

Research on Median U-Turn Design for Class I Highways in Cambodia

Honglei Rong

China Highway Engineering Consulting Group Company Ltd., Beijing, 100082, China

Abstract

Cambodia's rapid economic growth has led to a significant increase in the number of heavy vehicles, which dominate freight transportation. However, during the upgrading of national highways from Class II to Class I, the lack of U-turn facilities in early projects caused severe difficulties for heavy vehicles turning around, often resulting in traffic congestion and accidents. Addressing Cambodia's specific conditions (land privatization, difficult land acquisition, characteristics of mainstream vehicle models) and drawing on domestic and international research, this paper explores U-turn design methods suitable for heavy vehicles on Cambodian Class I highways. Utilizing vehicle trajectory simulation software (Auto Turn), existing design schemes were analyzed and optimized, leading to the proposal and validation of a modified indirect median U-turn based design. The research demonstrates that this method effectively resolves heavy vehicle turning difficulties, enhances road safety and efficiency, and necessitates site-specific consideration of land acquisition and potential future signal control requirements.

Keywords

Heavy vehicles; U-turn; Turning difficulty; Cambodian highways; Design method.

适用于柬埔寨一级公路 U 形转弯设计的探究

荣红磊

中国公路工程咨询集团有限公司, 中国·北京 100082

摘要

柬埔寨经济快速发展带动重型车辆保有量显著增加,其在货物运输中占据主导地位。然而,在国道“二级升一级”改造过程中,早期项目因未设置U形转弯,导致重型车辆掉头困难,常引发交通拥堵与事故。本文针对柬埔寨国情(土地私有化、征地难、主流车型特点),结合国内外研究现状,探究适用于其一级公路的重型车辆U形转弯设计方法。通过车辆轨迹模拟软件(Auto Turn)对既有设计方案进行分析与优化,提出并验证了以变异远引掉头为主的设计方案。研究表明,该方法能有效解决重型车辆掉头难题,提升道路安全与效率,且需因地制宜考虑征地与后期信号控制需求。

关键词

重型车辆; U形转弯; 掉头困难; 柬埔寨公路; 设计方法

1 引言

柬埔寨国家公路网的升级改造是其基础设施建设的重要环节,其中7号公路等主干线的“二级升一级”工程对促进经济发展至关重要。然而,伴随经济腾飞,柬埔寨机动车保有量,尤其是承担主要货运任务的重型车辆数量激增。早期升级的公路(如5号、6号路)因设计时未充分考虑重型车辆掉头需求,普遍缺乏专用的U形转弯设施,导致大型车辆被迫在交叉口掉头,造成严重的交通延误、拥堵及安全隐患,这一问题已引起柬埔寨工程部的高度重视并明确要求在新项目中解决。因此,针对柬埔寨土地私有化导致征地困难、主流车型特殊(以进口美国长头车为主)等实际国情,

研究并制定占地合理、安全高效的U形转弯设计方案,对于保障升级后公路的通行能力与运营安全具有迫切而现实的意义。本文旨在探究此类解决方案。

2 项目概述

柬埔寨7号公路是连接首都金边与东北部城市的重要通道,为金边向外放射的8条主干线公路之一。本次升级改造路段为斯昆(Skun)至磅湛省会(Kampong Cham)段,采用中国规范一级公路标准,路基宽度24.5m,路线全长约45.5km。

3 主要问题

柬埔寨经济持续发展带动机动车保有量显著增加。据柬埔寨工程部统计,过去五年机动车保有量年均增长11.3%。截至2022年,全国机动车保有量达671万辆,其

【作者简介】荣红磊(1992-),男,中国黑龙江讷河人,本科,工程师,从事公路设计研究。

中摩托车 570 万辆，四轮及以上机动车 101 万辆。重型车辆占比达 28%（约 28.5 万辆），在货物运输中占据主导地位。

柬埔寨正实施国道二级升一级改造工程，升级改造完成及升级改造中的公路如图 1 所示。早期升级的 5、6 号路因设计时未考虑 U 形转弯，建成通车后重型车辆掉头困难问题日益凸显，常导致拥堵与交通事故，事故现场照片如图 2。鉴于此，柬工程部要求后续“二改一”项目必须增设 U 形转弯设计，以方便重型车辆安全掉头。



