



目录 Contents

1 绪论	001
2 高寒山区复杂地质地形高速公路勘测与设计技术	005
2.1 项目勘测与设计技术难点	005
2.2 设计理念	006
2.3 高寒山区复杂地质地形高速公路综合勘测技术	007
2.4 高寒山区复杂地质地形高速公路设计技术	008
3 高寒山区桥梁建设技术	026
3.1 果子沟大桥创新设计与建设关键技术	026
3.2 山区小半径大纵坡桥梁施工关键技术	039
3.3 高寒地区桥梁混凝土耐久性技术及大体积混凝土温度控制技术	063
4 山区高寒隧道建设技术	084
4.1 工程技术特点	084
4.2 不良地质体综合超前地质预报技术	085
4.3 过断层涌水带处治技术	088
4.4 基于数值模拟的支护结构安全性评价	091
4.5 寒区隧道防水材料比选	094
4.6 寒区隧道防排水技术	102
4.7 寒区隧道保温技术模型试验	109
4.8 赛里木湖隧道保温材料比选	115
5 高寒山区长大纵坡桥梁桥面铺装建设关键技术	118
5.1 长大纵坡桥梁桥面铺装受力特性分析及结构设计方法	118
5.2 混凝土桥面沥青混凝土铺装结构温度场研究	129
5.3 长大纵坡混凝土桥面铺装结构组合研究	134
5.4 长大纵坡桥面沥青铺装混合料设计研究	138
5.5 长大纵坡混凝土桥面防水黏结层研究	144
5.6 长大纵坡混凝土桥面铺装层除雪抗滑安全保证措施研究	150
5.7 试验路检测分析	152

6 高寒区复杂条件山区高速公路运营安全控制技术	154
6.1 路线安全评价	154
6.2 运营期安全保障	165
6.3 果子沟大桥施工监控	167
6.4 果子沟大桥健康监测系统	175
7 高寒生态脆弱区生态环境保护关键技术	180
7.1 生态环境保护设计技术	180
7.2 高寒生态脆弱区生态保护技术	193
参考文献	198

1 绪 论

我国在平原及微丘区修建高速公路技术方面取得了丰硕的成果,积累了宝贵的建设经验。然而,我国地形复杂多样,山区面积占整个国土面积的 69%,全国有 56% 的人口生活在山区,而目前我国山区高速公路的已通车里程据初步统计还不足整个高速公路网的 1/4。进入 21 世纪后,中国高速公路建设重心逐步向中西部山区转移,而西部山区高速公路建设中的复杂地形地质选线、跨越地质阶梯与深切峡谷等不良地质段落穿越技术、大型地质灾害控制等技术,成为公路建设者们必须面对的世界级难题与挑战。

G30 线果子沟高速公路(见图 1-1)是一条典型的西部高寒高海拔山区高速公路,也是迄今为止新疆建设难度最高的高速公路。果子沟高速公路位于西天山边缘赛里木湖及果子沟风景区内,全线总长 54.146km,沿线地质构造复杂、地震烈度高、地质灾害多发、气候条件恶劣、冰冻期长,部分路段地形狭窄、沟壑纵横,项目建设条件十分复杂。



图 1-1 G30 线果子沟高速公路

(1) 地形地貌复杂(见图 1-2)

项目位于北天山的西段,由北向南横亘有库松木契克山、科古琴山及博罗科努山,南缘为伊犁盆地边缘地带,西北隅为赛里木湖洼地,海拔高度 2000 ~ 3500m,地形起伏大,沟壑纵横,地势险峻,自然横坡陡峭。绵延纵横的山岭峡谷给果子沟高速公路布线及勘察设计施工带来了极大的困难,而且工程规模巨大,造价昂贵。



a)

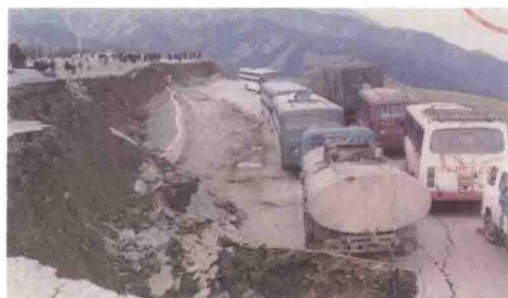


b)

图 1-2 沿线地形地貌

(2) 地质构造复杂、地质灾害严重(见图 1-3)

项目全线山区地质条件极为复杂,存在崩塌落石、坡面溜塌、坡面碎落、泥石流、滑坡、强震区等不良地质情况,极易发生各种地质灾害。存在线路如何选择才能避开大的不良地质体,选取何种桥型穿越深切峡谷才能保证施工和运营安全等一系列技术难题。



a)



b)

图 1-3 地质灾害严重

(3) 气候条件恶劣、复杂多变(见图 1-4)

项目所处位置属于典型的高寒区域,气候复杂多变,昼夜温差较大。冬季严寒,冰雪天气频繁,降雪量大,冰冻期为当年 11 月初至次年 4 月底,长达半年之久,路面结冰、雪崩、雪害严重。恶劣的气候与环境条件给工程带来了诸多问题,如混凝土耐久性、结构在山区峡谷风作用下的稳定性问题、建筑材料的温度效应问题等。



a)



b)

图 1-4 高寒气候条件恶劣

(4) 人文环境特殊、生态环境脆弱(见图 1-5)

