

文章编号: 1002-0268 (2003) S1-0012-07

山区高速公路交通工程设计的技术特色

张巍汉

(交通部公路科学研究所, 北京 100088)

摘要: 根据京珠国道主干线粤境北段高速公路小塘至甘塘段交通工程及沿线设施设计和相关的山区课题研究, 提出山区高速公路服务区选址、隧道监控、雾区监控、收费管理、山区供电和交通安全的解决方案, 总结山区高速公路交通工程设计的技术特色。

关键词: 山区; 高速公路; 交通工程; 特色

中图分类号: U491

文献标识码: A

Technology Characteristics of Mountain Area Expressway Traffic Engineering Design

ZHANG Wei-han

(Research Institute of Highway, Ministry of Communications Beijing 100088 China)

Abstract: According to the design of traffic engineering and roadside facilities of Jingzhu National Highway from Xiaotang to Gantang section and some studies about mountain area expressway, the author presents the schemes for service area location, tunnel monitoring, TSC in turbid area, road safety in mountain area, and sums up the technology characteristics of mountain area expressway traffic engineering design.

Key words: Mountain area; Expressway; Traffic engineering; Characteristics

随着我国高速公路建设事业的飞速发展和西部大开发发展战略的实施, 在经济不甚发达的山区建设高速公路以带动当地经济的发展已经成为当前公路建设的一项重要任务。这是我国基础设施建设的重要一环, 也是国民经济建设战略的需要。

但是, 山区地形起伏较大, 地质和气候条件复杂, 因此山区高速公路往往存在着曲线半径较小, 填、挖方较大, 桥隧密布, 视距不良等不利于交通安全和交通管理的情况, 这就决定了山区高速公路的交通工程设计有其自身的鲜明特点。

下面选用交通部公路所主持的京珠国道主干线粤境北段高速公路小塘至甘塘段交通工程及沿线设施设计和相关的山区课题研究, 总结山区高速公路交通工程设计的技术特色。

1 项目概况

1. 京珠国道主干线粤境北段高速公路小塘至甘塘段北接湖南耒宜高速公路, 南接京珠国道粤境南段

(甘塘至翁城段), 全长 109km。

2. 路线的 K13~K85 段位于山区, 按山岭区双向四车道标准设计, 计算行车速度 80km/h, 路基宽度 23m, 中央分隔带宽 1m。其余路段位于重丘区, 计算行车速度 100km/h, 路基宽度 24.5m, 中央分隔带宽 2m。

3. 全线在坪石、梅花、大桥、东田、乳源和韶关设置了 6 处互通立交, 其中梅花互通、大桥互通、东田互通和乳源互通位于山岭区, 立交的进出交通量很小。

4. 本路段共设置隧道 14 处 (按单洞计), 大桥、特大桥 20 余处, 近 30% 的路段为桥梁和隧道。

2 山岭区的特点要求在设计中重点解决的问题

1. 路线位于粤北山区, 蜿蜒穿行于崇山峻岭之中, 层峦叠嶂, 起伏变化, 导致项目沿线急弯、陡坡屡见不鲜, 高填方、深挖方、高挡墙此起彼伏, 还存在部分视距受限路段, 如何保证行车的交通安全成为

一个巨大的考验。

2. 桥梁与隧道紧密相连, 形成了桥—隧—桥和隧—桥—隧的独特特征。如何在有效地对它们进行监控和管理的同时控制系统的规模, 是设计中要重点考虑的问题。

3. 京珠粤境高速公路的红云地区是粤北典型的雾区, 一般每年从 10 月底开始至第二年的 1 月中旬是浓雾常发期, 每次降雾持续时间一般在 4~5 天左右, 平均每年雾天有 120 多天。该雾区的气象特征是降雾范围比较固定, 一般为红云区段方圆 25km 左右, 往往是山底天气很好, 山顶浓雾。每次降雾持续时间长, 雾浓度高, 能见度不足 10m, 雾区湿度大, 温度低, 冬季偶有结冰。这种气象特征对高速公路行车安全构成严重威胁, 是高速公路恶性交通事故多发区。本路段是隧道群与雾区等条件相结合的区段, 确保雾区的行车安全是一个重要问题。另外, 高速公路开通后, 对雾区形成的影响, 也是需要长期观测研究的另一课题。

