

## 第 11 章 节能评价

### 11.1 建设期耗能分析

#### (1) 建设期耗能影响因素

项目建设期的能源消耗具有一次性、数量大的特点，但所占比例相对较小。建设期间将消耗一定的能源，包括工程建设用电和燃油等，与工程建设规模、施工条件、施工工艺等直接相关。

#### (2) 建设期能源消耗

拟建项目建设期 24 个月，能源消耗主要有：重油 2203545.527 千克，折算标准煤 3146.66 吨；柴油 6208795.172 千克，折算标准煤 9046.84 吨；汽油 97167.983 千克，折算标准煤 142.97 吨；煤 152.252 吨，折算标准煤 108.75 吨；电 18509150.951 千瓦时，折算标准煤 2274.77 吨。

### 11.2 运营期节能

公路营运期间的能源消耗是一种长期的连续投入，主要体现在运输过程中各种公路运输工具的油耗。随着公路交通的日益发展，汽车的燃油消耗愈来愈大。因此，在项目营运过程中采取措施节约运输燃油对国民经济具有一定的意义。

本项目节能运营评价期为 20 年。

#### 11.2.1 项目运营管理耗能分析

##### 1. 公路运输中燃油消耗的影响因数

影响公路运输燃油消耗的因素很多，但主要有两类：

第一类是车辆本身的燃油经济性，这是由车辆本身的机械特性决定的，在出厂时就已经确定。第二类是车辆的行驶状态，这取决于车辆运行具体环境以及驾驶员的操作技能。可概括为如下几方面：

- (1) 道路条件，包括几何特征（纵坡、曲率和路面宽度等）和路面特性（平整度等）；
- (2) 车辆特性，包括物理特性和行驶特性（发动机功率、转速车辆重量等）；
- (3) 交通状况，如流量、交通组成、行人流量和非机动车流量等；
- (4) 地区因素，如司机的驾驶行为和车速限制等。

车辆运行的燃油消耗量是与道路交通条件密切相关的。车辆的运行过程通常由起步、换档、加速、减速、滑行、制动等基本单元组成。当道路条件、交通条件变化时车辆运行油耗也随之改变，在良好的道路条件（路面平整度、平纵线形等）和良好的交通状况（快慢车分道行驶、无非机动车、横向干扰较小等）时，车辆运行状态稳定，其耗油量相对较小；而当道路、交通状况恶劣时，车辆行驶中减速次数随之增加，车辆运行状态将变得不稳定，耗油量相对于稳定行驶增加很多，尤其是当停车次数增加，起动加速所耗油将是稳定状态行驶时的几倍。

## 2. 道路条件对燃油消耗的影响

道路几何条件对燃油消耗的影响直接由平曲线半径、纵坡、路面状况、侧向净空和道路横坡等所决定，此外燃油消耗也通过车速而受道路几何条件的间接影响（车辆因几何条件变化而加速或减速）。

当车辆由直线驶入曲线时，车辆的燃油消耗将要增加，这主要是由以下三个因素造成的：

（1）进入曲线前因换档减速而损失动能；

（2）当车辆受到离心力作用时滚动阻力增加（离心力与曲线半径成反比，而与车速的平方成正比）；

（3）曲线段车辆以较低排档行驶，车辆内摩阻增大。

施工试验性研究表明路线纵坡较小时（-3%~+3%），行车速度主要随平曲线曲率的增加而降低，并当平曲线半径  $R \leq 400\text{m}$  时车辆行驶速度才明显降低。

道路纵坡对燃油消耗影响很大，在上坡时燃油消耗随着坡度的增加而增加，但在下坡时相应的燃油节约比较有限。

路面状况对车辆油耗也有直接的影响，其主要影响因素为路面平整度，在高级及次高级路面上行驶要比在非高级路面上行驶节约燃油 30~40%，因为非高级路面要克服较大滚动阻力。

## 3. 交通状况对燃油消耗的影响

交通条件主要是指道路服务水平，包括混合交通情况、交通流大小及离散程度、行人及横向干扰程度、行车速度以及交通设施的完善程度等，在这一方面，高等级公路的耗油节约明显优于其它等级公路，研究经验表明，燃油消耗量是车速的函数，而车辆的实际行驶车速在道路条件良好的情况下便是交通量、交通组成和驾驶技术等因素的集中体现。在高等级公路上行驶的车辆，由于有良好的交