图 2 重型车辆掉头引发事故

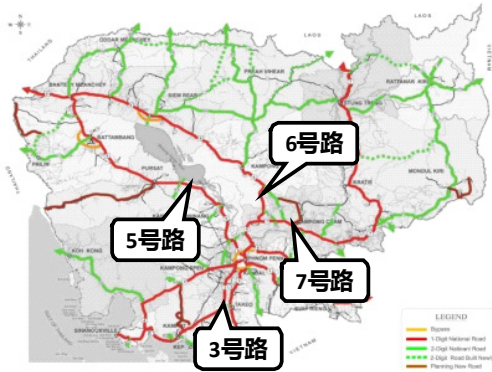


图 1 柬埔寨路网

4 原因分析

未设 U 形转弯前，车辆通常在交叉口掉头。但重型车辆（尤其铰接列车）车身高、转弯半径大，一次掉头即占用整个交叉口，造成严重延误。如图 4 所示，无信号灯控制的交叉口中，重型车辆掉头会新增多达 14 个冲突点，冲突点如图 3，极大威胁道路运行安全，易引发拥堵及交通事故。

柬埔寨国道两侧产业密集，重型车辆掉头需求高。因此，研究适用于其国情的重型车辆 U 形转弯设计至关重要。

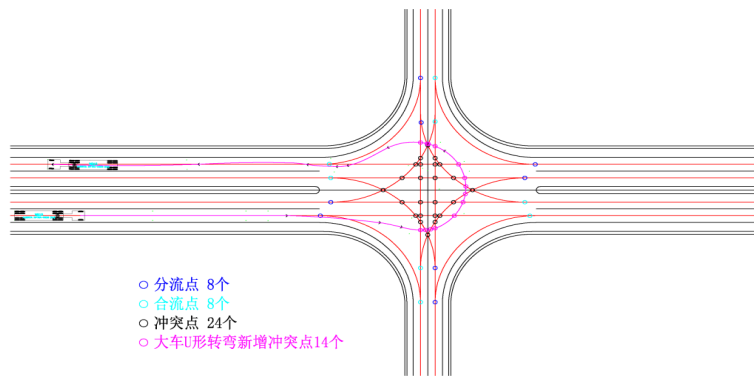


图 3 重型车辆交叉口掉头冲突点图

5 国内外研究现状

我国《公路路线设计规范》（JTG D20-2017）仅对高速公路中央分隔带开口及 U 形转弯有规定，对开放交通、具有集散功能的一级公路 U 形转弯未作明确要求。《公路路线设计细则》（总校稿）虽提供相关指导，但其设计方法通常占地规模大、拆迁量大，不适用于旧路改建项目，尤其难以适应柬埔寨土地私有化、征地拆迁困难的实际国情^{[1][2]}。因此，设计需立足柬埔寨国情，因地制宜。

针对重型车辆 U 形转弯问题，国内外研究主要集中于以下方向：

①掉头、左转车道外置：国内部分城市为解决大型车辆（如公交车）掉头难及拥堵问题，结合其转弯半径需求，将掉头或左转车道移至交叉口进口道外侧，并辅以信号控制，效果显著。然而，此方法需较大用地空间并依赖信号灯。柬埔寨国道重要交叉口街道化严重，采用此法将引发大量拆

迁，故不适用。^{[3][4]}

②远引掉头：国外研究表明（尤以美国为深入），通过交叉口限制左转、配合设置远引 U 形转弯，可有效提升安全性与通行能力，见图 4。美国利用较宽的中央分隔带，通过压缩分隔带设置专用掉头车道。此设计方法更契合柬埔寨旧路升级改造需求：可选择开阔、拆迁少的位置设置 U 形转弯，既解决重型车辆掉头难题，又避免加剧城镇内部拥堵。^[5]

