

## 塔里木公路防护林生态工程营建与维护

相建民<sup>1</sup>, 李生字<sup>2</sup>, 买光荣<sup>1</sup>, 周宏伟<sup>1,2</sup>, 成和平<sup>1</sup>

(1. 中国石油天然气股份有限公司塔里木油田分公司, 新疆库尔勒 841000;

2. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 新疆乌鲁木齐 830011)

**摘要:** 塔里木公路防护林生态工程建设是在沙漠腹地生物防沙试验研究的基础上, 依据公路沿线自然条件和立地条件, 选择和确定防护林生态工程营建的植物种、林地结构布局以及灌溉方式。塔里木公路防护林生态工程全长 436 km, 林带宽度 72~78 m, 林带面积 3 128 hm<sup>2</sup>; 植物种选用抗逆性极强的柽柳、沙拐枣、梭梭、胡杨、沙枣等灌木及乔木; 树种配置采用行间混交, 林带结构选用株行距为 1 m×2 m 或 1 m×1 m; 整体布局包括阻沙带和固沙带; 灌溉方式为滴灌; 水源为公路沿线的高矿化度地下水。初步观测表明, 防护林工程防护效益和环境改善作用明显, 防护林灌溉取水没有对地下水环境形成负面影响。

**关键词:** 塔里木公路; 塔克拉玛干沙漠; 防护林生态工程

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2006)05-0039-04

中图分类号: S725.7

### Construction and Maintenance of the Shelter-forest Project of the Tarim Desert Highway

XIANG Jian-min<sup>1</sup>, LI Sheng-yu<sup>2</sup>, MAI Guang-rong<sup>1</sup>, ZHOU Hong-wei<sup>1,2</sup>, CHENG Heping<sup>1</sup>

(1. Tarim Branch, PetroChina Company Limited, Kurlu, Xinjiang 841000, China;

2. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, CAS, Urumqi, Xinjiang 83001, China)

**Abstract:** The Shelter-forest project of the Tarim Desert highway was approved and carried out in 2003 on the base of research results of the natural conditions and sites situations along the Tarim Desert highway and the experimental research results of the shelter-forest construction in the center of the Taklimkan Desert. In the project, the key problems are to select plant specie and determine the structures of the forest belts and the irrigation mode and quota according to the differences of the site conditions. The project, starting from Xiaotang and reaching the National Highway 315, through the Taklimakan Desert from north to south, has an area of forest belt of 3 128 hm<sup>2</sup> with 436 km long and 72~78 m wide. In the project, about 20 million shrubs of *Calligonum*, *Tamarix*, *Haloxylon* and arbors of *E. angustifolia* L. and *P. euphratica* Oliv. have been planted and local groundwater with high salinity at 3~15 g/L was utilized to irrigate forest. The plant species in the shelter-forest were mixed among rows with spacing in the rows about 1 m×2 m or 1 m×1 m. The shelter-forest consists of sand-blocking forest belts and sand-stabilizing forest belts. Meanwhile, the drip irrigating system has been set up, including 114 water supply wells, 114 sets of generator, water pump and water supply header, 959.2 km main water supply pipe, 1 018 km branch pipe, 19 184 km capillary pipe and so on. Preliminary observations indicate that the shelter-forest project of the Tarim Desert highway had significant effects in sand protection and environment improvement, groundwater intake for shelter-forest irrigation didn't result in negative influence on groundwater environment along the Tarim Desert highway.