通状况，其车辆油耗主要取决于道路行驶质量和驾驶技术等因素；在二级及二级以下等级公路上行驶，由于交通状况极其复杂，非机动车和行人及横向干扰很大，致使车辆频繁地加速、减速和停车，其燃油消耗比高速公路大很多，据研究表明汽车每次停车起动的燃油消耗相当于汽车多跑 180m 左右。研究表明，通畅的道路比拥挤的道路节约燃油，这主要是由于汽车以低速行驶时，节气门开度小，曲轴转速高，发动机在非经济工况下工作。

#### 4. 道路运营管理耗能

在项目运营期间，除了公路运输产生的燃油消耗，项目运营还包括服务区、监控设施等的耗能。

项目的照明耗能主要包括服务区照明、收费广场照明等方面。

监控设施用于来往车辆的监控，需要主要为提供监控设施正常运行的电能。

### 11.2.2 项目使用者节能计算

本项目节能评价的目的是为建设方案的决策提供依据，其评价的主要原则与方法是：

(1) 全面性——在评价过程中，不仅应考虑拟建项目的燃油节约，而且应考虑拟建项目所在路网中相关公路的燃油变化。

(2) 采用“有无比较法”——通过“有项目情况”与“无项目情况”下燃油消耗的比较，计算燃油节约量，采用实物燃油量分析法直接计算燃油节约的实物量。

(3) 采用“消费者剩余法”计算诱增交通量燃油节约量——按照减半原则，单位诱增交通量燃油节约应是正常交通量的一半。

(4) 车辆的单位燃油消耗按动态计算——单位燃油消耗是计算公路运输燃油消耗节能的关键参数，并考虑其在公路运营期间随交通流等条件而变化。

(5) 评价指标简单明了——考虑目前实际情况，只考虑一个主要指标即燃油节约总量。

参照世行提供的公路设计与养护软件 HDMIII 中《公路设计养护标准系列-发展中国家汽车运输成本》一书，建立油耗模型，结合我国的代表车种与燃料消耗率的关系，得出了不同车种、不同车速的车型在高级次高级路面下的燃料消耗率与车速的 F—V 简化曲线。

变量说明:

F: 燃油消耗量 (1/103km)

V: 行驶速度 (km/h)

R<sub>S</sub>: 上坡 (m/km)

F<sub>L</sub>: 下坡 (m/km)

R: 路面平整度 (IRI, 单位: mm/km)

小客车油耗模型:

$$F = 55.36 + 499 / V + 0.0058V^2 + 1.549R_S - 0.854F_L + 0.019R$$

大客车油耗模型:

$$F = 27.274 + 3940 / V + 0.0581V^2 + 2.906R_S - 1.277F_L + 0.0028R$$

货车油耗模型:

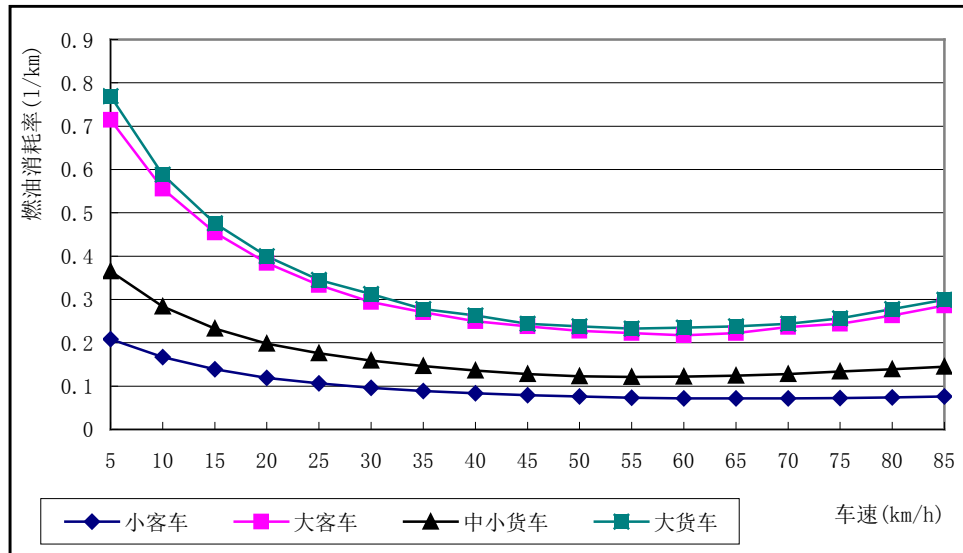
$$F = 2.66.52 + 2517 / V + 0.0362V^2 + 4.27R_S - 2.74F_L + 0.0066R$$