4. 基于过境交通为主要交通流量, 某些匝道站进出流量很小的交通流特征, 如何优化收费管理模式是值得探讨的问题。

5. 山岭地区人口稀少, 城镇稀疏, 经济不发达, 导致高速公路沿线的许多管理、控制设施的用水、用电十分困难。另外, 山岭地区地势陡峭, 房屋建设没有场地, 这对于一些有人监控站的设置和员工的值班、安全、住宿等十分不利。

3 交通工程设计的技术特色

1. 管理体制

全线设置监控通信收费分中心 1 处 (东田)、服务区 2 处 (云岩、乳源)、停车区 2 处 (小塘、大桥)。在确定管理体制的时候充分考虑了山区高速公路的特点, 使之能更有效地发挥管理作用。

(1) 根据地形和气候的特点设置服务设施

本项目高速公路在红云地区附近急剧爬升后又急剧下降, 在路线经过的山顶位置是红云雾区。

在服务区选址时, 将本路线的两个服务区云岩服务区和乳源服务区分别设置在红云雾区两侧爬坡路段

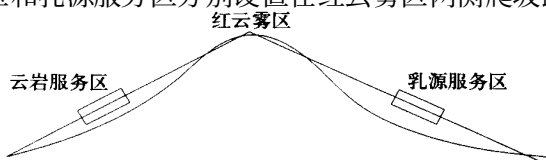


图 1 雾区两侧服务区的设置示意

的中间, 这主要出于以下考虑:

a. 驾驶员在长时间纵坡路段行驶后很容易疲劳, 车辆也容易发生故障, 服务区设置在爬坡路段的中间可以为上下坡的车辆提供休息、加水、汽修等服务, 让驾驶员可以恢复疲劳, 有利于安全行车。

b. 在红云雾区出现大雾天气时, 可以让车辆在服务区临时停车和避让。

(2) 隧道的集中监控

本项目的隧道数量多, 如采用传统的隧道监控所单独监控方案则面临着很多困难: 山区野外没有足够地形条件设置隧道管理所, 而且隧道所人员的值班和安全问题必需考虑。

为此, 我们对传统的隧道监控模式和隧道群集中监控模式进行了方案比选, 最终采用了隧道群集中监控管理的方案 (方案比选内容在监控系统内详细叙述)。即: 在东田设置监控分中心, 所有监控外场设备将收集到的信息传送到监控分中心, 监控分中心的命令传送到各外场显示设备。

这样, 取消了隧道监控所这一管理级别, 将全线所有隧道作为一个完整的隧道群来考虑, 由监控分中心集中管理。这种管理模式在建设期间即可节省 2 000 万元的投资, 而且运营期间的费用也有大幅度下降。

(3) 收费区域集中管理

因为通过梅花、大桥、东田、乳源互通进出高速公路的交通量很少。在这种情况下, 若采用以收费站为基本单元的收费管理模式则存在不利于资源的综合利用、管理人员冗余等缺点。

因此我们采用了收费区域集中管理的模式。即根据交通流特征, 将若干个收费站划为一个收费区域, 区域内被合并站的信息、指令、人员住宿、票款均由区域内主站统一管理。

通过这种模式, 能够有效地控制站的规模, 减少驻站人员, 降低工程造价和运营成本。收费区域集中管理在收费系统中还会给予详细论述。

2. 安全设施

交通安全设施是最基础、最必需的安全防护系统, 它对于保障行车准确、安全、快速、舒适, 对整个交通工程系统的合理运营起着决定性的作用。对于山区高速公路来说, 交通安全设施的地位更是十分重要。

为确保高速公路的安全水平, 针对山区高速公路的特点, 我们在设计中采用了以下的具体对策。

(1) 对重点路段 (潜在的“事故”“黑点”路段) 加

强交通安全控制

由于地形、地物的限制，山岭区局部路段的平、纵曲线采用了较低的设计值，平曲线处高大的挖石方断面有可能导致视距不足，使驾驶员不能正确判断前方路况。另外，过快的行车速度也是存在较多的潜在事故“黑点”主要原因。要解决这些路段的交通安全问题，就要从这两方面着手。我们在设计中采用了如下设计方案：

a 在合适位置设置适当的交通标志和可变信息标志，重要的标志内容重复多次，向驾驶员提供充分的前方道路信息，对危险路段进行警告，使驾驶员对路况有正确的心理预期，能够采取正确的驾驶行为。

b. 在危险路段的前方设置减速标线或振动带，强迫驾驶员降低车速，以安全的速度通过危险路段。

通过上述设施能够有效地将车辆进入危险路段前的驾驶行为控制在安全许可范围内，从而降低山区线位和视距本身不足对交通安全的影响，提高全线的安全水平。

(2) 路侧护栏

山区高速公路的路侧情况十分复杂，数 10m 高的填方路段，高挡墙、陡崖等比比皆是。它们对于冲出路侧护栏的失控车辆内的乘员来说是致命的危险，因此有必要在路侧情况复杂的路段提高路侧护栏的防撞等级，杜绝失控车辆因冲出路外而面临更大危险的情况。



