



创新中国丛书

CHUANGXIN ZHONGGUO CONGSHU

# 青藏铁路

● 陈宗舜 张宪 著



化学工业出版社

# 创新中国丛书

★ ★ ★ ★ ★  
CHUANGXIN ZHONGGUO CONGSHU

## 青藏铁路

©陈宗舜 张宪 著



化学工业出版社

·北京·

本书以全景、立体、大视角手法，将青藏铁路的历史沿革、地理风光、技术创新、战略意义一一展现出来，深入浅出，通俗易懂，让读者如身临其境地领略青藏铁路的壮美与神奇。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

青藏铁路 / 陈宗舜, 张宪著. — 北京: 化学工业出版社, 2007.12  
(创新中国丛书)  
ISBN 978-7-122-01647-8

I. 青… II. ①陈…②张… III. 青藏高原—铁路工程—概况 IV. F532.3

中国版本图书馆CIP数据核字 (2007) 第188734号

---

责任编辑: 张文虎 张 强 郭燕春  
责任校对: 顾淑云

图片摄影: 原瑞伦 等  
装帧设计: 于 兵

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)  
印 装: 化学工业出版社印刷厂  
720mm×1000mm 1/16 印张10½ 字数156千字 2008年3月北京第1版第1次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686)  
售后服务: 010-64518899  
网 址: <http://www.cip.com.cn>  
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 29.00元

版权所有 违者必究



## 出版者的话

中国五千年的历史告诉我们，每个时代都有时代精神，科学发展、民主法制、改革创新是当今中国时代精神的核心。每个人都是时代精神的建筑者。党的“十七大”把深入贯彻落实科学发展观作为经济、社会发展的重要指导方针，这是发展中国特色社会主义必须坚持和贯彻的重大战略思想。提高公众科学素养是实践科学发展的重要保障。

公众不但是科学技术的见证者，还是科学技术的受益者，同时也应该是科学技术的参与者。国家科普能力表现为一个国家向公众提供科普产品和服务的综合实力，其中科普图书毋庸置疑是重要的组成部分和载体。好的科普图书既要普及现代科学技术知识，也要大力弘扬科学文化，倡导科学精神，传播科学方法。《创新中国丛书》是落实科技部等八部门发布的《关于加强国家科普能力建设的若干意见》中“大力提高我国科普作品的原创能力”的具体行动，也是科技部政策体改司“国家科技计划成果科普化试点”任务之一。丛书将突出国家科技计划在支撑重大工程建设方面的重要作用，进一步增强自主创新的信心和决心。通过丛书的出版，为广大公众了解科技发展的成果，提高科学素质提供新的渠道。

科学文化应该体现人类的思考和实践，应该是科学与哲学、伦理、宗教、艺术和社会思想之间的对话。科学文化的传播增进科学技术与文化传统之间互动，促进科学技术与人类社会的协调发展。新时期的科学文化读物，要反映人类的灵性和进步之光，要留给读者思考和收获的空间。我们力求《创新中国丛书》能够承载传播科学文化的责任，所以我们并不只是简单地描述颂扬业已取得的成就，我们介绍重大技术突破，描述公众关注的热点、焦点，共享专家们之不同见解。青藏铁路、三峡大坝、能源利

用、环境保护、空间开发等都属于我们的选题范围。《创新中国丛书》以长期跟踪该领域的记者为主创人员，引入专家思想观点，以最贴近读者的视角，具有时代特色的思辨笔触，向广大读者普及科技知识、科学精神，普及国家重大项目的科技成就。

创新的过程从来都是艰辛的过程，今天的努力才有明天的成就。创新的历程需要有人为之记录，让公众了解，这也是一份对历史和未来的责任。我们期待并相信，《创新中国丛书》的出版能够加深公众对于重大科技之社会作用的认知与理解。