根据日本在高级路面条件下研究得到的“基本燃料消耗指数”，结合我国的代表车种与燃料消耗率的关系，得出了不同车种、不同车速在高级次高级路面下的燃料消耗率见下表。

燃油消耗指标表

平均速度 (km/h)	小 客 车		大 客 车		中 小 货 车		大 货 车	
	燃料消耗率 (l/km)	指 数	燃料消耗率 (l/km)	指 数	燃料消耗率 (l/km)	指 数	燃料消耗率 (l/km)	指 数
5	0.2083	292	0.7143	329	0.365	300	0.7692	331
10	0.1667	233	0.5556	256	0.2841	234	0.5882	253
15	0.1389	195	0.4545	209	0.2326	191	0.4762	205
20	0.119	167	0.3846	177	0.198	163	0.4	172
25	0.1064	149	0.3333	153	0.1761	145	0.3448	148
30	0.0962	135	0.2941	135	0.159	131	0.3125	134
35	0.0885	124	0.2703	124	0.146	120	0.2778	119
40	0.0833	117	0.25	115	0.1361	112	0.2632	113
45	0.0787	110	0.2381	110	0.128	105	0.2439	105
50	0.0758	106	0.2273	105	0.123	101	0.2381	102
55	0.0735	103	0.2222	102	0.1215	100	0.2326	100
60	0.0719	101	0.2174	100	0.122	100	0.2353	101

65	0.0714	100	0.2222	102	0.1245	102	0.2381	102
70	0.0719	101	0.2366	109	0.128	105	0.2439	105
75	0.0725	102	0.2439	112	0.1335	110	0.2564	110
80	0.0741	104	0.2632	121	0.1391	114	0.2778	119
85	0.0758	106	0.2857	131	0.1451	119	0.2992	129



不同车型燃油消耗与车速简化曲线

## 主要道路条件

公路等级	路面不平度 IRI (mm/km)	坡度
高速公路、一级公路	2000	< 3%
二级公路、一般公路	8000	< 6%

新建项目的燃油节约主要包括：

- (1) 新建公路晋级节约；
- (2) 原有道路减少拥挤节约；
- (3) 新建道路缩短里程节约。

公路晋级所产生的油耗节约：

指公路建设项目的实施，使得车辆单位里程的燃油消耗减少而节约的燃油量。

计算方法为：

$$B_1 = (C_{00} - C_n) \times L_n \times Q_n \times 365$$

式中： $B_1$ ：公路晋级的燃油节约量（升）；

$C_n$ ：新建项目上的平均燃油消耗（升/公里·车）；

$C_{00}$ : 无本项目时, 老路上的平均燃油消耗 (升/公里·车);

$Q_n$ : 新建项目上的年均日交通量 (辆/日);

$L_n$ : 新建项目的全程 (公里)。

老路减少拥挤所产生的消耗节约:

无此项目时, 原有相关公路的交通量不断增加, 平均行车速度相应降低, 停车次数增加。有此项目后, 使原有相关公路部分交通量发生转移从而减少了拥挤, 原应提高的单位燃油量不再提高, 从而形成了节约。

其计算方法为:

$$B_2=(C_{00}-C_{01}) \times L_0 \times Q_0 \times 365$$

式中:  $B_2$ : 减少拥挤所产生的燃油节约 (升);

$C_{01}$ : 建设项目后, 老路上的燃油消耗 (升/公里·车)

$L_0$ : 老路的里程 (公里);

$Q_0$ : 本项目建成后, 老路上的平均日交通量 (辆/日)。

缩短里程而产生的节约:

指新建公路项目缩短了里程, 从而直接节约了在其上运行车辆的燃油消耗。

其计算方法为:

$$B_3=(L_0-L_n) \times C_{00} \times Q_n \times 365$$

式中:  $B_3$ : 缩短里程而获得的燃油节约量 (升);

$L_0$ : 老路的里程 (公里);

$L_n$ : 新建项目的里程 (公里);

$Q_n$ : 新建项目上的年均日交通量 (辆/日);

