

# 青藏铁路格唐段高海拔地区植被恢复研究

## ——I 高寒草原植被现状与恢复基本途径探讨

陈志国<sup>1</sup>, 周国英<sup>1,2</sup>, 陈桂琛<sup>1\*</sup>, 卢学峰<sup>1</sup>, 宋文珠<sup>1</sup>, 畅喜云<sup>1,2</sup>, 刘永安<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海西宁 810001; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

**摘要** 青藏铁路的修建加强了西藏与内地的联系, 对其经济发展、社会稳定具有重要的意义。但在修建过程中不可避免地对沿线的局部植被生态系统造成不同程度影响和破坏, 如何尽快恢复植被生态系统至关重要。对青藏铁路青海境内的高海拔的气候条件及现有植被状况作了统计调查, 提出尊重科学、因地制宜的指导原则, 恢复与重建的工作一起抓: 一方面要增强环保意识, 加强管理, 综合治理; 另一方面通过原有草皮回植, 科学管理以及异地繁殖当地草种等途径尽快提高地表覆盖度和植物种群多样性, 以期达到最佳的生态效应。

**关键词** 青藏铁路; 高海拔地区; 草原植被

**中图分类号** S728.9 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2006)23-6283-03

**Study on the Way of Restoration and Rehibition of Vegetation in the Hgh-altitude Area of Qinghai-Tibetan Railway**

**CHEN Zhi-guo et al** (Northwest Plateau Institute of Biology, the Chinese Academy of Sciences, Xining, Qinghai 810001)

**Abstract** The Qinghai-Tibet Plateau is the third polar in the world. The connection between Tibet and mainland is tightened by Qinghai-Tibetan Railway, which has practical significance in economy development and society stability, however, it inevitably causes the influence and destruction to the system of vegetation in the construction. It is the most important and foremost thing on how to restore and rehabilitate the vegetation in the high-altitude area of Qinghai-Tibetan Railway after construction. The investigation was made in the climate of the high-altitude and vegetation in Qinghai province. The author suggested that we should follow the principles of science and take reasonable measures based on actual conditions. Restoration and rehabilitation should be done at the same time. On the one hand, the consciousness of protection environment and management should be enforced and managed integrally; and on the other hand, the vegetation coverage and diversity of vegetation population should be improved as soon as possible, which can be approached through turf cultivated, scientific management and multiplication of grass seeds.

**Key words** Qinghai-Tibetan Railway; High-altitude area; Vegetation

青藏高原西起帕米尔高原, 东迄横断山脉, 北界昆仑山、祁连山, 南抵喜马拉雅山, 平均海拔 4 000 m 以上, 素有“世界屋脊”和“世界第三极”之称。刚刚建成通车的青藏铁路格尔木至拉萨段(格拉段), 起点自青海省的格尔木市南山口开始, 经纳赤台、西大滩、昆仑山口、楚玛尔河、五道梁和沱沱河沿, 翻越唐古拉山口而进入西藏自治区境内, 再经安多、那曲和羊八井等地, 终点是西藏自治区首府拉萨市。新建路段铁路全长 1 118 km, 大部分位于青藏高原腹地, 其中长达 965 km 的路段海拔高度大于 4 000 m, 是世界海拔最高的铁路。其中, 格尔木到唐古拉山口位于青海省境内, 线站长 572 km, 除格尔木南山口到西大滩(98.4 km)一段海拔较低以外, 其余路段海拔均在 4 000 m 以上<sup>[1]</sup>。这段铁路经过的大部分地区处于青藏高原的腹地, 由于高寒、干旱等多种自然因素的制约, 植物平均生长期只有 60~90 d, 植物生长缓慢, 生态系统为原始高寒草甸和草原系统, 极为脆弱, 一旦遭到破坏, 恢复难度极大。据傅德黔等(1998)在江河源头沱沱河等地测定, 近年来源区河流泥沙量大, 河水浑浊不清, 主要原因是近年来放牧和人为破坏, 导致源区的植被稀疏、土壤大量裸露、水土流失所致<sup>[2]</sup>。但青藏铁路是西藏联系祖国内地的枢纽工程, 对西藏社会稳定、经济发展有着举足轻重的作用, 修建青藏铁路对加快西部地区特别是西藏地区的经济社会发展, 造福沿线各族人民具有重要意义, 但建设过程中必然对当地生态

环境产生一定影响, 因此, 如何在建设中尽最大可能减轻和避免对这一地区生态环境的破坏, 建设后尽快对破坏的植被的生态环境加以恢复, 处理好铁路建设与高原环境保护的关系, 是摆在青藏铁路建设者面前的头等大事。