化学工业出版社

2008年1月



## ——真实自然写大景(代序)

横空出世的青藏铁路，从它一亮相就吸引了整个世界的目光，人们纷纷用自己的思维方式和表现手段来诠释、解说、描绘和赞美这一世纪人类杰作。于是形成了多种传承、多种形态、多种层次、多种风格并存的特有的青藏铁路审美价值取向，在众多表现青藏铁路题材的作品中，由陈宗舜、张宪合著的《青藏铁路》有着一种让我们感动的力量和品味的魅力。

作者之一的陈宗舜是《工人日报》资深记者，长期负责铁路方面的新闻报道。在他几十年的新闻生涯中，他的主流语境大都集中于铁路行业的蓬勃发展和多彩生活，在新闻报道和文学创作上，铸就了一大批有影响力的报道和作品。青藏铁路通车时，宗舜几乎以朝圣的心情，带着焦渴、兴奋来到雪域高原，这里的一草一木、一沙一石都会引起他的极大兴趣，当然，最牵引他视线的还是那条使他魂牵梦萦的青藏铁路。它的决策过程，它的线路状况，它的建筑经历，它的经济意义，它的自然环境，一切的一切都令他极度关注。他不断地采访，不断地收集，不断地思考，不断地笔耕，一篇篇稿件相继见报，一个个信息接踵而递。但他觉得还不够，他认为还需要一种更系统、更厚重的主脉载体来谱写这段铁路、来传承这段历史。于是，他与自己年轻的朋友、另一位优秀新闻工作者张宪一拍即合，共同完成了这部作品的策划和撰写。

浏览全书，我认为这本书的采写是下了工夫的，作者将炽热奔放的情感深藏于平静理性的文字中，将纷繁浩瀚的素材梳理于简洁朴实的主线中，展示了作者对大题材、大场景得心应手、收放自如的驾驭能力。

从内容上看，全书意境开阔，容量丰富。毫无疑问，青藏铁路是一条

高原线，是一条风景线，是一条奋进线，是一条友谊线，也是一条幸福线，“横看成岭侧成峰”，从哪个角度都能观察到它不同凡响的韵律和别具一格的景观，作者正是看到这一点，因而采取了全景式、立体式、大视角的方法写青藏铁路。从书中，我们可以看到青藏铁路地理地貌、历史沿革、战略位置、经济价值、技术创新、难题攻克、现代管理、沿线风光、珍稀动物、生态保护等内容，这种融历史与现实、风土与人情、梦幻与真实、伟人与凡人、硬件与软件于一体的阐述，使人有一种囊中取宝、应有所得的满足感，更感受青藏铁路的奇特、壮美和富有。

从形式上看，全书深入浅出，通俗朴实。青藏铁路对许多人来说，充满了神秘、浪漫的色彩，常常有作品用诗一般的语言、画一般的意境对它进行描写。而宗舜、张宪合写的这部作品，光看它的书名《青藏铁路》就会感受到一种原生态的质朴。全书的表现手法基本上都是白描写实，没有丝毫的渲染、造势和夸张。也许在作者看来，青藏铁路本身已具备慑人魂魄的特殊气场。“清水出芙蓉，天然去雕饰”，这是中国人民历经五年时间自行设计和铸造的一件人类文明史上最伟大的、精美的工艺品，它的存在已构成无与伦比的价值和分量，无需再对它进行任何的装饰和形容。

我还想说的是，作为一名记者、作家，宗舜经历了太多的社会变革和人生阅历，养成了不随波逐流、不人云亦云、不迷信权威且敢怒敢言的鲜明个性。但这并不影响他做人处事的诚恳。每当他有新作问世，都会给我送来样品或成品，而我对他的作品评价从来都有什么说什么，直言不讳。同样，《青藏铁路》新稿脱手，他便征听我的意见。尽管我认为这部作品不乏可圈可点之处，但也存在需要补强的地方。对此，宗舜予以了认真地考虑和采纳，让我看到他虚怀若谷的一面。

五勇平

中华人民共和国  
铁道部宣传部部长

# 目 录

## 第一章 天路之梦 ..... 1

- 1 话说青藏高原 ..... 2
- 2 青藏铁路的地理概况 ..... 3
- 3 路的企盼 ..... 7
- 4 西藏的第一条公路——川藏公路 ..... 9
- 资讯传真：“青藏公路之父”慕生忠将军的艰难“筑路”历程 ..... 12

