

青藏铁路错那湖活动沙丘的形成机制及治理措施

段青龙

(铁道第一勘察设计院乌鲁木齐分院, 乌鲁木齐 830011)

【摘要】 通过对青藏铁路错那湖活动沙丘分布特征及形成机制的剖析, 提出了合理的工程地质选线原则及工程治理措施, 以使风沙活动对铁路工程及铁路运营的危害程度尽可能地减少。

【关键词】 活动沙丘; 形成机制; 治理措施

【中图分类号】 512.21

the Formation Mechanism and Treatment Measure of the Motive Sand-flood of Cuona Lake on Qingzang Railway

【Abstract】 Through analyzing the distribution and formation mechanism of the motive sand-flood of Cuona lake on Qingzang railway, putting forward a rational line-determination principle and a series of engineering treatment measure, in order to decrease the damage of wind and sand to the railway at least.

【Key words】 motive sand-flood; formation mechanism; treatment measure

0 引言

青藏铁路错那湖活动沙丘位于西藏自治区安多县错那湖东岸, 呈扇形分布, 面积约 2 km^2 。安多县地处藏北高原, 平均海拔高程在 4500 m 以上, 气候寒冷, 空气稀薄, 人烟稀少, 地表草皮较发育, 无木本植物生长, 自然条件较差。新建青藏铁路格尔木至拉萨段 CK1560+805 ~ CK1562+660 以 NNE 向通过活动沙丘, 线路距错那湖边 $1 \sim 2 \text{ km}$ (见图 1)。

1 地质概况

1.1 地形地貌

本段线路位于错那湖东岸洪积平原, 海拔高程为 $4587 \sim 4592 \text{ m}$, 线路高出错那湖面 $4 \sim 9 \text{ m}$, 地势东高西低, 地形有起伏, 表面无植被, 新月形沙丘较发育。

线路东侧 500 m 以外为低山区, 基岩裸露, 植被稀少, 沟谷发育, 主要河流为巴索曲河。

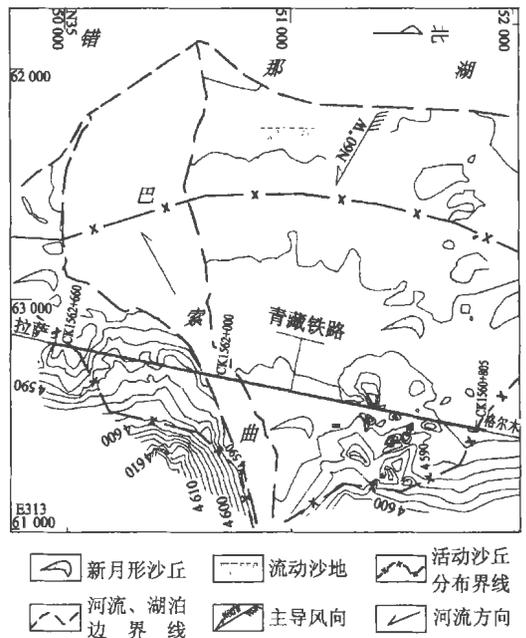


图 1 线路平面位置图

线路在 CK1562+000 处跨过巴索曲河, 该河为常年流水性河流, 雨季水量较大, 冬季河水冻结, 其延伸方向为近 EW 向, 河流出口位于错那湖东岸, 从活动沙丘中通过; 河床两岸新月形沙丘呈不连续状分布。

1.2 地层岩性

错那湖东岸洪积平原地表为第四系全新统风积细砂, 厚 1~5 m; 下伏洪积中砂或卵、砾石土。

低山区坡面出露上古生界花岗片麻岩, 表层风化极严重—严重, 岩体呈角砾状, 风化层厚 3~5 m。

1.3 水文地质概况

沙丘分布地段地下水埋深 1~5 m, 水量丰富, 水质较好, 其补给来源为巴索曲河水及低山区基岩裂隙水。

1.4 气象特征

本地区属于高原亚干旱气候区。据安多县气象站观测资料, 年平均气温 -2.9°C , 最冷月平均气温 -14.7°C , 最热月平均气温 7.5°C , 极端最高气温 23.3°C , 极端最低气温 -36.7°C ; 年平均降水量 428.4 mm, 年平均蒸发量 1782.9 mm, 年最大降水量 604.6 mm, 年最大蒸发量 1941.1 mm; 年平均大风日数(≥ 8 级) 147.1, 定时最大风速 35.0 m/s, 风向 WSW, 瞬时最大风速 38.0 m/s, 风向 W; 最大季节冻土深度 350 cm。