图 2 高达数 10m 的填方路基

根据专项实验的成果，我们确定京珠北段危险路段路侧护栏的最小设计碰撞能量为 400kJ，这个设计能量值能保证 90% 的失控车辆不会冲出、冲断护栏。根据路线的实际情况和潜在事故严重度的评估确定了如下设计原则：

- a 填土高度在 3 ~ 8m 间时采用普通型护栏；
- b. 填土高度在 8 ~ 10m 间时采用加强型护栏；
- c 填土高度大于 10m 时采用三波加强型波形梁钢护栏；
- d. 在曲线半径较小的急弯路段和纵坡较大的下坡路段设置三波加强型波形梁钢护栏；
- e. 在桥梁及高挡墙路段采用混凝土护栏。

其中三波加强型波形梁钢护栏是首次应用于国内的高速公路，它的研究成果已被纳入 JTJ-074《高速公路交通安全设施设计技术规范》，有良好的应用前景。

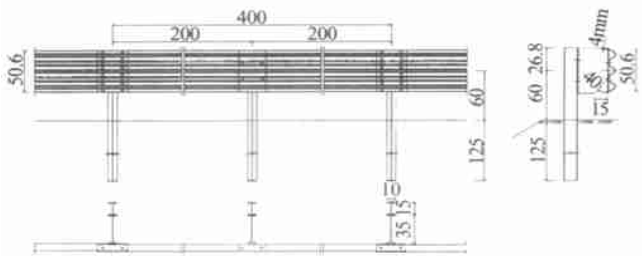


图 3 三波加强型波形梁钢护栏

(3) 隔离栅的设置

由于山区山高林密，人迹罕至，而且在高大的挖方路段人、畜均无法进入高速公路用地，在这样的路段无须设置隔离栅。同时考虑到控制造价的因素，确定了如下设置原则：

- a 服务区、互通区、主线收费站场区、停车区采用美观的电焊网隔离栅；
- b. 主线路段采用较经济的刺铁丝隔离栅辅以绿篱的形式；
- c 人、畜均无法进入的险峻山岭处不设置隔离栅。

这样既保证了隔离设施功能的实现，又可以节约投资用以加强路侧护栏的安全防护等级。

(4) 中央分隔带护栏的设置

路线山岭重丘区段的中央分隔带宽度被压缩至 1m，而且超高路段排水系统还占用了部分中央分隔带宽度，这就导致了如下问题：

a 若采用常规波形梁护栏必然与埋深较浅的通信管线和中央分隔带排水系统冲突。

b. 中央分隔带内无法植树，因此也就无法很好地解决对向车辆的眩光问题。

因此，设计中采用了考虑防眩设施的混凝土护栏。这样，不但能与通信管线和路线排水系统相协调，而且还解决了窄中央分隔带无法植树防眩的问

题。为便于施工，混凝土护栏采用预制件，在混凝土护栏的顶端设置 SMC 防眩板。

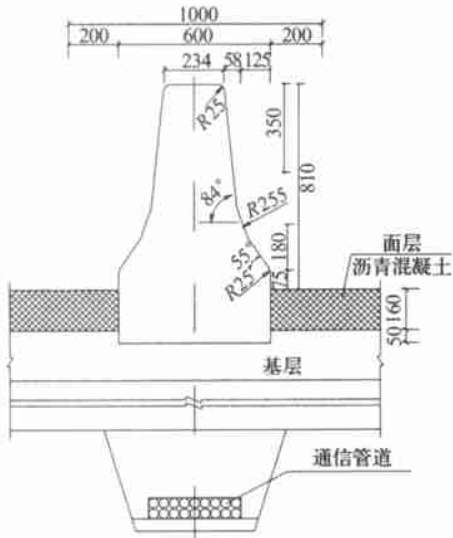


图 4 中央分隔带混凝土护栏的设置

(5) 紧急避险车道的设置

山区高速公路在坡度较大下坡接平曲线的地方经常发生交通事故，其原因是经过下坡路段的车辆进入弯道时车速过快，无法顺利地转弯。事故类型基本为与路侧护栏的大角度碰撞，对车内乘员的危害极大。