## 第二章 决策前后 ..... 21

- 1 第一次上马——奠定青藏铁路技术基础 ..... 23
- 2 第二次上马——因冻土而中断 ..... 24
- 3 第三次上马——创造人间奇迹 ..... 26
- 资讯传真：高原印记——记青藏铁路第三代总设计师李金城 ..... 30

## 第三章 冻土保卫战 ..... 35

- 1 何谓冻土 ..... 36
- 2 温室气体效应对冻土的影响 ..... 37
- 3 青藏高原冻土概况 ..... 38
- 4 冻土“保护神”——热棒 ..... 40
- 5 打破冻土隧道施工禁区 ..... 44
- 6 架桥——攻克冻土的高招 ..... 47
- 资讯传真：情系冻土——记青藏铁路总指挥部专家组组长、  
冻土科学家张鲁新 ..... 51

## 第四章 挑战高寒缺氧 ..... 61

- 1 缺氧之危 ..... 62
- 2 高海拔制氧技术 ..... 64
- 3 攻克高原病 ..... 68
- 4 高原列车 ..... 71
- 5 高原客车的供氧原理 ..... 75

## 第五章 保护高原生态 ..... 79

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 1 有效的环境监管体系 .....             | 80  |
| 2 施工与环保 .....                 | 82  |
| 3 草场的养护 .....                 | 86  |
| 4 保护高原之肾——湿地 .....            | 89  |
| 5 创建最清洁的“天路” .....            | 92  |
| 6 为野生动物寻找最佳高原通道 .....         | 95  |
| 7 施工与野生动物保护 .....             | 97  |
| 8 动物与人和谐共处 .....              | 99  |
| 9 高原生态今如何 .....               | 102 |
| 资讯传真：一、青藏铁路《环境评估报告》（节选） ..... | 104 |
| 二、高原主要珍稀动物 .....              | 108 |

## 第六章 青藏铁路上的高科技 ..... 111

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 1 现代化的铁路管理 .....             | 112 |
| 2 专为青藏铁路设计的救援车——吊臂平车 .....   | 113 |
| 3 青藏铁路通讯设备填补输电工程技术领域空白 ..... | 115 |
| 4 第一条应用 GSM-R 系统的铁路 .....    | 116 |
| 5 青藏铁路列车上丰富的电信增值业务 .....     | 117 |
| 6 拉萨火车站的高科技 .....            | 119 |
| 7 雷达遥感技术的应用 .....            | 122 |
| 8 高科技治污 .....                | 123 |

## 第七章 天路通往西藏的美好明天 ..... 125

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 1 西藏自治区经济迅速与世界接轨 .....   | 127 |
| 2 新经济增长点 .....           | 129 |
| 3 内地人的商机 .....           | 132 |
| 4 西藏自治区百姓生活的巨变 .....     | 136 |
| 5 民工增收两亿多 .....          | 141 |
| 6 增值的人民币 .....           | 142 |
| 7 一条黄金旅游线 .....          | 144 |
| 资讯传真：一、青藏铁路沿途好风光 .....   | 148 |
| 二、尼泊尔热切期盼尽快与青藏铁路接通 ..... | 156 |

## 第一章

# 天路之梦



# 1

## 话说青藏高原

青藏高原，南起喜马拉雅山，北至昆仑山，西至帕米尔高原，总面积250万平方公里，占我国国土面积的1/4以上，平均海拔在4000米以上。它是地球上面积最大，海拔最高的高原，被称为“世界屋脊”。

4000多万年以前，这里还是一片广阔的汪洋；300万年以前这里还是森林茂密、气候湿热的低海拔地区。高原的形成只是近二三百万年的事，地质学上称它为“地球上最年轻的高原”；直至现在，高原还在缓慢地上升着。