**Keywords:** Tarim Desert highway; Taklimakan Desert; shelter-forest project

塔里木公路南北贯通塔克拉玛干沙漠, 全长 562 km, 其中流动性沙漠段长 446 km。鉴于塔克拉玛干沙漠强烈的风沙活动, 与塔里木公路同步建立了“前

阻后固”的机械防护体系。但随着防沙体系防沙效益的衰减, 风沙危害呈迅速发展态势。据实地调查, 在塔里木公路及其机械防沙体系建成 4~6 a 后, 路肩、

收稿日期: 2006-06-20

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX3-SW-342); 西部开发科技行动项目(2005BA901 A21); 中国科学院“西部之光”人才培养计划项目(20052118)

作者简介: 相建民(1956—), 男(汉族), 陕西彬县人, 高级工程师, 主要从事油田开发。通讯作者: 李生字, E-mail: lishy\_hb@163.com。

路面积沙频数达 5.01 处/km, 固沙带受灾面积和阻沙栅栏受灾长度分别达到 90.50% 和 89.29%<sup>[1-2]</sup>。

为确保塔里木公路长久安全运行, 基于长达十余年的试验研究成果, 2003 年国家立项实施塔里木公路防护林生态工程, 2005 年工程完工。塔里木公路防护林生态工程全长 436 km, 林带宽度 72~78 m, 林带面积 3 128 hm<sup>2</sup>。塔里木公路防护林生态工程建成不仅从根本上抑制了风沙对公路的危害, 而且使公路沿线生态环境得到了改观。

## 1 塔里木公路沿线的自然背景

塔里木公路基本沿 84°E 呈南北向穿越塔克拉玛干沙漠, 沿线气候干旱多风, 地表植被稀疏, 以流动性沙丘占绝对优势, 地表水匮乏, 地下水矿化度高。

### 1.1 自然条件

塔里木公路沿线气候特征表现为降水稀少、蒸发量大、气温较差大、风沙活动强烈。年均降水量 10.7 mm, 年蒸发量 3 806.4 mm, 年平均气温 12.7℃, 50 a 一遇最大冻土深度 88 cm, 大风日数 6 d/a, 主导风向以 N, NNE, NE, ENE, E 等风向为主<sup>[1-4]</sup>。

塔里木公路沿线的沙丘类型以复合型纵向沙垄

占绝对优势, 沙垄高度多在 20~50 m, 宽度 1 km 左右, 覆盖其上的次级沙丘及沙丘链高 3~10 m, 垄间相对平坦开阔, 分布其上沙丘高度多不足 3 m, 沙丘疏密度在 60% 左右<sup>[1-2]</sup>。

塔里木公路沿线缺乏地表径流, 但地下水储存量较大。据估算, 公路沿线地下水基础储存量为  $1.63 \times 10^9$  m<sup>3</sup>, 动态年补给量在  $9.67 \times 10^4 \sim 9.93 \times 10^4$  m<sup>3</sup>, 垄间地地下水位埋深多 5 m 以上, 而垄顶达到 20~50 m, 地下水矿化度多在 5~10 g/L, 个别地段为 10~30 g/L, 水化学类型以 Cl·SO<sub>4</sub>-Na 为主<sup>[2-3]</sup>。

塔里木公路沿线土壤类型极为简单, 以形成过程极为微弱的风沙土为主体, 有机质小于 1‰, 盐分含量不超过 2‰, pH 值为 9 左右, 土壤水分含量不足 0.5%, 难以滋养植物。塔里木公路沿线动植物种类组成简单, 数量极少<sup>[3-4]</sup>。

### 1.2 立地条件

塔里木公路沿线自然条件恶劣, 并存在一定的差异性, 依据地形、地貌、风况、地下水埋深的差异, 并结合塔里木公路防护林生态工程建设的需要, 塔里木公路沿线可以划分为 6 大立地类型区、21 个立地类型 (详见表 1)。