### 1 青藏铁路高海拔地区的气候条件

对青藏铁路沿线高海拔地区植被来说, 决定其生长主要的光、温、水、气、土等五大基本要素中, 水分和温度是决定因素。相对于我国平原和内陆其他地区, 青藏铁路格唐段所处的地区自然地理环境更加严酷, 年均气温在 0℃以下, 年均降水量不足 300~400 mm, 这些不利的因素限制了该地区植物的生长与发育。青藏高原除了光照较强, 虽然能使作物在生育期内获得充足的光能, 同时使因高海拔造成的气温偏低得到一定补偿, 有利于植物的光合作用<sup>[3]</sup>, 但总体对植物生长补偿是较低的。据罗天祥等(1999)研究, 在青藏高原植物垂直分异方面, 随着海拔升高, 生物量呈递增趋势, 到一定海拔高度生物量达最大, 海拔继续升高生物量则迅速下降<sup>[4]</sup>。总体来讲, 生产量随海拔升高一般呈递减趋势, 反映出热量条件随海拔升高而递减的限制作用, 在青藏高原表现更为明显。与全国其他高山地区相比, 青藏高原植物生长环境不仅表现为低温寒冷, 而且表现出干旱、多风、强紫外线照射等特征, 其生态环境具有非同一般的特殊性、敏感性和脆弱性, 加之青藏高原面积广大, 使它又具有了明显的区域差异性。如果人为破坏后仅仅依靠天然恢复, 则经历时间漫长, 甚至有可能沙化而不能恢复, 从而对高原生态系统造成破坏, 所以, 必须进行人工干预加以尽快恢复, 因此, 在铁路建设阶段和铁路建成后相当一段时期内, 该地区植被恢复工作任务都将相当繁重。青藏铁路(格拉段)地处青藏高原腹地, 气候高寒、干旱, 加之常年大风、

**基金项目** 中国科学院“西部之光”人才培养计划“青藏铁路高海拔地区植物繁育及其栽培技术研究”专题, 铁道部青藏铁路试验工程科研项目“高寒草原植被恢复与再造试验研究(2001QZ-30)”; 中国科学院创新领域课题(CXL2002-8)。

**作者简介** 陈志国(1963-), 男, 吉林公主岭人, 硕士, 副研究员, 从事植物栽培和生态学研究。\*通讯作者。

**收稿日期** 2006-08-30

土壤盐碱等因素的作用,只能生长一些耐低温、抗干旱、抗大风的低矮植物。一年中植物生长季不到4个月(5月下旬~9月上旬,平均气温在0以上)。以沱沱河和五道梁地区为例,两地的年均气温均在0以下,生长季(5~9月)平均只有3.6(五道梁)~5.1(沱沱河),温度极低,较适宜植物生长的10的积温几乎为零,无绝对无霜期,加之年降雨量偏低(250 mm左右),植物生长非常缓慢,因此,只能生长一些低温繁育型植被,植物群落经过千百年的长期演替,形成了生长以根茎繁殖为主的高寒草原和高寒草甸为主要的特殊类型(表1)。

表1 青藏铁路高海拔地区的气候基本条件

地点	海拔 m	年降雨量 mm	年均 气温	植物生长季(5~9月)			
				平均气 温	0 积温	5 积温	10 积温
五道梁	4 612	264.8	-5.6	3.6	442.7	136.0	0
沱沱河	4 533	276.8	-4.2	5.1	743.2	430.7	21.8

## 2 青藏铁路海拔4 000 m以上地区的植被现状

青藏高原高海拔地区原生生态系统(Primary ecosystem)比较复杂,主要以禾本科等植物为主。并且植被分布具有其特殊性,随着高原内部水热条件的差异,青藏铁路经过地段自东南向西北形成了由高寒草甸向高寒草原、高寒荒漠过渡的以高寒草原为主的高寒生态系统。据孙士云(2002)研究,其中除五道梁、开心岭附近分布有沼泽草甸,风火山地区、通天河至唐古拉山北坡分布有嵩草草甸外,其余大部分分布为高寒草原,有紫花针茅、扇穗茅、青藏苔草等植物群落。高寒草原不仅是亚洲中部高寒环境中典型的自然生态系统之一,而且在世界高寒地区也具有代表性<sup>[5]</sup>。高寒草原其中以紫花针茅草原(For. *Stipa purpurea*)和青藏苔草荒漠化草原(For. *Carex moorcroftii*)2种高寒草原为主<sup>[6]</sup>。

