

创新整体设计，突破施工难题——

沙漠大桥是这样建成的

本报记者 银燕

跨山越海中国桥



从甘肃省酒泉市阿克塞哈萨克族自治县出发，向着库木塔格沙漠行进。路两旁是金黄色的沙山，在阳光下格外美丽。驱车向前，一座立于沙漠之中的大桥浮现，正是沙山沟特大桥。

这是中国唯一一座穿越活动性沙漠地区的特大型桥梁，于2013年正式动工，2015年底竣工通车。该桥是敦（煌）格（尔木）铁路重难点控制性工程，桥梁全长10.6公里，穿越库木塔格沙漠东段流沙区，是中国穿越活动性沙漠地区的最长桥梁。

2019年12月18日，敦格铁路通车运营，它是青藏铁路与兰新铁路两大铁路干线的重要连线，串起新疆、甘肃、青海、西藏四省区，改变了区域铁路运输迂回绕行的历史，使新疆维吾尔自治区和西藏自治区之间运输距离缩短1100公里，节省近10个小时，填补了这一区域的路网空白。

而作为敦格铁路重难点控制性工程的沙山沟特大桥，前后建设历经两年多时间。在沙漠中修大桥，背后有着怎样的故事？

画桥——

过“没有石头的河”

在沙山沟特大桥修建之前，中国并没有任何一座穿越活动性沙漠地区的特大型桥梁，没有先例可循。

沙山沟特大桥全长10.6公里，设计桩基1834根，墩台324个。大桥跨越库木塔格沙漠东段十里流沙区，穿越地形蜿蜒曲折的沙山沟，沟内地质条件较差，风沙活动频繁，防沙害理念在这座桥的设计上至关重要。

不同于“摸着石头过河”，这次过的是“没有石头的河”。

“没办法现学现用，就只能从以前的铁路建设中找借鉴，大胆设想，谨慎验证。”中铁第一勘察设计院敦格铁路桥涵专业设计负责人王文博介绍。

“在确定铁路线路穿越沙山沟之后，我们就摒弃了西北常用的路基建设方式。综合考虑铁路120km/h的时速要求和经济性，我们结合实际地形，合理选用曲线半径，让铁路线路离沙山尽量远，适应地形。”

“你们当时最担心的问题是什么？”记者问。

“当时，我们担心沙子掩埋铁轨，因为有的沙山60多米高，修高桥是可以让沙子穿过而非堆积，但造价太高，桥面太低又会形成沙害。基于规避沙害的考虑，通过综合计算，我们选取了适宜的桥面高度和曲线半径，以免后期维护时产生较高的成本。”王文博说。

库木塔格沙漠风沙很大，为了保证铁路的安全性，设计单位与相关高校合作攻关，开展了铁路桥梁、风场、移动沙丘相互影响的复杂多向流数值模拟及风洞模拟

实验，实地测量风场数据作为基础数据，精准分析桥梁建成后与风场、活动性沙山的相互影响作用。这之后，运用风洞实验对位于铁路桥梁下风向活动性沙丘的地表切应力进行了准确测量，对桥梁对沙丘形态变化的影响进行了定量分析，保证桥梁建设及结构安全。

“经过实验论证，我们判断桥的设计能够起到防沙的效果，受当地风沙环境影响在可承受的范围内。事实也验证了我们的推测，风沙造成的损害较为轻微且在预计范围之内，这表明我们的设计方案立得住。”王文博说。

沙山沟特大桥所处的环境是活动性沙丘，沙子是跑着的。

“桥墩修建在沙山的半山坡上，所以可能出现两种情况：沙在桥墩一侧越积越多，而桥墩另一侧沙子都流走了，造成了基础外露，也会对桥墩结构造成不利影响，所以我们采用活动性沙漠地区桥墩半压半流防沙技术。在设计中同时考虑基础外露、桥墩单侧积沙等不良受力情况，对桥墩配筋及桩基布置进行精确计算和设计，保证桥梁结构安全。”王文博说。

