

中国陆路交通自然条件评价和区划概要*

楊 吾 揚

(北京大学 地理系)

前 言

对我国陆路交通(铁路、公路和城市道路)的自然条件进行评价与区划,前辈已作过一些工作。如林文英在解放前对我国各地区公路地质条件的研究^[1],刘国昌和郑象銑等先后提出的、可适用于陆路交通工程的我国工程地质区划^[2,3],以及铁道部、交通部和建筑工程部当前采用的气候、暴雨和地震分区等。这些成果在实际工作中已起了巨大作用。

然而,上述评价与区划工作,或者只着重考虑个别或较少的自然因素,或是为单目标(即陆路交通设计、修建、养护、运营的个别方面)服务的。对我国陆路交通的自然条件进行多目标评价和综合区划,这种更为概括和综合性的工作,却尚未充分展开。苏联专家H. A. 諾西奇在我国讲学时,曾对我国道路的各种自然条件进行了简单评价,并初步将全国分为四大道路自然区^[4]。之后,陈本端又提出了将全国分为五个区的较详尽方案^[5]。上述二项工作是在我国进行这方面研究的良好开端。

为推动这种工作,作者在上列诸项研究的基础上,进一步结合我国的自然、技术、经济情况,写成本文,提出讨论。工作中参考了我国解放后、特别是大跃进以来积累的丰富陆路交通工程经济资料,利用了我国综合与部门自然区划的硕果,适当考虑了有关国际经验,结合了少量亲身野外考察,并对比了农业自然条件评价和区划的方式、方法。限于作者水平,文内谬误难免,尚祈广大交通工程工作者和地学工作者指正和批评。

陆路交通自然条件评价与区划有着重要的意义。从实践上看:(1)它能揭示各种道路设计、修建、养护、运营条件的地域差别,有助于交通建设的因地制宜。我国幅员辽阔,自然条件复杂,此项工作之重要益为明显。(2)它能为制订有关交通技术政策和分区技术标准提供许多科学依据。如有关线路曲线和坡度等选线标准,有关保证路基、上部建筑和路面稳定措施的技术规范,有关排水结构物的数量、尺寸、系统等技术规范,有关施工、养护、行车和材料技术供应等方面的规定,其相应部分均可参考这种区划,不仅按全国、而且按地区考虑。(3)它无疑是进行全国、地方和人民公社陆路交通网规划的重要参考资料。从理论上讲:通过它,可以带动自然条件的工程经济评价工作,开辟自然区划为实践服务的新领域,丰富交通运输地理学的具体内容。它还把工程技术(交通和建筑科学)同地理学联系起来,有助于边缘科学研究的发展。因此,陆路交通自然条件评价与区划,是值得引起注意的一个科学领域。

* 本文工作过程中,先后采纳了以下各专家和同志的意见:饶鸿儒、林超、吴传钧、阮为之、饶华康、徐兆奎、陈传康、张国伍、张务栋等;另外,在科研准备阶段,汪一鵬和过宝兴两同志参加了许多工作,一并致谢。

1) 见同济大学道路教研组:中国道路分区研究报告,1958年。

(一) 陆路交通技术经济与自然条件的关系

发展陆路交通,在技术经济上要求有路基稳定、走向平直、运行可靠、养护方便的路綫。而道路(铁路、公路和城市道路)的建设和利用,受沿綫自然界的影响很大。从规划、选綫到确定其技术标准、运营指标,均须慎重估计当地自然环境特点,从而采取相应措施,使綫路符合国家运输的要求,并力争在技术上先进、经济上合理。

自然条件对各类陆路交通建设和利用的影响,主要通过以下诸技术经济方面表现出来。

(1) 道路基础的稳定性与运营的可靠性

綫路建筑物如路基、排水系统、桥涵、隧洞和挡土墙(为了评价方便,我们将铁路道床、公路路面也附入)等,是陆路交通的物质基础。其中特别是路基、桥、隧等是最基本的结构物,它们占铁路总造价 20—50% 左右。公路则除此而外,路面又往往占造价约一半。其坚固、稳定程度,是车辆能否安全正常运行的保证。不同的地区,道路基础的稳定性相差很大。如坚硬岩石出露地区较松散沉积物分布地区,地基条件好,地壳活动地区较地壳稳定地区基础工程复杂。又如冻土地带的冻胀、翻浆,沼泽软土地区的路基下沉,以及地震、滑塌、泥石流、风沙等对綫路的侵袭和掩埋,更严重妨碍了路基的安全和运行的正常。为了防治病害和维持运营,往往要付出很大代价。以我国解放后新建的詹东、川黔、包兰(兰银段)三条铁路为例,它们在上部建筑的工程费方面相差不大,但路基造价川黔为詹东的三倍半,包兰为詹东的四倍,大型建筑物(桥、隧、护坡等)川黔为詹东的两倍,包兰为詹东的三倍。如果把养护费用也计入,其差别就更大了。所以,在评价陆路交通的自然条件时,应以基础的稳定性和运营的可靠性作出发点。

(2) 綫路的平直性与工程量的节约性

车辆的载重、速度、燃料与水的消耗等,都受到綫路纵坡度与平曲线的影响,且在当前技术水平下,不能超过一定限度。它们是决定道路经济利用的重要指标。綫路坡度增加,则车辆载重相应减少,运营费用相应提高。根据牵引计算,铁路綫路坡度和蒸汽机车牵引重量之间的关系如表 1¹⁾。

表 1

机车类型	不同坡度的最大净牵引量(吨)				
	平 道	4 ‰	6 ‰	9 ‰	12 ‰
4—4—0 轻型	1,198	573	448	333	260
4—6—0 中型	1,936	930	736	551	436
2—3—0 重型	2,920	1,420	1,120	843	670

又根据我国实验资料,公路坡度自 9% 减至 6%,汽车燃料可节省 20%,坡度自 9% 减至 3%,则燃料节省达 40%¹⁾。汽车只有在 2—3% 以下的坡度上,才能充分利用发动机功率和采用挂车。在弯度方面,在苏联的条件下,铁路转向角每增加 1°,便使运营支出增

1) 根据同济大学道路教研组:中国道路分区研究报告。

加 0.138%¹⁾。故根据不同的自然条件、特别是地形条件,选择綫路坡度、弯度,特别是所允許的最大坡度(限制坡度)和最小曲度半径,有重要技术經濟意义。我国解放后铁路設計中,对华北、华中平原地区一般采用 4‰ 的限坡,西北、西南地区則多采用 6‰ 的限坡,个别地形困难地段和一些山区铁路采用的限坡則高达 12‰。当坡度再提高时,就往往要用双机牵引或电气化了。我国公路建設中,在决定綫路标准时,也考虑了地区的地形条件。

陆路交通的工程量主要是土石方和大型建筑物,它們在不同自然条件下可以相差数倍至数十倍。一定的地質、地形条件下,綫路的平直和工程量的节约是相互影响的。綫路采用限坡較小、曲度半径較大,則由于修筑路堤和桥涵,开挖路塹和隧洞以及展綫等,工程量便会加大,綫路亦較迂迴;反之,如采用限坡較大、曲度半径較小,則会在工程量和綫路长度上得到节约。以下援引一个铁路选綫中限坡与其长度、工程量关系的例子(表 2)^[5]。

表 2

限 坡 ‰	綫 路 长 度 (公里)	总土石方工程量(立方米)
6	42	1,180,000
8	36	910,000
10	32	860,000

可見,地形复杂地区,在少占农田、不占良田的前提下,有效地利用河谷阶地、平緩山坡、山岭垭口等来合理布置綫路走向,对筑路工程量的节约和运营条件的改善,具有巨大而长远的影响。

(3) 筑路材料与綫路用水的方便性

陆路交通綫的新建和維修須要大量粘土、砂土、碎石、块石等矿物性建筑材料和一定数量的木材。修筑一公里铁路,平均約需 700 方块石、2000 方石碴、250 方木材。矿物性建筑材料的性質、儲量决定于当地区域地質、岩石状况,其开采、利用条件又同岩层的产状及地形特点有关。矿物材料本身价值不高,但因其量大笨重而运输費用奇昂。因此,有关筑路材料产地和調运的地質、地理条件,是应慎重考虑的。

筑路工程用水、機車(铁路機車和汽車)和生活用水,数量大,质量也有一定要求,且供应不能間断。如我国 ㄣ₅ 型蒸汽機車,牵引 1400 吨列車重量时,在无坡条件下,每公里要耗水約 0.25 吨,起勁一次又要增加耗水 0.4 吨^[5,6]。機車須用含鈣、鎂离子較小的軟水,飲水則矿化度亦不能超过 5 克/升。綫路用水来自地表水和地下水。水量和质量不足以保証的地区,必須敷設专用水管或开駛專門的运水車;有时,甚至不惜增加綫路若干长度以謀取适当水源。这都会加大道路的基建和运营費用。