为避免这种事故的发生，设计中结合地形特点，在长大下坡接平曲线的地方设置了紧急避险车道，即平曲线起点处沿下坡方向设置一处断头路段作为避险车道，避险车道上不铺设面层，代之以砂砾等粗糙度较高的材质，方便刹车，在避险车道端部设置防撞垫以保护车辆。这样，当车辆因下坡速度过快而无法顺利转弯时可以驶入避险车道，进行紧急刹车。

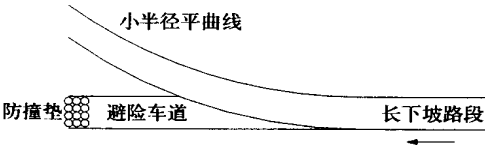


图 5 紧急避险车道的设置

3. 监控系统

高速公路的监控设施在设计中划为 3 个部分，即路段、雾区和隧道。其中最能反映山区高速公路设计特色的是雾区监控和隧道监控。

(1) 雾区监控

京珠北段红云雾区的能见度最低时不足 10m，对高速公路的行车安全构成了严重威胁，是高速公路恶性交通事故多发区，也是本项目监控系统的重点。根据建设单位要求，对红云雾区列“高速公路雾区交通

安全与监控系统的研究”专题进行研究，将研究成果直接应用于雾区的交通安全和监控措施方案中。



图 6 正常气候条件下的雾区能见度



图 7 大雾天气时雾区的能见度

我所和广州海洋气象所对京珠北红云雾区已进行了两年多的野外实地连续观测，取得大量有关雾区成因、雾区特征、雾区范围、雾区形成与消散等基础数据，已初步建立了雾区预警预报系统，形成了下列研究成果。

a 雾的预测预报方法

通过对雾的宏观结构、微观结构和影响范围的野外观测，及该地区雾发生的气候背景调查，通过数值模式方案研究雾的预测预报方法，提出该雾的影响范围、出现时段、浓度等雾的宏观、微观结构特征和概率预报方法。

对雾出现和消散的时间进行中、短期概率预报。为实施雾区交通控制做好准备。

雾区的预测预报需要大型计算机系统和相应的软件系统支持，由具有专业技术条件的广州气象所将预测预报结果以有偿服务方式提供给高速公路管理单位。

b. 雾检测技术

雾的产生和消散在雾区有一定规律，但确切的时间是变化的。因此及时发现或预测形成是雾区交通监控的关键。本研究解决主要的技术问题有气象检测器的布设原则：

——能见度的检测及判断门限值的确定；
——雾的产生与消散的短期预测方法等。

c. 雾区交通控制措施研究

通过检测发现雾区之后, 如何进行交通控制和管理是更困难、更带实质性的问题。其控制措施主要有：

——根据能见度和路面湿度或冰冻情况确定安全行车速度和车头间距，为雾区交通控制提供依据（行车速度限制、车头间距限制、关闭与绕行）。

——监控外场设备主要有可变情报板、可变限速

标志、黄色闪光灯、移动标志、固定告警标志、CCTV 系统等等。

——雾区交通管理策略，如

- °告警信息的种类和发布条件；
- °限速值的准则及发布条件；
- °系统运行管理办法；
- °道路封闭的准则及实施办法。

d. 雾区交通控制策略（表 1）

e. 确定能见度与车速之间的关系（表 2、表 3）

交通事件与监控策略表 1

序号	气 象 条 件	交 通 条 件	监 控 策 略		备 注
1	能见度> 150m 无雨、雾、结冰现象	服务水平 (无交通事故)	A、B、C	交通法规宣传等	
			D	提醒注意交通安全	
			E	限速, 通知前方交通拥挤	
			F	通知前方交通阻塞	
2	能见度> 150m 无雨、雾、结冰现象	交通事故	非阻塞	限速, 通知前方交通事故性质	根据预计疏散交通的时间确定
			阻塞	通知前方交通事故性质	
			严重阻塞	通知前方交通事故性质, 提示交通分流	
3	50m< 能见度< 150m (有轻雾)	服务水平 (无交通事故)	A、B、C	①限速, 通知前方有雾, 注意行车安全 ②黄色雾灯	
			D、E	①限速, 要求保持适当车车间距 ②黄色雾灯	
				①限速, 要求保持适当车车间距 ②黄色雾灯	
			F	③提示交通分流	
4	10m< 能见度< 50m (浓度)	服务水平 (无交通事故)	A、B、C	①限速 ②黄色雾灯	交警、路政、急救现场
			D、E、F	①限速	
				②黄色雾灯	
				③强制性保持适当车车间距 ④部分车辆分流	
5	能见度< 10m (雾幕墙)	无交通事故		通过 CMS、移动标志、路栏等人工指挥, 限制车辆进入雾区	隧洞口可变标志提前预告
6	能见度< 150m	交通事故		①隧道处可变信息标志预告 ②通过 CMS、移动标志、活动路栏关闭交通 ③强制车辆从互通立交转移到地方道路	交警、路政、急救现场