“敦格铁路沙山沟特大桥施工图设计”获中国施工企业管理协会优秀设计成果奖、甘肃省优秀设计奖，“沙山沟特大桥风沙防治技术研究”获甘肃省职工优秀技术创新成果奖。

造桥——

难点堵点逐个突破

10年前，作为中铁十一局敦格铁路项目的技术员，尹斌全在沙山沟特大桥的建设现

场忙个不停，那是他大学毕业后参与的第一个项目。从湖北到甘肃阿克塞，漫天黄沙让他一时难以适应：“在现场吃饭的时候，不管吃什么东西，风一吹，吃的都是沙子。”

更棘手的，是桥的建设。“在沙漠中建一座大桥，难度一点也不亚于在湍急的河流中修建。沙漠地区流沙自稳性差，桩基成孔非常难，因为底下是流动性，所以边打沙子边塌陷。”尹斌全印象深刻。

“为了解决桩基成孔的难题，我们七八个小伙子在总工的带领下成立了一个攻关小组，天天在一起探讨。上网一搜，发现流沙地质的桩基施工属于一个世界性的难题。”

在流动性沙丘上面打成30多米深的孔，成孔难，且易塌孔。这是要解决的核心技术问题。攻关小组夜以继日查资料，求助同行，开展行业研讨，项目总工史艳波给出了一个思路：沙子向内塌陷类似于水流，能否借鉴跨江跨海大桥的水下建设经验？

“根据相关资料，这是国内第一次在沙漠里建设这么大的桥梁，没人朝这个方向去想。我们参考了在大江大河水利工程建设中的围堰。大河里面桥梁施工的时候采用围堰，让我们联想到钢护筒。为了验证猜想是否可行，施工人员先试着打了一个孔进行验证，结果证明，可行！解决了桩基成孔问题，大桥在沙漠里头扎下了根。”

从打下第一个孔开始，施工团队在建设过程中总结出一套方法：桩基创新采用钢护筒跟进干法成孔灌注技术，旋挖钻配合液压振动锤，内掏外打，分节循环跟进钢护筒成孔，自密实混凝土无水状态下灌注成桩，这套技术已成为解决流动沙丘成桩的关键技术，也填补了国内沙漠地区桩基施工的应用空白。

而沙山沟特大桥的桩基全部采用新型钢护筒跟进成孔技术，全桥1834根桩基所用钢护筒连接起来长达43公里，相当于桥梁长度的4倍。

桩基成孔的问题解决了，另一个挑战摆在眼前：沙漠缺水，经常漫天黄沙；四季及昼夜温差大。桥梁墩台混凝土施工及养护难度大，为了克服恶劣的沙漠自然环境，防止因干燥蒸发过快、温差大造成的桥梁墩台身混凝土开裂，建设者们攻坚克难，研发出一套适应沙漠气候的混凝土制配防裂工艺，324个墩台身混凝土全部采用两布一膜加动力水循环滴灌系统包裹，就像在沙漠中给桥墩“敷面膜”一样保湿养护，保证了大桥的施工质量，并减少施工用水近16万立方米。

为了攻克厚达14—33.4米的流沙层，建设者们通过不断的技术攻关和工艺创新，创造出一些新技术新工艺，并为后来的工程提供有益的借鉴和应用。

“刚刚施工的时候，走在30多米的大桥桥面上，我就想，要是孩子我一定要带他来看看沙山沟特大桥。工程完工的那一天，我们团队都十分高兴！”10年后，再次走上沙山沟特大桥，来到自己奋斗过的地方，尹斌全难掩兴奋之情。