是什么原因使得一片海水变成今天高原的模样？我们还要从它的地质构造说起。

最早的青藏高原并不是如今我们所看到的一个统一的大板块，它是由5个较小的块体拼合而成的。这5个板块由北向南，依次是昆仑山板块、可可西里—巴颜喀喇山板块、羌塘—青南板块、冈底斯山—念青唐古拉山板块、喜马拉雅山板块。

上述5个板块在构造形态上有许多相同或相似的地方。在地形上，为南北不对称的山系，南陡北缓。南部通常是正常的浅海相沉积，北部为大洋深海沉积；南部有一条花岗岩类岩浆杂岩带以及与其共生的高温变质带，北部有一条断续的超基性岩带以及与其伴生的低温浅变质的挤压揉褶带；构造变形上南部宽缓而较轻微，为断块式脆性变形，北部变形紧密而强烈，属塑性揉褶。5个板块的推伏断裂均是一致地由北向南逆冲。所有这些共性反映出它们形成方式相同，与高原南部边缘的喜马拉雅山的形成也是惊人地相似。

按地质学的理论，5个板块的构造运动和形成时间有规律地由北向南依次变新，原本的汪洋大海逐次退去：昆仑山板块形成于2亿2千多万年前“海西运动”，二叠纪末海水退去，成为陆地；可可西里—巴颜喀拉山板块形成于1亿8千万年前的“印支运动”，三叠纪晚期海水退干；羌塘—青南板块形成于1亿3千万年前的早期“燕山运动”，侏罗纪晚期海退成陆；冈底斯山—念青唐古拉山板块形成于7千万年前的“燕山运动”晚期，白垩纪晚期海水干涸；再加上4000万年以前的

“喜马拉雅山造山运动”，海水最终完全退出。

5个板块拼合成陆地后，并没有马上抬升为高原。此时，南方印度次大陆继续北移楔入，北面又受到塔里木—柴达木板块的阻挡，在南北力量的挟持以及地壳下面热力作用下，上述5个板块快速隆起，青藏高原就这样诞生了。

根据古地磁测量，印度板块现在仍以每年5~6厘米的速度向北漂移，因此青藏高原仍在缓慢地上升。人们所熟知的喜马拉雅山每年以1厘米的速度增高。正在成长中的青藏高原因之被称作“世界最辽阔、最年轻的高原”。