项目处于赛里木湖国家级风景区和果子沟内,阴坡为云杉森林,果树依依;阳坡为平原地区,绿草茵茵。赛里木湖水天一色,碧波万顷。项目途经哈萨克、维吾尔、蒙古、锡伯族等少数民族聚居地,人文景观独特,地方民族特殊浓郁。工程建设中水土保持和环境保护任务非常艰巨。



a)



b)

图 1-5 生态环境脆弱

(5) 工程技术复杂

项目路线全长 54.146km,各类工程桥隧构造物共 162 座,结构物总长 22.766km。其中,果子沟双塔双索面钢桁梁斜拉桥为全国首座公路钢桁梁结构斜拉桥;山坡展线桥最高桥墩达 120m,最小半径 270m,如图 1-6a)所示;赛里木湖隧道(双幅,其中单线长 1827m)为新疆第一座制式公路隧道,如图 1-6b)所示。

深切峡谷桥梁建造、复杂地质条件下隧道的施工与安全控制、生态环境的保护和恢复等工程技术复杂,对设计、施工的要求极高。



a) 果子沟大桥



b) 赛里木湖隧道

图 1-6 果子沟大桥、赛里木湖隧道

(6) 施工场地狭窄、交通不便(见图 1-7)

项目第二、三、四、五、六合同段,集中在 17.8km 范围内,平均每合同段路线全长 3.56km,施工最短的合同段仅为 1.255km。桥隧相连,施工场地狭窄,交通不便,基本上没有可利用的乡村道路作为施工便道,设备、人员、材料进场难度大。地形的复杂导致施工单位之间和施工工序之间的衔接十分困难,从而导致工程质量、进度保障等一系列问题。



a)



b)

图 1-7 施工场地狭窄

上述这些特点决定了果子沟高速公路建设规模大,技术复杂,存在众多的技术难题急待探索和研究,急需系统地开展高寒山区复杂地质地形条件下高速公路建设成套技术,包括与之相配套的勘察技术、设计技术、施工技术、安全控制技术、生态和环境保护技术等研究。

为破解果子沟高寒区复杂条件山区高速公路建设的工程难题,将本项目建成“生态路、环保路、旅游路、景观路”,西部交通建设科技项目管理中心、新疆交通运输厅、新疆交通建设管理局于 2004 年陆续立项高寒山区桥梁、隧道、路面等建设关键技术课题,由新疆交通建设管理局主持,联合科研、高校、设计、施工等单位就工程建设中的重大关键技术问题,共同攻关,以期形成高寒复杂条件山区高速公路建设核心技术,并通过集成,形成高寒、高海拔、生态脆弱条件山区高速公路建设成套技术。项目研究成果,不仅对新疆高寒山区高速公路的建设具有重要的指导意义,而且将进一步推动我国高寒山区公路建设领域整体技术进步和技术标准体系的丰富与完善。

本项目在对国内外高寒山区复杂条件下高速公路建设技术广泛调研的基础上,从设计和施工方面重点研究了高寒山区复杂地质地形高速公路勘测与设计技术、高寒山区桥梁建设技术、山区高寒隧道建设技术、高寒区复杂条件山区高速公路运营安全控制关键技术、高寒生态脆弱区生态环境保护关键技术等