2 沙丘分布及特征

2.1 沙丘分布范围

在错那湖东岸洪积平原、低山区西侧坡面及巴索曲河谷均有不同程度的积沙现象。其中距错那湖东岸 1.5 km 范围内主要为流动沙地, 分布面积约 3 km²; 错那湖东岸 1.5 km 以外至低山区坡脚范围内及巴索曲河床两岸风积沙主要为新月形沙丘, 分布面积约 2 km²。

2.2 沙丘特征

本段活动沙丘系以单一主导风向作用下新月形沙丘为主。沙丘轴向以 $N60^{\circ}W$ 为主, 长度 10~30 m, 宽 5~20 m, 高度 1~5 m, 间

距 10~50 m; 迎风侧凸而缓, 坡度 $8^{\circ}\sim 15^{\circ}$; 背风侧凹而陡, 坡度 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 。沙丘表面无植被生长。

2.3 沙丘的物质组成

风积沙物质组成主要为松散状细砂, 表层 0.2 m 稍湿, 以下潮湿, 从地表至 2 m 深度范围内天然含水量为 4.3%~6.8%。风积沙砂质较纯净, 颗粒较均匀, 矿物成分为石英、长石等, 一般粒径为 0.1~0.25 mm, 大于 0.1 mm 的颗粒超过总质量的 95%, 粉、粘粒含量很少。

3 沙丘的形成机制

3.1 主导风向及最大风速

据安多县气象资料, 本地区主导风向为 WSW (见图 2), 最大风速为 38 m/s, 大风季节为每年 10、11、12 月至次年 1、2、3 月。而在本段由于线路东侧山体对来风具阻挡作用、巴索曲河谷对风向具有疏导作用, 使主导风向在此产生变化。通过现场观察和量测, 本段主导风向为 WNW, 与本段活动的新月形沙丘的轴向一致。

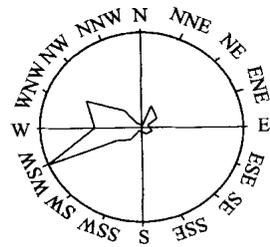


图 2 风速风向玫瑰图

3.2 活动沙丘的形成机制

本段新月形沙丘的形成是与其周围的地形地貌及地质条件密切相关的。线路东侧山坡出露上古生界花岗片麻岩, 表层风化极严重而多呈土状, 风化物中的细颗粒被地表水搬运沉积到巴索曲河谷中, 然后经河水搬运沉积至错那湖东岸, 形成风积沙沙源; 大风季节, 在地区性大风作用下将湖边细砂向 $S60^{\circ}E$ 方向搬运, 由于线路东侧山体的阻挡和巴索曲的疏导, 使风向发生变化、风速减少, 风力搬运能力

降低, 空气中携带的细砂便在山前平原、巴索曲河谷及缓坡地带沉积而形成新月形沙丘及流动沙地。而位于巴索曲河谷及缓坡地带的部分风积沙又由地表径流及河水冲刷、搬运, 再沉积到错那湖东岸, 使沙源得到不断的补充, 如此循环往复, 使沙源与积沙区呈现一种递增的互补关系。因此, 本段新月形沙丘在形成机制上具有循环互补特点(见图3)。

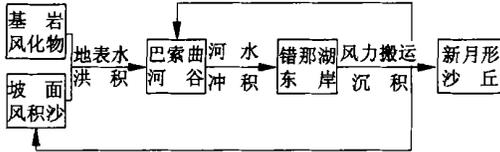


图3 沙丘形成机制示意图

4 沙丘的活动特点及危害

调查发现本段活动沙丘的运移速度在 2 m/a 以上。沙丘的危害性主要表现为风蚀、风积(沙埋)及两者的共同作用。

4.1 风蚀作用

由于本区蒸发量远大于降雨量, 在蒸发作用下, 沙丘表层 0.2 m 厚细砂呈干燥或稍湿状态, 在一年多达近5个月的大风作用下, 风力对沙丘表层细砂的剥蚀搬运作用强烈。由于蒸发作用的不间断性, 使沙丘表层始终存在 0.2 m 厚的干燥状态细砂。因此, 除活动沙丘表层细砂运移频繁, 大风造成的风沙流也表现了较强的风蚀能力。在本次初测过程中, 位于沙丘中的导线桩在约 50 d 之后出现露头或悬空现象, 标志桩字迹因风蚀打磨而模糊不清就是证明。

4.2 风积作用

风力作用将地表细砂随风沙流由西向东搬运并沉积, 风力大小决定搬运距离, 鉴于起沙风速大小、频率及风力衰退时间随地形地貌的不同而变化, 而导致在一定的范围内产生不同程度的积沙现象。由于线路东侧山体的阻挡, 使风速减少、风向旋回, 风力搬运能力骤降, 而导致从沙源到坡脚积沙现象越来越严重的结果, 在巴索曲河谷、河床两岸及十几公里

