一阶段工作进行了总结,对下一步工作做了明确的安排。
- (9) 2018年8月8日,部公路院在北京组织召开了《推动取消高速公路省界收费站总体技术方案》征求意见稿研讨会,会议由李爱民副院长主持,部公路局、路网中心和8个试点省份代表参加了会议,会议充分听取了试点省份对总体技术方案的意见,并就方案技术路线和关键技术方案达成一致意见。
- (10) 2018年8月11日上午,吴德金局长组织召开推动取消高速公路省界收费站第二次工作组会议,听取部公路院、部路网中心相关工作进展情况汇报,重点就总体技术方案中的关键点进行分析讨论,并确定解决思路和下一步工作安排。

1.4 编制依据

本方案主要编制依据如下:

- (1) 《中华人民共和国公路法》;
- (2) 《收费公路管理条例》2004年;
- (3) 国务院、交通运输部及其他部委发布实施的有关收费公路的政策文件。
- (4) GB/T 20851.1~5-2007 《电子收费 专用短程通信》;
- (5) 《收费公路联网收费技术要求》(原交通部2007年第35号公告);
- (6) 《收费公路联网电子不停车收费技术要求》(交通运输部2011年第13号公告);
- (7) JTG B10-2014 《公路电子不停车收费联网运营和服务规范》;
- (8) 《收费公路联网收费多义性路径识别技术要求》(交通运输部2015年第40号公告);
- (9) 推动取消高速公路省界收费站工作推进过程中的相关文件。

1.5 名词解释

——**省界虚拟站**：指高速公路省界收费站物理拆除后，所建的省界自由流收费站。

——**标识点**：指采用 5.8GHz 专用短程通信技术，设置在封闭收费公路指定位置，用于对自由行驶车辆进行标识的专用系统及配套设施。

——**标识 RSU**：设置在标识点，主要支持采用 5.8GHz 专用短程通信技术与复合通行卡和车载单元进行信息交换的单元。

——**复合通行卡（CPC）**：集 5.8GHz 和 13.56MHz 通信功能于一体，支持入口信息和路径信息读写功能，在封闭式收费公路收费站入口车道发放给车辆、出口车道收回的可重复使用的通行介质。

——**虚拟收费站**：用于表达两个高速公路连通性但物理上并不存在的收费站。

——**路由连结点**：用于表达路段间的连接关系，每一个路段路由连接点为两个虚拟收费站所组成，表示两个虚拟收费站所属路段在该位置点的连通性

——**路段内费率**：路段内任意两个收费站（包括虚拟收费站）之间的收费标准，一般用梯形表来表示。收费标准由省级交通运输主管部门和省级价格主管部门提出方案（意见），省级人民政府批准。

第二章 全国高速公路联网收费现状

2.1 高速公路基本情况

2017 年底，我国高速公路总里程达到 13.6 万公里，分为政府还贷道路和经营性道路，其中政府还贷道路里程约占 53.28%，经营性道路里程约占 46.72%。截至 2018 年 5 月底，全国高速公路收费站共 9008 个，其中匝道收费站 8124 个，非省界主线收费站 415 个，省界收费站 469 个。ETC 专用车道共 17712 条，混合车道 2687 条，MTC 车道 52359 条。

注：上述数据来源于《关于开展取消高速公路省界收费站有关情况书面调研的函》（交公便字（2018）133 号）各省调研反馈表。

2.2 联网收费体制

早在上世纪未实施联网收费之前，高速公路采取的是“分段建设、分段收费”的建设运营体制。伴随本世纪初省域内联网收费和 2015 年全国 ETC 系统联网运行，高速公路联网收费一直是以省为单位开展运营，省域间路网以省（区、市）界收费站物理隔开，其中全国 469 个省界收费站涉及的管理人员和收费人员共 3 万人左右。此外 ETC 客户服务体系，也是以省为单位设立各自的发行服务主体，开展 ETC 客户服务。

2.3 收费制式

我国高速公路主要采用封闭式收费制式，按车型（或重量）、路径和里程收费，分路段拆账。即：进入高速公路的车辆，在入口领取记录有其行驶特征信息的通行卡（或将入口信息写入 ETC 非现金支付卡），出口交回通行卡（或读写 ETC 非现金支付卡）并按其行驶里程及车型（或计重）支付通行费。部分路段采用开放式收费制式的高速公路，按车型（或计重）收费、独立拆账，通过高速公路收费站时，按其车型（或重量）支付通行费。

浙江、四川、广东等省份实施了全路网多义性路径识别系统，实现了按车辆实

际路径精确收费和拆分。

2.4 收费方式

高速公路主要采用人工半自动收费（MTC）和电子不停车收费（ETC）两种收费方式。

2018年1月1日，交通运输部颁布实施 JTG/T 6303.1-2017《收费公路移动支付技术规范 第一册 停车移动支付》，将手机扫码支付作为高速公路 MTC 收费的一种补充支付方式，以不断满足人民群众美好出行需求。截至目前，全国已有约 10000 条 MTC 出口车道开通了停车移动支付，为公众提供了便捷、多样化的支付方式。

2.5 通行介质

2.5.1 基本情况

高速公路通行介质包括 ETC 用户通行介质和 MTC 用户通行介质。其中 ETC 用户通行介质即 ETC 支付卡，全国高速公路联网通行；而 MTC 用户通行介质则多样，各省（区、市）通行介质的种类和密钥不统一。

全国 MTC 用户通行介质总量约 9990 万张，主要有 IC 卡、一次性纸券、433MHz 复合通行卡三种。其中大部分省份采用 IC 卡，浙江、广东、四川三省采用 433MHz 复合通行卡，北京市采用的是一次性纸券。

2015年8月，交通运输部颁布实施《收费公路联网收费多义性路径识别技术要求》（交通运输部 2015 年第 40 号公告），明确 5.8GHz 复合通行卡作为 MTC 通行介质。随着天津、河南等省份陆续按照部颁标准实施多义性路径识别系统，5.8GHz 复合通行卡也将作为通行介质进入高速公路，按照高速公路通行费“营改增”第四阶段任务要求，全国要在 2019 年 6 月底前完成多义性路径识别系统实施，以满足纳税人精准计税的需要，届时高速公路 MTC 通行介质将统一成 5.8GHz 复合通行卡。

2.5.2 运营管理情况

全国各省份通行介质的丢失率为 0.01%~44% 不等。其中有 9 个省（区、市）的通行介质丢失率高于 5%，造成通行介质丢失率高的主要原因有高速公路未完全

封闭、牧民私开道口严重（如吉林、青海、新疆等）以及通行介质的调拨和管理不善等。

2.6 计费规则

全国高速公路联网收费，针对客车采用统一的车型分类标准（如表 2.6-1 所示）进行计费，但货车计费规则、绿通车辆执行标准、特殊车辆车型认定以及通行费优惠政策执行标准都不尽相同。

表 2.6-1 车型分类表

车型	客车规格	货车规格
一型车	≤7 座	≤2 吨
二型车	8 座~19 座	2~5 吨（含 5 吨）
三型车	20 座~39 座	5~10 吨（含 10 吨）
四型车	≥40 座	10~15 吨（含 15 吨），20 英寸集装箱车
五型车		>15 吨，40 英寸集装箱车

- (1) 货车计费规则。全国大部分省份针对货车是按照重量和里程计费，而北京、上海、甘肃等三个省份是按照货车车型/核定载质量计费。
- (2) 绿色通道免收标准和目录。虽然在国家政策文件中规定了车辆绿色通道免收标准，但各地结合本地情况又出台了地方政策，具体的免收标准存在较大差异。如当前国家规定，绿色通道整车装载鲜活农产品的重量或体积达到车辆荷载或容积的 80% 以上，才可以享受免费政策，有的省份认定绿色通道整车装载鲜活农产品的重量和体积都达到 80% 以上才给减免，有的省份则认定只要符合其中任意一条就实施减免。另如各地对于绿通车辆超限超载的执行标准不统一，有的超载不超过 5% 减免，有的超载范围只要不超过 30% 就给减免。此外，各省对在本地享有绿色通道政策的鲜活农产品目录各自进行了调整，因此全国享有绿色通道政策的鲜活农产品目录存在差异。
- (3) 其他诸如特殊车辆的车型认定和收费标准不统一。各省对特殊车辆的收费车型认定标准不一，如国际标准集装箱运输车辆、超长车、房车等；而且各省份根据本省经济发展需要以及道路运输特点制定了各种优惠政策，差异性较大。

2.7 拆分结算

高速公路联网收费的清分结算体系，按照现金和非现金分为两类。

- (1) 现金通行费拆分结算不涉及跨省，因此现金通行费由省级清分结算机构自行完成省内拆分结算。
- (2) 非现金（主要指 ETC 非现金）通行费拆分结算采用部、省两级清分结算体系，部级清分结算机构承担跨省非现金通行费的拆分结算，省级清分结算机构完成省内非现金通行费的拆分结算。

2.8 小结

从全国高速公路联网收费现状及联网收费体制调研情况看，各省（区、市）管理体制、通行介质、计费规则、拆分结算等都存在较大差异，尤其货车计费规则、绿色通道免收标准和目录、特种车辆车型不统一等问题，增加了取消高速公路省界收费站的复杂度，解决这些问题成为顺利取消高速公路省界收费站的重要前提。

第三章 总体技术方案

3.1 总体思路

立足当前，着眼未来。本方案立足于当前高速公路建设运营管理体制、收费系统现状及不停车收费技术发展现状，近期目标是取消高速公路省界收费站实现封闭式有站自由流收费，远期目标则是实现高速公路开放式无站自由流收费。

3.1.1 远期发展目标

高速公路开放式无站自由流收费（多车道自由流收费）代表了当今国际最先进的道路收费技术，也是道路收费技术的发展方向。同样，我国高速公路不停车收费发展的远期目标也是开放式无站自由流收费。

我国高速公路实现开放式无站自由流收费，将具备以下特点：

（1）收费制式

高速公路联网收费由当前的封闭式收费制式调整为开放式收费制式。即车辆行驶一段路就缴纳一段路的通行费，高速公路每个互通立交或出入口之间均设立自由流收费点，实现分段计费 and 扣费，费率相对简单，更不会存在复杂路网下的路径识别问题。高速公路收费三要素——车型、行驶路径（起讫点、路径位置、时间）和费率，将调整为两个要素——车型和费率（行驶距离为常数），整个收费系统将变得简单。高速公路封闭式收费制式和开放式收费制式如图 3.1-1 所示。