**2.1 紫花针茅草原(For. *Stipa purpurea*)** 紫花针茅草原是高寒草原的典型代表。草层生长稀疏,覆盖度30%~45%,主要建群种为紫花针茅,伴生种相对较多,为紫羊茅(*Festuca rubra*)、羊茅(*F. ovina*)、沙生蒿(*Artemisia arenaria*)、垂穗鹅冠草(*Roegneria nutans*)、异叶青兰(*Dracocephalum heterophyllum*)、异针茅(*Stipa aliena*)、冷地早熟禾(*Poa crymophila*)、光稃早熟禾(*P. psilolepis*)、二裂委陵菜(*Potentilla bifurca*)、阿拉善马先蒿(*Pedicularis alaschanica*)、狼毒(*Stellera chamaejasme*)、披针叶黄华(*Thermopsis lanceolata*)、镰形棘豆(*Oxytropis falcata*)、垫状点地梅(*Androsace tapete*)、簇生柔荑草(*Thylacospermum caespitosum*)等。

**2.2 青藏苔草荒漠化草原(For. *Carex moorcroftii*)** 该类型属高寒草原向高寒荒漠的过渡类型。植物生长稀疏,覆盖度15%~40%,建群种青藏苔草是青藏高原特有成分,具有粗壮发达的地下根茎,株高8~15 cm,分盖度10%~20%。伴生种主要为藏芥(*Hedinia tibetica*)、黄芪(*Astragalus sp.*)、粗壮高草(*Kobresia robusta*)、苔状蚤缀(*Arenaria muscifomis*)、二裂委陵菜(*Potentilla bifurca*)和梭罗草(*Roegneria thordiana*)等。

以上2种植被类型共同的特点是植被以株丛分布、叶少茎短、紧贴地面,生长稀疏、缓慢,生物量小。因此,青藏

铁路所处地区植被类型决定了青藏铁路植被恢复的复杂性和特殊性,植被恢复必须依据当地的植物类型,采取相应的技术措施和技术手段。

## 3 青藏铁路高海拔地区的植被保护策略和恢复途径探讨

**3.1 青藏铁路高海拔地区的植被恢复基本策略** 一般来说,植被恢复和重建对策与途径的选择依据是所处的社会、经济和自然环境条件。通常第一种是消除人为因素,通过自然恢复过程,缓慢地恢复,恢复过程需要较长的时间;第2种选择是在人类的帮助下,恢复到初始状态,如果成功,就成为真正的恢复,如果不成功可能恢复到某一阶段;第三种选择是按照人们的愿望通过建立人工植被,替代原生植被方向的演替。这种选择可能导致植被结构简单化,物种单一,但有更高的生产力<sup>[7]</sup>。青藏铁路地处高寒、干旱、多风、人迹罕至的无人地区,如果采用第1种方法则恢复时间长,甚至可能出现沙化;采用第3种方法也不现实,因此,只能进行人工干预进行恢复和重建。

青藏铁路高海拔地区植被恢复是一个复杂的系统工程,由于高原特殊的地理生态环境,仅靠某一单一的措施难以达到理想的恢复结果,必须多种措施综合进行,利用工程和生物措施尽快恢复和重建,防止沙化和对高原脆弱生态系统的进一步破坏。

**3.1.1 尊重科学,因地制宜是青藏铁路高海拔地区植被恢复的基本原则。**恢复与重建区域的地理区位特征是植被恢复与重建对策选择的依据。通过环境背景调查和研究,弄清哪些环境因子是有利因素,哪些是不利因素,哪些是限制因子,在植被恢复与重建时扬长补短,发挥区域优势,弥补不足,充分考虑人工植物群落的作用,这是植被恢复和重建的基础,也是制订切实可行对策和方法的保证。

青藏铁路高海拔地区植被恢复必须尊重科学,从青藏铁路高海拔地区的立地及气候条件的实际出发,结合不同地区植被类型实际,采用符合当地实际的多种技术手段进行植被恢复。

**3.1.2 强化环境意识,加强植被保护,尽量减少破坏。**青藏铁路高海拔地区的植被恢复必须依靠科学技术,尊重自然规律。因此,在具体实施过程中必须依据当地自然环境的特殊性,采取相应的技术措施和技术手段,达到事半功倍的效果。首先,加强高原地区地表植被保护,在严格规划施工便道、施工场地、取弃土场和施工营地,严格划定施工范围和人员、车辆行走路线的同时,将施工活动范围尽量局限在铁道线路两侧一定范围内,防止对施工范围以外区域的植被造成碾压和破坏;其次,在施工完成以后,采取必要的措施对地表加以平整,避免对原生景观产生破坏,并采取必要的工程措施和生物学措施对地表植被加以恢复。