表 1 公路沿线立地类型区和立地类型的划分

立地类型		地貌部位	起止里程	地貌特征	沙丘		地下水埋深/m
区	类型				高度/m	密度/%	
I	I 1	高大沙垄垄间	K118+900—	塔里木河冲积堆积平原, 复合型横向沙垄	≤1	≤60	5~6
	I 2	过渡区	K174 ( 65.1		1~3	60~100	6~8
	I 3	高大沙垄垄体	km)		≥3	80~100	≥8
II	II 1	高大沙垄垄间	K174—K191	塔里木盆地北部古湖沼平原, 穹状复合型沙丘	≤1	≤20	2~4
	II 2	过渡区	(17.0 km)		1~3	20~80	4~8
III	III 1	高大沙垄垄间	K191—K336 (145.0 km)	塔里木盆地中部垄岗地貌, 高大复合型纵向沙垄(公路西侧伴行有输油输汽管线)	≤3	≤60	1~6
	III 2	过渡区			3~5	60~100	6~20
	III 3	高大沙垄垄体			≥5	80~100	≥20
IV	IV 1	高大沙垄垄间	K336—K430 + 300 (94.3 km)	塔里木盆地中部垄岗地貌, 高大复合型纵向沙垄	≤3	≤60	1~5
	IV 2	过渡区			3~5	60~100	5~15
	IV 3	高大沙垄垄体			≥5	80~100	≥15
	IV 4	高大沙垄垄间			≤3	≤60	1~5
	IV 5	高大沙垄垄体			≥5	80~100	≥15
V	V 1	高大沙垄垄间	K430+300—	牙通古斯河下游干三角洲, 复合型纵向沙垄	≤3	≤60	6~8
	V 2	过渡区	K473 + 500		3~5	60~100	6~10
	V 3	高大沙垄垄体	(43.2 km)		≥5	80~100	≥10
VI	VI 1	高大沙垄垄间	K473+500— K561 + 400 (87.9 km)	尼雅河下游三角洲与北民丰隆起, 复合型沙垄(北民丰隆起区, 有 6.5 km 不宜种植)	≤1	≤60	1~6
	VI 2	过渡区			1~3	60~100	3~10
	VI 3	高大沙垄垄体			≥3	80~100	≥10
	VI 4	高大沙垄垄体			≥3	80~100	≥10
	VI 5	沙漠边缘区					1~3

## 2 林带营建

### 2.1 林带整体布局模式

依据塔里木公路的沿线地貌特征和风沙危害状况,塔里木防护林生态工程的林带总体布局采取3种模式,即垄间和小沙丘分布区“两侧四带”布局模式、高大复合沙丘沙垄区“两侧两带”布局模式以及高大复合沙垄与垄间结合区“两侧三带”布局模式,林带总体宽度72~78 m。塔里木公路防护林生态工程的林带布局及宽度见表2。

表2 塔里木公路防护林生态工程的林带布局及宽度 m

立地类型区	立地类型	公路东侧		公路西侧	
		阻沙林带	固沙林带	阻沙林带	固沙林带
I	I 1	18(2带)	31	8	15
	I 2	9	43	8	15
	I 3		55	8	15
II	II 1	18(2带)	31	8	15
	II 2	9	43	8	15
III	III 1	18(2带)	31	8	15
	III 2	9	43	8	15
	III 3		55	8	15
IV	IV 1	18(2带)	27		27
	IV 2	9	39		27
	IV 3		51		27
	IV 4	9	27	9	27
	IV 5		39		39
V	V 1	18(2带)	27		27
	V 2	9	39		27
	V 3	9	27	9	27
VI	VI 1	9	33		33
	VI 2		45		33
	VI 3	9	27	9	27
	VI 4		39		39
	VI 5		39		39

### 2.2 植物种选择

基于塔里木公路沿线的特殊环境条件,防护林生态工程所选用的植物种应具有耐盐、耐旱、耐寒、耐高温、耐风蚀沙埋等特性。根据前期的研究成果<sup>[4]</sup>,防护林的植物种以沙拐枣(*Calligonum Mongolicum* L.)、怪柳(*Tamarix Chinensis* L.)和梭梭(*Haloxylon ammodendron* Bge.)三类优良固沙灌木树种为主体。其中,高大沙丘区以沙拐枣、梭梭为主;垄间以怪柳属为主,并且在地下水位浅的路段选用刚毛怪柳(*Tamarix hispida* Willd.)、长穗怪柳(*Tamarix elongata* Ledeb.)等耐盐能力强的怪柳种。