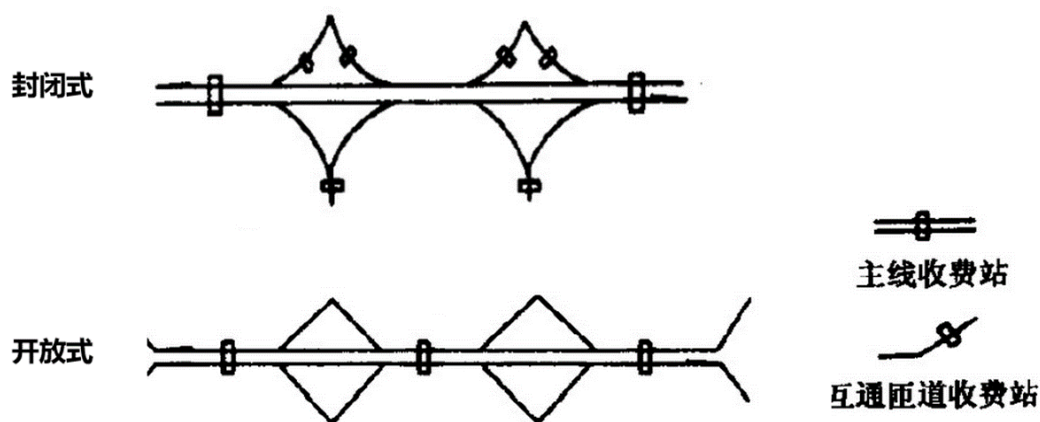


图 3.1-1 高速公路封闭式和开放式收费制式示意图

（2）收费方式

高速公路无任何类似收费站的物理隔离设施，车辆自由流行驶，全自动电子收费。大部分车辆安装车载设备作为车辆唯一标识，车辆每经过一个收费点，收费系统即可自动获取车辆基本信息和精准位置，从而计算通行费额，后台系统从用户自行设定的账户（如银行账户、微信、支付宝或其他账户等）自动扣取通行费。

（3）拆分结算

由于车辆按车型和行驶路径进行分段计费和扣费，跨省和省内不同路段业主间的通行费拆分结算将不复存在。

（4）通行费票据

按照国家对收费公路通行费“营改增”相关要求，全部开具通行费电子发票，用户可通过多种渠道获取电子发票。

（5）联合稽查和信用体系

建立联合稽查系统，制定全路网联合稽查规则，依托社会信用体系，保障全国高速公路联网收费工作的正常运转，建立良好的高速公路出行环境。

（6）拓展应用

随着高速公路无站自由流收费系统的应用发展，车载设备将成为车辆的唯一标识，同时也建立了一个相对稳定可靠、全路网运行的车-路交互平台，这为全路网交通状态获取、车辆精确定位以及车路协同、智能驾驶的落地奠定了基础条件。因此，高速公路不停车收费系统不仅可用于收费业务，还可作为全面提升路网运行管理和服务能力、建设“数字化智能公路”的重要载体。

3.1.2 技术路径

（1）原则

围绕实现开放式无站自由流收费的发展目标，高速公路不停车收费发展技术路径选择主要遵循以下原则：

- 1) **注重技术继承性和可持续发展。**在已有科学研究和应用的基础上进行探索升级，支撑未来高速公路实现开放式无站自由流收费应用。
- 2) **技术成熟度和可扩展性。**符合智能交通技术发展方向，围绕“交通强国”建设目标，为全面提升高速公路网运行管理和服务能力和未来“数字化智能公路”

建设发挥作用。

3) 技术“开放、包容、融合”。结合新需求、新变化，在继承发展成熟技术的同时，融合新技术，共同打造新产业、新模式、新产品，不断满足人民群众日益增长的美好出行愿望。

(2) 技术实现方式

遵循上述原则，围绕国家战略措施和“交通强国”建设目标，综合当前各种创新技术发展现状和趋势，可以得出实现高速公路开放式无站自由流收费，可采用以下几种主要技术实现方式：

1) 5.8GHz 专用短程通信 (DSRC) + 车牌图像识别的组合技术应用

基于 5.8GHz 专用短程通信+车牌图像识别组合技术的开放式无站自由流收费系统，主要由基于 5.8GHz 通信技术的车辆识别系统、结合车牌图像识别技术的收费稽查系统及后台管理系统组成。高速公路分路段设置自由流收费点，示意见图 3.1-2，同时绝大多数车辆安装车载设备，绑定支付账户。当车辆在通过自由流收费点时，通过 5.8GHz 路侧天线和车载设备之间的通讯，获取车辆信息并传至后台管理系统，后台管理系统根据车辆信息计费，并从用户绑定的支付账户中自动完成扣费。

车牌图像识别技术，主要应用于收费稽查系统，配合 5.8GHz 通信系统检查车辆是否安装车载设备以及车载设备状态是否正常，并对未安装车载设备或状态异常的车辆进行拍照记录，并交由后台管理系统进入稽查流程。

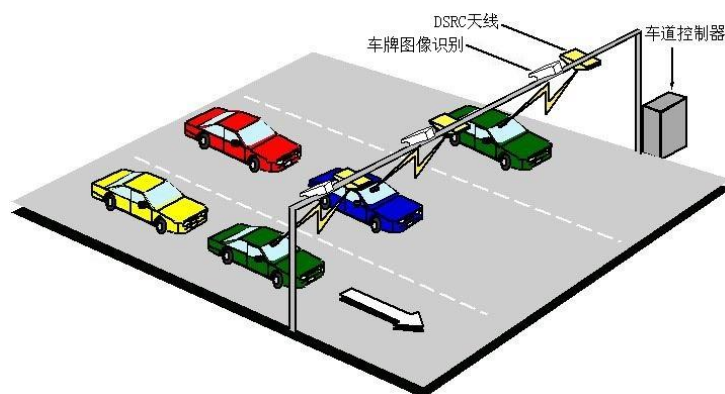


图 3.1-2 基于 5.8GHz 专用短程通信的自由流收费点示意图

2) 北斗卫星定位 (结合移动无线接入技术) + 5.8GHz 专用短程通信+车牌图像识别的组合技术应用

基于北斗卫星定位（结合移动无线接入技术）+5.8GHz 专用短程通信+车牌图像识别的新一代收费系统，主要由集北斗卫星定位/5.8GHz 通信/移动无线接入为一体的车载装置、收费稽查系统和后台管理系统组成。系统架构如图 3.1-3 所示。

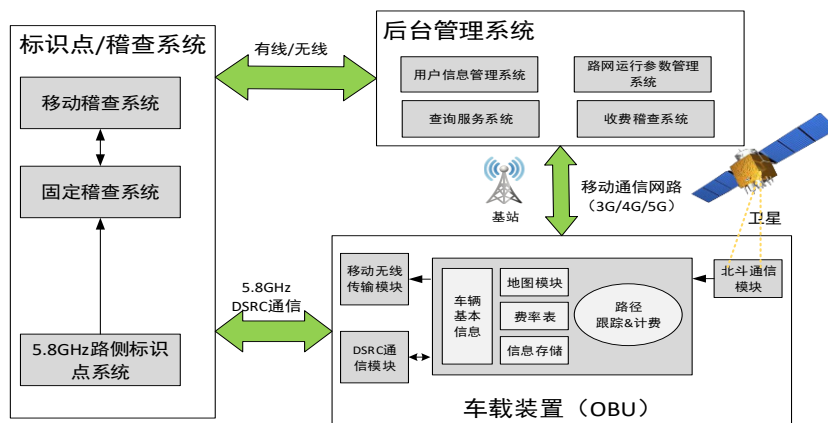


图 3.1-3 基于北斗卫星定位技术的无站自由流收费系统架构示意图

绝大多数车辆安装车载设备，并绑定后台支付账户，后台管理系统记录用户安装信息。车辆行驶在高速公路时，车载设备会通过北斗卫星定位系统确定车辆在高速公路上行驶的位置、里程，并经移动无线接入技术（3G/4G/5G）传至后台管理系统，车辆每经过自由流收费点时，后台管理系统会根据车辆信息计算通行费，并从用户绑定的支付账户中自动完成扣费。此外也可采用车载设备计费方式，即车载设备存储费率表和高速公路地图信息，根据北斗卫星定位模块获取的车辆位置自主完成通行费计算，将计算结果传至后台管理系统，后台管理系统直接按照计费结果从用户绑定的支付账户中自动完成扣费。

5.8GHz 专用短程通信技术和车牌图像识别技术，主要应用于收费稽查系统，检查车辆是否安装车载设备以及车载设备状态是否正常，并对未安装车载设备或状态异常的车辆进行拍照记录，并交由后台管理系统进入稽查流程。

3) 机动车电子标识+车牌图像识别的组合技术应用

基于机动车电子标识+车牌图像识别组合技术的自由流收费系统，主要由机动车电子标识识别系统、收费稽查系统及后台管理系统组成。其实现方式与（1）基于 5.8GHz 专用短程通信+车牌图像识别的组合技术应用实现方式类似，不再赘述。

4) 车牌图像识别技术应用

车牌图像识别技术受车牌污损、遮挡、光线影响较大，车辆高速通行条件下识别率低（70—90%），且难以甄别套牌车辆，很难作为开放式无站自由流收费应用的车辆识别主流技术。但车牌图像作为非现场交通检查唯一合法证据，应用到收费稽查系统，解决未安装车载设备车辆或恶意偷逃通行费车辆的稽查工作具有较大优势。

5) 人工自助缴费应用

为没有安装车载设备的车辆用户提供人工自助缴费服务，车辆用户可提前通过任何支持互联网的设备（如：电脑、手机、PAD和各种收费终端等）缴纳通行费。这作为开放式无站自由流收费自动缴费方式的一种补充手段，具有重要意义。

3.1.3 实施步骤

在当前信用体系和政策法规环境下，全面实施开放式自由流收费尚不具备条件，需分阶段逐步推进。

第一阶段（2018~2020年）：ETC+MTC组合应用，推动取消省界收费站。

- （1）以电子不停车收费（ETC）为主，大力发展ETC，逐步减少MTC用户和现金支付交易，降低系统复杂度和系统投入。
- （2）推动ETC从“电子钱包”向后台“账户支付”应用发展，逐步推动ETC从“离线”向“在线化”应用发展。
- （3）MTC支持多种非现金支付方式，包括手机扫码支付、ETC支付卡及各种代扣等，满足不同群体多样化的出行交费需求。
- （4）基于5.8GHz专用短程通信技术，推动取消高速公路省界收费站，实现封闭式路网内的无站自由流通行。
- （5）将车牌图像识别技术作为辅助稽查手段，建立联网收费稽查体系。

第二阶段（2020~2025）：ETC+MTC组合应用，全面推动不停车收费应用。

- （1）以电子不停车收费为主要付费方式，由“预付费”转为“后付费”。
- （2）MTC支持多种非现金支付方式，基本消除现金支付交易（2022年12月前，每个收费站单方向仅保留1条MTC车道）。
- （3）将车牌图像识别技术作为辅助稽查手段，健全联网收费稽查体系。
- （4）开展开放式自由流收费技术、运营和政策法规研究和测试论证。