创新技术,并通过果子沟高速公路工程实施,形成了集理论、方法和勘察、设计、施工技术于一体的果子沟高速公路建设成套技术。技术创新体系如图 1-8 所示。

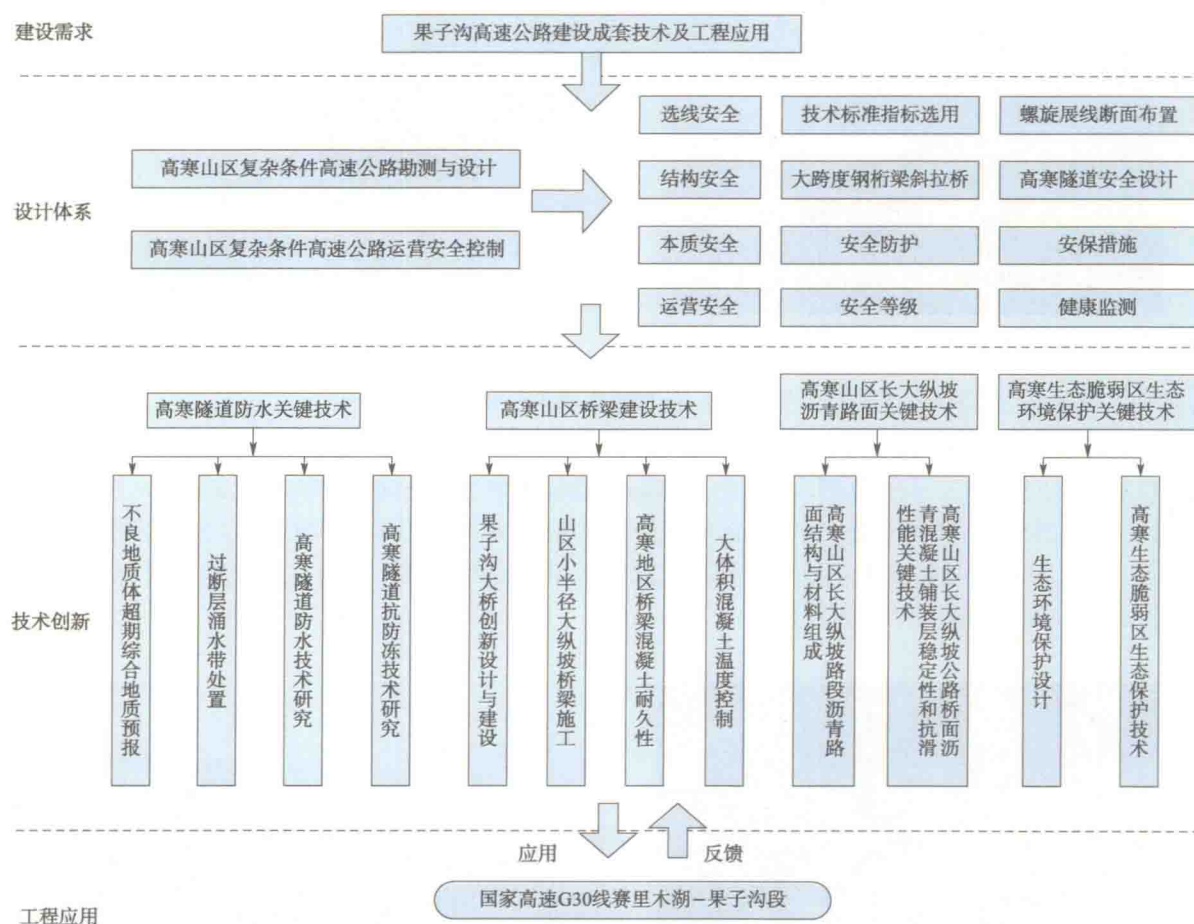


图 1-8 技术创新体系

2 高寒山区复杂地质地形高速公路勘测与设计技术

2.1 项目勘测与设计技术难点

2.1.1 项目特点

(1) 特大桥和隧道结构复杂,技术含量高,施工难度及施工风险大

本项目大型构造物多,特大桥和隧道结构复杂,施工难度大,技术含量高。尤其越岭段地势险峻,山坡坡度陡,相对高差大,地质构造复杂,路线采用依山傍势桥隧为主的方案布设。在该区段共有特大桥 7510m/5 座,大桥 2340m/6 座,其中除果子沟特大桥为全幅桥外,其他均为单幅桥;分离式隧道 3 座,共长 7845m。果子沟特大桥为 $(170 + 360 + 170)$ m 钢桁梁斜拉桥,主塔采用框架型钢筋混凝土塔,塔高达 208m,其中桥面以下 148m;赛里木湖隧道位于赛里木湖旁边,出口低于湖面水位约 30m,库松木契克断裂与隧道轴线大角度斜交,隧道处于严寒季节性冻土地区,地质条件相对较差。

(2) 地形条件复杂,地质病害较多

项目位于天山地区,地形、地貌、地质条件复杂,沿线地质灾害多,沿线不良地质病害主要包括:崩塌落石、坡面溜塌、坡面碎落、泥石流、滑坡、雪害、强震区等。

(3) 气候条件恶劣

由于工程处于高纬度、高海拔、严寒地区,一般每年 11 月份开始下雪、结冰,次年 4 月份开始解冻,一年中较佳的施工期为每年的 5 月到 10 月,较佳的施工气候时间短,施工难度较大的月份为头年的 12 月至 3 月份。

(4) 生态环境脆弱,环保要求高

项目所经区域有着丰富的自然资源,路线两侧多为森林和优质牧场,是新疆著名的风景名胜区,环保要求极高,受项目区高纬度、高海拔、高寒影响,工程所处地区生态环境极其脆弱,一旦破坏,极难恢复。

(5) 混合交通大,交通组织困难

本项目地处欧亚大陆桥的桥头堡,为欧亚公路连接的咽喉要冲,其中沿湖段及沿溪段大部分工程为沿既有 G30 线一侧加宽,沿溪段沟槽狭窄,而 G30 线是伊犁与乌鲁木齐之间唯一全天候通车的交通大动脉,施工期间必须保证既有 G30 线的道路交通畅通,交通疏解及施工组织困难。同时,畜牧业比较发达,牲畜在春秋两季两次转场,上百万只牲畜要在果子沟走个来回,使本段道路混合交通严重、交通秩序混乱、严重干扰主线交通。

(6) 通信光缆、电力设施拆迁工程量大

亚欧通信光缆(在用光缆及备用光缆)纵贯既有公路两侧及既有公路下方,既有公路左侧路基边坡内为移动、联通、广播电视、通信光缆。根据调查,工程影响范围内需要改移的亚欧通信光缆有在用地下



埋设亚欧光缆 15014m,在用地面架设光缆 2178m,全线设有地下备用光缆(多位于右侧边沟内)及架空光缆,局部有两条备用光缆,同时,还要拆迁电力线 485m 和 9540m 传输局内部通信电线,拆迁、改移及保护光缆等工程量大。

这些光缆及电力设施能否尽快迁移或保护,不仅制约着工程进度、建设工期,还影响着整个地区的通信网络和生活、生产电力,如果有意外中断,会造成巨大的经济损失和政治影响。

综上所述:根据前述建设条件及本项目设计方案,本项目海拔从约 1000m 抬升至 2100m,沿线气候条件恶劣,冰冻期长;地质构造复杂,地震烈度高,地质灾害多发、类型多样、地点多处;部分路段地形狭窄,沟壑纵横;处于高寒山区,每年有效施工期短;桥隧构造物多,有特殊结构特大桥、山坡展线特大桥、长隧道等,工程艰巨、技术要求高;生态环境脆弱、环保要求高;具有“复杂的地形、复杂的地质、恶劣的气候、极其脆弱的生态环境和复杂艰巨的建设”等特性。

► 2.1.2 技术难点

根据本项目特点,本项目勘测设计及施工面临一系列技术难点,具体表现在如下方面:

- (1) 冰冻积雪、超长纵坡运营安全及应急救援体系;
- (2) 高山峡谷、高地震烈度的桥位、桥型结构选择;
- (3) 隧道穿越断层且出口处较赛里木湖面低约 30m;
- (4) 高寒地区桥隧等结构物防冻;
- (5) 高寒地区隧道防排水;
- (6) 道路防风吹雪、雪崩技术;
- (7) 工程方案与风景区等环境敏感点的协调;
- (8) 地质灾害频繁下的工程防灾措施;
- (9) 每年有效工期短、工期跨越时间长。

在勘测设计过程中,紧紧围绕本项目建设条件、项目特点及技术难点,运用公路设计新理念,结合专题课题研究,较好地解决了上述问题。

2.2 设计理念

本项目地处祖国西部边陲,位于西天山边缘,处于高纬度、高海拔的严寒地区,沿线地形、地质复杂,地质灾害严重,自然灾害频发,生态环境较好,但极为脆弱,一旦破坏,极难恢复,冬季寒冷,沟谷狭窄,工程规模大而艰巨,施工条件差,总体设计方案紧紧围绕以下设计理念进行:

(1) 强调安全第一原则

越岭段和沿溪段受地形条件限制,路线纵断面设计不可避免地出现长大下坡,设计中对该段路线做了运行速度检算,并以此对路线平纵组合进行调整,同时设置避险车道及爬坡车道,并设置完善的安保设施。

对大型构造物选用了有科技含量、技术可靠、质量易保证的方案,以确保运营安全。

(2) 认真贯彻公路设计新理念

设计过程中采用尊重自然、重视环保的设计思想,树立设计就是创作的理念。针对越岭段地形、地质及生态条件,在“标准选线、地形选线、地质选线、生态选线”的选线原则及“以人为本、安全至上、可持续发展、生态环保、全寿命周期成本控制”的建设理念基础上,在疆内首次提出并采用了“适应复杂地形地质和特殊桥隧结构的线形组合形式及其线形指标的以桥隧相连为主的沿山坡螺旋展线方案”,首次采用百米高墩大桥及斜拉桥跨谷方案,既最大限度地满足了平纵线形的要求,又避免了深挖高填。

为尽量降低桥梁高度,在纵断面高程控制上,山坡展线桥段控制桥梁山体内侧预留施工空间即可,尽

量不对山坡进行开挖,避免引发新的地质灾害。

沿溪段和沿湖段均结合地形地质条件,局部地段灵活地采用适当降低标准的路线方案,从而最大限度地防止了对环境的破坏,防止了由于公路建设引发的地质灾害,有效地降低了工程造价。

(3) 以科技进步为先导,解决具体工程问题

果子沟大桥结合现场具体条件,推荐采用钢桁梁斜拉桥这一结构新颖、技术含量高的桥型方案,得到了国内桥梁专家的广泛赞同,该方案很好地解决了结构抗风抗震、工期、冬季施工、材料运输、后期养护、环保、耐久性等具体问题,如能顺利实施,将对我国公路桥梁的技术水平有一定的积极作用。

赛里木湖隧道位于湖边,穿越赛里木湖盆地和依犁盆地分水岭,隧道洞身约 55% 低于湖面高程,且库松木契克断裂贯穿隧道与赛里木湖,冬季寒冷,地下水丰富,隧道采用全包防水、保温防冻、注浆堵水、限量排放技术,确保施工及运营期间不会发生病害。

在方案选择上充分贯彻了全寿命周期成本最优的思想。

(4) 坚持以人为本,注重设计的细节,树立让公众满意的意识

沿溪段全线和沿湖段部分路段设置了方便牧民牲畜转场的专用牧道,做到了转场期间畜车分离,最大限度地保证了牧民和牲畜的安全,保证了交通运营的畅通。

沿湖段为方便过路驾乘人员观赏美景,设置了观景平台。

2.3 高寒山区复杂地质地形高速公路综合勘测技术

2.3.1 综合勘察技术

果子沟高速公路沿线地形、地质条件复杂,为充分掌握沿线不良地质和特殊性岩土分布情况及工程性质,结合高寒山区特点,在丰水季节,应用先进的勘察手段,开展了勘察工作。在方案研究阶段,采用先进的遥感解译手段,对测区的工程地质条件进行解译,为公路选线提供宏观和直观视场依据。在设计阶段,在遥感地质解译基础上,进行了宏观区域地质调查,详细的路线地质调查,并采用物探、钻探、挖探等综合勘察手段,查清了沿线地质情况。

赛里木湖隧道洞身库松木契克断裂与赛里木湖贯通,隧道出口高程低于赛里木湖湖面约 36m。为判定隧道内断层与赛里木湖湖水的联系性,采取了断层阻隔判读、钻孔验证、水化学分析等综合勘察手段进行勘察,得出隧道断层与湖水无连通性,对隧道无影响,具体见“2.4.7.2 加强综合勘察技术,摸清断层、隧道与赛里木湖湖水的联系性”。

2.3.2 测量技术

(1) 建立高精度桥隧独立平面和高程控制网

本项目除全线建立 GPS 平面控制网和高程控制网外(平面控制测量等级采用了 GPS 三级控制网,高程控制测量等级采用了三等水准),针对越岭段为桥隧相连路段[即赛里木湖隧道、捷尔得萨依隧道、果子沟特大桥、将军沟隧道之间均为高架桥相连(全长约 10 km)],设计及施工精度要求高,贯通(合龙)误差要求小,越岭段平面控制测量等级采用了 GPS 二级控制网,高程控制测量等级采用了三等水准,并在控制测量时将越岭段作为一个整体进行施测,如图 2-1 所示。