## 青藏铁路的地理概况

# 2

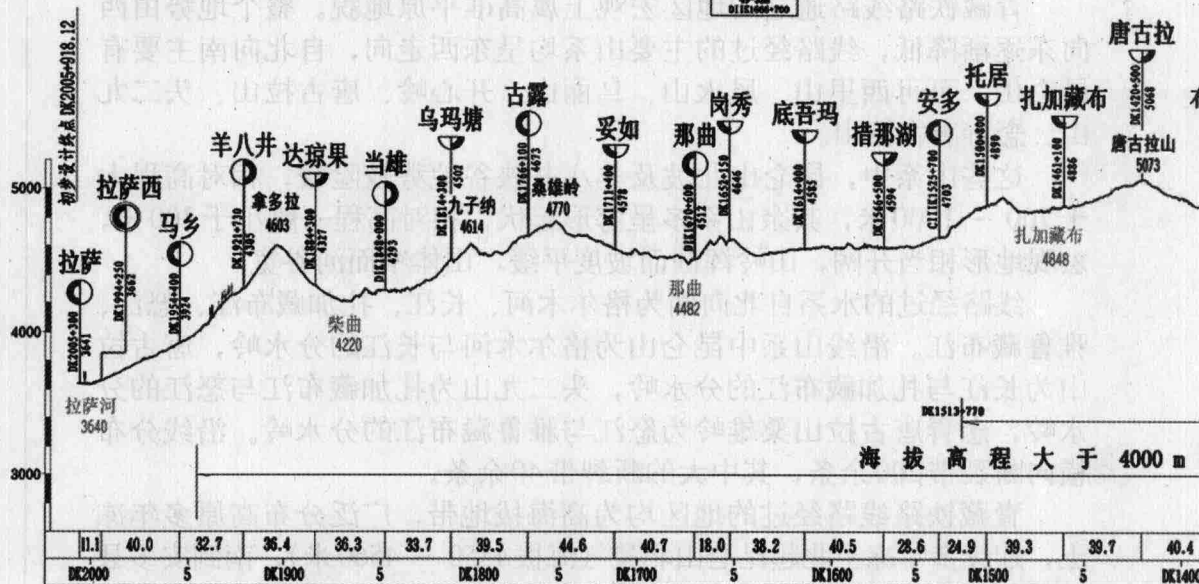
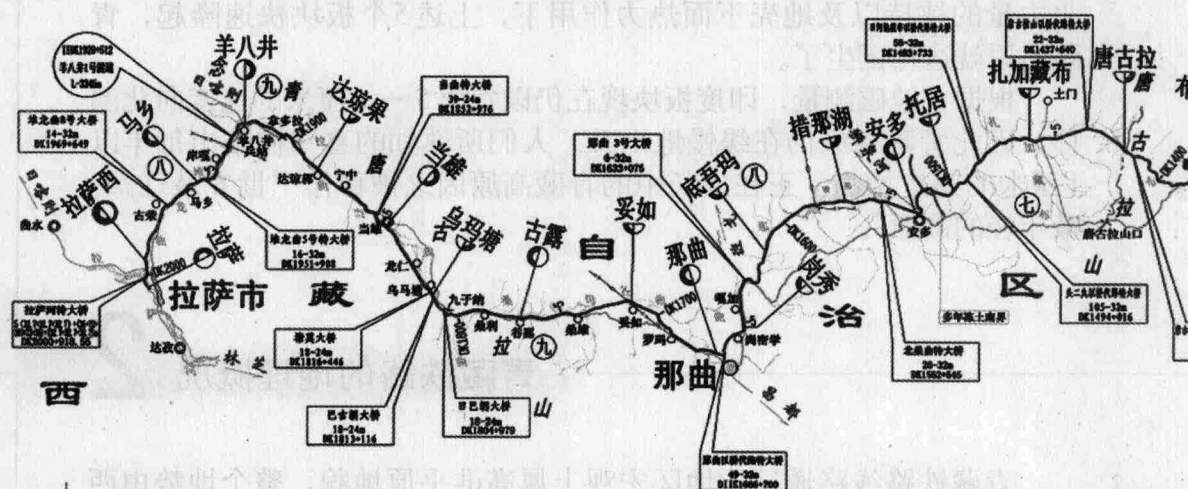
青藏铁路线路通过的地区宏观上属高准平原地貌。整个地势由西向东逐渐降低，线路经过的主要山系均呈东西走向，自北向南主要有昆仑山、可可西里山、风火山、乌丽山、开心岭、唐古拉山、头二九山、念青唐古拉山。