## 3.2 青藏铁路高海拔地区植被恢复的可能途径

**3.2.1 原有草皮回植。**目前,高寒草甸的植被恢复比较快捷的方法之一是将原有的草皮施工时整体搬迁,施工后移植回去,但这一方法也有局限性,施工完成的场地基本没有土壤,另外,起挖草皮破坏植物根系,并且移植草皮与下垫面结合不紧密,土壤毛细管系统遭到破坏,水分无法提升到植被根系层,植被蒸腾和大风等因素影响而形成风干现象

(特别是冬春季节更为严重),造成第2年出现植物返青晚,甚至死亡的现象。而且这一措施仅在一些高寒草甸地区可以实行,高寒草原应用此法恢复则比较困难。

3.2.2 充分利用先锋种固定土壤和熟化土壤的作用,人工施肥、覆盖保水措施等干预,科学管理,尽快提高地表盖度和植物种群多样性。植物群落和物种的选择是植被重建的基础,植被恢复物种(草种)的引种和筛选必须针对青藏铁路高海拔地区的自然生态环境而定,以建立生态合理的基础为目标。高寒草原自然恢复(Natural succession)难度较大,马世震等(2004)针对青藏公路沱沱河地区的研究表明,自然条件下,1976年破坏的取土场植被覆盖度到2002年达到50%,虽然与原生植被覆盖度50%相当,但物种数量、多样性指数、丰富度指数均低于原生植被,分别只达到原生植被的94.3%、92.4%和81.8%,说明依靠天然自然恢复比较困难<sup>[8]</sup>。因此,青藏铁路植被恢复必须人工加以干涉,采取人工种植乡土草种,并且注重栽培对牛羊和野生草食动物有较高经济价值的草种,多草种人工栽培,避免单一草种出现退化,多种草种混播,尽快覆盖,减少退化速度,营造当地先锋植物种适宜环境,结合自然恢复达到稳定类群。

3.2.3 异地繁殖当地草种,人工研究萌发适宜技术,改进人工播种技术。初步研究表明,青藏铁路高海拔地区植被繁殖主要依靠地下根茎扩张繁殖,地表种子繁殖量很低,并且植物年生长量非常小,生产的种子量也非常有限。相对于低海拔地区草甸和草原,高寒草甸和高寒草场自然产种量非常低,通过比较高海拔高寒草甸和低海拔地区草场土壤种子库物种数量和种子数量,可以粗略得出,高原矮高草甸(海拔3250m)在返青期种子库单位体积有种子 $1.055 \times 10^4$ 粒,种子数量仅相当于低海拔地区的内蒙古科尔沁沙地奈曼旗(海拔360m)的54.9%(表2)<sup>[9-11]</sup>。虽然这种通过对青海省高寒草甸土壤种子库和低海拔地区土壤种子库比较的方法,不是十分精确,但是,高寒草原、草甸由于生态环境恶劣,大部分植物在正常年份生殖生长、种子正常萌发成苗等生物学特性较低海拔地区明显低是不争的事实。

由于高海拔地区植物种子成熟度低、发育不完整,加之

修建铁路形成的取、弃土场和新建铁路边坡几乎没有表土,甚至是底层的成土母质或岩石,原始土壤种子库破坏殆尽,因此依靠土壤中种子萌发形成植被群落恢复困难较大,靠风力等自然外部因素刮入种子和周围植被根茎自然侵入短期也难以奏效,必须采取人工辅助播种的方法进行植被恢复,通常比较有效的方法是采取原生植被种子异地繁殖,提高原生植物种子千粒重、萌发率等基本种性,再经过人工在高海拔地区播种,栽培抚育,尽快提高地表覆盖度,熟化土壤,再经过几年的自然演替,从而达到植被恢复的目的。

表2 不同海拔高度草甸、草原土壤种子库数量比较

地区	草原类型	海拔		土壤种子库		相对比率	备注
		高度	土壤种子库	数量	比率		
		m	粒	%			
中国科学院	高寒草甸	3250	10550	54.9	植被返青期	生态系统开放试验站	
(青海省门源县)							
科尔沁沙地	荒漠草原	360	19217	100.0	曼旗)		