$C_{00}$ : 不建本项目时, 老路上的平均燃油消耗 (升/公里·车)。

根据上述方法及有关参数、结合本项目预测交通量, 计算结果见下表。本项目建成后, 在运营期内将节约燃油消耗 22795 万升, 相当于 24.27 万吨标准煤。

燃油节约计算表 (推荐方案) 单位: 万升

特征年区间	燃油节约
2020~2025	4999
2025~2030	6059
2030~2035	6464
2035~2039	5273
合计	22795

### 11.3 对当地能源供应的影响

项目所需要的重油、汽油、柴油等可直接从市场上购买。本项目工程用煤可从市场上就近购买；用电可与沿线地方电力部门协商，就近解决；同时考虑自配发电机，以备急用。

### 11.4 主要节能措施

本项目从公路结构性节能措施、技术性节能措施和管理性节能措施三方面阐述：

#### 1. 结构性节能措施

##### (1) 优化基础设施结构

加强公路网络化建设。加快我省国省道公路网、农村公路建设，强化连接线、断头路等薄弱环节，发挥公路网络效益，提高路网通行能力和效率。

全面提升路网技术等级和路面等级。加快高等级公路建设，加大国省干线公路扩容升级改造力度。加快未铺装路面改造，提高路网路面铺装率，强化公路路面养护，全面改善路面状况。

##### (2) 优化车辆运力结构

加快调整、优化公路运输运力结构。加速淘汰高耗能的老旧车辆，引导营运车辆向大型化、专业化方向发展。加快发展适合高速公路、干线公路的大吨位多轴重型车辆、汽车列车，以及短途集散用的轻型低耗货车，推广厢式货车，发展集装箱等专业运输车辆，加快形成以小型车和大型车为主体、中型车为补充的车辆运力结构

##### (3) 优化车辆能源消费结构

大力推进运输车辆的柴油化进程。鼓励和引导运输经营者购买和使用柴油汽车，提高柴油在车用燃油消耗中的比重。

积极推进车用替代能源的应用。因地制宜推广汽车利用天然气、醇类燃料、煤层气、合成燃料和生物柴油等替代燃料和石油替代技术。

#### 2. 技术性节能措施

##### (1) 大力发展智能交通技术

大力推进公路运输的信息化和智能化进程，加快现代信息技术在公路运输领

域的研发应用，逐步实现智能化、数字化管理。重点加强以高速公路客运为骨干的现代客运信息系统、客运公共信息服务平台、货运信息服务网和物流管理信息系统建设，促进客货运输市场的电子化、网络化，实现客货信息共享，提高运输效率，降低能源消耗。

### （2）强化车辆节能技术应用

推广柴油车辆、混合动力汽车、替代燃料车等节能车型，推广应用自重轻、载重量大的运输设备；开发、推广汽油发动机直接喷射、多气阀电喷、稀薄燃烧、提高压缩比、发动机增压等先进节油技术。鼓励使用子午线轮胎、安装导流板、安装风扇离合器等汽车节能技术和产品的推广应用，降低附属设备能耗。大力加强在用车辆的定期检测维修保养，改善营运车辆技术状况。

## 3. 管理性节能措施

### （1）提高公路货运组织化水平

优化运输组织和管理。引导运输企业规模化发展，充分运用现代交通管理技术，加强货运组织和运力调配，有效整合社会零散运力，实现货运发展的网络化、集约化、有序化和高效化。有效利用回程运力，降低车辆空驶率，提高货运实载率，降低能耗水平。

大力发展先进运输组织方式。逐步培育一批网络辐射广、企业实力强、质量信誉优的运输组织主体，加快发展提供仓储、包装、运输等全过程一体化的第三方物流，以及提供完整物流解决方案的第四方物流。大力推进拖挂和甩挂运输发展，充分发挥其车辆周转快、运输效率高和节能减排效果好的优势。

### （2）提升公路客运组织管理水平和服务品质

加强客运运力调控，大力推进客运班线公司化改造，提高公路客运企业集约化水平；推广滚动发班等先进客运运输组织模式，提高客运实载率。

完善公共客运服务体系，加快构建由快速客运、干线客运、农村客运、旅游客运组成的多层次客运网络服务体系，全面提升客运服务品质，积极引导私人交通转向公共交通，降低全社会的能源消耗水平。

### （3）提高汽车驾驶员节能素质

强化节能驾驶培训管理。制定汽车节能驾驶技术标准规范，编制培训教材和操作指南，积极推广模拟驾驶，强化公路运输企业节能驾驶的培训力度，全面提升汽车驾驶员的节能意识与素质。



## 11.5 节能评价

综上所述，本项目建成后能源节约的效果显著，20 年评价期内，本项目的建设共可节约燃油 22795 万升，相当于 24.27 万吨标准煤。因此，对于本项目的建设来说，具有较好的节能作用。