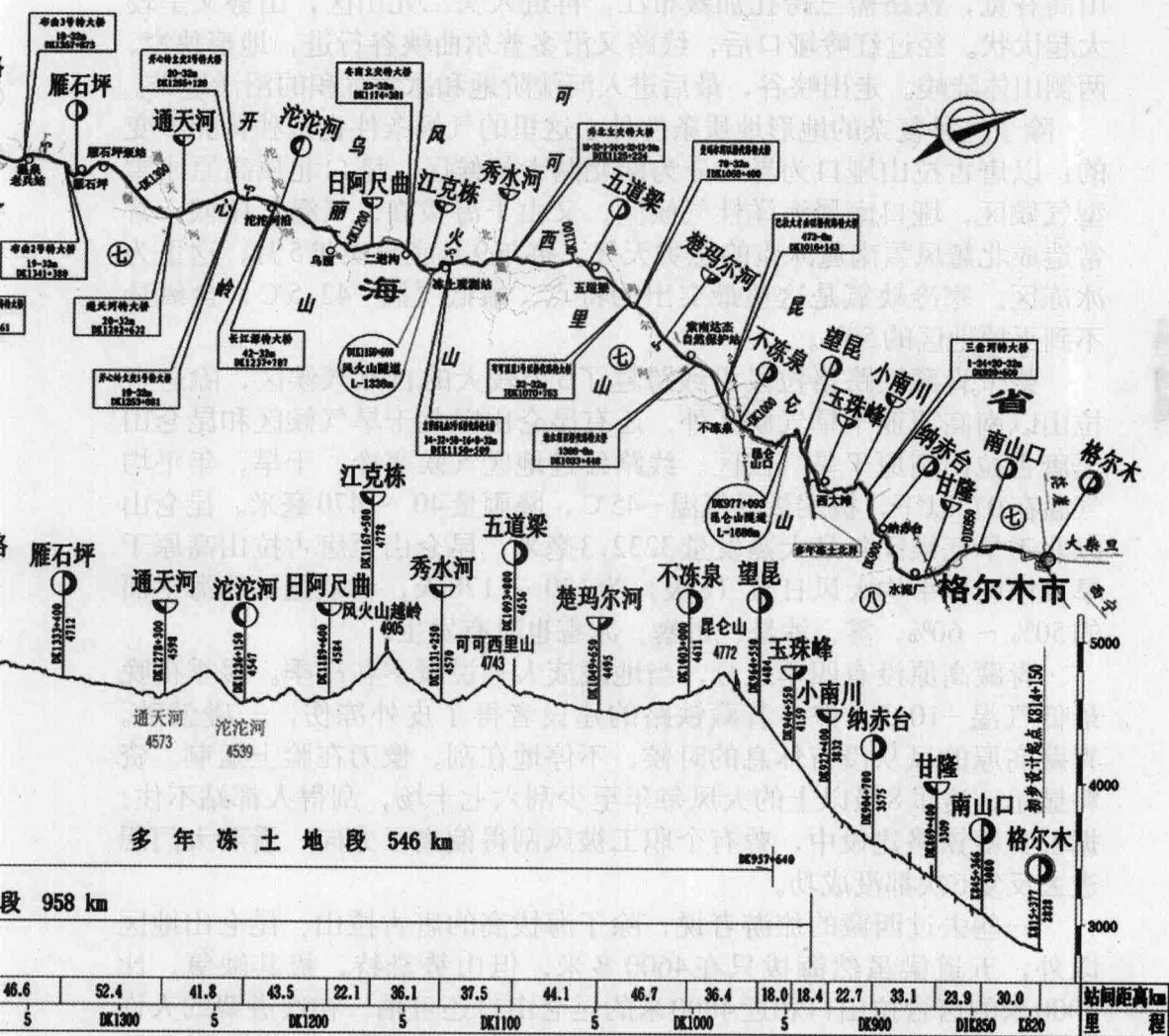
这些山系中，昆仑山北坡及羊八井峡谷地势较险峻，相对高程大于700~1000米，其余山系多呈穹形起伏，相对高程一般小于300米，宏观地形相当开阔，山岭浑圆而坡度平缓，山体窄而河谷宽。

线路经过的水系自北向南为格尔木河、长江、扎加藏布江、怒江、雅鲁藏布江。沿线山系中昆仑山为格尔木河与长江的分水岭，唐古拉山为长江与扎加藏布江的分水岭，头二九山为扎加藏布江与怒江的分水岭，念青唐古拉山桑雄岭为怒江与雅鲁藏布江的分水岭。沿线分布横向断裂带200余条，其中大的断裂带40余条。

青藏铁路线路经过的地区均为高海拔地带，广泛分布高原多年冻土，连续多年冻土北起昆仑山北麓（海拔4350~4560米），南到安多县城北部（海拔4780米左右），约550公里。沱沱河至拉萨间沿线不良工程地质很多，主要有风沙、湿地、泥石流、河岸冲刷、沙土液化、岛状多年冻土、危岩和落石、风吹雪等。其中桑雄至达琼果路段基本沿念青唐古拉山沟谷地，因受常年积雪融化水影响，容易出现路基沉降。