各类陆路交通主要在道路基础、綫路状况和建筑材料、水的須求方面,具有共同的技术經濟特征。如上所述,自然条件主要是通过以上各方面对各种道路起作用。自然条件对每种陆路交通綫的作用方向也是一致的。对铁路有利的自然条件、对公路、城市道路也是有利的;反之亦然。这样,就使得同一自然地区,不同陆路交通綫往往面临着同样問題。有些铁路能部分或全部在旧有公路或大道的基础上敷設,除了运输上的要求外,也和它們对自然条件要求的共同性和类似性有关。当然,由于铁路、公路和城市道路之間,甚

1) 根据 B. H. 季米特列夫的运输经济学讲义。

至每种道路的內部(如蒸汽牵引和內燃、电力牵引的铁路,现代化铁路和土铁路、小洋铁路,高级公路和天然土路)的技术经济标准有所差异,其受自然条件的影响程度也有一定区别。这就要求我们在评价和区划时,把综合与分析、定性与定量更好结合起来。

(二) 影响中国陆路交通技术经济特性的自然条件评价

自然界是一个统一的整体,每个自然因素对陆路交通都有或多或少的影响。以下结合我国情况,对广泛和深入影响陆路交通的五组自然因素进行评述,并指出其具有标志性的指标和界线。

(1) 大地构造(包括新构造)¹⁾

大地构造和新构造比较充分地反映着地壳或岩石圈的发展历史,是与工业、交通有关的自然综合体的重要因子。对于建筑在地面上的交通道路而言,它是一个基础性的因素。

不同的大地构造,便有不同的地质构造形态、地形表现、岩石组合类型、水文地质条件。例如:地台区多为平缓褶皱,地槽区多为线状紧闭褶皱,山前拗陷区多为梳状褶皱;地台区多为低山或盆地,地槽区多为高山峻岭;台向斜基底深、盖层厚、岩性变化小,地块和台背斜出露古老变质岩、产状变动大,地背斜则多为带有火成岩体的变质程度不同的沉积岩,区域地质条件复杂;地台区可有承压水盆地,地槽区富有裂隙水等等。总的说来,以地台(陆台)和地槽(褶皱带)两类大地构造单元比较,道路地基和基础条件前者一般单纯而稳定,后者则一般复杂而多变。

第三纪末以来的地壳新构造运动,不仅引起地表的隆起、沉降、断裂和沉积变化,而且因其引起的地震现象和相应自然地质过程如塌方、滑坡、冲刷、喀斯特等的加强,对道路基础、车辆运行和线路养护皆有根本影响。即以地震本身而言,其对陆路交通的影响如表3所示²⁾。

表 3

地震烈度	对路基和道路建筑物的影响
5度以下	基本无损害。
6度	个别情况下,道路湿土或新填土中有细小裂缝。
7度	个别情况下,道路有小裂缝;陡路基和新筑土路堤斜坡偶有塌方。
8度	路堑陡坡有不大的塌方。
9度	道路有裂缝,有时路基损坏;个别情况下钢轨局部弯曲。
10度	路基和土路堤毁坏,道路变形并有很多裂缝,钢轨局部弯曲。
11度	路基和土路堤等大块毁坏,大块钢轨弯曲。
12度	路基和道路建筑物普遍毁坏。

旧中国勉强铺成的隴海铁路宝天段,即由于在设计、修建中未充分考虑新构造和现代地质过程等问题,以致通车后常出事故,殆害无穷。所以,在评价道路自然条件时,必须给新构造运动以相当的重视。

1) 目前学术界对我国大地构造的见解尚不统一,本文所采用的大地构造术语和具体分区,暂以参考文献[10]及北京地质学院1961年所编的“中国区域大地构造简明教程”为主,并适当结合各家的看法。
2) 根据1956年中国科学院地球物理研究所“中国地震烈度表”编制。

我国东半壁大地构造的主体是前寒武纪开始形成的中国地台。其中华北地台脱离海浸较早,基岩大规模出露地区道路地基条件一般较好,近代沉积层分布地区则筑路条件视组成物质而定。受燕山运动强烈影响的山地,线路通过有某些困难。西南地台海退较迟,石灰岩沉积广泛,中生代岩浆活动稍弱,褶皱普遍,给道路修筑遗留下来不利的工程地质和地形条件。中国地台的东北和东南为古生代地槽系,除少数近代沉积地区外,岩性差别较大、地形较破碎,山岭多为华夏式,给沿海地区的陆路交通带来一些不便。贺兰小江深断裂线以西的西半壁大地构造特征是地槽系广泛分布,有许多稳定的地块间列其中。因喜马拉雅运动的影响形成与抬高了許多主要是东西走向的崇山峻岭,秦、祁、昆仑深断裂线以北且多块状运动,对陆路交通线起着巨大的阻碍作用。

从新构造观点看,我国各地亦有很大差别。自大兴安岭、燕山、太行山、伏牛山、武当山、雪峰山至十万大山一线以东,为以沉降为主的地区。自昆仑山、巴颜喀拉山、祁连山、鲁南山至滇东龙山一线以南以西,为以隆起为主的地区。二区之间则为升降交替的过渡区¹⁾。相对上升区和相对下降区之间的接触带,以及强烈隆起区和近代断裂带,是8度以上强烈地震的主要分布地带,对道路的稳定和运营的安全影响至大,如鲁中及鲁西南、六盘山、宁夏平原、秦岭、祁连山北麓、天山两侧、川西滇东、西藏波密地区、台湾山地及沿海等。

(2) 水热状况

陆路交通线直接同大气圈的下部相接触,因而,路基、路面和道路建筑物的稳定以及运营条件的优劣,受到各地气候条件影响颇大。就中以水分、热量状况及其相对关系最为重要。它们是影响道路修筑和维护的非常活跃的自然因素。

地表热量的差别,是造成线路基础部分技术构成和使用性能地域差异的因素之一。处于寒温带的东北北部和高寒的青藏高原一些地区,全年大部分时间气温很低,存在岛状或高山多年冻土层,其总厚度由数米至百余米不等。因而进行路基工程时,就往往以冻土为基底,并采取保温措施使其处于经常冻结状态,以减少季节融冻层对基础强度的影响。儿占全国面积2/3的北部、西北和部分中部地区,则土层和道路有季节性或暂时性冻结,冻深自0—3.5米不等。许多地区产生路基严冬冻胀,春季融化后道路松软翻浆,对路基、路面的结构和车辆的通行均带来不利,冬季漫长的东北地区 and 年温差大的西北内陆,此点更为突出。南方大部地区不存在冻土现象,但由于常年高温多雨,其中东部较西部夏温尤高、年雨量尤大,地表化学风化强烈,影响路基的坚固性。西部的干燥区和高原、山地,气温变化也直接关系到施工条件、道路养护等方面。由于我国气温的水平与垂直差异巨大,有时也应估计其对车辆运行燃料消耗的影响。根据实验计算,如果蒸汽机车在气温15℃时的燃料消耗量为1,则0℃及-15℃时其消耗量分别增至1.14和1.35²⁾。

作者从道路的冻胀观点出发,认为下列两条温度界线对我国陆路交通线的技术状态有普遍意义。其一为东北北部年平均气温0℃(相当于1月平均气温-24℃)等温线。在我国,它大体上是多年冻土区和季节冻土区的分界线。其二为1月份平均气温0℃等温线,在东部地区大致为秦岭东段及伏牛山北沿、淮河、运盐河至海一线:经过较大的实测修

1) 参考中国科学院地质研究所:中国大地构造纲要,科学出版社,1959年。

2) 根据 B. И. 季米特列夫的运输经济学讲义。

正,界北为季节冻土区,界南隔較窄的暂时性冻土地带、为全年不冻区¹⁾。在內陆山地和高原,这两条界綫具有垂直分异性。

从水分情况来看,我国各地亦有显著差异。南方降水量多、持續時間长,雨季因公路泥濘而影响行車。西北干燥区,由于机械风化強烈、风沙大,雨季却是施工和养路有利的时期。季节性降水、特别是集中的暴雨以及由其而形成的地表和地下径流,对路基的稳固程度、桥涵設計标准与通車状况影响至大。明显的如黄土高原在暴雨冲刷和地下水潛蝕下,黄土边坡易失去稳定性;华北和华南地区暴雨时期,洪水对道路造成严重危害;西北山区在雨季时,也往往因泥水挟带大量山地坡积物,直冲坡脚,威胁綫路安全。