第三阶段（2025~2030）：试点和全面推动开放式无站自由流收费应用。

在政策驱动下，不停车收费用户数量进一步提升，按照 2025 年客货车不停车收费比例达到 90% 以上的发展规划，2025 年基本具备开展开放式无站自由流收费应用试点的基础条件。此阶段可在前期开放式自由流收费相关技术、运营和政策法规研究的基础上，结合社会信用体系建设情况，试点推动开放式自由流收费应用，争取 2030 年全面取消高速公路物理收费站，实现开放式无站自由流收费。

3.1.4 当前取消省界收费站的技术路线

围绕高速公路联网收费发展远期目标，综合分析高速公路收费技术现状和发展方向，明确当前取消高速公路省界收费站采用的技术路径是 5.8GHz 专用短程通信技术，即目前我国 ETC 系统采用的主要技术。

取消高速公路省界收费站继续采用“ETC+MTC 组合应用”的收费方式，同时遵循以下几点：

- （1）保持部省两级运营管理模式不变，建立部省联动的运营管理机制。
- （2）拆除物理上的省界收费站，设置省界虚拟站。
- （3）MTC 采用 5.8GHz 复合通行卡（CPC 卡）作为通行介质，实现“分省计费、统一收费”。
- （4）ETC 采用车载设备（OBU）和非现金支付卡作为通行介质，实现“分省计费，分省收费”，推动 ETC 从“电子钱包”向后台“账户支付”应用发展，逐步推动 ETC 从“离线”向“在线化”应用发展。
- （5）建立联合稽查体系，将高清车牌识别作为辅助稽查手段。

3.2 总体架构

3.2.1 总体架构

全国联网收费系统总体架构由收费公路联网结算管理中心（以下简称“部中心”）、省（区、市）联网结算管理中心（以下简称“省中心”）、省内路段收费分中心、收费站、省界虚拟站、标识点（加装高清车牌识别系统）、收费车道（MTC 车道、ETC 车道）等组成。如图 3.2-1 所示。

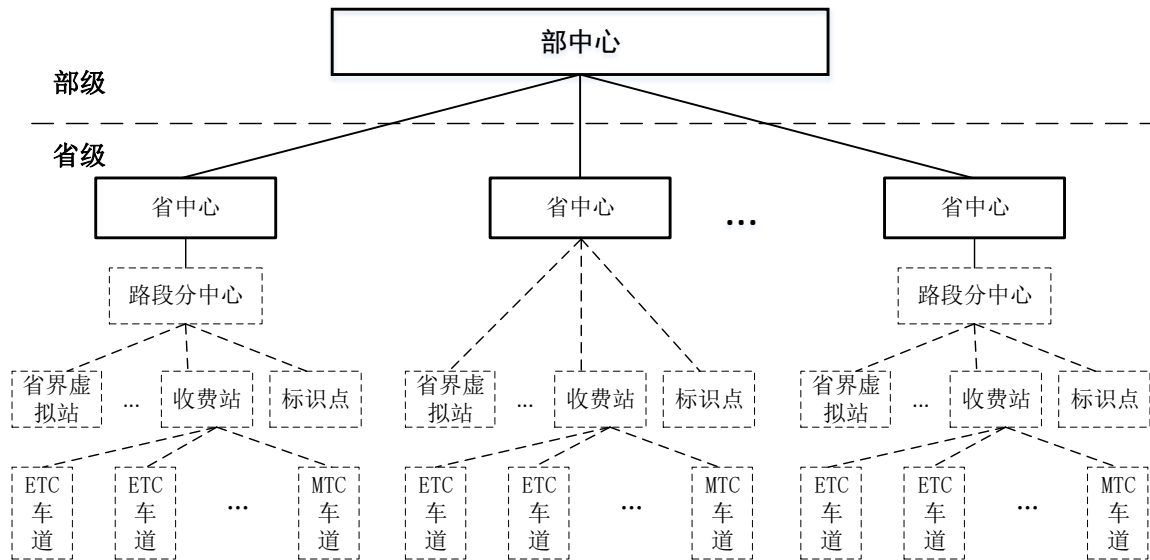


图 3.2-1 全国高速公路联网收费总体架构示意图

(1) 收费公路联网结算管理中心（部中心）

部中心在原有工作的基础上，承担全国联网收费运营规则制定、收费系统运行参数管理、跨省拆分结算、CPC卡跨省调拨管理，以及协调和处理跨省（区、市）争议交易、投诉，向各省级联网运营与服务机构提供收费稽查等查询服务等职能。

(2) 省（区、市）联网结算管理中心（省中心）

省中心在现有工作的基础上，针对跨省现金联网收费需新增以下职能：

- 1) 配合部中心完成跨省（区、市）现金拆分结算业务；
- 2) 负责省（区、市）内跨省现金联网收费数据的汇总、验证、统计等业务；
- 3) 负责省（区、市）内车辆状态名单（黑名单）的管理；
- 4) CPC卡的调拨管理；
- 5) 负责跨省现金联网收费争议交易处理、投诉处理等工作；
- 6) 协调、处理本省（区、市）跨省现金联网收费运营与服务中出现的问题；
- 7) 负责本省（区、市）跨省现金联网收费公共数据与数据交换的管理。

(3) 省界虚拟站

取消物理省界收费站后，省界虚拟站作为省份与省份路网间的重要分隔点，主要完成ETC车辆扣费，MTC车辆（CPC卡）路径标识及通行费计算写入，生成现金车辆通行记录和ETC交易流水，并上传省中心作为后期对账拆分的参考依据。

(4) 路段分中心、标识点、车道

路段分中心、标识点、ETC 车道和 MTC 车道基本保持原功能。此外，标识点支持 5.8GHz 自由流标识的基础上，加装高清车牌识别系统，作为辅助收费稽查和取证手段。

（5）收费站

收费站在原功能基础上，增加全网费率计算功能。

3.2.2 部中心系统框架

3.2.2.1 系统功能

（1）新增系统功能

为承担全国 ETC 联网清分结算工作，部中心已建成了由非现金清分结算系统、综合业务平台、质量与风险控制系统、数据汇聚管理系统等子系统构成的全国 ETC 联网清分结算系统。

取消省界收费站后，在原有系统基础上，建设收费云平台，增加现金跨省拆分结算、特情业务辅助、费率管理、CPC 卡综合管理、稽查和信用管理、客户服务、系统运行监测等功能。

- 1) 现金跨省拆分结算，支持取消省界收费站后的跨省现金收费拆分结算业务。
- 2) 特情业务辅助，支持各省市跨省特情等业务。
- 3) 费率管理，支持全网费率汇总、下发及快速查询。
- 4) CPC 卡综合管理，实现对 CPC 卡的状态追踪、调拨、丢卡稽查、坏卡回收等。
- 5) 客户服务，支持跨省客户服务相关业务互通。
- 6) 稽查和信用管理，实现对通行用户偷逃通行费等违法行为的数据稽查和信用评估。
- 7) 系统运行监测，实现对省界虚拟站系统的运行状态监测。

（2）现有系统调整功能

现有系统需要升级改造的主要有：数据汇聚管理系统、非现金跨省清分结算系统、综合业务系统、质量管理体系、风险控制系统。

- 1) 数据汇聚管理系统升级改造，保障部级与各联网省市跨省非现金清分结算、

- 通行费增值税发票开具相关业务数据传输的同时，支持取消省界收费站后跨省现金、非现金清分结算业务数据传输。
- 2) 非现金跨省清分结算系统升级改造，保障原有跨省非现金收费清分结算业务正常运行，支持取消省界收费站后的跨省非现金收费清分结算业务需求。
 - 3) 综合业务系统升级改造，保障原有跨省非现金收费的争议、投诉等业务正常运行，支持取消省界收费站后跨省现金、非现金争议、投诉等业务运行。
 - 4) 质量管理体系升级改造，在原有功能基础上，支持取消省界收费站后质量分析管理需求。
 - 5) 风险控制体系升级改造，在原有功能基础上，支持取消省界收费站后的现金、非现金交易，客户服务，系统运行等方面风险的管理、分析和控制需求。