唐古拉山地段是海拔最高的铁路路段。该地区沿线地形地质条件





青藏铁路工程（格尔木至拉萨段）示意图

极为复杂：在唐古拉山北麓，线路先是行走在温泉断陷盆地，再逆布曲河谷、卡木赛麦曲而上，翻过唐古拉山的垭口，地势起伏变化较大。进入唐古拉山南麓后，即为漫流区，地形平缓，河谷纵横。在这里，山高谷宽，铁路需三跨扎加藏布江，再进入头二九山区，山势又呈较大起伏状。经过红岭垭口后，线路又沿多普尔曲峡谷行进，地形狭窄，两侧山体陡峻。走出峡谷，最后进入河流阶地和冰水沉积的沼泽地带。

除了这种复杂的地形地质条件外，这里的气候条件也是独特而多变的：以唐古拉山垭口为界，分为南北两大气候区，垭口北属高原冰雪型气候区，垭口南属海洋性气候区。又由于海拔高，气温气压低，常常造成北麓风雪南麓冰雹的恶劣天气。每年9月底至次年5月，这里为冰冻区。寒冷缺氧是这里最突出的特点，最低气温 $-42.5^{\circ}\text{C}$ ，含氧量不到平原地区的50%。

整个青藏铁路格拉段沿线跨越了3个较大的自然气候区，除唐古拉山以南高原亚干旱气候区外，还有昆仑山以北干旱气候区和昆仑山至唐古拉山高原干旱气候区。线路经过地区气候寒冷、干旱，年平均气温在 $0^{\circ}\text{C}$ 以下，极端最低气温 $-45^{\circ}\text{C}$ ，降雨量40~470毫米。昆仑山以北干旱气候区年最大蒸发量3232.3毫米，昆仑山至唐古拉山高原干旱气候区年平均大风日数（8级）为130~178天，含氧量仅为海平面的50%~60%，雾、沙暴、雷暴、冰雹也时有发生。

青藏高原没有四季之分，当地藏族人只说暖季和冷季。暖季夜晚最低气温 $-10^{\circ}\text{C}$ ，许多青藏铁路的建设者得了皮外冻伤，一碰就破。青藏高原的风从没有休息的时候，不停地在刮，像刀在脸上猛刺。资料显示，这里8级以上的大风每年至少刮六七十场，刮得人都站不住。据说青藏铁路建设中，曾有个职工被风刮得偏离了方向，看着大门想进去反复6次都没成功。

一些去过西藏的旅游者说，除了海拔高的唐古拉山、昆仑山地区以外，五道梁虽然海拔只在4600多米，但山势奇特，极其缺氧，比5000米的唐古拉山口和近4800米的昆仑山口还可怕，初次进藏的人许多在那里被“放倒”。青藏线上有句话“西大滩得病，五道梁送命”。在修建青藏铁路中，有些建设者人还没到五道梁，双目就瞬间失明，95%的人都在那里出现过高原反应。

青藏高原任何时候都缺氧，比海平面空气含氧量少60%左右。冬天草棵枯亡，缺氧更甚，人们到了这里常会感到胸闷、头疼、气短，



走路时腿像灌了铅。更糟糕的是低气压导致手臂上毛细血管时常爆裂，还伴有心律失常，甚至突然得上脑水肿、肺水肿，数小时内就会导致死亡，抢救都来不及。修建青藏铁路之前，西方媒体曾说，西藏根本没法修铁路。那里有5000米高的山脉要翻越，12公里宽的河谷要架桥，还有绵延上千公里、根本不可能支撑铁轨和火车的冰雪和软泥。人怎么能够在那个 $-30^{\circ}\text{C}$ 的气候下开凿隧道，或者在那个稍一用力就需要氧气瓶的地方架桥铺轨呢？

如此恶劣的气候条件，如此险峻的地理位置，要修建格拉段铁路的难度之大可想而知。而青藏铁路的成功建成通车，其本身蕴含的高科技应用和科技攻关成果，更引起世人的广泛关注。