沙山沟特大桥工程获“甘肃省建设工程飞天金奖”及“中国优质工程奖”等多个奖



位于沙漠中的沙山沟特大桥。

郁婕摄



正在建设中的沙山沟特大桥。

刘斌摄

项。该桥防风沙结构设计理念、桩基干法成孔等新技术、新工艺，在后续库格铁路、和若铁路等工程的设计和施工中均得到了推广应用。

守桥——

背设备上下来回

修路难，养路亦难。3月27日中午11时30分许，沙山沟特大桥的守护者——中国铁路兰州局集团有限公司嘉峪关工务段阿克塞线路车间阿克塞维修工区职工们，趁着天窗点开始作业。在兰州铁路局集团公司嘉峪关工务段敦煌铁路介入组组长、党支部书记杨建平的带领下，检修小组抬着五六十斤的设备，沿着30多米高的通道阶梯向上攀爬至桥顶。

桥下，一群来沙漠里游玩的少年尽情拍照打卡，欣赏沙漠的美丽。桥上，记者爬到桥顶后，气喘吁吁，而维修工区的职工们没来得及喘一口气，就投入到作业中。

“这里夏季气温高达40摄氏度，冬季最低气温会降至零下30摄氏度，即使在同一季节，昼夜温差也在25摄氏度以上，梁体、轨道因此会出现热胀冷缩现象，加之重载货物列车的反复碾压扭曲、制动摩擦，铁路轨道几何尺寸变化幅度大、周期短，需要不间断维修养护，将轨道各项技术指标控制在允许误差范围之内，以确保设备安全、运输畅通。”杨建平说。

沙山沟特大桥最高33.6米，可供上下的通道阶梯只有几处，这就意味着每次检修作业，不但要将重达五六十斤的养路机械抬到桥面上，还要上下反复多次运送机具，经常扛着机具步行几公里才能到达作业地点，进行维修养护。

测轨距、看高低、测方向。杨建平仔细观察铁轨的曲度。记者趴下仔细观察，没什么异样啊！杨建平却能看出铁轨轨距的细微变化，并能大致观察到列车行驶对铁轨造成的轨迹偏移。

“这里看着非常直，其实有差异，哪怕是一丝一毫的差异，都可能影响列车行车安全。”杨建平的目光停留在一处轨道上，他用白色粉笔作出标记，维修小队便在此用机具展开维修，将轨距复位，确保轨距符合设计值。

一阵大风呼呼吹来，记者不由得晃了晃。“小心，这桥上风忒大了，你得时刻注意安全！”杨建平提醒。在记者仔细观察沙山沟特大桥时，杨建平和队伍已走远，机械轰鸣的声音又从前方传来。他们紧锣密鼓地继续奋战着，听说下午还要去另一个天窗点。

冬季，他们忍受零下20多摄氏度的严寒和高空刺骨的寒风；夏季，他们面对烈日炙烤和滚滚热浪，特别是遇上沙尘暴，即使戴着脖套、口罩或者是头盔，大风卷起的黄沙也会无孔不入，头发、耳朵、嘴里全都是沙子……

作为敦格铁路的重要控制性工程，沙山沟特大桥的建设，结束了甘肃省阿克塞哈萨克族自治县和肃北蒙古族自治县不通火车的历史。

放眼整个敦格铁路，连接了青藏铁路与兰新铁路两大铁路干线，历史性地将兰新铁路、青藏铁路串联成中国西北地区的首条环形铁路网，与格库铁路相交汇成西北通向中亚的第二条国际通道，改变了中国新疆、甘肃、青海、西藏至中亚国家之间铁路运输迂回绕行的历史。

敦格铁路开通前，由兰新线的柳沟站到青藏线的格尔木站，全程2003公里。敦格铁路开通后，兰新线柳沟站至青藏线格尔木站827公里，新疆和西藏之间运输距离缩短约1176公里，节省时间约12小时，大大降低了运输成本。敦格铁路打通了沿线地区重要矿产资源和物资运输通道，加强了青、甘、新、藏四省区的经济往来与交流合作，对加快沿线地区资源开发、带动西部地区旅游业发展、助力西部地区经济发展，具有重要意义。



▲大桥的检修人员正在观察铁轨。
▼检修小组正在维修轨道。



▲检修人员正在观测。

除署名外，本版图片均为本报记者银燕摄