3.2.2.2 系统架构

根据系统功能，部中心系统升级后架构如图 3.2-2 所示。

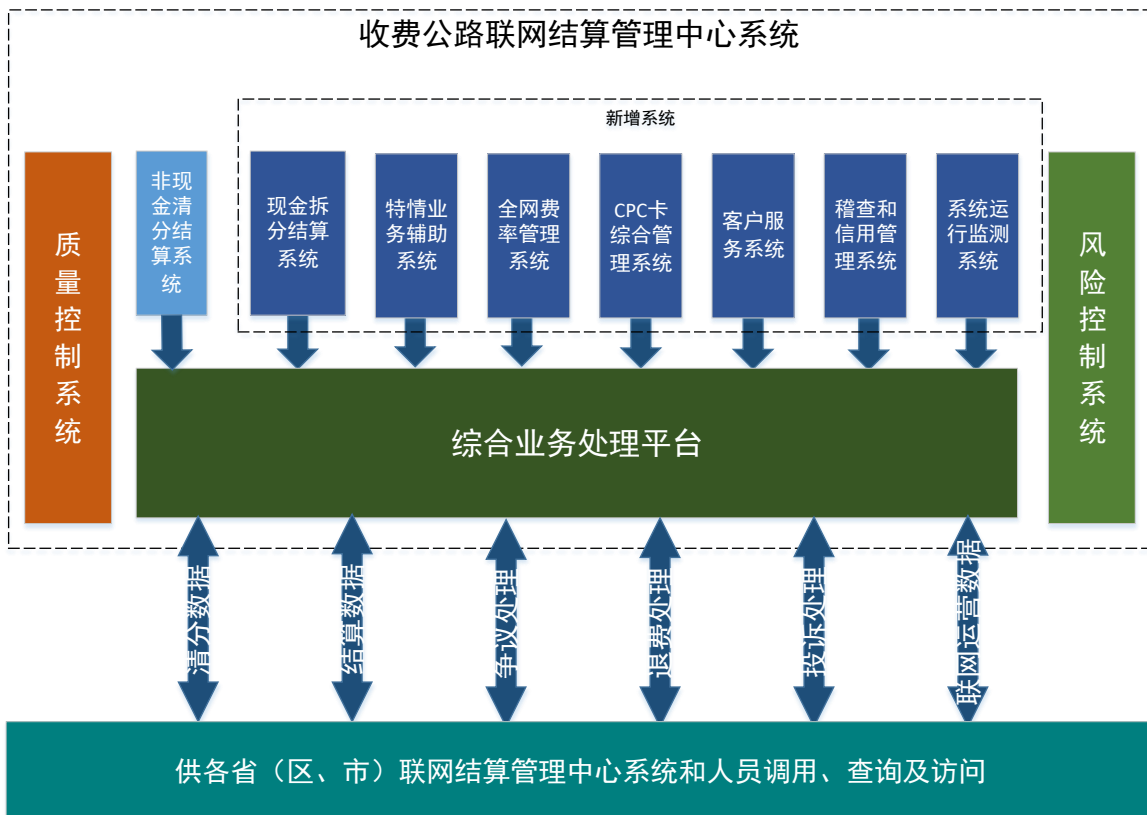


图 3.2-2收费公路联网结算管理中心系统架构示意图

3.2.3 省中心系统框架

省中心系统在原有系统功能的基础上调整清分结算、CPC 卡调拨、费率管理等功能，增加跨省对账功能。

跨省对账系统，向部中心发送跨省原始交易包，接收部中心发送的应收交易包和应付交易包，并进行对账处理，然后通过部中心完成跨省交易结算。

CPC 卡综合管理是在部中心 CPC 卡综合管理系统基础上，实现对省内 CPC 卡的状态追踪、调拨、丢卡稽查、坏卡回收等。

费率管理，在原有费率管理系统的基础上增加对部中心系统对接功能，向部中心发送本省费率基本参数更新，接收部中心下发的全网费率基本参数更新，并按运营规则及时下发。

3.2.4 数据交互

交互的数据内容主要分为两类，一类为指标性数据；另一类为拆分结算数据。

（1） 指标性数据

省中心定期统计本省（区、市）联网收费指标性数据并上传部中心，由部中心汇总相关数据信息后，共享给各省中心。

指标性数据主要包括基础设施指标数据、运营类指标数据等。

（2） 拆分结算数据

拆分结算数据是指为实现跨省（区、市）拆分结算业务，部省两级中心交互的数据。详见图 3.2-3。

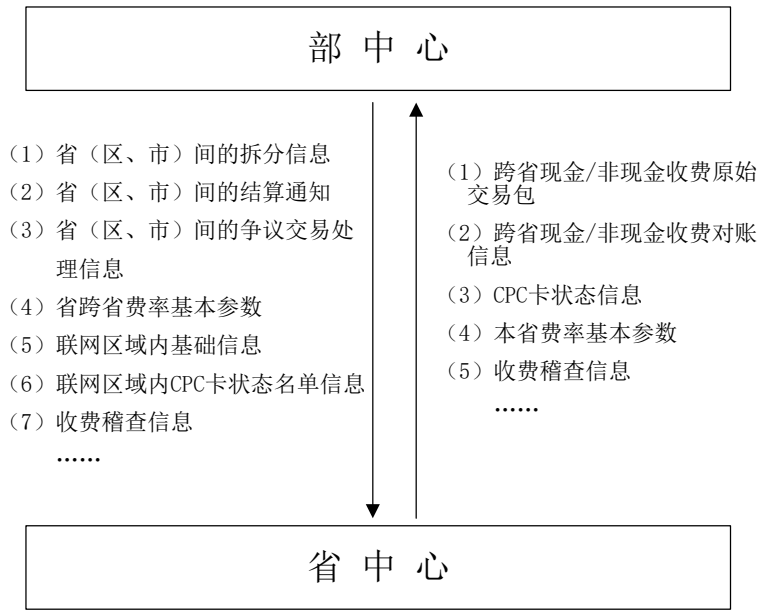


图 3.2-3交互的拆分结算数据示意图

3.3 收费方式

3.3.1 省界虚拟站计费/扣费方案

取消物理上的省界收费站，同址建设省界虚拟站。

(1) ETC 车辆：“分省计费、分省收费”

使用 OBU 和非现金支付卡做为路径信息存储介质。当车辆通过省界虚拟站时，省界虚拟站读取非现金支付卡中的入口信息及 OBU 中的路径信息，还原行驶路径，计算费额、扣款并写入邻省省界虚拟站入口信息，同时清除 OBU 及非现金支付卡内路径信息；形成交易流水上传省中心。

注：扣款不成功的情况下，不得清除 OBU 和非现金支付卡内路径信息，同时将省界虚拟站的路径信息及时间戳写入路径信息文件内。出口收费车道统一计费、扣款。

(2) MTC 车辆：“分省计费、统一收费”

当车辆通过省界虚拟站时，省界虚拟站读取 CPC 卡，获取车牌、车型及车辆在本省的通行路径信息，计算费额并连同路径信息一并写入到 CPC 卡内；形成通行记录上传省中心，用于后期拆分对账。

注：当车辆到达MTC出口车道时，MTC车道从CPC卡中读取入口和路径信息，分省还原路径，分省计算费额，最终将分省费额累加收取。

对于系统标识不成功和驾驶员“恶意屏蔽”，采取以下措施：

- 1) 出口收费车道具备全网费率运算能力，完成计费和扣费（托底方案）。
- 2) 建立联合稽查体系，一旦发现恶意屏蔽等偷逃通行费行为，按照政策法规，记入收费公路通行车辆信用档案，并进行惩戒。

3.3.2 货车计费/扣费方案

由于全国货车计费方式不统一，大部分省份按照出口称重计费，而北京、上海等地则是按照货车车型计费。推动取消省界收费站，统一全国货车计费方式是必须解决的问题。统一货车计费有以下三种方式：（1）按照货车车型和行驶路径计费；（2）按照货车出口称重结果和行驶路径计费；（3）按照货车入口称重结果和行驶路径计费。本方案分别针对三种货车计费方式提出解决方案：

（1）按货车车型和行驶路径计费

- 1) 制/修定全国统一的货车车型分类标准；
- 2) 明确货车收费政策，按照货车车型和行驶路径计算和收取通行费；
- 3) 推动货车安装 ETC，将货车车型写入 OBU 内，计费/扣费流程与客车 ETC 类似，在省界虚拟站“分省计费、分省收费”，若省界虚拟站扣费失败，在出口收费车道根据货车行驶路径重新进行计费并收费；
- 4) 对于 MTC 货车，通过领取 CPC 卡实现“分省计费、统一收费”。入口收费车道领取 CPC 卡，并将货车车型等信息写入 CPC 卡；省界虚拟站进行计费并传至省中心系统；出口收费车道依据 CPC 卡内货车车型和路径信息计费并收费；
- 5) 加强货车治超力度，严控非法超限超载车辆进入高速公路。

注：货车按照车型和行驶路径计费和收费，符合高速公路不停车收费发展的远期目标，适用于未来无站自由流收费应用。

（2）按货车出口称重和行驶路径计费

- 1) 明确全国统一按照货车出口称重结果和行驶路径计费；
- 2) 北京、上海等地调整收费政策，出口收费车道安装称重设备并改造收费系统；
- 3) 货车领取 CPC 卡实现“分省计费、统一收费”。入口收费车道领取 CPC 卡，

将货车车牌等基本信息写入 CPC 卡；当货车通过省界虚拟站时，省界虚拟站计费时由于缺少重量信息无法做到准确计费，省界虚拟站仅根据 CPC 卡内信息计算带参数的计费金额写入卡内，同时将货车通行信息传至省中心系统；出口收费车道读取 CPC 卡内的入口信息文件、路径信息文件，结合出口称重结果计费并收费。

注：北京、上海等地实施货车出口称重计费并改造出口收费车道，难度很大，涉及改扩建收费车道，征地成本很高。此外，货车按照称重计费不符合未来无站自由流收费应用发展方向。

(3) 按货车入口称重和行驶路径计费

全国货车统一施行计重收费，统一计重收费政策。结合全国高速公路入口治超工作，在入口车道安装称重设备，入口车道对货车称重后将总重量写入 CPC 卡内，省界虚拟站计费及出口车道收费依据 CPC 内入口称重信息计算。

- 1) 明确全国统一按照货车入口称重结果和行驶路径计费；
- 2) 全国入口收费车道安装称重设备并改造收费系统，出口收费车道称重设备作为稽查所用；
- 3) 货车通过领取 CPC 卡实现“分省计费、统一收费”。入口收费车道领取 CPC 卡，将货车车牌等信息写入 CPC 卡；省界虚拟站根据 CPC 卡内信息计算通行费写入 CPC 卡，并将货车计费结果传至省中心系统；出口收费车道读取 CPC 卡内的计费信息和本省路径信息进行计费并收费。

注：入口车道改造难度大，而且大量出口称重设备存在投资浪费风险。此外，货车按照称重计费不符合未来无站自由流收费应用发展方向。

3.3.3 对收费车道系统的要求

按照省界虚拟站的计费/扣费方案，对收费车道系统提出以下功能调整要求：

- (1) **ETC 入口车道：**增加路径信息清除功能。
- (2) **ETC 出口车道：**与站级系统配合，具备全路网通行费快速计算能力，当 ETC 车辆在途径省界虚拟站未成功扣款的情况下，可以分省计算通行费并累计扣费，扣费成功后清除路径信息。扣款失败进入特情处理。若货车实施按车型收费，上述流程同样适用于货车 ETC。

(3) MTC 入口车道：应将车型、车牌号码、车牌颜色、入口（入口收费路网号、站号、车道号）、入口时间等信息写入 CPC 卡。若货车实施入口称重计费，需安装称重设备，将货车称重结果写入 CPC 卡内。

(4) MTC 出口车道：与站级系统配合，具备全网费率快速计算能力，当 MTC 车辆通行车道时，读取 CPC 卡内的入口信息文件、路径信息文件及计费信息文件，与站级系统配合，分省还原路径，分省计算费额，最终将分省费额累加收取通行费，同时将 CPC 卡置关闭状态。若货车实施出口称重计费，需结合货车称重结果和行驶路径计算货车通行费并收取。

车道系统在特殊情况下的处理流程详见第 4.4.5 节。

3.4 通行费计算

3.4.1 技术难点和解决思路

3.4.1.1 技术难点

取消高速公路省界收费站，实现全国高速公路“一张网”运行后，省与省之间的路网将被打通，由此所产生的环路数量将进一步增加，面临多义性路径下的通行费快速计算问题将变得更加严峻，其运算效率的高低直接影响车辆的通行体验。此外，取消省界收费站后，跨省通行车辆的通行费将包含多个省份高速公路的通行费收益，这些收益的保障，必然与车辆通行费计算的准确性、有效性息息相关。因此，通行费快速、准确和有效计算是取消高速公路省界收费站工作进程中的重要环节。

目前，各省（区、市）均有自己的一套高速公路通行费计算方法，当中采用比较多的有“笛卡尔表”方法，该方法主要是将路网的全部路径及对应通行费罗列出来，根据实际路径与之匹配得出通行费，比较适合路网不复杂的情况下使用。在取消高速公路省界收费站，全国高速公路实现“一张网”运行后，省与省之间路网复杂性将会产生叠加，而出口收费车道计算的费额可能还涵盖了多个省份的通行费额，计算复杂度会大幅度地上升，而且全国的高速公路还在不断地建设和联网接入中，致使费率表也处在频繁的变化和更新状态下。因此，如何解决复杂的通行费计算问题，及费率相关参数表因路网规模增加而不断加长的问題，还有与之相关的生成、存储、传输、运算和特殊情况处理问题，都是需要专题研究和攻克的关键技术