以外的青藏公路左侧, 形成不连续状分布的新月形沙丘。

每年10、11、12月至次年1、2、3月为大风季节, 也为枯水季节, 风力将细砂搬运、沉积到巴索曲河谷而掩埋部分河床。在洪水季节, 河水对河床中的风积沙进行冲刷、搬运, 使河床及两岸出现 $3\sim 5\text{ m}$ 高的陡坎。

由于沙埋作用, 使巴索曲河床在错那湖东岸产生摆动现象。据1978年勘测资料, 当时线路在CK1561+680处跨越巴索曲河床, 而本次勘测资料表明, 线路在CK1562+000处跨越河床, 由此证明巴索曲河床在20多年间由北向南摆动 320 m 。

综上所述, 说明本段风积作用较强, 沙埋现象较严重。

5 工程地质选线

5.1 风沙对铁路工程的影响

根据风沙地区铁路建设的工作经验, 如南疆线、包兰线等, 风沙对铁路工程的影响主要表现为对路肩的风蚀破坏和对桥孔、路基侧沟、道床、轨枕的沙埋现象, 风沙对路堑工程的危害比对路堤工程的危害性大。结合本段沙丘的活动性特点, 从导线桩出现露头、积沙掩埋河床等现象, 可以预测风沙对未来的路基工程具有较大的危害性, 将会使路肩和迎风侧路堤等突出部位遭受风蚀破坏, 并在桥孔、道床、侧沟及路基两侧低洼地带出现严重积沙现象。

风沙对路基工程的危害程度与线路走向和主导风向的关系有关, 线路走向与主导风向夹角越大, 路基工程对风速、风向的影响就越大, 积沙和风蚀现象就越严重, 线路走向与主导风向垂直, 风沙对路基工程的危害最大, 线路走向平行主导风向, 风沙对路基工程的危害最小。

5.2 工程地质选线

本段活动性新月形沙丘为控制线路方案的不良地质现象。由于受本地区地形条件的限制, 错那湖东岸成为青藏铁路的必经之地, 除了钻山出长大隧道工程, 线路无法避让本段沙丘, 也无法使线路沿主导风向走行。因此,

在本段进行合理的工程地质选线尤显重要。为此确定本段工程地质选线原则如下:

(1) 应尽量向沙源靠近

因为从错那湖边到线路东侧低山区坡脚积沙现象越来越严重,所以只有将线路尽可能的向湖边(沙源方向)移靠,才能将风沙对工程的危害程度降低到最小。但线路向湖边移靠的距离受错那湖波浪侵袭高度的限制,错那湖百年设计水位为4 583.09 m,波浪侵袭高度为4 57 m,线路向湖边移靠距离太大,将会位于错那湖波浪侵袭区。因此,应在保证路肩不受波浪侵袭的前提下,尽可能的将线路向湖边移靠。

(2) 不宜以路堑通过低山区坡面

由于低山区坡面较陡,积沙现象不太明显,但在其坡角坡积、风积现象较为严重,细砂堆积高度大于5 m。若在坡面修筑路基,因受路肩设计标高的控制,必然以路堑通过,这样就使路堑成为截沙沟或挡沙平台,结果会导致沙埋路基现象。因此,线路不宜以路堑通过低山区坡面。

(3) 应以路堤通过沙丘分布地段

因为风积沙对路堑的危害程度比对路堤的危害程度更大,所以线路在本段活动沙丘中应以路堤通过,且路肩设计高度应大于沙丘的最大高度。

(4) 应选择合理的桥位及孔跨式样跨越巴索曲

由于巴索曲河床摆动不定且沙埋现象较严重,线路跨越该河床设计桥位及孔跨式样应考虑河床摆动幅度及积沙情况,而不只单纯从流量出发,以防排洪不利和沙埋堵塞桥孔而造成路基水害现象。

6 沙害治理措施

6.1 沙害治理

本段线路走向与主导风向夹角近 70° ,风沙对铁路路基工程危害较大,若不采取合理的治理措施,将会导致风沙掩埋道床、轨枕的恶果,严重威胁铁路的正常运营及安全。只有采取合理的治理措施,才能减小其对工程的危害

性。因地制宜,充分利用当地资源及材料,以减少工程投资,是沙害治理的主导思想。以下对几种常用治理措施进行探讨和评价。

(1) 植物固沙

植物固沙是防治铁路沙害的根本措施,可以达到长久固沙的目的,在有地下水的地区通常被采用。本段沙丘虽然地下水较发育,水质较好,但因为本地区自然条件很差,木本植物很难存活,所以本段沙丘治理不宜采取植树固沙措施;虽然本地区地表草皮普遍发育,但由于本段沙丘表层为干燥状态细砂,砂质较纯净,粉、粘粒含量很少,不利于草皮生长,且大量地移植草皮有悖于环境保护,根据青藏公路的教训,在草皮被破坏的地方,25年后仍寸草不生,即本段沙丘治理不宜采用移植本地区草皮来进行固沙的措施。因此,植物固沙措施对本段沙丘治理近期不适用。