③环形交叉：以环岛代替普通渠化交叉口，将冲突点转化为交织点，并依据重车轨迹选取合适环岛半径。此法可引导车辆有序通行，提升安全性。但其占地面积大，且不适用于交通量大或流向不均的交叉口。本项目作为公路主干线，且既有交叉口改建征地困难，故不建议采用。

综合对比以上方式，立足柬埔寨国情及项目特点，本项目推荐采用变异远引掉头方案，即利用中央分隔带开口增设掉头车道的方法进行设计。

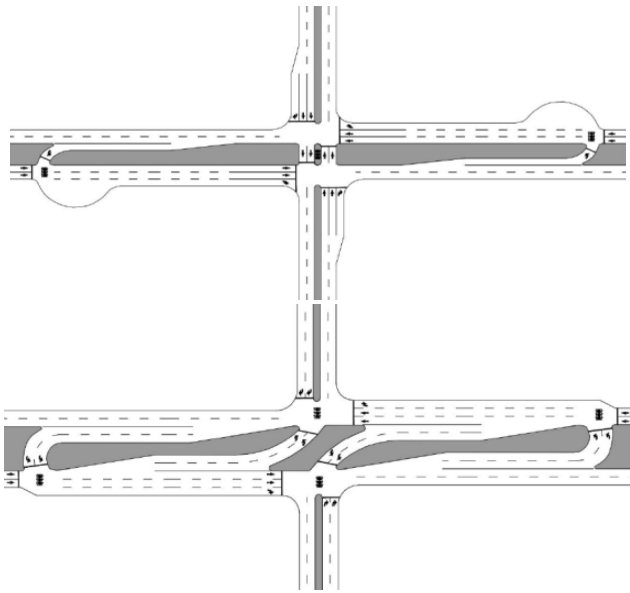


图 4 美国规范援引掉头图例

6 设计方法探究

柬埔寨重型车辆以二手进口车（主要来自美国）为主，代表车型为 WB-19 长头卡车（全长 20.88m）。相较我国规范铰接列车（平头卡车，长 18.1m）且铰接点位置不同（图 5、图 6），WB-19 车型需更大转弯半径。因此，项目组选定 WB-19 作为设计车型。

柬埔寨已实施 U 形转弯的项目有 3 号公路和金边三环，

采用了不同设计方式。本项目采用专业车辆轨迹模拟软件 Auto Turn（可在 CAD 中进行真实车辆转弯模拟）对两种方案的车辆掉头进行模拟分析，发现均存在设计缺陷：

柬埔寨 3 号路 U 形转弯：采用外侧增加附加车道，现场调查发现其掉头标线设置于靠近中分带的左侧车道。模拟显示标线设置不合理，无法满足重型车辆掉头需求。

改进措施：将掉头车道外置，并建议柬方在交通量增长后适时增设智能信号灯（自动检测掉头车道车辆），以缓解冲突点多的问题，提升路段安全，见图 7。

金边三环 U 形转弯：采用中国铰接列车标准设计，局部无法满足柬埔寨 WB-19 车型需求，表现为：①中分带开口宽度不足；②掉头附加车道宽度不足；③压缩硬路肩危及摩托车安全；④掉头车辆直接汇入对向直行车流，重车提速慢阻碍直行交通。

改进方法：①按模拟轮迹设定中分带开口宽度；②按模拟轮迹设定掉头附加车道宽度；③保证硬路肩宽度供摩托车行驶；④增设加速车道及渐变段，减少重车对直行车辆干扰。详见图 8。

经对比分析，设计团队出于通行安全等方面考虑，推荐采用改进后的金边三环方案。但柬工程部与财经部基于征地拆迁等因素考量，最终选定改进后的 3 号路方案。为此，设计团队再次建议柬方在经济发展和交通量增加后，适时增设智能信号灯，以缓解该方案冲突点多的问题，提高通行安全。