### 2.3 树种配置模式

综合考虑到塔里木公路防护林生态工程的防护效益、稳定性及景观效益,阻沙林带结构采用带状混交配置,株行距分别为1 m×2 m和1 m×1 m;固沙林带结构采用行间混交,株行距为1 m×2 m;固沙林带靠近路边的两行为怪柳,株行距为1 m×1 m。

## 3 灌溉维护

依据试验研究结果表明<sup>[1-3]</sup>,塔里木公路沿线地形复杂破碎,蒸发作用强烈,灌溉所用的地下水矿化度高,不宜于采用畦灌、沟灌和喷灌。滴灌为点源灌溉,地形适应能力强,灌溉强度小、历时长,蒸发、渗漏等无效损耗少,灌溉效率高,节约水资源。因此,塔里木公路防护林生态工程灌溉采用滴灌方式,灌溉水源为就地的高矿化度地下水。

### 3.1 需水量估算

依据在塔克拉玛干沙漠腹地造林试验研究成果<sup>[5]</sup>,塔里木公路沿线植物生长期约240 d,灌溉定额为20~25 L/(株·次),灌溉周期不宜超过15~20 d,则每年灌溉次数为12~16次。因此,维系塔里木公路防护林生态工程植物正常生长的年需水总量约为 $5.50 \times 10^6 \text{ m}^3$ ,不足塔里木公路沿线年动态补给量的6%。

### 3.2 供水方案与井位确定

综合考虑塔里木公路沿线水资源状况、工程建设需水量以及工程技术难度等方面,塔里木公路防护林生态工程采用就地利用地下水并相对均匀布井的供水方案。整个436 km长的公路防护林生态工程共需水井114眼,平均井间距4 km。井位选择在公路沿线地形相对高程较高的复合型沙垄顶部(公路的上风侧),分2个方向公路两侧供水,井位距公路路肩约25 m以上。

### 3.3 滴灌系统

滴灌系统以井为单元,各成独立灌溉体系。系统由首部和管网系统及附属设施组成。

3.3.1 首部 首部包括水源井、井房、动力系统、过滤系统、施肥罐及配套设施等组成。过滤系统采用离心过滤和网式2级过滤方式,设备输水量 $\geq 20 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

3.3.2 管网系统 管网系统由干管、支管和毛管3部分组成。干管沿公路两侧并距公路路肩7 m平行敷设,埋深90~100 cm,管材选用DN90的UPVC管,耐压强度0.63~1.00 MPa;支管垂直于干管敷设,间隔80~100 m,埋设深度15~20 cm,管材选用抗老化的DN50PE管;毛管垂直于支管与公路平行、沿林带规划线布设,滴头间距1 m。滴头选用水量大于3 L/h的压力补偿式毛管滴头。沙拐枣、怪柳和梭

梭 3 类灌木的根系分布及生长特性存在较大差异,梭梭、柽柳根系较深,而沙拐枣根系分布较浅,在保证植物正常生长的情况下,梭梭、柽柳的灌溉周期可以延长 30 d 以上,而沙拐枣不宜超过 20 d,而且随时间延长,这种差异将更加显著。公路防护林生态工程采用“双支管”灌溉模式,即林带中的沙拐枣由 1 条支管供水,柽柳和梭梭由另 1 条支管供水。这种灌溉模式根据不同植物种的需水差异,通过调整灌水周期而实现差异性的按需供水,从而减少灌水管理强度、节省水资源和动力能源。

#### 4 结 语

塔里木公路沿线自然条件恶劣并存在一定的差异性,依据地形、地貌、风况、地下水的差异,并结合塔里木公路防护林生态工程建设的需要,沿线可划分为 6 大立地类型区、21 个立地类型。根据立地条件,塔里木公路防护林生态工程的林带总体布局采取三种模式,即垄间和小沙丘分布区“两侧四带”布局模式、高大复合沙丘沙垄区“两侧两带”布局模式以及高大复合沙垄与垄间结合区“两侧三带”布局模式,林带宽度 72~78 m,防护体系宽度为 92~102 m 不等;根据树种的适应性和防护效益,防护林生态工程所选用的植物种以沙拐枣、柽柳和梭梭为主体,植物配置在阻沙林带结构采用带状混交配置,株行距分别为 1 m×2 m 和 1 m×1 m,在固沙林带结构采用行间混交,株行距 1 m×2 m。