干燥路面能见度与推荐车速表表 2

能见度 (m)	最高限速值 (km/h)	能见度 (m)	最高限速值 (km/h)
30	30	110	80
40	40	130	90
50	50	150	100
70	60	170	100
90	70	180	110

潮湿路面能见度与推荐车速表表 3

能见度 (m)	最高限速值 (km/h)	能见度 (m)	最高限速值 (km/h)
30	30	110	70
40	30	130	70
50	40	150	80
70	50	170	80
90	60	180	90

该项目已通过广东省交通厅的中期研究成果鉴定。在设计中以该课题的研究成果为指导采用了以下雾区监控、管理措施:

a. 在雾区前方设置静态的交通标志,提示驾驶员即将进入雾区,应减速慢行。设置可变限速标志,以随时根据能见度调整限速值,限定车辆以安全的速度通过雾区。

b. 在雾区内合适地点设置了多处能见度检测器和气象检测器,采集雾区内不同地段的能见度信息,为根据能见度与车速的关系确定限速具体值提供原始数据。同时将数据通过通信专线传送给广州气象所,供其做雾天的预警预报。

c. 在雾区道路两侧根据平曲线半径以合适间距设置雾灯(黄色),当能见度 $<150\text{m}$ 时启用,使驾驶员在大雾条件下也能正确地确定道路的走向,诱导车辆的正常行驶。

d. 在行车道边缘线上加密突起路标,以使车辆在越过时会发生振动,提示驾驶员回到行车道行驶。

e. 在雾区路段加密设置检测线圈,目的是能根据线圈流量的情况及时发现交通事故的发生以及发生地点。设置监控外场摄像机用于判定交通事故的规模和类型。为及时地进行事故处理和信息发布提供事实依据。

f. 设置可变情报板用以发布诱导交通的实时信息。可以将广州气象站做出的雾天预报及时地发布给驾驶员,在有雾天气条件下按雾区交通控制策略来发布适当信息,控制交通在安全范围内。

通过设置上述动静结合的交通工程设施可以提供足够的信息给驾驶员,控制车辆在有雾天气下的行驶。并能对发生的交通事故做出及时的反应,缩短事故后的紧急救援时间,避免路段的交通阻塞和二次事故的发生。

(2) 隧道群的集中监控

本项目高速公路隧道众多,而且形成了“桥—隧—桥”和“隧—桥—隧”的线形特点,没有足够的地形条件为每个隧道设置管理所。因此,我们从数据采集、传输、信息提供的可行性与可靠性以及在不同管理模式出现异常事件应对措施差异的分析,对隧道监控模式进行了两个方案比选。

方案一 隧道群集中监控

监控分中心设置在东田,负责全路的监视和运营管理。隧道监控外场设备将收集到的信息直接传送到监控分中心,监控分中心的命令也直接传送到各外场显示设备。也就是说取消了隧道监控所,改由分中心



图8 特大桥与隧道相连

直接监控。

方案二

根据传统设计经验,监控分中心设置在东田,负责全路(含隧道)的监视和运营管理。各隧道分别设置监控所。隧道段的监控外场设备将收集到的信息传送到各自监控所,由监控所负责现场管理业务。监控分中心总体协调和路段监控管理业务。

方案比选

a. 因隧道监控相当复杂,监控所值班人员、设备维护人员的配置、培训、值班、安全、住宿问题是设置管理机构难以解决的问题。

b. 配置1个监控所设备需250~300万元,隧道因控制复杂,软件费更多,约150~200万元左右,方案一可省去7个监控所,节约工程投资约2200万元。监控分中心软件和设备费虽相应增加,但幅度不会太大,一般约增加200~300万元。

c. 一般高速公路建成后,先开通运行,后上监控设施。而道路开通隧道即应开始运营,在每隧道口分别设监控站可保证隧道监控早于全路监控系统开通,从而保证全路的开通运营。但是,京珠北建设方要求所有机电设施在通车伊始就要全部投入使用,因此集中监控的模式在本项目中不存在监控系统运营滞后于通车的情况。