在水分因素方面,湿润系数和暴雨强度两项指标最能标志道路气候条件的地理差异。作为降水量与蒸发度(可能蒸发量)比值的湿润系数,是决定綫路基础水理和工程性質、估算各地綫路土基变形模量、填挖方高度的重要参数之一。作者根据交通科学研究院的意見,在以后区划中所采用的湿润系数,其蒸发度是根据 H. H. 伊万諾夫經驗公式計算的,即:

$$K = \frac{R}{Z}$$

式中: K 为湿润系数, R 为年降水量(毫米), Z 为年蒸发度(毫米)。

$$Z_m = 0.0018(25 + t)^2(100 - a)$$

式中: Z_m 为月蒸发度(毫米), t 为月平均温度($^{\circ}\text{C}$), a 为月平均相对湿度(%)。

我国东部湿润系数 1 的等值綫大体以秦岭、伏牛山南坡及大別山北坡为界,向西則沿四川盆地北、西两侧折而向南,經大雪山、魯南山而达国境。从筑路工程观点而言,此界以南以东为过湿地带, $K > 1$, 道路土层处于潮湿或过湿状态,必須采取相应措施保証地表的排水并防止地下水对路基的影响。北方的 $K < 1$ 地区,为湿润及半干燥地带,除季节集中性降水,上层滞水和潛水对路基影响相对較小。我国西部的 $K = 0.05$ 等值綫大体沿昆仑山、祁連山北坡而行。以北分布着大部道路工程的过干地带,道路排水系統主要用以对付間歇性水流^[8]。

反映降雨强度的年平均日最大降水量,在一定的气候和地形条件下,超过一定数值,就会給道路和桥涵設計以及日常运营带来不利。对于陆路交通有較大参考意义的降雨强度綫是:南方的年平均日最大降水量 100 毫米等值綫(东南沿海和四川盆地均在此綫数值以上),华北和东北的年平均日最大降水量 80 毫米等值綫,以及黄土高原的年平均日最大降水量 60 毫米等值綫。

应该补充說明,在有些地区风对陆路交通的修建和运营会带来一定的不利。如我国东南沿海、台湾、海南和南海諸島,每逢台风季节,車輛的运行便受到較大的阻障,有时道路和建筑物还被摧毁。我国西北干燥区,风作为主要的地表外营力,通过砂丘移动对綫路状况有巨大影响。此点在后文还将論及。

(3) 地表形态

地表形态是构造和气候等内外营力相互作用的綜合反映。同时,它又引起大气热量、水分的地区变化、特别是垂直变化,并对岩石和地表沉积物的性質以及地表水和地下水的

1) 这种修正是参照交通科学研究院的气候分区进行的,见参考文献[8]。

分布与运动有直接关系。故而,它常被认作是影响陆路交通最显著的自然因素,是对道路作自然条件评价的核心。

大地形和小地形,对线路都有深刻而多样的影响。各类地形单元的排列与分布、地表的起伏状态和倾斜角度、地面的破碎程度和切割深度,直接关系到线路的坡度、弯度以及筑路工程的难易;天然水系的密度,以及河床、河漫滩的宽度和性质,对道路工程和桥涵的数量、规模都有影响;河川阶地的类型、山坡台口和山岭垭口的分布等,对具体线路的走向和布置也有重要意义。

在一定的技术经济要求下,地表形态往往决定了陆路交通线的长度和造价。根据我国新建 13600 余公里公路(V 及 VI 级)的统计,其在地形类型下,线路的平面转折和纵向起伏都有巨大差别,列示如表 4¹⁾。

表 4

地形类别	统计里程(公里)	每公里	
		转折数	起伏数
平原	2,735	0.62	0.36
丘陵	4,498	1.89	1.13
山地	6,414	2.64	2.44

对于铁路来说,其最小曲线半径和限坡的要求远较公路严格,因此往往用更高的土石方工程量和更大的造价来谋取线路的平直。但在地形复杂的地段,由于地面自然坡度远大于铁路所允许的坡度,这种限制性亦很突出。如宝成线自杨家湾至峯顶,航空距离只 6 公里,经过展线,线路长达 27 公里,并采用 30‰ 的限坡电力牵引。再如天兰线 6 次渡渭水、宝成线 16 次跨嘉陵江,也都是为了避开不利的地质、地形条件。在不同的地形条件下,为了保证线路坡度、弯度的一定要求,减少与避开各种自然地质现象对道路地基和基础的影响,又须要不同的工程量和工程费。从下表可以看出,平原、丘陵和山地线路工程的差别。

表 5 不同地形条件下修建铁路新线每公里的工程量和工程费^[6]

地形类别	工 程 量						工 程 费 (万元)				
	土方 (立方米)	石方 (立方米)	挡土墙 (立方米)	隧道 (米)	桥梁 (米)	涵洞 (米)	总 价	路 基		桥、隧、挡土墙	
								造 价	占总价%	造 价	占总价%
平 原	31,100	2,699	4.7	5.8	10.8	12.1	42.76	4.64	10.9	4.89	11.4
丘 陵	53,860	8,277	185.3	12.0	16.7	25.0	56.89	10.57	18.6	11.63	20.5
山 地	60,720	29,370	597.2	77.5	26.4	35.7	86.33	15.20	17.6	30.34	35.3

说明:上述数据系由国内铁路设计资料统计而得。平原地形包括 9 条线段,丘陵地形包括 6 条线段,山地地形包括 13 条线段。

由表 5 更可以看出,不同地形条件下线路造价的差别,主要因路基、桥、隧等基本结构物的数量和规模而异。我国是一个多山的国家,有许多耗用巨大工程在山区造路的例子。

1) 取材于同济大学道路教研组:中国道路分区研究报告。

如丰沙铁路桥,隧竟占全长的 1/3;宝成铁路单是挖填土石方,按高宽各 1 米计,即可绕赤道一周半以上。

我国地势总的特征是自东向西作阶梯状上升。1000 米等高线自东北向西南延伸,沿大兴安岭、太行山,经豫西、鄂西山地、云贵高原东缘而达国境。3000 米等高线自西向东折南绕行,大致与昆仑山、祁连山、邛崃山、横断山系相符。这两条界线对我国陆路交通自然条件的地域差异性,有巨大的标示作用。再以地区比高 50 米或平均天然坡度 6‰、地区比高 200 米或平均天然坡度 15‰ 作为从陆路交通观点划分我国平原、丘陵、山地的两粗定量指标。二者结合起来,更足以说明我国道路建设中地表形态的地域差异性。

海拔 1000 米等高线以东,是线路通过条件一般良好的平原、丘陵及少量低山交错分布区,但其中又有一些差异。洞庭湖、鄱阳湖和太湖盆地以南的江南地区,主要是丘陵地形,线路多由相互联通的河谷阶地通过,由低矮垭口越过分水岭,工程量尚不大。上述地区以北,则除鲁辽丘陵、冀热、长白和大别山地外,均属广大平原,无论河谷线与分水岭线,均坡小弯少,工程量小。唯处于我国大河下游,河床宽广、桥梁工程较大;部分地区水系发育,河网密集,桥涵数目相应加多。台湾岛山脉纵列,与西部平原对比鲜明,给东西交通造成一定困难。

海拔 1000 米等高线和 3000 米等高线之间为山地、丘陵、高平原和盆地相间的地区,内部道路修筑的地形条件差别很大。四川盆地、汾渭谷地地面坡度较小,道路通过较有利。各内陆盆地和剝蚀高平原地形平坦,但面临着其它自然条件带来的问题。黄土高原切割严重,边坡陡峭,道路修筑的小地形条件颇为不利。区内山地广泛分布,一般山高坡大、河流深切、阶地窄紧,线路建设不易,分水岭线已属不可能,越岭线工程很艰巨,河谷线的桥、隧和重点土石方工程亦庞大。特别是大致横亘东西的山脉如天山、秦岭、大巴山、大娄山、苗岭等,上述情况更为突出。

西南青藏大高原边缘为高山围绕,特别是东南侧的横断山地,相对高差往往达 500—2000 米,严重阻碍交通线的通过。高原中部因地势高聳,形成独特的自然条件,如现代冰川和沮洳地的分布、严寒和缺氧等,均给陆路交通的建设和运营带来特殊问题。

(4) 地表水与地下水

地表水与地下水的主要补给来源是大气降水,因而与地区综合气候特点密切相关;同时,它们的分布和移动,又受到地表形态的深刻影响。二者既是影响路基、路面稳定性,确定桥涵孔径和结构的具体自然因素,又是陆路交通修建、养护和运营中的用水来源。

降水除掉地面蒸发与渗透便是径流。我国地表径流资源有巨大地区差异。内陆流域除青藏高原和一些高山地区外,径流深度均不足 50 毫米,许多干燥荒漠地区甚至是无流带。外海流域的径流量又有明显地带分异。总的说来是南多北少、东多西少。200 毫米的径流等深线沿长江、大别山南、伏牛山、秦岭而行。此线以北,只有东北东部地区径流量较大;此线以南,大体以前述 1000 米等高线为界,东部大部地区径流深度超过 600 毫米,最高达 3000 多毫米(台湾和东南沿海),西部则大部地区径流深度在 200—600 毫米之间。因此,我国南方各地路基和道路建筑物受到地表水的影响最为广泛,线路建筑中必须配备较完善的排水工程系统,桥、涵等泄水结构物也相应多一些。北方地区径流季节变化大,近代沉积层分布地区也必须保证线路的排水,以防止因路基长期浸水而招致下沉和变形