观测表明,防护林建设后防护效益明显,除极少数的悬浮颗粒外,防沙体系外的风沙流绝大部分被拦截在防沙林带内。垄间平沙地观测结果表明<sup>[6]</sup>,当防沙林带外流动沙面 5 min 平均风速(1 m 高)为 6.6 m/s,地表 20 cm 的输沙率为 0.51 g/(min·cm)时,而在防沙林带内部,风速降至 1.5~3.3 m/s,为原始地

面的 22.73%~50.00%,输沙率也降至 0.005~0.064 g/(min·cm),仅为原始地面的 0.98%~12.55%,其中在固沙林带中部,输沙率降至最低,较对照降低了 99.02%。除强沙尘暴天气有轻微的路面积沙外,一般风沙天气基本不形成路肩、路面大量积沙和沙丘迁移上路现象,保证了公路的安全畅通。随着林龄的增加,林带的高度和植被盖度也逐渐增加,林带的防沙效益将更加明显。

塔里木公路护林生态工程拟采用就地利用地下水并相对均匀布井的供水方案,灌溉方式选用滴灌,灌溉定额为 20 L/(株·次),平均灌溉周期不宜超过 15 d,年总需水量约为  $5.50 \times 10^6 \text{ m}^3$ ,不足公路沿线年动态补给量的 6%。公路沿线观测井地下水位观测数据表明,与防护林带建设前(2003 年 10 月)的地下水位相比,林带建设后(2005 年 10 月)地下水位并没有明显变化。研究表明,按照现有的防护林取水标准,防护林建设并没有对公路沿线地下水资源环境形成负面影响。

#### [参 考 文 献]

- [1] 雷加强,王雪芹,王德.塔里木公路风沙危害形成研究[J].干旱区研究,2003,20(1):1—6.
- [2] 中国石油天然气总公司塔里木石油勘探开发指挥部.塔里木沙漠石油公路[M].北京:石油工业出版社,1996. 535—549,612—616.
- [3] 陈广庭,冯起,等.塔里木盆地沙漠石油公路沿线风沙环境的形成与演变[M].北京:中国环境科学出版社,1997.
- [4] 徐新文,李丙文,周智彬,等.塔中沙漠基地路生物防沙技术示范[J].土壤通报,2001,32(专):112—114.
- [5] LEI Jia-qiang, WANG Xue-qin, WANG De, et al. The blown sand disaster to the Tarim Desert Highway in Xinjiang, China[J]. Science in China(Series D), 2002, 45: 165—173.
- [6] 李生宇.塔里木沙漠公路的风沙环境效应研究[D].中国科学院地理科学与资源研究所,2005. 52.
- [19] Zhang J H, Liu G C, Ni S J, et al. Anti-scourability of purple soil on hillslopes with different land uses[J]. Sciences in China Ser E, 2003, 46(Supp.):133—141.
- [20] 杨文元,张奇,张建华,等.紫色丘陵区土壤抗冲性研究[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1997,3(2):22—28.
- [21] 中国科学院南京土壤研究所.土壤理化分析[M].上海:上海科学技术出版社,1978. 132—517.
- [22] Zhang J H, Frielinghaus M, Tian G, et al. Ridge and contour tillage effects on soil erosion from steep hillslope in the Sichuan Basin, China[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2004, 59:277—284.
- [23] Zhang J H, Lobb D A, Li Y, et al. Assessment for tillage trans location and tillage erosion by hoeing on the steep land in hilly areas of Sichuan, China[J]. Soil Tillage and Research, 2004, 75:99—107.

(上接第 30 页)