问题。此外，通行费计算的性能指标，以及是采用本地计算还是云端计算，也是需要重点考虑的内容。

3.4.1.2 解决思路

针对上述在通行费快速计算算法构建中面临的技术难题，提出以下解决思路：

(1) 设置省界虚拟站，按省还原路径

在取消省界收费站的位置设置省界虚拟站，对途经车辆进行标识，作为车辆在本省路网通行的路径终结点。出口收费车道根据省界虚拟站的路径标识信息，将车辆通行路径拆分为途径的各省（区、市）内的路径，分段对各省（区、市）内的路径进行还原，再合并得到最终行驶路径，然后根据所还原路径获取途经路段的基本费率，最后累计计算得出车辆的通行费。

对于省内通行车辆，使用通行费快速计算方案还原出车辆在该省（区、市）内的路径，作为最终路径；根据还原路径获取途经路段的基本通行费，最后合计得出车辆应缴通行费。

示例：

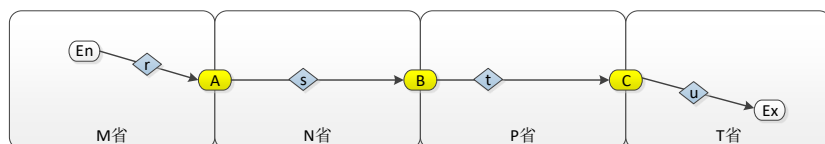


图 3.4-1 车辆跨省通行路径示意

路径：车辆从 M 省的收费站 En 进入高速，途经省内及省界虚拟站 r、A、s、B、t、C、u，从 T 省的收费站 Ex 离开高速。

处理流程：

- 1) 根据省界虚拟站 A、B、C 判别车辆行驶跨了 M 省、N 省、P 省和 T 省 4 个省份；再而根据各自的省内标识点 r、s、t、u 还原车辆分别在 M 省、N 省、P 省和 T 省内的行驶路径；
- 2) 将 4 个省份的路径进行拼接得到完整的车辆行驶路径；
- 3) 根据完整路径及其对应省份的路径情况，结合各省计费规则计算途经路段的路段内通行费；
- 4) 将计算出的各省通行费金额进行叠加得到最终应缴的通行费额。

(2) 通行费计费运算引入数学图论

通行费计算可细分为：路径还原部分和路径计费两部分。当中路径还原是首要处理部分，该模型与计费处理的效率息息相关。因此，采用高速公路虚拟收费站、标识点等元素来描述高速公路路网，将路网通过数学建模形成一个可用于数学计算的图，按照有向图论对收费路网进行解析，首先须生成与之对应的基础费率参数表，这类参数表与计费过程中主要用于路径解析和还原；结合省份计费规则在基础费率参数表中叠加或生成计费部分的费率参数表，这些表用于路径还原后的计费查询。

计算路网通行费时，根据卡内记录的入口站、标识点（省内、省界）、出口站，通过调用基础费率参数表还原出车辆的行驶路径，再而查找路径对应径段的相关费率参数，获取每一径段的基本费率并叠加得出某省份的通行费；若存在跨省通行还须进行省份通行费叠加，从而获得跨省车辆总的通行费。

(3) 各省（区、市）宜采用统一高效的通行费快速计算方法

目前，各省均面临着多义性路径的精确计费和精确拆分问题，虽然部分省份因为路网较为简单，暂时仍可采用传统的通行费计算方法（如“笛卡尔表”方法）进行处理。但是考虑到取消省界收费站后，车辆在某省的计费处理可能与其他省的计费处理密切相关，为此宜采用统一、高效的通行费快速计算方法并结合各省自身的计费规则，构建各省的费率基本参数表并进行计费应用。这种从核心方法所作出的统一，不仅有利于各省对整个路网在路径还原和计费处理上的统一认识和理解，也有助于各省未来在计费运营管理问题上可得到更有效的沟通和处理。同时，核心方法的统一也有助于未来路网车辆在跨省路径标识产生特殊情况时，还可更好地借助方法的同源性及其所形成各省费率参数的协同性，为特情处理提供有效的解决方法。

(4) 以省为单位生成、下发和更新

鉴于各省的计费费率和规则有所差异（如差异化收费等），为此在统一通行费快速计算方法的基础上，以省为单位生成、存储和更新各自的费率基本参数表。当中各省的费率基本参数表中，用于路径还原的基础费率参数构建方法宜统一，而用于计费处理的基础费率参数则可结合省内的计费规则进行构建。这样既遵从统一的方法实现路网解析上较好的衔接，也适当考虑了各省的计费规则差异性诉求，有利于各省原有计费规则和费率可不作改变。同时，通过参数的分省和类型区分，致使

在调整时也可以以局部调整为主，不至于对全网造成太大的影响。

(5) 高清卡口和图论模型对特情路径辅助还原

在多义性路径环境下，车辆行驶路径十分重要，是车辆通行费计算的要素之一。特别是对于跨省通行车辆，若虚拟收费站的的路径信息缺失时，将直接导致出口车道系统无法根据省界标识信息对各省路径按省进行划分处理，也即无法开展通行费的计算。对于这种特殊情况，可通过查询对应的路径标识和高清卡口信息对省界虚拟站的路径进行还原；当路径标识和高清卡口信息无法还原省界虚拟站的路径时，则结合图论方式进行两省给定节点间的最优路径，以填补这丢失的省界路径标识，确保出口计费和收费程序正常开展。对于路径还原的寻优规则，统一采用最短路径法，因为该方法相较于最小费额法，具有以下优势：

- 1) 最短路径与里程相关，而路段的里程变化较少，因此以此作为规则相对稳定，不易变化；相反，最小费额则容易产生变化，如时间、车类等都可能产生导致某路段的费额产生变化。
- 2) 按最短路径来填补车辆路径标识信息的漏缺，更容易被用户所接受，争议也最少，操作性也更强。

(6) 跨省通行费快速计算应用模式的选取

车辆跨多个省份通行是常见现象，跨省通行费快速运算的效率将直接影响到通行效率和用户感受。若采用现在的方式，继续由车道系统完成跨省通行费运算，从前期调研情况看，收费车道计算机很难满足通行费快速计算的性能要求。若升级改造车道计算机，由于车道数量庞大，则要面临大量的资金投入。综合现代信息技术发展现状和趋势，结合全国路网收费系统现状，提出站级系统运算和云端系统运算两种方案：

方案一：基于部中心-省中心-收费站的站级系统快速计算模式

即部中心汇总全网各省中心提交的费率基本参数表，并将汇总的全网费率基本参数表发至各省中心，各省中心更新下发到收费站，由收费站系统完成跨省通行车辆的路径还原和通行费快速计算，仅在本省通行的车辆路径还原和通行费计算工作，可采用收费站系统和车道系统互备运算的处理机制，如图 3.4-2 所示。

- 1) 部中心组织各省中心基于通行费快速算法，以各省为单元生成各省的费率

基本参数表（含路径还原部分和路径计费部分），并负责更新维护；部中心汇总所有联网省份的费率基本参数表，并下发到各省中心，省中心逐级下发至收费站。

- 2) 车辆到达出口收费车道时，读取通行卡内入口信息和路径信息，并将请求发给收费站的计费程序完成处理。正常情况下，ETC 车辆在通过省界虚拟站时，完成途径省份的通行费扣除，因此对于 ETC 车辆，出口收费车道大部分是对省内通行车辆的通行费计算，仅当 ETC 车辆在省界虚拟站发生扣款失败时，才会触发跨省车辆的通行费快速计算流程。
- 3) 收费站的通行费快速计费程序收到车道系统的计费请求后，首先会根据省界虚拟站的标识信息按省份划分路径，然后将各省路径信息交予各省费率计算模块进行路径还原和计费处理，从而得出各省的通行路径和金额。再将通行费额进行叠加得出跨省车辆总的通行费金额，并将计算结果返回至出口收费车道。

注：1) 当省界虚拟站标识信息丢失，无法按省份划分路径时，首先通过查找后台系统标识信息和高清卡口尝试对虚拟收费站标识进行还原；若仍无法还原的，则采用通行费快速处理算法的路径还原模块按照既定规则进行还原；2) 对于各省费率计算模块，试点阶段可先采用现有计费模块，待试点阶段结束后，宜采用统一的通行费快速处理算法构建各省的计费模块，以便后续跨省收费的运营管理和客户服务等日常工作开展。

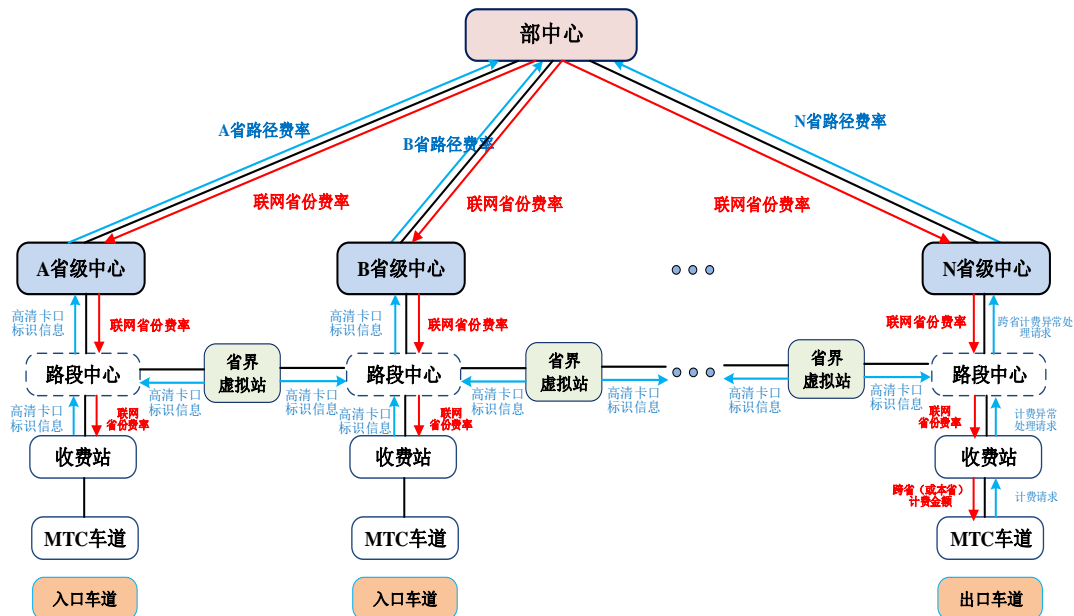


图 3.4-2 基于站级系统的通行费计算方法数据流

方案二：基于部中心-省中心分布式云的快速计算模式

即通行费计算模块部署在云端，由云端系统完成跨省通行车辆的路径还原和通行费计算。同时为降低单点故障风险，云端应采用分布式的云端部署方式，即是通行费计算模块除了在部中心部署云系统外，也在省中心进行部署，无论部中心的云，还是省中心的云都具备同样的通行费快速计算能力。