当然,如果针对青藏高原植物生长的特点进行专题研究,能研制出适合于高原气候的植物种类或草种,那么植物固沙作为最有效的固沙措施,远期治理仍不可放弃。

(2) 化学固沙

由于本段沙丘分布范围较大,风力作用强劲,对沙丘表面喷洒化学试剂或粘土泥浆,不但成本较高,而且很难达到有效的固沙目的。因此,化学固沙措施对本段沙丘治理也不宜广泛使用。

(3) 机械固沙

片石压沙是机械固沙较常用、较有效的措施。根据本段沙丘实际情况,在线路东侧山体出露的花岗片麻岩是片石的丰富来源,且其搬运距离较短,因此用片石压沙是本段沙害治理的最好措施。片石压沙措施应在线路西侧(约500 m)活动沙丘分布范围内采用,片石平铺厚度为10~20 cm。

在线路西侧500 m以外,风积沙以流动沙地为主,积砂厚度较小,下伏卵石土,因此应在该范围内挖取卵石设置带状或网状沙障,沙障埂高20~30 cm,底宽40~50 cm。

(下转第360页)

根保护桩与房屋的基础锚固在一起,见图3。

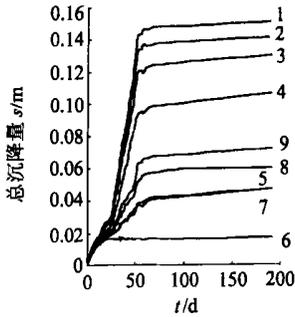


图3 2号楼各测点总沉降随时间变化曲线

由图3可以看出,停止施工后各点沉降速率迅速衰减,结果表明,总沉降最大的为1[#]点,为151.1 mm;最小的是6[#]点,为17.01 mm。施工结束后两个星期对该被纠房屋的联合验收表明:纠偏后其最大倾斜率为0.219%,最小处为0.103%,整个房屋未出现新的裂缝和破损,且原有裂缝大部分宽度减小或基本吻合。四个月后观测数据表明各点沉降速率均小于0.05 mm/d。至此整个纠偏工作完成,纠偏取得成功。

7 结论

1) 顶桩冲水与浅降水组合纠偏技术施工机具体积小、重量轻、移动方便,可在室内和场地狭小条件下施工。

2) 纠偏过程中,居民不需要搬迁,实践证明,其纠偏过程可控性好,建筑物的纠偏能保持一定的速率,沉降和倾斜度能很快趋于稳定,安全、经济、可靠,具有一定的推广价值。

3) 在方案选择时应注意到房屋整体高度下移对其使用功能所产生的一定影响。

参考文献

- 1 邱力等. 套管射水纠偏法. 住宅科技, 1995(174): 34~35
- 2 赵维炳等. 软土固结与流变. 南京: 河海大学出版社, 1996. 2~24
- 3 龚晓南. 土塑性力学. 杭州: 浙江大学出版社, 1990. 39~51
- 4 刘祖德. 桩在纠正建(构)筑物倾斜中的应用. 见: 史佩栋主编. 地下结构与岩土工程新进展. 1998. 80~86

收稿日期: 2002-08-13

(上接第314页)

通过以上的分析,对本段活动沙丘采取片石压沙与设置沙障相结合的综合固沙措施,在近期可能会达到较满意的治理效果。

6.2 路基本体的防护措施

针对本段风沙对路基本体的所产生的风蚀、风积(沙埋)及松软地基三个方面的影响,提出以下防护措施。

(1) 防风蚀措施

为了防治风沙对路堤边坡及路肩的风蚀作用,应在路堤、路肩表面铺设30 cm厚的碎石片。

(2) 防风积(沙埋)措施^[1]

用芦苇或其它材料在线路两侧适当距离(20~30 m),设置一排高立式沙障,借助于沙障本身及所形成的沙堤,以阻挡外来沙源。沙障高约2 m,将1/3埋入沙中。

(3) 松软地基处理措施

为了防止路堤基底风积沙产生震动液化现象,应铲除路堤基底风积细砂,选粗颗粒土做填料。

参考文献

- 1 铁道部第一勘测设计院. 铁路工程地质手册. 北京: 中国铁道出版社, 1999. 365

收稿日期: 2002-09-30