并使天然土路的泥濘期縮短；綫路經由河漫灘須作部分浸水路堤設計。西北內陸盆地排水系統可大為簡化，但山前道路則有必要加修截水溝，以對付洪水的侵襲。

徑流量的年際變化和季度分配都是不平衡的，道路的結構和橋、涵的孔徑又必須按最大的過水量來設計，因而，單純考慮一般的徑流地理分布，對陸路交通是不夠的。在研究小地區綫路的地表水狀況和作橋、涵設計時，必須根據降水的集中程度和變率，作專門的工程水文計算，求出不同地區、不同河流的暴雨徑流量及其出現率。我國暴雨徑流最集中的區域，基本與前述降水強度最大的地區吻合，只是山前地帶相對更突出。

地下水的儲量、埋藏深度、季節變化及其理化性質，對道路基礎的狀況和水源的取給都有直接影響。眾所周知，地下水位的高低是確定道路建築物基礎埋入深度和填土高度的因素之一。它的化學成分和礦化度對入土混凝土的侵蝕性和金屬的腐蝕性都有作用。地下水的變化和運動，是促成滑坡、濕陷、喀斯特的導因，對我國黃土高原和西南山地道路建設和車輛運行，影響尤大。在我國乾燥區、半乾燥區、東部沿海地區，一些地方地下水位高， SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 Na^+ 離子含量大，礦化度高，往往引起土壤的鹽漬化，對路基穩定性頗為不利。

作為綫路水源，地下水、特別是潛水的開發利用具有重要意義。尤其是對於我國乾燥、半乾燥地區，更形迫切。因為上述地區占全國面積的 1/3 以上，而地表水量初步估算僅占全國地表水總量的 6% 左右。

在我國多年凍土帶，因河谷沖積層中水凍結時間長，多利用凍土層中水和層下水。東部平原地區，地下水多來自沖積層、湖積層和沖積洪積層中，潛水深度一般在 5 米以下，取給方便，但季節性變化大。潛水由山前至海濱呈水平分異。如華北平原，沖積扇地下水位在 4 米以上，主要為礦化度小於 1 克/升的重碳酸鹽鈣水；大平原地下水位在 2—3 米左右，礦化度變動在 1—5 克/升，由重碳酸鹽氯化物鈣鎂水過渡到硫酸鹽水；濱海凹地地下水位至 1 米左右，礦化度 4 克/升，出現硫酸鹽氯化物水；渤海沿岸地下水位在 1.5 米上下，礦化度迅速增高（達 30 克/升以上），呈氯化物鈉水。深層承压水自山前至海濱亦變化在約 70—150 米。由此可見，就道路基礎、綫路水源，甚至排水條件而言，北方平原的地下水條件有自陸向海變劣的趨勢。東南和西南丘陵山地，地下水主要是裂隙水、山間盆地潛水和喀斯特水，一般埋藏不深，礦化度在 1 克/升以下，可配合當地地表水供給綫路使用。黃土高原和西北內陸盆地，除少數自流水盆地和河流兩岸外，地下水儲量少、礦化度高，埋藏深度也較大。如隴東潛水深達數十米，個別地方達百米。鄂爾多斯、阿拉善、塔里木、柴達木等地潛水礦化度一般為 1—5 克/升，個別地區達到 50 克/升以上。許多地區機車、乘客和築路用水成了陸路交通的主要問題。西部山區地下水垂直地帶性明顯。一般在山前洪積、沖積扇潛水儲量較豐，但扇頂埋藏較深、扇尾礦化度較高。由扇上或扇前通過的道路，取水不感困難。

（5）土質與現代地質作用

土質（岩石的工程特性）和現代地質作用（包括自然地質作用和人為地質作用）是對陸路交通工程影響非常直接的因素，因而一向為人們所重視。

地表岩石及其風化殼（表土）是路基和道路建築物下部的直接接觸面，它們的特性和分布，對較小地區綫路自然條件的差別標誌性甚強。岩石種類繁多，工程性能不一，此處

仅能根据道路及其建筑物地基和基础的要求,就其压缩性、抗压强度、坚固性、水溶性和边坡稳定性等作概括评述。依此,则各类岩石的优劣次序大致为:火成岩、变质岩、坚硬沉积岩、角砾、砾石、砂土、粘土、人工土壤、黄土、盐渍土、淤泥、泥炭层等。各种风化作用能改变岩石的成分、结构、强度和透水性等。从道路工程观点而言,大多是使岩石性质朝着不良的方向变化。如花岗岩是稳定、坚固的地基,但在其节理发育、风化有利的条件下,风化深度可达10米或以上,反易造成塌方和路基下沉。在含碳酸地下水作用下,碳酸岩类的岩石即易形成喀斯特,给线路带来危害。又例如,盐渍土的可溶盐分、特别是硫酸盐超过一定含量时,会使路基膨胀疏松,再加上一定的气候和排水条件,就可造成严重翻浆。由上亦可看出,土质和现代地质作用对陆路交通的影响常常是结合在一起的。

在一定的地面组成物质和地表形态下,通过内力(新构造运动、地震)和外力(水、风、动植物的作用、温度变化、元素迁移以及人类的工程活动等)的交互作用,形成了各式各样的现代地质过程。按其对于道路地基和基础的影响相对而言,有些是突然性的,如崩塌、岩堆移动、迅速移动的沙丘等;有些是渐进性的,如滑坡、河流切割、喀斯特、湿陷等;有些是季节性的,如山洪泥石流、斜坡冲蚀、冻结风化、道路翻浆。它们对陆路交通影响的共同特点是活动性很强、破坏力较大,易于给线路基础造成难以医治的病害;因此,应予以事先防范和估计,并将其危害减少至最小限度。

基岩、第四纪沉积物和地表土壤是路基和某些道路建筑物、以及公路一般路面、铁路道床的物质组成部分。它们的物理、力学性能给陆路交通带来长远的影响。在线路经过地区缺乏某些岩类作为建筑土石料时,就必须以更大的代价予以满足。

我国陆路交通土质和现代地质作用条件的地域差异,以地质构造和地表形态为基础,并受到气候和水的很大影响。西南新近抬升的青藏大高原基岩裸露,风化岩屑普遍,边缘有冰积、坡积物广泛分布。新构造运动显著和冰蚀作用强烈给线路带来不良影响,特别是横断山地震较烈,崩塌严重,且有喀斯特活动,增加了线路的艰巨性。建筑材料中有些地区砂料较缺乏。中、西部东西走向的山地,岩性及产状复杂,坡积、洪积、冲积、冰积物间有分布。河流深切基岩,对桥墩地基有破坏作用,两岸陡峻,滑坡、山洪泥石流和崩塌现象常有发生,更影响道路安全。但砂、砾、石等天然材料很丰富。秦岭、淮河以南的南方地区,基岩以砂岩、页岩和石灰岩为多,冲积、坡积和残积均较发育,石砾、砂土、粘土及人为水稻土壤错综分布。基岩化学风化和喀斯特大面积生成是筑路的突出问题。除此以外,一般道路地基岩性稳定、建筑材料取给容易,北方平原地区第四纪冲积、洪积和湖积层分布既广且厚,土质以亚粘土及亚砂土为主。由于岩性变化小,除一些盐渍土、软土、沼泽地区外,地基条件尚好。但必须注意防治因道路修筑引起的翻浆问题。大平原中一些地区筑路石材仰给外地。北方丘陵低山地区坚硬的火成岩和变质岩大面积出露,但基岩裂隙发育,地震区和喀斯特亦间有分布,对道路建设不无影响。西北的干燥区是风成砂主要分布区,地表组成物质以流砂、石砾及古老变质岩为主,戈壁地区地基稳定,但受活动沙丘影响地段,线路通过困难。如包兰路三盛公至石咀山段,因大型砂丘的影响不得不绕行黄河东岸,线路两次跨河;中卫以西的一段,则在大量加强路基工程、采用多方面固沙措施条件下,勉强通过沙区。

对于我国陆路交通来说,黄土高原是一个在土质上具有独特性质的地区。黄土由于

其組成疏松、垂直节理、易于湿陷和潛蝕等特性,往往造成大片滑塌、冲沟縱橫、峭壁陡立、地基下沉等地象,使基础工程艰巨化和选綫工作复杂化;原生黃土多能保持垂直的边坡,節約土方工程,但次生黃土的边坡稳定性一般很差。深路塹、高路堤、高架桥、黃土桥、黃土隧道的相間出現,构成这一地区独具的陆路交通景观。另外,筑路砂石材料亦欠方便。