在分布式云的通行费计算应用模式下，虽然通行费计算模块部署在不同位置的云端上，但全国各省（区、市）的通行费计算模块仍由部中心统一汇总和更新管理。在此模式下，跨省通行车辆的通行费计算由云端系统完成，而本省通行车辆的路径还原和通行费计算可按照现有模式由车道系统完成，如图 3.4-3 所示。

- 1) 部中心组织各省中心基于通行费快速算法，以各省为单元生成各省的费率基本参数表（含路径还原部分和路径计费部分），并负责更新维护；部中心汇总所有联网省份的这些费率基本参数表汇总，同步更新至分布式云系统。
- 2) 车辆到达出口车道时，读取通行卡内入口信息和路径信息，若是本省通行车辆，路径还原和计费处理可按各省（区、市）现有模式执行；若是跨省通行车辆，发送跨省计费请求（含车牌信息、车型信息、入口信息和路径信息等）至云端系统。
- 3) 云端计费程序收到跨省通行费计算请求后，首先会根据省界虚拟站的标识信息按省份划分路径，然后将各省路径信息交予各省费率计算模块进行路径还原和计费处理，从而得出各省的通行路径和金额。再将该通行金额进行叠加得出跨省车辆总的通行费金额，并将计算结果返回至出口收费车道。

注：1) 当省界虚拟站标识信息丢失，无法按省份划分路径时，首先通过查找后台系统标识信息和高清卡口尝试对虚拟收费站标识进行还原；若仍无法还原的，则采用通行费快速处理算法的路径还原模块按照既定规则进行还原；2) 对于各省费率计算模块，试点阶段可先采用现有计费模块，待试点阶段结束后，宜采用统一的通行费快速处理算法构建各省的计费模块，以便后续跨省收费的运营管理和客户服务等日常工作开展。

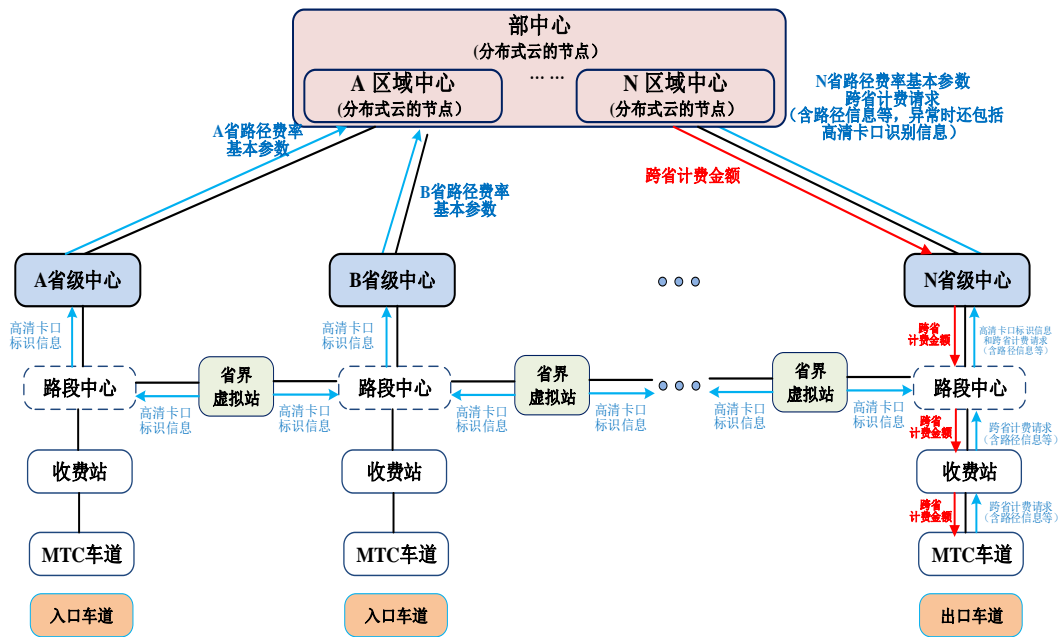


图 3.4-3 基于分布式云的通行费计算方法数据流

方案选取分析:

近些年，随着现代通信技术和网络技术的快速发展，网络攻击风险越来越严峻，问题也越来越突出，当前无论国际上还是国内，大型信息系统不再将建设集中的中央系统作为发展方向，而是通过不断加强底层系统的运算和管理能力，来增强信息系统的抗风险能力。即使某些信息系统采用中央系统，也会为了增强抗风险能力，基于分布式系统进行建设和部署，比如阿里云，不仅在国内分区域部署有云机房，还在北美、欧洲、亚洲、澳洲等全球部署了云机房。

高速公路收费系统覆盖 13.6 万公里的高速公路网，而且还是 7×24 小时不间断生产系统，其业务特点就要求系统必须具备很强的鲁棒性，即使是通信系统发生问题的情况下，仍能够现场处理，保证车道系统的正常收费秩序。

因此，跨省通行费快速计算应首要选取方案一：基于部中心-省中心-收费站的站级系统快速计算模式，站级系统具备独立工作能力。方案二：基于分布式云的快速计算模式根据情况，也可考虑作为备份方式建设。

3.4.2 通行费快速计算方案

3.4.2.1 算法核心思路

(1) 基于图论原理，将高速公路路网解析为“点”，将两个有序点间形成了“边”。在实际计费处理过程中，根据车辆路径信息匹配通过的点并推导出车辆遍历的边，最终实现对车辆路径在“图”中的还原，形成后续路径计费的关键基础。

(2) 以省为单元根据统一的路网解析方法对自身路网进行解析，并根据解析后的“点”和“边”，形成用于路径还原的基本参数；再而根据省份的计费规则形成路径计费的基本参数。这些基本参数包括：路段内费率表、路由节点表、站编码表等。在实际计费处理中，根据车辆入口、路径标识和出口信息，基于这些基本参数表寻获对应的各段“边”（即“路径还原”），并根据“边”匹配出对应的费率（即“路径计费”），再而叠加得出通行费总金额。

(3) 对于跨省的通行费计算，通过省界虚拟站的路径标识点按省份进行路径划分，再分别根据各省费率基本参数，结合车辆在对应省内行驶路径分别进行路径还原和路径计费，最后将路径计费后所得出的各省费额进行叠加得出总通行费额。

(4) 对可能存在的特殊情况，如路段间的非互通情况、路径信息的不连续、等，给出合适的应对措施或手段，确保车辆收费不会因此而受到阻碍，确保收费业务可正常开展。

3.4.2.2 基础支撑算法

在图论基础下形成的这套通行费快速处理算法，当中在路径还原和计费处理应用过程中将涉及到最优路径的选择，对于这些最优路径算法的支撑算法主要应用了 Dijkstra 算法、Floyd 算法和启发式算法。以下对这些算法进行简要介绍：

(1) Dijkstra 算法

Dijkstra 算法原则是在每一步都选择局部最优解以期望产生一个最优解。在构造路网过程中，如设定每条道路的里程为最优路径寻解因素，Dijkstra 算法将在每一步都选择里程最小的节点处理，从而产生最优路径解。

(2) Floyd 算法

当需要求解图中所有顶点之间最短路径时，则可利用 Floyd 算法直接求出图中所有顶点之间的最短路径和最短路径长度。Floyd 算法是从图的带权邻接矩阵 Edges 出发，进行最短路径的搜索。

(3) 启发式搜索算法

所谓启发式搜索，是一种最大可能利用已知信息的搜索策略，也就是说在搜索过程中尽量利用目前已经得到的，以及从初始状态和当前状态到目标状态所估计的等各种启发信息，从而向最有希望结点搜索的启发性搜索方法。

3.4.2.3 路网解析处理

一般情况下，高速路网中路段构成要素有：收费站和收费站之间构成的线段，以及将相邻线段逐段连接起来形成的一条线，即路段。多条高速公路路段则构成路网，路网的路段之间又是通过互通立交、起始连接点连接起来。由此，增加互通立交和起始连接点，并据此进一步扩充定义前述的线段，即可更进一步的阐述路网中路的连接和互通关系。对于互通立交和起始连接点，为更好地描述这些点之间所形成线段的互通属性，可将其称为虚拟收费站。另外，为实现路径标识，路网中还出现路径标识点，路径标识点又分为省内路径标识点和省界虚拟站路径标识点。

为更好地解释路网的解析处理，假设路段 L1、L2、L3 构成一个基础路网（类似一个典型基本环路）。根据上面的路网要素定义，其中 N1、N2、N3 为互通立交，S1、S2...S6 为收费站，F1、F2 为路径标识点。

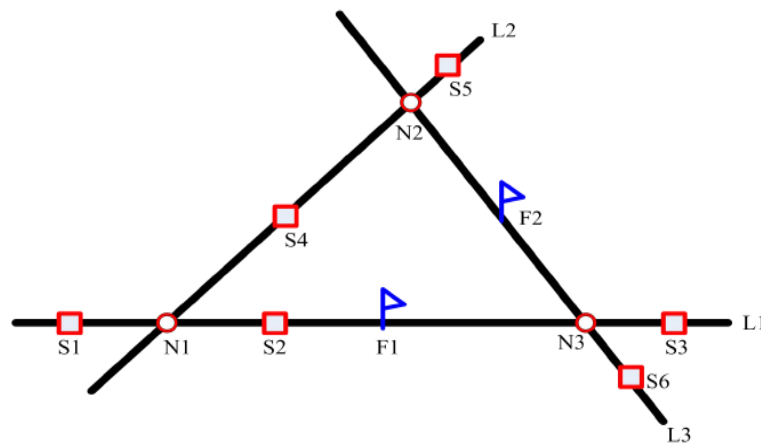


图 3.4-4 基本高速公路路网的要素示意图

当中可发现，由于在路之间的互通会存在全互通和非全互通，因此仅仅使用一个点来表示这个虚拟点与其他点之间连接属性并不完整。因此，在路网解析时将要进行如下的细化处理。

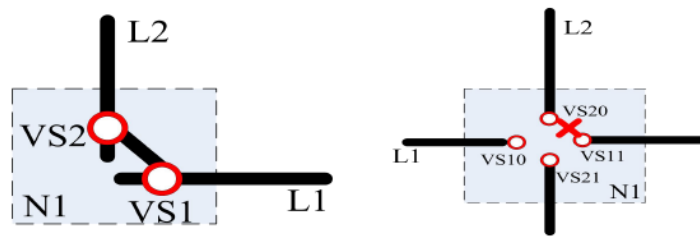


图 3.4-5 基本高速公路路网的要素细化示意图

当中，若N1为全互通，则可以用虚拟收费站VS1、VS2进行描述；如果N1为非全互通，则可以进一步将VS1虚拟为两个虚拟收费站VS10、VS11描述，VS2虚拟为两个虚拟收费站VS20、VS21描述，这样则可以更准确地表达了非全互通的互通属性。