(2) 1/2000 三维数字化地形图测量及抵偿面分幅技术

针对复杂的地形条件,采用常规测量技术难以满足设计、施工、控制要求,本项目采用航空摄影与数字摄影测量系统测绘 1/2000 三维数字化地形图,极大地加快了项目进度,满足了设计要求。



为了保证投影长度变形值不大于 2.5cm/km ,平面控制网坐标系采用 1980 西安坐标系,中央子午线为 81° ,抵偿投影面分为 4 个,分别为赛里木湖抵偿面、松树头抵偿面、新二台抵偿面、果子沟抵偿面。

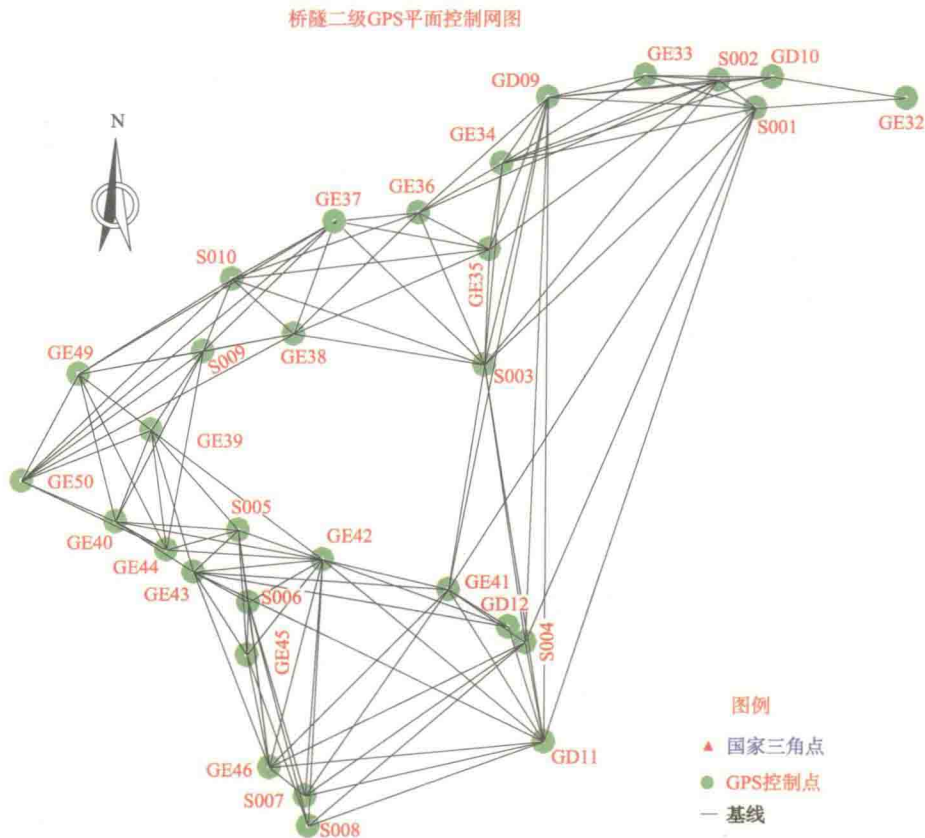


图 2-1 GPS 平面控制网图

2.4 高寒山区复杂地质地形高速公路设计技术

果子沟高速公路位于世界级风景名胜区赛里木湖风景区和果子沟风景旅游区内,为将本项目建成“生态路、环保路、旅游路、景观路”的目标要求,总体设计中,强调“安全第一”的原则,始终把安全放在首位,因地制宜、精心设计。

2.4.1 合理选用技术标准

果子沟高速公路采用双向四车道高速公路标准进行建设。沿湖段采用设计速度 100km/h ,路基宽度 26m ,局部困难路段线型设计采用 80 km/h 设计速度标准进行设计($K554+110 \sim K557+510$),行车道宽度及路基宽度不变;越岭段和沿溪段设计速度 80km/h ,路基宽度 24.5m ,中间困难路段线型设计采用 60km/h 标准($K586+200 \sim K601+000$),行车道宽度及路基宽度不变。

在技术标准的选定中,安全、灵活、合理地选用技术指标:

(1) 充分结合项目特点,区分不同地形、地貌及地质条件的影响,全线采用了 100km/h 、 80km/h 、 60km/h 的设计速度标准,路基宽度采用 26m 、 24.5m ;

(2) 为减少积雪冰冻对运营安全的影响,在沿溪段采用 60km/h 设计速度标准的路段,适当加宽了行车道宽度,由标准的 3.5m 调整为 3.75m ,路基横断面宽度由 23.0m 调整为 24.5m ;

(3)运用道路交通安全分析及设计速度与实际运行速度的计算分析,对沿溪段地势开阔且实际运行速度小于设计速度的路段设置爬坡车道、避险车道等安全设施设计。

2.4.2 总体选线思路

项目位于高纬度、高海拔的严寒(强季节性冻土)地区,生态环境较好,但极其脆弱,一旦破坏,极难恢复,项目共分为沿湖段、越岭段及沿溪段,根据不同的地形、地貌、地质条件、生态环境特点,本着“以新带老、标准选线、生态选线、地形选线、地质选线”的原则,在“以人为本、安全至上、全寿命周期成本控制、可持续发展”的设计理念指导下,各路段采用不同的技术标准、不同的总体设计思路进行路线走廊及路线方案的布设。