经过比选后,我们认为隧道群集中监控方案能够有效地对隧道进行监控管理,节省大量的投资,而且更适于本项目山区高速公路的特点。因此,采用了方案一,即将全线的隧道作为一个隧道群来考虑,并由设在东田的监控分中心集中监控、管理的模式。

4. 通信系统

(1) 通信管道

目前国内高速公路上通信管道通常采用 HDPE 双壁波纹管 and HDPE 硅芯管两种管材，考虑到造价和工期的因素采用了 HDPE 硅芯管。这是因为：

a. 双壁波纹管较脆，而且由于穿缆施工工艺的限制，必须以百米为间距设置通信人井，而人井的尺寸大于 1m 宽的中央分隔带，人井处的超高纵向排水沟会受到影响。因此若采用 HDPE 双壁波纹管，中央分隔带的纵向排水系统会被大量的人井分割得支离破碎，是十分不利的。由于硅芯管采用气吹法穿缆施工，人井间距在 1km 以上，选用硅芯管作为通信管道的材质可以极大地减少通信人井的数量，保护中央分隔带排水系统。

b. 相同容量下双壁波纹管的管径较大，开挖量要比硅芯管要高，而在山区路段，埋设通信管道不可避免要开挖大量石方。因此，采用硅芯管可以大量减少开挖量，降低造价。

c. 采用硅芯管人井数量少，气吹法施工速度快，可以大量缩减工期。

(2) 临时移动通信网

因为路线所在的地区经济不发达，项目先期几乎没有通讯线路，加上山势起伏剧烈，公网的通信网络也不能完全覆盖，这给路线的施工和建设带来了相当难度。为解决这个问题，在施工期间架设了一个临时的移动通信网络，供施工期间各部门联系之用。在项目建成通车之后，这套移动通信系统仍然可以作为一个辅助系统继续发挥作用。

5. 收费系统

路线两侧的山区经济不发达，主要的交通流是湖南至广州的过境车辆，通过互通进出高速公路的交通量很少。在这种情况下，若采用以收费站为基本单元的收费管理模式，即无论收费站流量大小、规模大小、相距远近，均按每一收费站为主体配置收费站计算机、闭路电视系统及相应的运营管理人员，收费站房、收费员值班休息房也是分散配置，则存在不利于资源的综合利用、管理人员多等缺点。

因此我们在总结广东省现有收费系统运营管理的基础上，采用了收费区域集中管理的模式，即：将某一区域内的所有收费站由一个收费主站集中管理。区域内的收费站运作模式如下：

a. 各区域内被合并收费站的 CCTV 图像和收费亭

内热线电话均上传至区域内主收费站监视室，一般情况下被合并收费站监视室是无人值班的，所有特殊收费处理指示均由主收费站的值班员下传。

b. 被合并收费站缴解款、票据管理由主收费站财务、票管员负责。

c. 被合并收费站的工作人员均在主收费站集中住宿。

通过这种模式，能够有效减少被合并站的规模，减少值班人员，降低工程造价。

6. 供电系统

路线地处山区，人口稀少，经济不发达，沿线的地方变电站很少，而需要供电的外场设备、隧道照明设施和服务、管理设施密布于全线。为解决这个矛盾，采用了全线中压供电的方式为全线的设备供电。

中压供电是通过升压或降压设备将我国电网电压 0.38kV（或 10kV）配变为中压 5.5kV，通过中压保护设备将 5.5kV 电压经中压电缆配送至负荷供电处的变压器将中压配变为低压后为外场设备等供电的方式。它具有如下优点：

- a. 配电线路长，供电范围大。
- b. 电缆截面小，投资较小。
- c. 控制简便可靠。
- d. 具有很好的扩容性，便于后续设备的安装。
- e. 免维护或较少维护，适应野外环境。

中压供电因其配电线路长，不需要很多的野外养护、维修工作的特点而特别适用于山区高速公路。

4 结束语

交通部公路科学研究所京珠粤境北段高速公路小塘至甘塘段交通工程勘察设计过程中，在对高速公路所处山区的自然地理情况、社会人文环境、交通流特性和气候特征进行详细研究的基础上，结合主体工程特点，解决了山区隧道集中监控、收费区域管理、雾区监控和道路安全等问题。希望我们的经验能对我国的山区高速公路建设有所裨益。

参考文献：

[1] Manual on Uniform Traffic Control Devices [S] US Department of Transportation
[2] Highway Safety Design and Operations Guide [S] . American