根据上述路网基本要素的解析，辅以对互通的专项处理，配套如下的路网各组成基础信息，即可将路网的组成和关系表达清楚，也即完成对路网的解析。

- (1) 路段信息：编码、归属等；
- (2) 收费站信息（含虚拟收费站）：编码、所属路段、位置等；
- (3) 路径标识点信息：编号、标识点位置等；另外，对于省界虚拟站，其不仅是一个路径标识点，也是一个虚拟收费站。
- (4) 两点之间线段的属性：两端点、里程、收费金额等；
- (5) 两线之间的互通属性：两虚拟收费站间的连通情况等；
- (6) 跨路段两点间线的属性：两端点、里程、收费金额、路径等。

对于路网解析，以及解析过程中所积累的这些基础信息，将成为后续费率相关基础参数表的重要组成部分。

3.4.2.4 费率模型生成

对于在多义性路径环境下的通行费计算，主要包括：路径还原处理和计费处理，为此整个费率模型，也将涵盖这两大模型部分。当中前者对于各省在方法执行上高度统一，后者因各省计费规则（如差异化收费等）而存有个性补充。

(1) 路径还原模型

对于路径还原模型主要用于车辆路径还原处理之用，根据车辆的入口、路径和出口信息，通过模型将其反映至解析过的路网图中，形成易于后面通行费计算的“点”和“边”的表达关系。对于该模型建立按照统一模型构建方法（含统一的路网解析方法、参数表结构、参数表数据定义、异常寻优规则等），以省为单位进行构建生成。

对于省级的路径还原模型的生成，处理步骤如下：

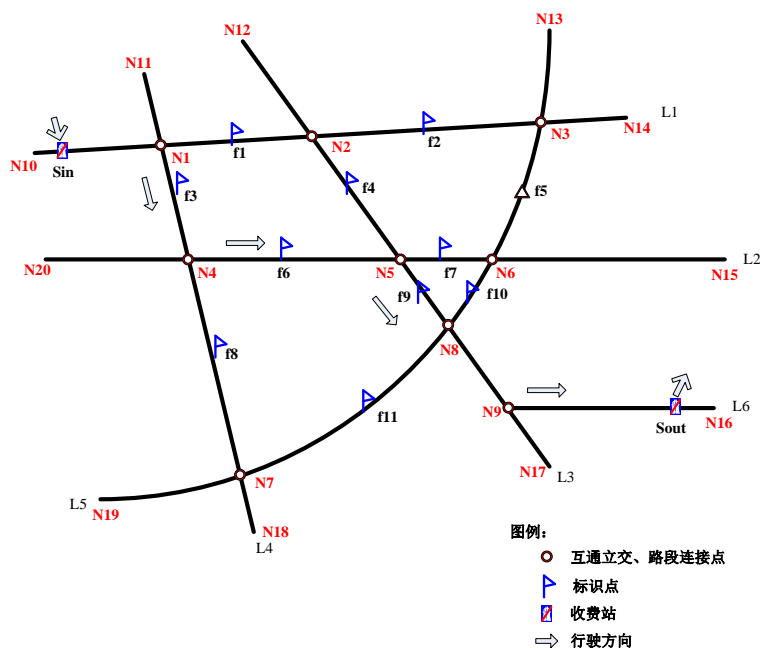


图 3.4-6 假设路网的各元素分布示意图

如上图所示，图中路网为一路网区域，图中定义： L_i 为路段编号； N_i 为路由连接点编号； f_i 为路径标识编号； S_i 为收费站编码。

- 1) 路网中有 6 条路段，分别是 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 、 L_5 、 L_6 ；
- 2) 路网中有 9 个路由节点，分别是： L_1 与 L_4 相交于路由连接点 N_1 ；...； L_3 与 L_6 相交于路由节点 N_9 ；以及路段的起始点 N_{10} ，...， N_{20} ；
- 3) 路由连接点以虚拟收费站表示 $N_1(VS_{n11}, VS_{n12})$ 、 $N_1(VS_{n21}, VS_{n22})$ 、...；
- 4) 路网中环路上的每边设置标识站，图中用 f_1 、 f_2 、...、 f_{11} 表示；
- 5) 路网中的实际收费站，用 S_1 、 S_2 ... S_n 表示。

基于上述的路网各自元素的定义，结合图论对整个路网简化成有向图：以收费站 S 、虚拟收费站 VS 为顶点，以之间的路径为边。

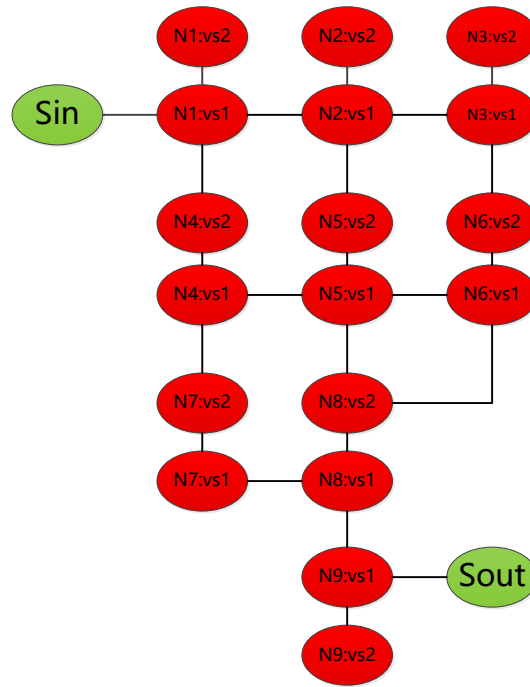


图 3.4-7 基于假设路网简化而成的模型抽象图

图中边的权值可定义为站点间的费率，结合路网的抽象图可进一步转换为以收费站、虚拟收费站为顶点，以相互之间费率为边的邻接矩阵 G 。其描述如下：

$$G[i,j] = \begin{cases} W_{ij} & \text{若顶点 } V_i, V_j \text{ 相邻接} \\ \infty & \text{若顶点 } V_i, V_j \text{ 不邻接、不互通} \\ 0 & \text{若顶点 } V_i, V_j \text{ 属于同一路由节点，且互通} \end{cases}$$

其中， W_{ij} 表示边上的权值。

通过这样的路网解析和元素定义，结合统一的单源最短路径的寻优规则（即是按最短路径进行寻优），则可构建出路径还原模型中的关键参数组成：路段内费率表、路由节点表、站编码表。在建模的过程中，已经将复杂路网已转发为图论的点、边关系，所以对于省份存在路段、互通、标识点等要素的调整，则可通过同样方法更新模型的参数条目，主要有：

(1) 根据本省路网的互通立交、标识点和路段的调整，进行原模型中的“点”和“边”数据增添，即主要体现在路由节点表、站编码表的调整；

(2) 基于这些调整重新生成该省与路径还原相关的费率基础参数表，由部中心系统进行统一的更新和存放。

(2) 路径计费模型

路径计费模型主要是根据路径还原模型处理的结果，基于还原得出的车辆行驶路径径段，进行费率的查询或计算，并叠加得出总路径对应的通行费额。对于路径计费模型，主要是在路径还原模型基础上，结合省份的计费规则所组成。但是由于各省的计费规则各异，有些可通过公式表达、有些可通过查表得出、有些须匹配其他参数判断，形式多样且会根据各省计费政策时有调整。为此，对于该模型以省为单位，结合省份规则自行构建生成。

(3) 费率模型应用

根据上述两类模型的构建，考虑到各省的计费规则具有个性化的部分，对于费率模型应用，则采用如下的层级搭建相应的模型应用程序：

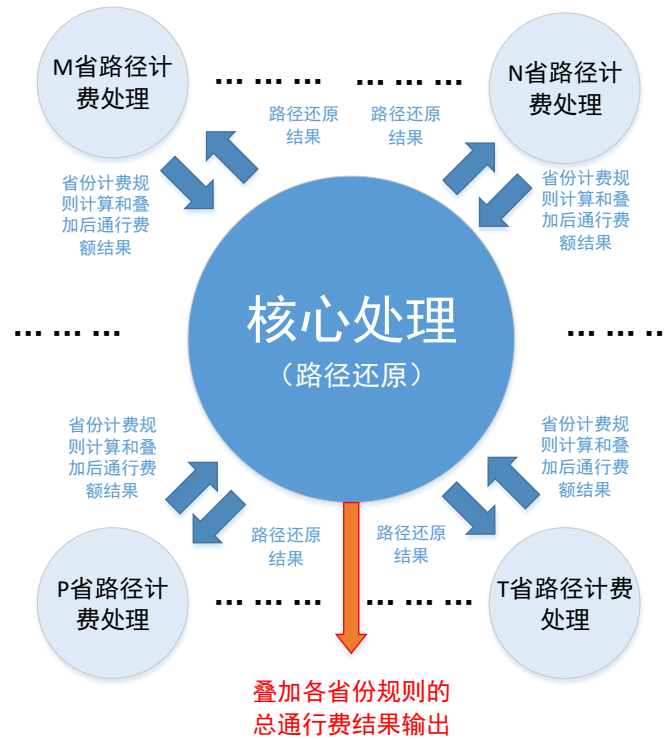


图 3.4-8 计费程序规则

这种方式充分地将两项模型中的共性部分作为核心部分输出予以统一地处理，并且也考虑各省计费规则的差异性情况实现对统一输出结果进行补充处理。当中核心处理主要是实现路径的还原，这部分的处理各省遵循统一的方法进行处理得出；对于各省的路径计费处理，则更多是考虑到各省规则的差异性，如差异性收费等，通过自身这些规则来对核心部分所输出的路径还原结果进行费额计算，并将结果反馈给核心部分进行统一的组装和最终输出。

3.4.2.5 各级处理工作

(1) 部中心处理工作

部中心系统负责将各省级的费率基础参数表和各省的计费处理模块进行统一汇聚和存放，并为了便于通行费快速计算处理方法的调用和执行，将其封装在统一的通行费快速处理程序中，再通过数据传输系统统一下发到全国各省中心系统，省中心系统再同步到下辖的站级系统。

部中心负责通行费快速处理程序的更新管理，即是当省级新增、删减互通立交、标识点，或者新增联网接入路段和费率规则时，应及时组织省级将这些新要素内容更新到对应省级的费率基础参数表和计费处理模块中，并且让其及时更新到部中心，部中心进行程序的封装和更新，并将更新的程序下发到全国各省中心系统中，再由省中心系统同步到下辖的站级系统中。

(2) 省中心处理工作

省中心系统接收到由部中心系统下发的，涵盖全路网费率基础参数表和计费处理模块的通行费快速处理程序，须将其及时更新到其下辖的各站级系统中（包括省界虚拟站系统中）。

另外，当省级产生影响到本省费率基础参数表的调整时，应上报部中心，并根据统一的模型构建方法完成自身费率基础参数表和计费处理模块的更新，并及时上传到部中心处进行统一封装更新管理。

