



科技自立自强之路

筑梦高原 情牵天路

——青藏铁路工程冻土路基筑路技术攻关纪实

■本报记者 李晨阳 见习记者 王兆昱



青藏铁路。

2

师法自然,化被动为主动

2001 年 10 月 2 日,中国科学院举行了重大项目答辩会。

“主动冷却路基技术”是程国栋在此次答辩中的最大亮点。

这一技术的精髓,就在于“主动”。

在此之前,人们面对冻土这个“拦路虎”,已经“被动”了太久。国内外采用的传统方法主要是加高路堤或铺设保温材料,就像过去老太太卖冰棍,为了防止冰棍融化,总是在冰棍箱上盖一层被子。但这种方法只能延缓冻土融化,无法从根本上解决问题。

程国栋的思路则直截了当:干脆把“棉被”换成“冰箱”,实现长期、稳定、可持续的路基降温。

但是,究竟如何给绵延千里的路基量身打造“小冰箱”呢?这时候,程国栋在冻土领域积累多年的基础理论研究派上了用场。

我国是全球第三冻土大国,多年冻土区占国土面积的 1/5。与很多人想象的不同,多年冻

土并不仅仅分布在人迹罕至、气候严寒的边远地区,河北、山西等年平均气温较高的地方,在特殊环境条件下,也能形成多年冻土。

程国栋团队见过一种很有意思的现象:在河北农村的一些小山坡,地表和不足 1 米深的土层下,温差竟然能达到 30 摄氏度以上。盛夏时期,当地人都跑到这些地方乘凉,扒开土层把西瓜放进去,不一会儿就成了清凉爽口的冰西瓜。

经过研究,团队发现河北冻土的奥秘在于藏在土层下的碎石层。碎石之间的空气对流形成“热半导体”效应,在夏天阻挡地表热气,在冬天又从地下排出热量,是真正的纯天然“冰箱”。

大自然精妙奇绝的设计让程国栋兴奋不已:既然夏日炎炎的华北地区都存在不融的冻土,那么青藏高原上的冻土应该也有办法保住!

程国栋关于“主动冷却路基”的设想,得到了中国科学院的认可。中国科学院设立重大专

3

边研究边干,以动态应万变

项,拿出 2300 万元基础研究经费支持他们开展工作。铁道部则出了一道考题,让他们各种措施先行,在 14 千米的铁路正线上试行。

这 14 千米路堤特意选址在自然条件最不利的地区。青藏铁路先期开工建设 3 个试验段——清水河段、沱沱河段和北麓河段,其中北麓河段的条件最为苛刻。这里的冻土层含冰量最大,土壤温度又相对较高,很多时候接近零摄氏度,施工稍有不慎就会导致冻土融化。

科学家在实验室里钻研出的方案,在铁面无情的大自然面前,真能行得通吗?此时,没人知道答案。

项,拿出 2300 万元基础研究经费支持他们开展工作。铁道部则出了一道考题,让他们各种措施先行,在 14 千米的铁路正线上试行。

这 14 千米路堤特意选址在自然条件最不利的地区。青藏铁路先期开工建设 3 个试验段——清水河段、沱沱河段和北麓河段,其中北麓河段的条件最为苛刻。这里的冻土层含冰量最大,土壤温度又相对较高,很多时候接近零摄氏度,施工稍有不慎就会导致冻土融化。

科学家在实验室里钻研出的方案,在铁面无情的大自然面前,真能行得通吗?此时,没人知道答案。

项,拿出 2300 万元基础研究经费支持他们开展工作。铁道部则出了一道考题,让他们各种措施先行,在 14 千米的铁路正线上试行。

这 14 千米路堤特意选址在自然条件最不利的地区。青藏铁路先期开工建设 3 个试验段——清水河段、沱沱河段和北麓河段,其中北麓河段的条件最为苛刻。这里的冻土层含冰量最大,土壤温度又相对较高,很多时候接近零摄氏度,施工稍有不慎就会导致冻土融化。

科学家在实验室里钻研出的方案,在铁面无情的大自然面前,真能行得通吗?此时,没人知道答案。

科学家在实验室里钻研出的方案,在铁面无情的大自然面前,真能行得通吗?此时,没人知道答案。

5

筑梦高原,战极限创一流

“这么一改,已经修好的两三百千米路基就可以用了。要是当时废弃重新连线,300 多亿元的投入可能就白费了。”赖远明欣慰地说。在马巍看来,围绕青藏铁路的一切工作都是“动态”的。如今这种“动态”还在继续。从青藏铁路格拉段建成之初就设立的“青藏铁路冻土区工程长期观测系统”项目,一直密切关注着铁路沿线冻土的“体温”变化。