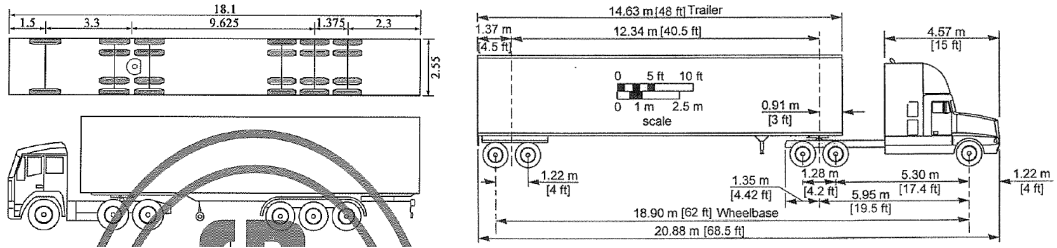


图 5 代表车型对比（左侧我国规范铰接列车，右侧柬埔寨代表车型）

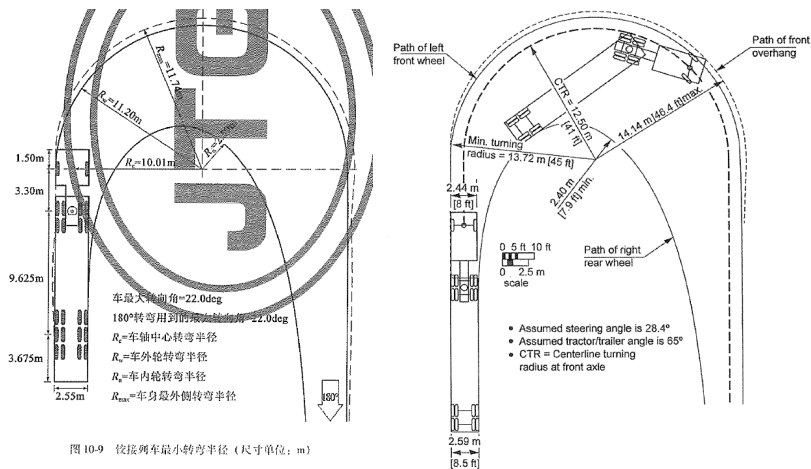


图 10-9 铰接列车最小转弯半径（尺寸单位：m）

图 6 代表车型转弯半径对比（左侧我国规范铰接列车，右侧柬埔寨代表车型）

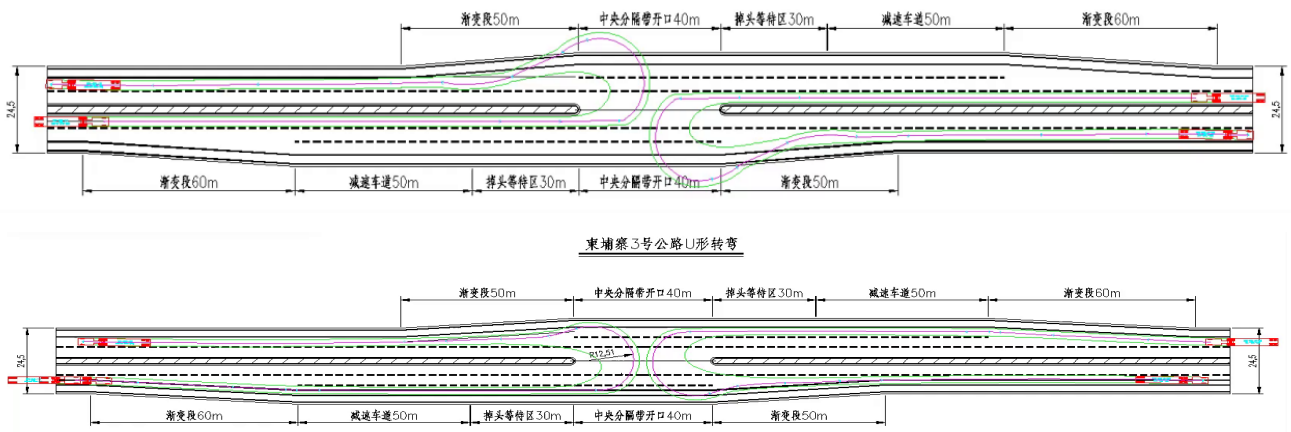


图 7 柬埔寨 3 号路 U 形转弯模拟及设计改进方法

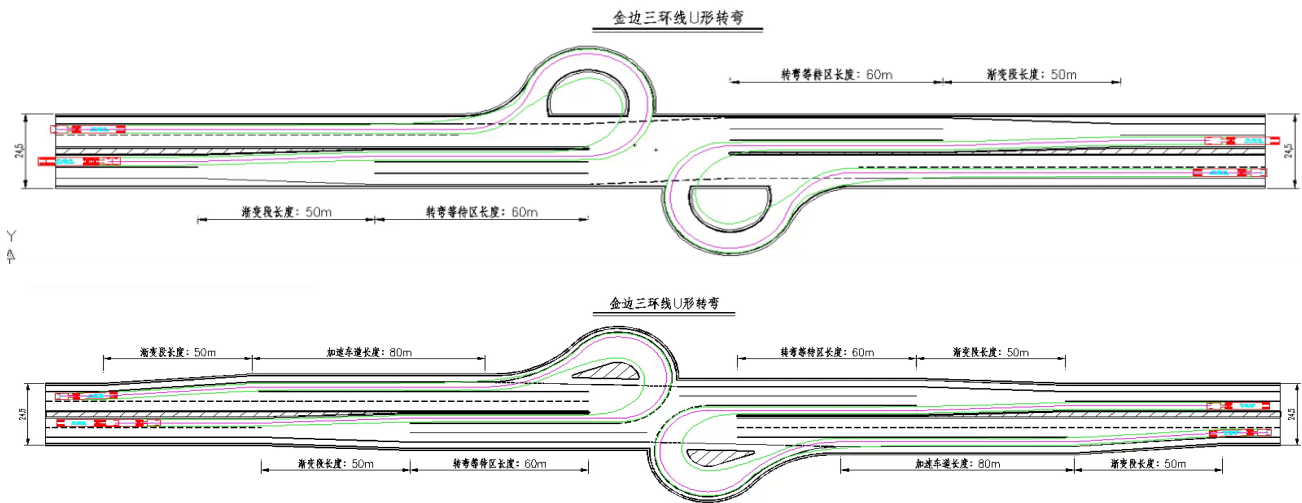


图 8 柬埔寨金边三环 U 形转弯模拟及设计改进方法

7 结论与展望

本文提出并验证了一种适用于柬埔寨一级公路重型车辆掉头的 U 形转弯设计方法(远引掉头为主,结合模拟优化),对有效解决重型车辆掉头困难、提升道路运行安全与效率具有积极作用。研究实践表明:

①采用车辆轨迹模拟软件(如 Auto Turn)进行动态仿真,可高效、直观地在 CAD 中分析特定车型(包括非标准车型如柬埔寨的 WB-19 或特种车辆)的运行轨迹与空间需求,显著优化转弯加宽设计,降低沟通成本。

②设计方案必须紧密结合项目所在国情(如柬埔寨的土地政策、拆迁难度、主流车型特征),因地制宜。

需进一步研究的方向包括:

①本文主要分析了平交口掉头与单独 U 形转弯设计,

未来需深入研究两者组合应用的优化设计。

②当前设计缺乏详实的交通量数据支撑,交通量与 U 形转弯具体设计参数(如间距、规模)的关系有待深入探究。

参考文献

- [1] 中华人民共和国交通运输部. 公路路线设计规范: JTG D20-2017 [S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司
- [2] 中华人民共和国交通运输部. 公路路线设计细则(总校稿): D20-200X [S].
- [3] 叶艳香. 交叉口右置掉头车道设置方法研究 [D]. 重庆: 重庆交通大学, 2023.
- [4] 王宇轩. 城市道路交叉口进口道掉头交通设计方法研究 [D]. 西安: 长安大学, 2019.
- [5] 沈超群. 一级公路非信号控制平面交叉口远引掉头的适用性研究 [D]. 上海: 上海交通大学, 2013.