(3) 收费站处理工作

收费站主要负责跨省通行车辆的通行费计算的处理工作，主要是根据省中心下发的涵盖全国联网省份的费率基本参数和计费处理模块的通行费快速处理程序，对跨省通行车辆的路径结合省界虚拟站标识信息按省份进行路径的划分和还原，并将各段按省份所还原的车辆行驶路径通过对应省份的费率计算规则计算出对应的通行费，并将各省的通行费叠加得出总的车辆通行费。对省内通行车辆，则无需进行按省份进行路径的划分处理，其他处理流程与跨省基本一致。

考虑到收费站在通行费计算时，会存在路径信息连续或不连续的情况。对此可按这个情况执行如下办法：

1) 路径信息连续时处理方法

当收费站计算通行费时，若该 CPC 卡/OBE（OBE 是 OBU 和非现金支付卡的合称）中所记录的路径信息连续，则判别卡中是否含有省界虚拟站的标识信息，若有则先按省进行分段处理，再而以省为单位进行路径还原。对于无省界虚拟站的标识信息则直接进行路径还原处理流程。对于路径还原处理，主要是根据卡内记录的入口信息、路径信息，还原出实际的行驶路径，然后对同一路段路径进行合并，查找各段路段内费率参数表，得出各分段费额，最后叠加即为最终费额。当中对于该项处理工作，主要包含以下 4 项步骤：

- 1) 通过路径还原模型，基于 CPC 卡/OBE 的路径信息进行路径的两端点站之间的各径段还原；
- 2) 实现路段内各路径径段的合并，即是根据同路段路由节点进行径段合并；
- 3) 根据路径径段通过相应的路径计费规则或参数获取路径段的对应费额；
- 4) 将各分段的费额叠加，计算出最终费额，即为车辆在某省的通行费额。

对于涉及到跨省通行的车辆，还应将各省计算得出的通行费额，再次叠加得出跨省通行的总费额。

2) 路径信息不连续时处理方法

在实际通行中，会存在因路径丢失等异常情况，而产生的路径站点信息不连续的现象。对于这种情况，通过路径还原模型和统一规则（最短路径）来寻获缺漏点之间两个点的最优路径，从而实现路径不连续时的还原处理。对于路径存在较多缺漏时，则可先通过高清卡口的信息尽量复原缺漏的路径标识后，再计费处理。

(4) 省界虚拟站处理工作

对于 MTC 车辆，省界虚拟站需根据 CPC 卡内的入口信息（或省界虚拟站的虚拟入口信息）、路径信息（本省）及车型信息等，计算车辆在本省的通行费，作为事后对账核对的参考信息。同时，对于 ETC 车辆，省界虚拟站除了需要还原 ETC 车辆省内路径、计算省内通行费金额外，还应对 OBE 进行通行费的扣除处理。

考虑到省界虚拟站存在上述计费处理工作，因此省界虚拟站可视为一个虚拟收费站，该虚拟收费站承担车辆在本省内的路径还原和计费处理工作，具体对于通行费计费处理应用，与普通收费站基本一致。

3.4.2.6 漏标、误标的处理

由于在实际运营过程中，车辆路径标识信息会存在漏标和误标的情况，对于这种特殊情况，可通过以下方案进行处理。

(1) 漏标处理

1) 漏标处理的前提条件

① 时钟同步准确性

尽量保证全国及各省联网收费系统的系统时钟尽量一致；要保证全国的收费系统与全国的标识点系统时钟的一致；要保证全国的收费系统时钟与高清卡口系统的时钟一致。

② 高清卡口建设及车牌识别率

由于高清卡口是特殊情况下，车辆路径辅助还原的一种有效手段，因此标识点处也具有高清卡口的处理功能，并且能形成与标识点的对应关系。另外，应确保高清卡口的车牌识别率，因为若高清卡口的信息不准确，则可能会还原出错误路径。

③ 可靠的数据传输

全国的收费系统、标识点系统、高清卡口系统应保证数据上传及时性和完整性。

④ 可靠的数据传输

全国路径还原模型应遵循统一的寻优规则，如按最短路径规则寻优。

2) 漏标处理的方法

一般情况下，基于漏标所呈现的表征特征，即是路径的不连续。因此，对于可通过高清卡口进行辅助还原的，首先通过高清卡口的信息匹配对应标识点的信息，以进行局部的匹配和修复。

对于无法通过高清卡口信息给予修复的漏标情况，则基本以出行经济性为最优的最短路径规则寻优选择，即是当路径中产生标识点缺失时，则可以通过原拟定的有向图理论和以最短路径的搜索原则进行最优遍历，并以此作为漏标位局部匹配和修补处理原则。以下是一个简例：

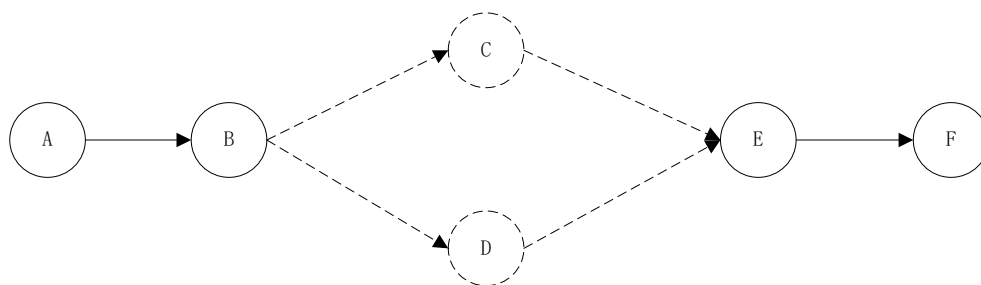


图 3.4-10 漏标位局部匹配和修补处理示意

如当 B 和 E 之间的标识出现缺漏时，将已 B 与 E 之间的最短路径作为该路径标识的修复基准。

(2) 误标处理

当出现误标的情况时，通过入口信息、出口信息，以及标识点所在路网中的逻辑关系，剔除其误标的错误信息。

1) 误标处理的前提条件

通过对已建标识点省份的了解，在同一省内连续遗漏 3 个标识的概率极低，为此，当出现连续 3 个及以上产生标识缺失时，可以暂时作为误标的判断依据。若最终通过误标判断不符合时，则认为是连续漏标，按漏标流程处理。

2) 误标处理的方法

① 连续漏标剔除误标点

当卡内连续丢失 3 个标识点时，并且连续丢失的标识点在高清卡口信息里也无法匹配，则会向暂时判定丢失的这 3 个标识点的前、后标识点为疑似误标点。对于前、后标识点继续通过高清卡口信息参考并修复，若无法修复或无法确定误标存在，取消本次误标判断。若判断后确实存在误标情况，则删除误标点后，进行还原和计费处理。

② 特征值过滤

基于路网误标的统计分析，对误标率高的部分区域进行特征值设定，当卡内标识信息符合特征值，自动过滤掉错误的标识点。

③ 超速判断

由车辆出、入口的时间对比和里程数可以得知该车本次行驶的平均速度，当出现误标时，平均速度值将异常。因此，设定一个平均速度参考值，当速度远超过参考值，则能判断有误标存在。

3.4.3 费率基本参数表

对于通行费快速计算方案中的费率模型，当中通用部分的路径还原模型构建完成后，各省将形成以下三张基本参数表，这三张参数表须统一更新给部中心以作为通行费快速处理程序的重要组成。主要包括有：

(1) 路段内费率表

路段内费率表用于描述路段内站点（含虚拟收费站）间的里程、标识点组成等。当中主要涵盖内容有：路段编码、入口站编码、出口站编码、里程（米）、版本号、启用时间、标识点组合、调头编码等。

以下为路段内费率表的字段名、数据内容参考：

表 3.4-1 路段内费率表

序号	字段名	别名	数据类型	字节宽度	主键
1	路网编码	NetRoadID	SmallInt	2	PK
2	路段编码	RoadID	Integer	4	PK
3	入口站编码	EnStationID	Integer	4	PK
4	出口站编码	ExStationID	Integer	4	PK
5	实际里程(米)	Miles	Integer	4	
6	版本号	Version	Integer	4	PK
7	启用时间	StartTime	DateTime	8	
8	标识点组合	FlagComb	varChar(80)	80	
9	调头编码	UturnID	smallint	2	PK

注：

- (1) 此表记录为各路段基础里程，该里程一般为物价局批核的计费里程；
- (2) 入口、出口站编码可能为实体收费站编码、或者虚拟收费站编码。
- (3) 标识点组合：入口站至出口站间的标识点组合，按行驶方向从低位到高位存放，每个标识点4个字符，用16进制表示。
- (4) 版本号：用YYYYMMDD##表示，##按数字顺序填写，如01、02等，并且三张参数表的版本号均一致。
- (5) 启用时间：为本表启用的时间。
- (6) 调头编码 UturnID(smallint)，表示该条费率路径从收费站编码表（Station）中在该编码对应的调头位调头。

(2) 路由节点表

用于描述路段间连接关系和路段内的分支连接关系，也可描述跨省路段间的连接关系，表中站编码为虚拟收费站编码。当中主要涵盖内容有：节点编号、节点名称、路网编码 1、路段编码 1、站编码 1、路网编码 2、路段编码 2、站编码 2、版本号、启用时间、状态等。另外，当节点被超过 2 条路段共用时，额需要添加新的

记录，但是节点编号一致。

以下为路由表的字段名、数据内容参考：

表 3.4-2 路由表

序号	字段名	别名	数据类型	字节宽度	主键
1	节点编号	NodeID	smallint	2	PK
2	节点名称	Name	VarChar (20)	20	
3	路网编码 1	NetRoadID	SmallInt	2	PK
4	路段编码 1	RoadID1	Integer	4	PK
5	站编码 1	StationID1	Integer	4	PK
6	路网编码 2	NetRoadID	SmallInt	2	PK
7	路段编码 2	RoadID2	Integer	4	PK
8	站编码 2	StationID1	Integer	4	PK
9	版本号	Version	Integer	4	PK
10	启用时间	StartTime	DateTime	8	
11	状态	Status	Tinyint	1	
12	备用	Spare	VarChar (20)	20	

注：

- (1) 站编码为虚拟收费站编码。
- (2) 版本号：用 YYYYMMDD##表示，##按数字顺序填写，如 01、02 等，并且三张参数表的版本号均一致。
- (3) 启用时间：为本表启用的时间。
- (4) 备用字段(spare)使用说明：
 - 0：路段节点；
 - 非 0：支路节点的路段编码；当为非 0 时，路段编码 1 和路段编码 2 填写的是支路编码，站编码 1 和站编码 2 填写的是分支连接点编码。
 - 填写格式：由于此字段为字符型，而路段编码为整型，填为路段编码的整数对应的字符，如路段编码为整数 102，则此字段填为字符“102”。

(3) 站编码表

主要用于描述路段内站点（含虚拟收费站）、分支点等信息，配合路段内费率表还可以表达掉头位等关系。当中主要涵盖内容有：路网编码、路段编码、站编码、收费站类型、站物理序号、启用时间、版本号等。

以下为站编码表的字段名、数据内容参考：

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/225231100132011224>