### 路的企盼

## 3

世事往复，沧海桑田。

人类出现在青藏高原的第一天起，就向往着能在这雪山层叠的千峰万仞中间踏出一条四通八达的路来。

终于一条小路开始自东北向西南延伸，一直通向高原那一边，通向穿越群山之后的那一片森林茂密的拉萨。这就是我国历史上著名的唐蕃古道。

唐蕃古道的起点是唐王朝的国都长安（今陕西西安），终点是吐蕃都城逻些（今西藏拉萨），跨越今陕西、甘肃、青海和西藏4个省区，全长约3000余公里，其中一半以上路段在青海和西藏境内。它的大致路线是，从长安沿渭水北岸越过陕甘两省界山——陇山到达秦州（今甘肃天水），溯渭水继续西上越鸟鼠山到临洮（甘肃临洮）。从临洮西北行，经河州（甘肃临夏）渡黄河进入青海境内，再经龙支城（青海民和柴沟北古城）西北行到鄯州（青海乐都）。以上可以称古道东段。而西段则是穿越近两千公里的青藏高原的高山峻岭，直达拉萨。这是汉代以来从中原进入西藏甚至尼泊尔和印度的传统路线。它的历史甚至可以上溯到6000年前的新石器时代，我们中华民族的祖先正是沿着这样一条路线开拓前进的。

公元641年（唐贞观十五年）隆冬里的一天，唐朝派江夏王、礼

部尚书李道宗护送16岁的文成公主，从繁华的都城长安向3000公里外的拉萨出发了。那里有吐蕃王松赞干布等待迎娶这位唐朝皇帝的女儿。

文成公主一行，带着大批卫队、侍女、工匠、艺人和大量绸缎、典籍、医书、粮食等嫁妆，经甘肃，到青海，过青海的赤岭（今日月山），再过玉树，翻过了巴颜喀喇山和唐古拉山。为了保障公主一路顺风，唐太宗命沿途官府修路架桥，造船制筏，建筑佛堂，开辟通道。松赞干布则亲自率领满朝官员与大队人马迎亲于柏海（即今青海省扎陵湖和鄂陵湖），并在此举行欢迎仪式。然后，松赞干布与文成公主结伴而行，前往逻些完婚。

文成公主一路历经艰险，历尽磨难，计划几个月的行程，走了整整3年。原本浩浩荡荡的随员队伍，经受不住高寒和缺氧，纷纷倒在了进藏的路途上，连所带的物资也不得不沿途抛弃。但是这条唐蕃古道终于迎来了远方的亲人。由于文成公主的到来，先进的文化信息也就此在西藏开花结果。

公元709年，即唐中宗景龙三年，应吐蕃之请，唐王朝又将金城公主许配给了赞普赤迭祖赞。金城公主又沿着文成公主进藏的道路嫁往吐蕃，成为唐蕃古道上的又一桩盛事。从文成公主嫁往吐蕃起，唐朝与吐蕃之间使臣不断，贸易往来十分频繁。唐蕃古道正是在这种情况下逐渐开辟、迅速兴盛起来，并且很快成为一条站驿相连、使臣仆仆、商贾云集的交通大道。

但是，高原之路并没有能再继续拓宽延伸。连年的战争、灾荒，人们不可能顾及出没在万山丛中的这条古道。全靠不畏艰辛的藏民肩挑手扛和商旅的驼队及马帮一年又一年，寂寞地在路上往来……那时候，藏区每匹马只能换取内地30斤茶叶。不足3平方公里的拉萨，1949年前，仅拉萨等待外运的羊毛就有十几万吨，更不用说拉萨丰富的矿产资源了。人们急切地企盼着万山丛中能出现一条康庄大道。

然而，随着连年内战和抗日战争的爆发，这个计划终为纸上谈兵。

1950年，西藏和平解放。中央政府和西藏地方政府官员出入西藏都是绕道印度，然后坐汽车到锡金，再从锡金骑马入藏。

那时候，西藏上层中有少数人，视高山大川为王牌，对进藏部队实行经济封锁，使进藏部队粮食供应十分困难。由于没有像样的公路与外界相通，中央政府紧急成立了西藏骆驼运输总队，向西藏运输货物。短短几个月时间，他们筹集了200万斤粮食、28000峰骆驼。1953