注:样方面积统计统一折算为 $1\text{m}^2$ ,但科尔沁沙地取样深度为5cm,海北高寒草甸生态系统开放试验站取样深度为10cm。

## 参考文献

- [1] 中国铁路编辑部. 新建铁路青藏格尔木至拉萨段平、纵断面示意图[J]. 中国铁路, 2002(12): 10-11.
- [2] 傅德黔, 傅强, 舒俭民, 等. 长江河源水环境背景值调查及分析[J]. 中国环境监测, 1998, 14(3): 2-4.
- [3] 刘志民, 杨甲定, 刘新民, 等. 青藏高原几个主要环境因子对植物的生理效应[J]. 中国沙漠, 2000, 20(3): 310-313.
- [4] 罗天祥, 李文华, 罗辑, 等. 青藏高原主要植被类型生物生产量的比较研究[J]. 生态学报, 1999, 19(6): 823-831.
- [5] 孙士云. 青藏铁路沿线的生态环境特点及保护对策[J]. 铁道劳动安全卫生与环保, 2002, 29(3): 121-124.
- [6] 周兴民, 王质彬, 杜庆, 等. 青海植被[M]. 西宁: 青海人民出版社, 1987.
- [7] 包维楷, 陈庆恒. 退化山地植被恢复和重建的基本理论和方法[J]. 长江流域资源与环境, 1998, 7(4): 370-376.
- [8] 马世震, 陈桂琛, 彭敏, 等. 青藏公路取土场高寒草原植被的恢复进程[J]. 中国环境科学, 2004, 24(2): 188-191.
- [9] 邓自发, 周兴民, 王启基, 等. 青藏高原矮高草甸种子库的初步研究[J]. 生态学杂志, 1997, 16(5): 19-23.
- [10] 邓自发, 谢晓铃, 王启基, 等. 高寒矮高草甸种子库和种子萌发动态分析[J]. 应用与环境生物学报, 2003, 9(1): 7-10.
- [11] 李锋瑞, 赵丽娅, 王树芳, 等. 封育对退化沙质草地土壤种子库与地上群落结构的影响[J]. 草业学报, 1997, 12(4): 90-99.
- [12] 浦发鼎. 岷江上游生态学现状及生物多样性保护[J]. 资源科学, 2000, 22(5): 83-85.
- [13] 王伯荪, 彭少麟. 植被生态学[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1997: 286-328.
- [14] 包维楷, 陈庆恒, 刘照光. 岷江上游山地生态系统的退化及其恢复与重建对策[J]. 长江流域资源与环境, 1995, 4(3): 277-282.
- [15] 王金锡, 许金锋, 侯广维, 等. 长江上游高山高原林区迹地生态与营林更新技术[J]. 北京: 中国林业出版社, 1995.
- [16] 李贤伟, 罗承德, 胡庭兴, 等. 长江上游退化森林恢复与重建刍议[J]. 生态学报, 2001, 12(12): 17-24.
- [17] 杨玉坡, 李承彪, 朱鹏飞. 岷江上游森林生态问题综合考察报告[J]. 四川林业科技, 1980(增刊): 1-28.
- [18] 李贤伟, 胡庭兴, 杨冬生, 等. 攀西地区云南松低效林分结构及林分类型辨识[J]. 四川农业大学学报, 1996(2): 236-240.
- [19] 张荣祖. 横断山区干旱河谷[M]. 北京: 科学出版社, 1992: 6-12.
- [20] 包维楷, 王春明. 岷江上游山地生态系统的退化机制[J]. 山地学报, 2000, 18(1): 57-62.
- [21] 周劲松. 山地生态系统的脆弱性与荒漠化[J]. 自然资源学报, 1997, 12(1): 22.

(上接第6282页)

经济问题,还是一个事关社会稳定的政治问题。因此,退耕还林应与生态环境建设相结合,与产业化发展相结合,与发展优质农业相结合,森林生态系统的重建与资源的合理开发结合,重要资源植物的规模化栽培与植被恢复结合,集成、组装、配套、优化现有成熟科技成果,探索新的植被恢复和持续发展模式,促进全方位的林业综合开发,以推动山区经济持续发展;另一方面,25°以下的山地,进一步优化产业结构,注重营造生态型经济林,开展规模化的养殖,提高非退耕区粮食作物单产,探索农业综合发展模式。

## 参考文献

- [1] 陈灵芝, 陈伟烈. 中国退化生态系统研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1995.
- [2] 康乐. 生态系统恢复与重建[M]// 马世骏. 现代生态学透视. 北京: 科学出版社, 1990: 300-307.