(三) 中国陆路交通自然条件区的区划要素与区界标志

本文所进行的陆路交通自然条件区划,是一种为陆路交通事业服务的、綜合性的自然条件类型区划。这种区划从陆路交通技术經濟出发、有其明确的应用范围,因而有别于一般的自然区划。这种区划的綜合性,体现在它系根据綜合自然因素划出,为多目标服务、主要是为陆路交通的全面规划和总体設計服务。这样,就又区别于根据单一或較少自然因素,为个别工程项目服务的陆路交通部門自然区划(如为綫路工程服务的工程地質区划,为选綫服务的地形类型区划,为路基、路面設計、养护服务的气候区划,为桥涵設計服务的暴雨区划等)。上述二类区划虽必須相互参照,但不能彼此取代。如果不考虑具体的服务口径,則陆路交通綜合自然区划和农业綜合自然区划在性質上是可以类比的。当然,二者也有差别。由于水、陆、空交通在技术經濟及其影响自然条件上差別較大,前一种区划不能包括交通运输业的全部。后一种区划在进行时,則不仅同时針对耕作业中的各类作物,甚至还包括农、林、牧、副、漁五业。为农业各部門全面服务的自然条件区划,目前在我国已在大力开展中。

自然条件对陆路交通技术經濟的影响是紛紜复杂的。在陆路交通自然区划过程中,必須以全面、綜合研究它們之間的关系为基础,并将这些关系的主要方面和次要方面分辨清楚。因之,作者以綜合因素和主导因素相結合作为区划的原则。根据这一原则,便可找出划区的标志,相应地規定区的界綫。在区划方法上,作者也尽量使主要界綫和参考界綫結合起来,即根据主要界綫划出的区界,要用参考界綫来迭置和修正。因此,問題就在于对区划要素作出理論分析,对区界标志作出明确規定。

(1) 区划要素的分析

陆路交通主要从六个技术經濟方面接受自然界的影響,即:道路基础的稳定性、运营的可靠性、綫路的平直性、工程量的節約性、筑路材料的方便性、供水的方便性。上述諸方面是相互联系的。就中基础稳定是运营正常的基本保証,坡度、弯度的选择和工程量的大小要以实现前二者为前提。綫路的平直与否同工程量的多少,在不同自然条件下变化大体一致,在同样自然条件下,二者又相互消长(如在山区可用加大土石方工程使綫路平直)。筑路材料和水源是两个并列的方面,它們是前四方面的条件,在一定程度上对前四者发生影响。

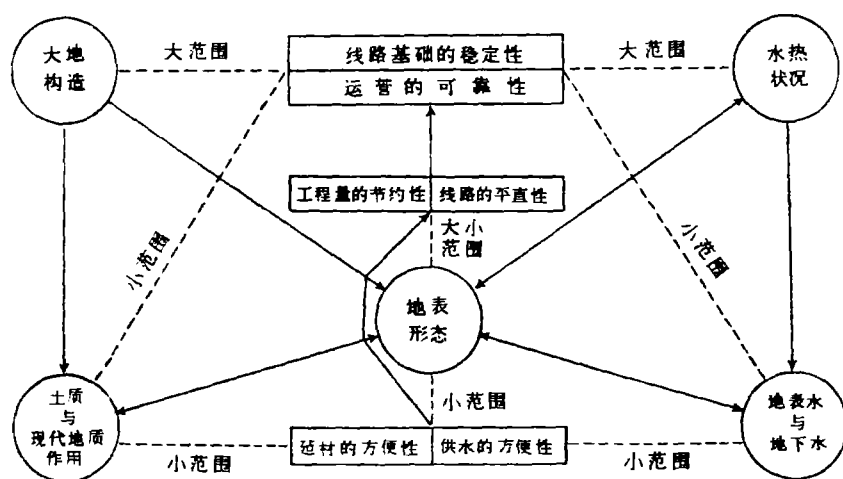
應該对六个技术經濟方面作簡单的交通评价。綫路基础的稳定和运营的可靠首先具有国民經济意义。二者没有保証,就会使交通綫运输能力減低或运行中断,影响到地区間正常經济联系的实现,从而为社会生产和人民生活带来不利。有些具有国防、政治意义的綫路,其重要性更不能仅从经济影响来衡量。其次,路基和其它基础性建筑,占綫路修建費的很大比重,运营支出也同道路的状态直接相关,故二者又具有相当的技术經濟意义。綫路的坡度、弯度和工程的难易一方面对綫路造价有决定性影响,另一方面,对通車后运

營支出高低也有长远影响。因此,它們具有重要的技术經濟意义。但在当前技术水平下,很少遇到因坡度、弯度的处理和工程規模的限制而导致交通綫无法通过和运行中断的情况,故它們的政治經濟意义不大。建筑材料和供水的方便与否,对綫路的工程造价、维护費用和运营支出都有影响,在有些情况下,还会使綫路的坡度、弯度发生变化,故它們可說是具有次要技术經濟意义的方面。

大地构造与新构造、水热状况、地表形态、地表水与地下水、土质与现代地质作用等五组自然因素，基本上构成了作用于陆路交通的自然条件综合体。大地构造（包括新构造）和水热状况是两项根本的自然因素，前者是道路自然条件非地带性差异的基础，后者是道路自然条件地带性差异的基础。地表形态是在内、外两大营力作用下形成的区域性因素，对陆路交通的影响具有综合性和广泛性。土质、现代地质作用、地表水、地下水等是在前三者复杂影响下，伴生的具有地方性的因素。它们的地带性、非地带性问题的详尽分析，已超出本文之外。一般说来，从陆路交通观点而言，岩性土质因素更倾向于非地带性，地表水因素地带性明显。地下水、现代地质作用类似地表形态，有较大的区域性、综合性；但二者相较，前者地带性稍强，后者非地带性稍强。

从自然条件对陆路交通技术经济总的影响而言,大地构造与新构造、土质与現代地質作用,是道路及其建筑物地基的地質基础,我們將它們合称为“陆路交通的工程地質因素”;水热状况、地表水与地下水是路基和其它道路基础工程(铁路枕木和道床、公路路面也附入)的水文、气象环境,我們將它們合称为“陆路交通的工程气象-水文因素”;地表形态、地表水与地下水、土质与現代地質作用,这些因素相互制约,构成道路选綫、施工、养护和行車中明显而具体的自然条件,我們將它們合称为“陆路交通的工程地貌因素”。

为了进一步分析諸自然因素对諸陆路交通技术經濟方面的复杂影响,繪出以下图式。图中虛綫标示自然因素对相应技术經濟要素的主要影响,其旁标有作用地区范围的大小:实綫及箭头标示这种影响通过諸自然因素或諸技术經濟方面内部的轉換(如大地构造通过土質影响建筑材料取給等)。



11

大地構造（包括新構造）和水熱狀況在大範圍內對基礎和運營產生影響，二者也通過地表形態對綫路的坡度、彎度以及工程量的地域差異發生影響。同時，大地構造又通過土質與現代地質作用影響建築材料的取給及需要量的多少；水熱狀況又通過地表水與地下水影響水源。

地表形態無論在大範圍或小範圍內，都對綫路的平直性和工程量的多寡起主要影響。而且也通過綫路彎度、坡度和工程量情況，影響到基礎和運營；通過水熱狀況，影響到基礎自然條件的垂直差異性。地表形態在大範圍內影響到築路材料和水源產、運的一般情況。

土質與現代地質作用在小範圍內影響基礎和運營，以及礦物建築材料的取給和數量。地表水與地下水在小範圍內影響基礎和運營，以及水源的保證。此外，這兩組因素還通過地表形態以及建築材料、水源的取給，影響綫路的坡度、彎度以及工程量的地域差異。

（2）區界標志的確定

級別標志：陸路交通自然條件區的分級，應根據其服務目的、技術經濟要求和影響陸路交通自然條件的內在聯繫來確定。級別過簡或過繁，都會給具體應用帶來不便，也給區劃工作的理論和實踐造成多余困難。作者認為，這種區劃從全國的觀點分為二級：區和地區，比較妥善。這樣，一級區劃的口徑可以是全國性的陸路交通全面規劃和總體設計；二級區劃一方面是一級區劃的補充，又能對地區、地方交通網的規劃、設計、甚至施工、運營等提出輪廓性參考。從技術經濟而言，一級區劃可從大範圍內着重考慮基礎穩定性、運營可靠性以及綫路情況，對建築材料和水源只作概括考慮；二級區劃可着重在綫路坡度、彎度和工程規模，照顧小範圍基礎和運營情況，並詳細考慮建築材料與水源要求。就自然條件而論，一級區劃應多考慮具有明顯非地帶性、地帶性或區域性的因素，二級區劃應多考慮區域性和地方性因素。