纵观整条青藏铁路,仿佛是一座流动的路基冷却技术博物馆:遮阳棚路基、遮阳板路基、块石路基、U 形块石路基、通风管路基、热棒路基……各式各样不断升级换代的“冰箱”,展示着科研人员各个阶段的创新成果。

国梦,则非青藏铁路莫属。

“黄河西来昆仑,咆哮万里触龙门”——李白曾在诗歌中惊叹这里的雄奇险峻;“有昆仑山脉在,铁路就永远到不了拉萨”——20 世纪的美国旅行家曾如此断言。

汉代远征的将军、唐朝和亲的公主,都曾在被死亡笼罩的漫漫路上喟然长叹;民国时期,孙中山先生在《建国方略》中勾勒出了昆明、成都、兰州三城连接拉萨的铁路巨网……

1973 年,毛泽东主席在会见尼泊尔国王比兰德拉时说:“青藏铁路修不通,我睡不着觉。”多少年来,青藏铁路一直是党和国家领导人念兹在兹的夙愿,更是西藏乃至全国人民的殷切期盼。

青藏铁路的完工通车,使西藏地区彻底摆脱了和内地的时空阻隔,极大促进了民族团结、区域发展和经济文化繁荣。

“挑战极限、勇创一流”的青藏铁路精神,在每一位工程参与者身上辉映。在这支灿若星辰的队伍中,中国科学院一代代“冻土人”,用智慧和汗水写下了不朽的篇章。

精神不灭,薪火相传。直至今日,西北研究院的科研工作者从未有一刻懈怠。他们仍然驻守在青藏高原,长期监测铁路沿线的冻土、环境变化和铁路的运行状态。

谈到未来,西北研究院副院长张明义没有豪言壮语。从老一辈科学家手中接过接力棒的他,坚定地说:“我们会传承和发扬老一辈科学家的创新精神、求实精神、奉献精神,会一直守护着青藏铁路,全力保障其安全运行下去。”

出批复。

接下来几年,在原有研究队伍基础上,中国科学院分别成立了地理研究所冰川冻土研究室、地理研究所沙漠研究室。1965 年,两个研究室合并成立了中国科学院兰州冰川冻土沙漠研究所,这就是寒旱所的前身,并于 2016 年以其为主体整合成立了中国科学院西北生态环境资源研究院(以下简称西北研究院)。与之相随的是一批批科学家怀揣青藏之梦,齐聚兰州,为中国的冻土事业奉献终生。

也是在 1965 年,程国栋的命运发生了转折。他告别上海老家,来到冰川冻土沙漠研究所冻土研究室,接着就被派往青藏高原调研,从此与这片遍布冻土的广袤大地结下了不解之缘。

“从一开始,我们所有的研究就是与青藏铁路紧密相连的。”程国栋说。

40 多年间,尽管青藏铁路工程两度被迫搁浅,但科技工作者对冻土的研究从未中断。中国科学院等科研单位一直坚守在这个领域,积累了丰富的基础研究成果。特别是程国栋于 1983 年发表的“程氏假说”——多年冻土上限附近会发育厚层分凝冰,这种作用年复一年,让多年冻土上限附近形成了厚层地下冰——被国际同行誉为冻土学中的“相对论”,为破解冻土工程技术难题提供了重要的理论依据。

上世纪 80 年代末 90 年代初,中国科学院又依托冰川冻土研究所,积极组建了冻土工程国家重点实验室,搭建了世界先进的冻土研究平台,凝聚了重要的人才团队,积累了宝贵的研究成果。

养兵千日,用兵一时。当国家决定第三次启动青藏铁路工程时,那些漫长岁月中的坚守、准备和布局,终于迸发出巨大的力量。

接到任务的那一刻,程国栋虽然情绪上有些紧张,但早已成竹在胸。如何解决青藏铁路建设面临的冻土和路基问题,他们已经想了很久。

本版图片均由西北研究院提供



程国栋院士(右二)带领团队进行冻土试验研究。



马巍在野外安装相关试验仪器。



赖远明院士(中)在青藏铁路沿线试验现场。