(1)沿湖段采用以新带老改扩建方案

果子沟高速公路沿湖段平、纵面线形除三台大拐弯处地形较复杂,难以满足高速公路标准外,其他段落地形平坦,均满足高速公路标准,但路线大部分路段位于世界级风景名胜赛里木湖风景区内,为优质草场,生态脆弱,为尽量降低公路建设对风景区的影响,尽量减少占用风景区,本段采用沿老路拓宽改建方案,体现了公路建设“以新带老”的建设理念。

(2)沿溪段采用以新带老改扩建方案

沿溪段地貌上属峡谷区,沿线海拔高度1000~1800m,山间地势陡峻,相对高差200~500m,自然坡度 $30^{\circ}\sim 70^{\circ}$,沟谷多呈“V”形沟谷,极为狭窄,果子沟内常年流水,河床纵坡较陡,水流湍急,下切作用强烈,地形条件十分复杂。沟谷两岸植被茂密,风景优美,生态环境极佳;冬春季被积雪覆盖,雪害频发,对公路影响较大。沿溪段采用沿老路拓宽改建方案,局部路段受地形及路线线形限制采用新建方案,考虑雪害、泥石流等影响,路线多于果子沟沟谷阳坡布线。

(3)越岭段采用有利于环保的以桥隧为主的沿山坡螺旋展线方案

越岭段直线距离短(约3.5km)而相对高差较大(约500m),地势十分险峻,地形、地貌、地质条件复杂,地质灾害集中;沿线山坡植被茂密,阴坡上原始云杉林呈片状大面积分布,而阳坡多为草地,风景优美,生态环境较佳;冬春季积雪较厚,雪害时有发生;既有路标准低,沿老路改建极为困难,而该路段又临近赛里木湖世界级风景名胜区,区域植被丰富,环保要求高。因此,本路段采用以桥隧相连为主的螺旋展线方案,达到了有效克服高差,减少路基大挖大刷对山坡植被破坏、减少生态环境破坏的目的。

本段为适应地形、地质及生态条件,在“标准选线、地形选线、地质选线、生态选线”的选线原则及“以人为本、安全至上、可持续发展、生态环保、全寿命周期成本控制”的建设理念基础上,在疆内首次提出并采用了“适应复杂地形地质和特殊桥隧结构的线形组合形式及其线形指标以桥隧相连为主的螺旋展线方案”,首次采用百米高墩大桥及钢桁梁斜拉桥跨谷方案。

2.4.3 越岭段以桥隧为主的沿山坡螺旋展线方案的确定

2.4.3.1 路线走廊确定

沿湖段路线走向明确,采用沿既有路拓宽方案。越岭段及沿溪段地形地貌复杂,地质病害多发,项目路线走廊确定过程中,做了大量的研究工作,提出了多条走廊带方案:果子沟方案(即沿既有路方案)、小西沟方案、大西沟方案。

考虑大西沟、小西沟方案均为新建方案,路线里程更长,沿线地质地形更复杂,地质病害更多,路线相对高差较果子沟方案更大,坡度更陡,工程规模更大,因全线新建,对该地区生态环境破坏更大,路线方案明显不如果子沟方案。而果子沟方案仅松树头至二台林场段越岭线需新建外,其余均可利用既有路。沿线虽然有多处地质病害,但由于该线二级路已改造通车多年,对沿线病害类型及具体情况已基本掌握,改建时加以防治或绕避,可以减少或避免公路病害对行车的不利影响。由于大部分既有路可以利用,工程



规模小,施工条件好,且总体上对环境破坏相对较小。本项目选用沿既有线作为走廊带对路线进行改造方案,即:果子沟走廊带方案。如图 2-2 所示。



图 2-2 果子沟项目路线走廊

2.4.3.2 越岭段采用以桥隧为主的沿山坡螺旋展线方案

在果子沟路线走廊中,沿湖段及沿溪段路线走向明确,基本采用沿老路改建方案,重要的路线方案集中在自松树头至二台林场之间的越岭段,越岭段具有如下特点:

(1)位于高纬度、高海拔的严寒地区,地势险峻、沟谷纵横、地形复杂。

(2)地质构造复杂,断裂带集中,滑坡、雪害等地质、自然灾害集中。

(3)直线距离短而相对高差较大,必须展线。

(4)既有路标准低,回头弯多,若沿老路改建极为困难。

(5)临近赛里木湖国家级风景名胜區及果子沟风景区,区域植被丰富,生态环境较好,但极为脆弱,一旦破坏,极难恢复,环保要求高。

(6)越岭段如再发生病害,受地形、地质条件限制,整治处理条件少,加之,路线走廊作为一种宝贵的资源,一旦占用,将无条件再次进行改建。

综合以上特点,越岭段宜采用一次改建、一步到位的方案,以根治各类病害,根本改善路线线形,提高行车条件,同时,应加强环境保护,该段原则上采用废弃老路、另建新线方案。

根据越岭段建设条件及特点,设计中做了五个路线方案的比较,如图 2-3 所示,各方案优缺点分析详见表 2-1。

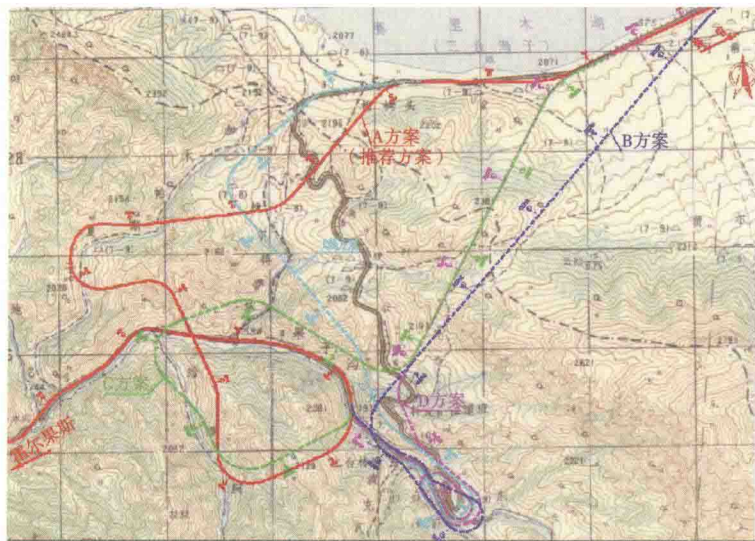


图 2-3 越岭段路线方案比较图

各方案综合比较表

表 2-1

方案	优点	缺点
A 方案	线形顺畅,地质条件相对较好,对环境影响小,运营条件好,美观,技术可靠,造价适中	桥隧施工难度大
B 方案	新建路线短,对环境影响小	线形较差,投资大,工期长,隧道施工不确定因素多,运营、通风、防灾、照明费用较高
C 方案	路线线形顺畅,运营条件较好,对环境影响较小	投资较大,隧道施工不确定因素多,运营、通风、防灾、照明费用较高
D 方案	新建路线最短	线形较差,投资较大,隧道施工不确定因素多,运营、通风、防灾、照明费用较高
E 方案	投资较小,但滑坡治理费用在工可阶段难以估列	线形较差,工程地质条件较差,病害隐患多,工程风险较大,对环境影响较大

尽管 A 方案工程投资较 E 方案略贵,但由于 E 方案自捷尔得萨依古滑坡群中通过,其滑坡治理费用难以估列,且安全隐患多。而 A 方案线形顺畅,地质条件较好,且避开了捷尔得萨依古滑坡群等地质病害区,不易引发新的地质灾害,可彻底解决困扰该段路线的地质病害问题;隧道采用长隧道及中隧道方案,隧道较短,有利于行车运营,造价较低;山坡展线桥在路线设计中控制设计高程,使其桥面下满足施工空间即可,尽量降低桥面高程,同时,尽量避免大挖大刷,有利于生态环境保护;运营养护费用低,采用螺旋展线,与环境协调较好,景观效果好等综合优势。

经研究,越岭段采用有利于环保的以桥隧为主的沿山坡螺旋展线方案。如图 2-4、图 2-5 所示。

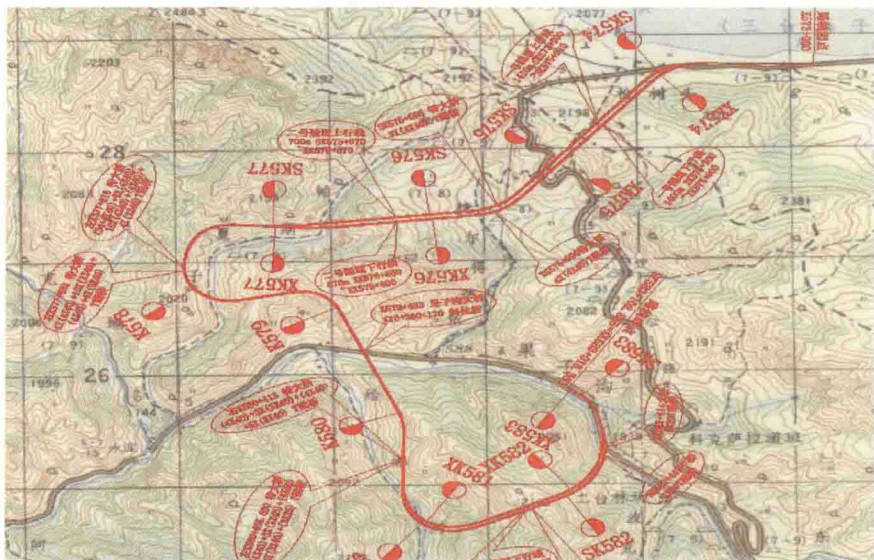


图 2-4 越岭段以桥隧相连为主的螺旋展线方案平面示意图

2.4.4 典型路段选线方案

(1) 地质与生态选线

越岭段赛里木湖隧道与捷尔得萨依隧道之间采用桥梁跨越沟谷,该处存在大型滑坡体,自然条件下,该滑坡体处于稳定状态,在安全设计中,本着地质选线原则,不扰动就是最大的保护,自滑坡体前缘通过,并在施工中提出具体要求,避免扰动滑坡体。同时,选线中,本着保护植被(雪岭云杉)原则,选定洞口位置,而后再进行布线,避免砍伐树木,同时,洞口避开小型断裂带。如图 2-6 所示。

(2) 地形与生态选线

路线以隧道穿过捷尔得萨依山体,在山体阳坡进行布线,一方面,阳坡坡面较平缓,同时,植被一般为



草地,而阴坡茂密、高大的雪岭云杉,从地形选线及生态选线的角度,确定路线方案,如图 2-7 所示。



图 2-5 越岭段以桥隧相连为主的螺旋展线方案
卫星影像图



图 2-6 捷尔得萨依沟谷地质选线、生态选线



a)



b)



c)