根據以上分析，作者把大地構造與新構造、水熱狀況、地表形態作為一級區（區）劃分的基本級別標志，把地表形態、地表水與地下水、土質與現代地質作用作為二級區（地區）劃分的基本級別標志。

考慮到地區之內陸路交通自然條件的差別，有些地域較大的地區可再分為亞地區，其劃分標志與地區同，但更偏重於注意地方性因素。

走向標志：由於影響陸路交通的各類自然因素有地帶性、非地帶性及區域性等差別，因此，必須擬定區劃的走向標志。作者認為：緯向的界綫應儘可能根據道路的工程氣象-水文因素的指標劃定；非緯向、特別是經向的界綫應較多根據道路的工程地質因素劃定。道路的工程地貌因素則對兩類界綫的劃定都有一定意義，特別是垂直差異性和隱域性的區界，標志性更為突出。

地域標志：從我國自然環境的特點及其對陸路交通具體影響的地理差異出發，在劃定全國不同方位地域內的區界時，應較多考慮對該地域道路影響較顯明的因素。作者採用的地域標志如下：東部地域——水熱狀況，西部地域——大地構造和新構造，南部地域——地表形態和地表水，北部地域——土質和地下水（現代地質作用的地域傾向不明顯）。必須說明，四個方位地域是相互重迭的。

自然界的複雜性以及其對陸路交通影響的多方面性，要求我們從高度綜合中去嚴密慎重地確定區界。任何用單方面的技術經濟要素或自然因素去進行陸路交通自然條件區

附表 1 中国陆路交

代 号			I	II	III
区 名			东北多年冻土区	东部湿润平原丘陵区	东南湿热丘陵山地区
区	主 要 界 线		南: 全年平均温度 0℃ 线 (相当于 1 月平均温度 - 24℃ 线)	北: 全年平均温度 0℃ 线 西: 海拔 1000 米线 南: 季节冻土带南缘 (据 1 月平均温度 0℃ 线修正)	北: 季节冻土带南缘 (据 1 月平均温度 0℃ 线修正) 西: 海拔 1000 米线
	参 考 界 线		南: 季节冻结深度 3.5 米线	北: 季节冻结深度 3.5 米线 西: 新构造以沉降为主的大区西缘 南: K = 1 线	北: K = 1 线 西: 新构造以沉降为主的大区西缘
主 要 自 然 条 件	大地构造	构造单元	天山内蒙地槽系	华北地台及东北地槽系的一部分	东南地槽系及西太平洋地槽系
		新 构 造 特 点	大面积中等或微弱上升、差异运动较弱地区	大面积下降、差异运动强弱不一地区	上升或下降运动不显、差异运动微弱地区
	水热状况	热量指标	全年平均温度 ≤ 0℃ 1 月平均温度 ≤ -24℃	全年平均温度 ≥ 0℃ 1 月平均温度 ≤ 0℃	7 月平均温度 ≥ 28℃ 1 月平均温度 ≥ 0℃
		湿润系数	K ≥ 0.60	1 ≥ K ≥ 0.30, 个别地区稍高	K ≥ 1
	地表形态	海拔高度	200—1500 米	小于 1000 米	小于 1000 米
		相对高度	50—500 米	200 米以下	500 米以下
	地表水与地下水	径流深度	100—300 毫米	25—600 毫米	大于 600 毫米
		地 下 水 类 型	多年冻土潜水, 裂隙水	冲积层和湖积层水, 冲积洪积层水, 山间盆地潜水, 裂隙水, 自流水	裂隙水, 冲积层和湖积层水, 喀斯特水
	土 质 与 地 质 现 象	地面物质	基岩(花岗岩、流纹岩、砂岩), 砾石、泥炭层	亚砂土, 亚粘土, 盐渍土, 基岩(花岗岩、玄武岩、变质岩)	粘土, 亚粘土, 砂砾, 基岩(红色岩系、砂岩、页岩、花岗岩、流纹岩)
		现 代 地 质 现 象	冰锥, 潜伏沼泽, 热喀斯特	冻胀翻浆, 山洪泥流, 湿地沼泽	化学风化, 河流侧切, 滑塌
陆 路 交 通 评 价	道路基础和运营		道路敷设于岛状多年冻土及泥炭区, 须采用保温措施; 在渗水不良地区通过, 工程较困难	道路地基条件比较单纯; 春季翻浆为道路修筑与养护中的大问题, 盐渍土地区一般更严重; 山前地区雨季暴雨径流影响路基安全	除基岩风化强烈地区, 地基条件较好; 流水对基础建筑物作用强烈, 加之地下水位高, 路基断面须作路堤, 设置完善排水系统, 桥涵数目亦多
	线路情况和工程量		选线须考虑冻土及积雪的分布	一般走向平直, 土石方工程小; 平原区线路宜绕过凹地和河漫滩; 丘陵山区应充分利用缓坡和垭口	线路多选在相互联通的河谷阶地上, 由低矮山垭口通过分水岭; 工程量一般不大
	水源和筑路材料		冻土层中水四季可用, 为主要水源; 矿石建筑材料及木材均丰富	用水较方便, 唯沿海地区地下水条件不佳; 土料丰富, 平原地区缺乏石料	多以地表水为水源, 量大质优; 矿石建筑材料及木材均丰富
区 内 地 区 的 代 号 和 名 称			仅包括一个地区	II ₁ 松黑平原 II ₂ 长白山地 II ₃ 鲁辽丘陵 II ₄ 冀热丘陵山地 II ₅ 黄辽平原	III ₁ 桐柏大别山地 III ₂ 长江中下游平原 III ₃ 浙闽丘陵山地 III ₄ 南方丘陵 III ₅ 台湾 III ₆ 南海诸岛

通自然条件区划表

IV	V	VI	VII
西南潮湿山地高原区	青藏高寒高原区	西北干燥高原盆地区	黄土高原区
北: 1月平均温度0℃线 东: 海拔1000米线 西: 海拔3000米线	东: 海拔3000米线 北: 昆仑祁连地槽北缘	南: 西段: 塔里木地台南缘 中段: 黄土集中分布区北缘 东段: 海拔1000米线 东北: 全年平均温度0℃线	东: 海拔1000米线 南: 1月平均温度0℃线 西: 海拔3000米线 北: 黄土集中分布区北缘
北: 秦岭北坡(大体以1500米等高线为界) 东: 新构造升降交替的大区东缘 西: 康滇地轴西缘	东: 甘孜地槽东缘 北: 海拔3000米线	南: 西段: 海拔3000米线 中段: 风成砂分布南缘 东段: 新构造升降交替的大区东缘 东北: 季节冻结深度3.5米线	东、南、西: 黄土集中分布区边缘 北: 风成砂分布南缘
西南地台为主	西藏地槽系及昆仑祁连、甘孜地槽系	天山内蒙地槽系及华北地台一部分	华北地台
大面积中等上升, 差异运动强弱不一地区	大面积强烈上升, 差异运动显著地区	大面积或长条形上升, 以及长条形下降相间地区	大面积上升, 幅度不大, 夹有长条形中等沉降地区
7月平均温度大部分地区 $\leq 23^{\circ}\text{C}$ 1月平均温度 $\geq 0^{\circ}\text{C}$	全年平均温度 -6°C 至 10°C , 垂直差异大 1月平均温度大部分地区 $\leq 0^{\circ}\text{C}$	全年平均温度 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 较差 特大 1月平均温度 $\leq -8^{\circ}\text{C}$	全年平均温度 $\geq 8^{\circ}\text{C}$ 1月平均温度 $\leq 0^{\circ}\text{C}$
$K \geq 0.60$	$1 \geq K \geq 0.05$	东部 $K \leq 0.30$, 西部 $K \leq 0.05$	$1 \geq K \geq 0.30$
1000—3000米	大于3000米	小于3000米, 高山在外	1000—3000米
200—1000米	多在500米以上	视地形类型而异	50—500米
250—1000毫米	50—400毫米	0—50毫米	25—200毫米
喀斯特水, 裂隙水, 山间盆地潜水	裂隙水, 冰川及湖泊沉积层水	冲积洪积层水, 裂隙水, 沙漠地带潜水	黄土砾石层水, 山间盆地潜水, 自流水
角砾, 砂砾, 粘土, 基岩(石灰岩、变质岩、砂岩、页岩)	基岩(砂岩、页岩、花岗岩、变质岩), 砾石, 角砾	砂, 砾石, 盐渍土, 基岩(砂岩、砾岩、页岩, 东部火成岩分布较广, 西部变质岩出露普遍)	黄土, 黄土岩石
喀斯特活动、滑塌, 化学风化, 河流下切	冰蚀、冻结风化, 滑塌, 河流下切, 喀斯特活动	砂丘活动, 山洪泥流, 冻胀翻浆, 机械风化	冲沟、湿陷, 滑塌, 山洪泥流, 黄土喀斯特
地质复杂, 地形崎岖, 道路基础工程困难; 喀斯特及滑塌活动对日常运营影响大; 线路维修费用亦高	高原冻土、沮洳地及地震地区道路地基欠稳固; 施工条件和运营的自然环境亦差	一般道路地基条件尚好, 排水系统亦可简化, 公路无须敷路面; 但流砂分布区、盐渍土区、绿洲区和现代冰川区道路修建与养护困难	黄土地基与基础易松软下沉, 边坡冲蚀、滑塌严重; 深路堑、高架桥、土桥、黄土隧道特多; 地震区正常运行缺乏保证
线路坡大弯多, 桥、隧及重点土石方工程浩大; 越岭线工程尤艰巨	中央地区线路通过受现代冰川及冻土限制; 边缘高山峡谷, 线路坡陡迂迴, 工程量极为浩大	地面平坦广阔, 选线方便, 工程量不大; 但走向受活动砂丘、分水岭及水源的限制	因地面切割严重, 线路坡度、弯度较大, 工程量较大
除地表水外, 裂隙水及喀斯特水均可用作水源; 筑路材料不感困难	个别地区水源及建筑材料缺乏, 一般尚可解决	缺乏地表水, 地下水不足, 矿化度高, 难满足机车及生活须要; 建筑材料条件尚好	地下水位深, 且矿化度一般较高, 许多地区供水困难; 缺乏砂石建筑材料及木材
IV ₁ 滇黔桂喀斯特高原 IV ₂ 四川盆地 IV ₃ 秦巴山地 IV ₄ 滇西南丘陵山地	V ₁ 横断高山峡谷 V ₂ 川青藏高原山地 V ₃ 藏南河谷高山 V ₄ 藏北高原 V ₅ 昆仑祁连山地 V ₆ 柴达木盆地	VI ₁ 阿尔泰山地 VI ₂ 准噶尔盆地 VI ₃ 天山山地 VI ₄ 塔里木盆地及河西走廊 VI ₅ 阿拉善准平原 VI ₆ 河套平原 VI ₇ 鄂尔多斯高原 VI ₈ 东蒙高原	VII ₁ 晋豫关中山地河谷 VII ₂ 陕北高原丘陵 VII ₃ 陇东丘陵山地

划的企图,都必然导致区划综合性的削弱。同时,在论述某一条或一段区界时,对各种区界标志又要分清主次和先后,避免将综合变为漫无边际的任意概括。作者在这方面采用的步骤是:先考虑区划的级别标志;然后用走向标志来确定级别标志中的主导因素和非主导因素,从而根据二者初步探索主要区界和参考区界;最后用地域标志来订正区界,得出分线、分段的确切区界。从矛盾的一般性来看,不能把地域标志过分抬高,以致压倒级别与走向标志;但从矛盾的特殊性而言,为了充分体现我国自然条件对陆路交通影响的独特性,在个别场合下,又必须使地域标志超乎级别和走向标志。这里只举一个例子:作者所划的一级区中有一个独立的黄土高原区。这个区的北部界线,便是根据土质的指标来划定的。不消说,我国陆路交通建设的实践已充分证明了将这个区独立划出的正确性。

作者根据上述区划原则和方法,初步将全国分为7个区和33个地区(图2),并列表

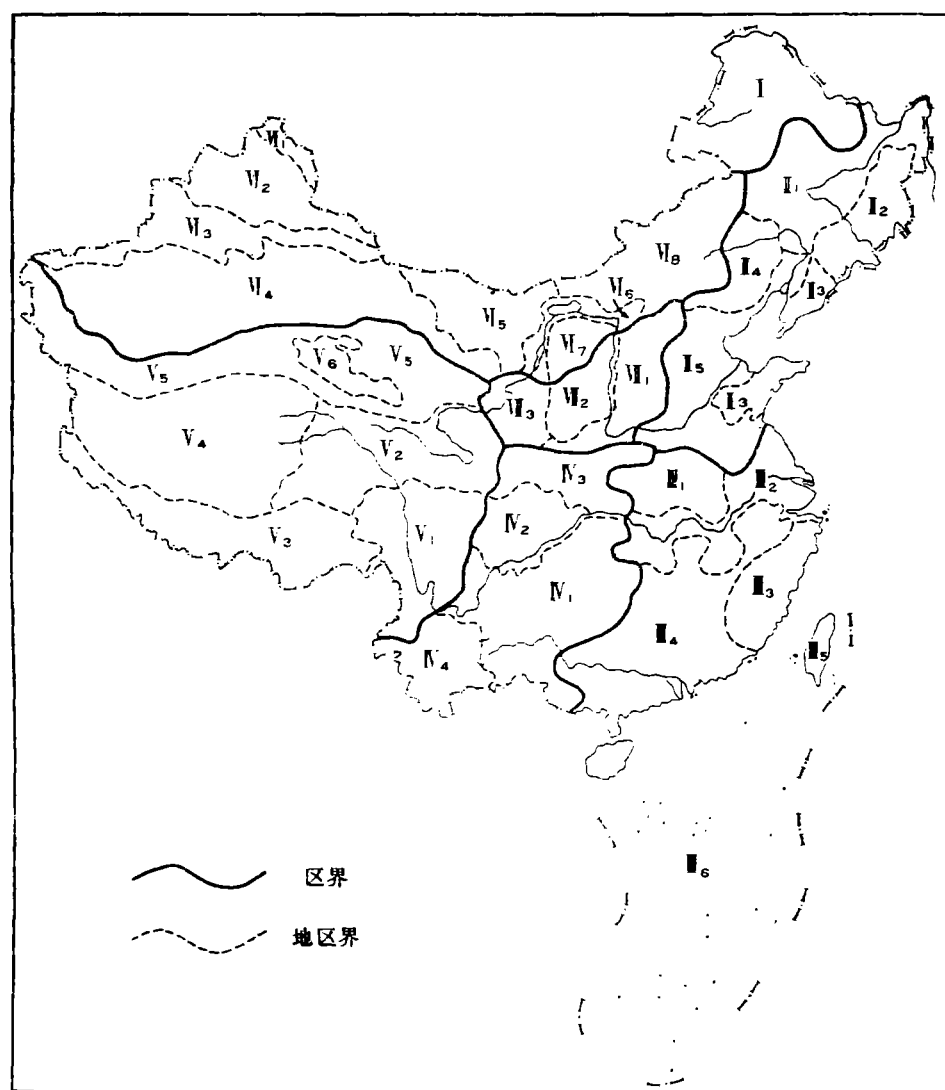


图2 中国陆路交通自然条件区划示意图

附表 2 东部湿润平原丘陵地区自然条件地区划分表

代号及地区名	Ⅱ ₁ 松黑平原	Ⅱ ₂ 长白山地	Ⅱ ₃ 鲁丘丘陵	Ⅱ ₄ 冀热山地	Ⅱ ₅ 黄辽平原
大地构造	松辽地块为主, 乌苏里地槽, 吉林地槽一部分, 微弱下降, 间有中等上升地区	吉林地槽为主, 辽东台背斜一部分, 微弱上升, 差异运动强烈, 不统一地区; 第四纪断裂东北-西南	胶东地盾, 鲁西台背斜一部分, 微弱上升, 差异运动强烈, 不统一地区; 鲁中有 8 度以上地震	燕山台槽为主, 内蒙地轴一部分, 松辽地块一部分, 长条形强烈上升, 差异运动显著地区	辽冀台向斜, 微准台槽带大部分, 鲁西台槽一部分, 中等下降, 差异运动不明显地区; 第四纪断裂东北-西南; 鲁西南有 8 度以上地震
水文地质	季节性冻结深度 1—3.5 米 $K \geq 0.60$ 暴雨强度 40—60 毫米/日	季节性冻结深度 1—2 米 $K \geq 1$ 暴雨强度 60—100 毫米/日	季节性冻结深度 0.2—1 米 $1 \geq K \geq 0.60$ 暴雨强度 80—120 毫米/日	季节性冻结深度 1.5—2.5 米 $0.60 \geq K \geq 0.40$ 暴雨强度 60—100 毫米/日	季节性冻结深度 0—1 米 $1 \geq K \geq 0.30$ 暴雨强度 60—100 毫米/日
地形地貌	海拔 500 米以下, 比高小于 50 米, 地面平坦	海拔 500—1500 米, 主峰在外, 比高大于 200 米	海拔 50—500 米, 主峰在外, 比高小于 200 米	海拔 200—1000 米, 比高 50—500 米	海拔 200 米以下, 山前地带例外, 比高小于 30 米, 地面一般极平坦
地质与地质作用	径流深度 50—200 毫米, 低矿化度的冲积层和湖积层水, 冲积层水, 潜层水, 地下水水位 0.5—3 米; 有自流水蕴藏	径流深度 200—600 毫米, 个别地区超过 600 毫米, 以花岗岩为主的山地裂隙水, 山间盆地潜水, 地下水水位 1—1.5 米, 基岩裂隙水可能超过之	径流深度 50—600 毫米, 以花岗岩为主的山地裂隙水, 喀斯特水, 山间盆地潜水, 地下水水位 1—10 米, 个别沿海地区较低; 鲁中自流水丰富	径流深度 25—200 毫米, 以花岗岩为主的山地裂隙水, 沉积岩层裂隙水, 沙质潜水, 地下水水位 2—5 米	径流深度 25—200 毫米, 中等矿化度的冲积层和湖积层水, 冲积层水, 潜层水, 地下水水位 2—5 米; 滨海地区更高; 自流水广泛分布
工程地质与地质作用	第四纪沉积层 100 米左右, 以亚粘土及粘土为主, 冻胀翻浆, 湿地沼泽, 湿陷	花岗岩、玄武岩分布广, 变质岩及沉积岩占次要地位, 砂砾、砂土间有分布, 机械风化、冻结风化、河流切割	变质岩、花岗岩、石灰岩、砂岩; 基岩裂隙, 沉积层薄, 第四纪地层厚, 第四纪洪积层、机械风化、喀斯特	片麻岩、片岩、砂岩、页岩、花斑岩, 玄武岩, 河公有砂砾、砂土层, 东北都有风成砂分布, 洪积层、冲沟、喀斯特、滑塌	第四纪沉积层冲积平原 300—1500 米, 侵蚀平原 100 米以下, 以亚砂土、亚粘土为主, 滨海及凹地有盐渍土分布, 冻胀翻浆, 山洪泥流, 河流侧切
陆路交通评价	基础较稳定, 但冻胀翻浆严重, 影响道路养护和运营, 暴雨时持水量大, 承压水不足; 除湿地及沼泽外, 线路通过点困难; 缺乏石料	基岩型裂隙发育, 风化深度大, 影响道路稳定性, 高山峡谷对运营经常性有影响; 线路坡度、坡面较大, 特别是通过东北-西南走向的山脊更突出; 卵石、砾石材料丰富, 材料条件优越	除前地区外, 基础较稳定, 暴雨时径流对道路养护、运营影响大; 线路多由河谷、河谷通过, 沿海海岸曲折, 且局部有沙丘分布, 对线路稍有影响; 土石材料丰富	第四纪沉积层地区基础条件较好, 部分地区风沙危害; 线路多由山间盆地及低山、低山通过, 有阶地利用, 但工程量较大	岩性变化小, 河流有利, 有不同程度的冻胀翻浆, 对道路有一定影响, 暴雨季节影响路基安全, 盐渍土和软土区常有地基下沉; 线路坡度小, 工程量不大, 但通过河滩、滩及凹地常遭淹没; 沿海水质条件差, 缺乏石料及木材
地区内尚亚地区 (初步设想)	Ⅱ _{1a} 松黑平原 Ⅱ _{1b} 三江平原	Ⅱ _{2a} 辽东丘陵 Ⅱ _{2b} 山东丘陵	Ⅱ _{3a} 辽东丘陵 Ⅱ _{3b} 山东丘陵	Ⅱ _{4a} 辽河下游平原 Ⅱ _{4b} 海盐平原 Ⅱ _{4c} 黄淮平原	Ⅱ _{5a} 辽河下游平原 Ⅱ _{5b} 海盐平原 Ⅱ _{5c} 黄淮平原

論述了一級区(区)的界綫、主要自然条件、陆路交通評价和內部地区划分。同时对东部溫潤平原丘陵区內的二級区(地区)也进行了試探性的列表評述,以收“解剖麻雀”之效(詳見附表 1 和附表 2)。

(收稿日期: 1963 年 6 月)

参 考 文 献

- [1] 林文英: 中国公路地质概述,地质论评,第 3 卷第 5 期,1958 年。
- [2] 刘国昌: 中国区域工程地质学纲要,水文地质、工程地质,1957 年第 3—7 期。
- [3] 郑象銑等: 实用铁路工程地质学,人民铁道出版社,1961 年。
- [4] И. А. 诺西奇: 道路设计讲义,高等教育出版社,1957 年。
- [5] 李秉成: 铁路路线勘测与设计,科学技术出版社,1957 年。
- [6] 唐山铁道学院: 铁路设计,人民铁道出版社,1960 年。
- [7] 北京铁道学院铁道建筑系: 铁路工程,人民铁道出版社,1951—1962 年。
- [8] 全国道路气候分区修正方案说明,公路,1959 年,第 15 期。
- [9] 马杏垣等: 中国大地构造的几个基本问题,地质学报,第 41 卷第 1 期。
- [10] 黄秉维: 中国综合自然区划草案,“科学通报”,1959 年,第 13 期。
- [11] 经济地理学对自然条件的评价(中国地理学会经济地理专业会议 1962 年学术会议讨论初步总结),“地理学报”第 29 卷,第 1 期,1963 年。
- [12] 铁道部基本建设总局: 防治路基病害经验,人民铁道出版社,1959 年。
- [13] 铁道部基本建设总局: 沙漠地区筑路经验,人民铁道出版社,1960 年。
- [14] 陕西省交通设计院: 黄土调查研究汇集,人民交通出版社,1960 年。
- [15] Бируля А. К., Проектирование автомобильных дорог, Автотрансиздат, 1953.
- [16] Никольский, И. В. География транспорта СССР, Географгиз, 1960.

ОЧЕРК ОЦЕНКИ И РАЙОНИРОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ СУХОПУТНЫХ СООБЩЕНИЙ КИТАЯ

Ян У-ян