图 2-7 加木帕斯夏子沟谷地形选线、生态选线

(3) 螺旋展线

越岭段果子沟段受地形及果子沟沟谷限制,难以直接降坡至沟内既有道路,采用螺旋展线方案,利用将军沟内阳坡布线,该坡面同样雪岭云杉较少,坡面较缓,受雪害影响较小,同时,兼顾了控制工程规模布线。如图 2-8 所示。



图 2-8 将军沟段螺旋展线

(4) 果子沟特大桥墩位确定

果子沟特大桥小里程(西)端主塔墩墩位在设计中,曾考虑了两处墩位,在测设中,根据地形及钻探所揭露地质情况,确定采用南侧墩位,确定墩位后,再进行路线布线。如图 2-9 所示。

(5) 根据地形灵活采用路基方案

① 错台分离式路基

根据地形条件,考虑减少土石方数量、合理设置纵坡等,在不影响果子沟河泄洪前提下,沿溪段部分路段采用错台分离式路基。如图 2-10 所示。



图 2-9 果子沟特大桥梁墩位



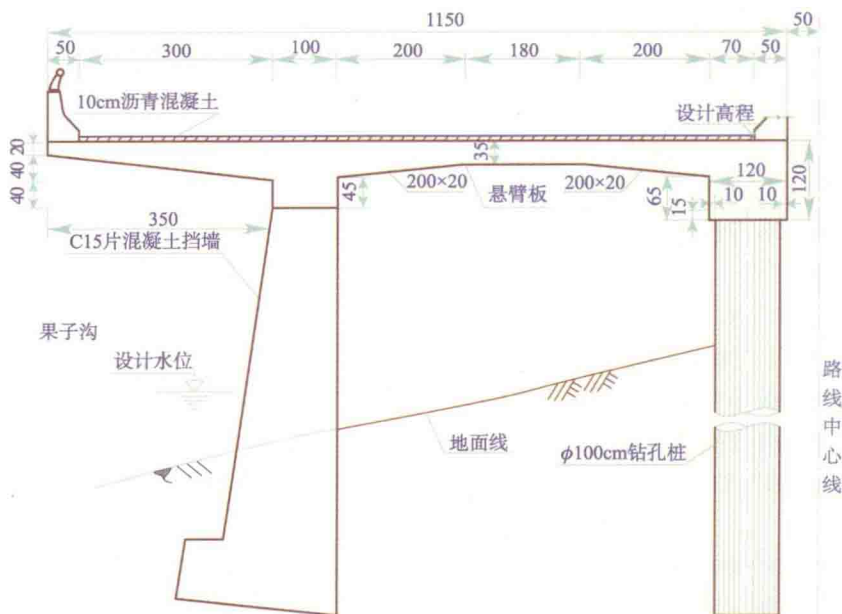
图 2-10 错台分离式路基方案

② 半路半桥整体式路基

沿溪段地形狭窄路段,受果子沟河泄洪影响,采用半路半桥整体式路基方案,个别路段采用悬出式路台。如图 2-11 所示。



a)



b)

图 2-11 半路半桥整体式路基方案(尺寸单位:cm)



(6) 改建公路以新带老

既有公路沿线有大量的弃土及弃渣场,本项目在设计中拟利用沿线弃土、弃渣作为路基填料,利用完后将其绿化恢复,体现重视改建公路以新带老的设计理念。如图 2-12 所示。



a)



b)

图 2-12 充分利用沿线弃土

2.4.5 果子沟大桥采用双塔双索面钢桁梁斜拉桥

果子沟大桥为国内第一座高寒地区大跨度钢桁梁斜拉桥,也是国内公路建设史上第一座大跨度钢桁梁斜拉桥,同时是新疆第一桥。

2.4.5.1 影响桥型方案选择的主要因素

果子沟大桥桥型方案选择主要影响因素有:

- (1) 地形高差大,山高坡陡,地势险峻,便道的施工难度大且造价较高;
- (2) 既有公路线形差,坡度大,病害多,运输条件极为困难;
- (3) 本项目穿越著名的果子沟风景区,环保要求高;
- (4) 施工场地狭窄,大量的桥梁构件预制场地及其他施工场地难以布置;
- (5) 冬季漫长,气温严寒,混凝土施工需采取特定措施,冬季混凝土施工质量难以保障。

2.4.5.2 桥型总体设计方案

本桥规模及技术难度大,其桥型方案的选择,直接关系到工程投资、设计施工难度、工程建设进度、日后运营使用情况及维修养护难易程度等,桥型方案选择的思路如下:

(1) 方案选择结合本工程的实际特点,在安全、经济的前提下,应有一定的技术含量和技术创新,能体现我国桥梁的发展水平;

(2) 项目处于风景区内,应采用结构受力明确、安全耐久、施工简易、施工期间对环境的影响小、节省投资的桥型方案,同时应考虑桥梁的美观并与周围环境相协调;

(3) 桥梁构件应尽量小型化、工厂化,易于运输和吊装;

(4) 冬季避免大规模的混凝土现浇施工;

(5) 桥梁悬臂施工时,宜选用悬臂长度小或能够尽早合龙的桥型方案,以减小长悬臂施工期间的风险;

(6) 由于在西部地区钢结构相对混凝土结构而言,施工质量可能更容易保障,后期发生的桥梁病害也可能更少,要从运营的长期效益方面考虑。

综合考虑本桥的控制因素,经对大跨度连续钢构桥、预应力混凝土斜拉桥及钢桁梁斜拉桥进行综合比选,果子沟大桥选择采用钢桁梁斜拉桥。如图 2-13、图 2-14 所示。