(Геолого-географический факультет Пекинского университета)

Резюме

Данная статья написана в связи с потребностью строительства сухопутных сообщений и на основе трудов ряда авторов. В статье изложены вопросы об оценке и районировании сухопутных сообщений на территории Китая.

Автором отмечены главные технико-экономические аспекты дорог (железных, шоссейных и городских), изменяющиеся под воздействием природных условий. Этими аспектами являются: устойчивость основания и полотна, продолжительность эксплуатации, плоскость профиля и прямолинейность трассы, экономность объема строительства, доступность к месторождениям строительных материалов и источникам воды. Каждый из них изложен кратко.

Затем, автором дана оценка важнейших природных элементов, оказывающих влияние на планировку, проектировку, строительство, сохранение и эксплуатацию дорог.

(1) Тектоника——основной элемент. Различие в характере геотектоники и геологического строения определяет положение дорожных оснований. При строительстве сухопутных дорог необходимо учитывать географическую дифференциацию неотектоники

и локальную линию землетрясения.

(2) Тепло-водный режим——активный элемент для фундаментов. Изучая влияния пучины и распутицы на деформацию земляного полотна, автор установил показатели, по которым выделяли полосы многолетней мерзлоты, сезонной мерзлоты и безмерзлоты. Вместе с тем, отмечены влияния коэффициента увлажнения (по Н. Н. Иванову) и интенсивности осадков.

(3) Конфигурация рельефа——очевидный и главный элемент. Исходя из оценки технического состояния путей и объема строительных работ, автор показал сухопутное значение макрорельефа и микрорельефа, осветил различие земляной работы и затраты в равнинах, холмах и горах.

(4) Поверхностная и подземная вода——конкретные элементы для сооружения дорог. Изогнеты стока имеют огромное значение для строительства полотна или моста. Емкость, характер и размещение грунтовой и трещинной воды оказывают непосредственное влияние на техническое положение дорог и снабжение водой.

(5) Свойство грунта и современное геологическое действие——постоянные местные элементы для сухопутных дорог. В статье показано влияние различий петрографических составов и рыхлых четвертичных отложений на дороги, отмечено, что в отдельной местности дороги подвержены физические и искусственные геологические явления обвалов, оползней, осыпей, распутицей, карстов, песчаных заносов и. т. п.

Анализируя региональное различие вышесказанных элементов по всему Китаю, автор попытался выявить сложные взаимодействия между технико-экономическими аспектами и природными элементами сухопутных сообщений. Природные районы сухопутных сообщений делены на два ранга——страны и области. Районы первого ранга выделены главным образом по признакам геотектоники (включая неотектонику), тепло-водного режима и рельефа. Районы второго ранга выделены главным образом по признакам рельефа, поверхностной и подземной воды, свойства грунта и современных геологических процессов.

Вместе с тем, подчеркнуты и показатели направления (ориентации) по принципу зональности или аazonальности, и показатели территории с учетом существенных черт физической географии Китая.

Автор составил предварительную схему районирования природных условий для сухопутных сообщений по всему Китаю. Эта схема включает 7 стран и 33 области. В статье изложены обстоятельства природных условий и в двух таблицах дана их оценка в связи со сухопутным делом по всей странам и областям восточной страны.