

机场高填方地基处理技术分析

王文辉

中铁北京局机场工程分公司 北京 100000

摘要：伴随着我国西部大开发战略的实施，西南地区机场建设进入迅速发展阶段。泸沽湖机场其跑道东北端填方高度达145m，因其高填方、高海拔与复杂气候条件等特点，使得该区域成为泸沽湖机场土石方工程施工的重点和难点。为了确保高填方体稳定性，本工程在施工过程中采取了一系列技术措施，如：软土置换、强夯、铺设土工格栅、设置坡脚反压等。本文以泸沽湖机场高填方地基处理技术为背景，进行了施工技术分析总结。撰写此文为研究此类问题只做一些铺垫工作，希望能对同类问题的研究起到一定的帮助作用。

关键词：高填方；地基处理；稳定性；有效措施

引言：云南泸沽湖机场在行政区划属云南省丽江市宁蒗县，场址位于宁蒗县永宁乡与四川省盐源县交界处。机场跑道平均标高3282.7m，属于高高原机场。飞行区由一条长3400m宽45m的跑道，一条垂直联络道以及站坪组成，规划等级为4C级，定位为国内小型旅游支线机场。机场东北端填方高差145m，仅次于六盘水月照机场，成为国内最大填方高度机场之一。该填方区（以下简称高填方区）具有顺坡填筑的特点，原地面广泛分布的第四系覆土极有可能形成高填方及地基失稳的控制面，加上地震影响，使得本机场的高填方体的稳定性问题十分突出，是本机场岩土工程问题中最重要的一个技术问题。由于受青藏高原和云贵高原气候影响，再加上场区海拔较高，施工条件极为恶劣。如何在高海拔、低气温、低气压的环境下实施该高填方填筑施工成为我单

位亟待解决的难题，也是西南地区机场建设工程中普遍面临施工难题。

1 工程概况

云南泸沽湖机场土石方工程A1标段完成的主要工程量为土石方填筑757.82万 m^3 、原地面软土置换完成47.18万 m^3 、强夯完成23.26万 m^3 、坡面防护完成2.2万 m^2 、土工格栅铺设完成25.3万 m^2 等。2015年10月12日云南泸沽湖机场正式通航，标志着泸沽湖机场各项设计、施工是科学合理的，值得其他机场借鉴。

2 地基处理技术分析

2.1 相关概念

(1) 高填方地基是指由下部包括软弱土层在内的原地基与上部由人工填筑体共同组成的特殊地质体（如图1所示）。

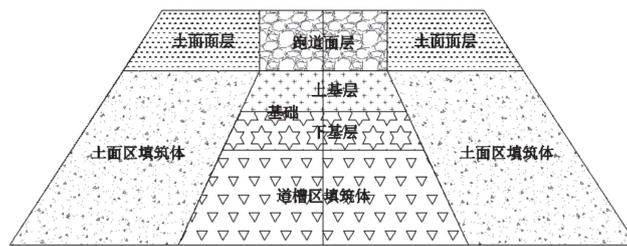


图1 高填方区地基机场横断面结构示意图

(2) 高填方地基变形是指软弱土层在内的原地基与上部由人工填筑体压缩而引起的变形。

(3) 施工期沉降是指土石方工程填筑施工期间所发生的高填方地基沉降。

(4) 工后沉降是指土石方工程完工之后的高填方地基沉降。

2.2 地基处理方法分析

2.2.1 原地面软土处理

针对场区内广泛分布的第四系土的原地面根据所属区域采取相应的措施。按照设计要求对道槽区原地面软弱土层采用强夯处理，基岩出露区则可直接进行填筑。边坡区原地面处理主要采用两种方式：对填方高度不大的边坡区，采用振动碾压即可。对填方高度较大且第四系土质较厚的区域，则采用软土置换的方式处理。高填方区为顺坡填筑，原地面坡度较陡，原地面覆土厚度由0.5m~17m不等，平均厚度6.2m，这层覆土如不清除将

削弱填筑体与天然地基间的摩擦力，严重影响地基稳定性。因此，为了消除填筑体与天然地基间的滑移面，减少填筑体工后沉降，对高填方区原地面进行软土置换。

2.2.2 填筑体强夯处理

根据试验段对填料强夯试验数据可知，夯后测得3000 kN.m能级强夯对应土基固体体积率大于83%、地基承载力大于300kPa，波速测试大于300m/s，均能达到设计要求。所以对高填方区填筑体采用3000N.m能级的强夯。

填筑厚度为4m，填筑石料为最大粒径不宜超过80cm；级配宜控制为：不均匀系数 $C_u > 5$ ，曲率系数 $C_c = 1 \sim 3$ 。经试验检测满足设计要求。施工过程中严格按照夯点布置图进行布点施工。经过3000 kN.m能级强夯后，第一点夯平均累积夯沉量为67.9cm，第二点夯平均累积夯沉量为46.6cm，每点夯击次数7~11击后最后两击平均夯沉量都小于5cm，夯沉量满足设计要求。经试验检测的固体体积率也由填筑前72.6%提高到88.3%，这就说明夯实效果明显，数据满足设计要求。

2.2.3 土工材料在高填方区的应用

土工格栅具有质量轻，整体连续性好，抗拉强度高，耐腐蚀，抗微生物侵蚀好，施工方便等优点，针对本填方区填方深度高，填筑体自重应力大的特点，为增强坡脚基地承载力，减少不均匀沉降，保证填筑体整体稳定性，在第二级与第三级马道上各铺设5层高强度双向钢塑土工格栅，纵向标称抗拉强度 $\geq 120\text{kN/m}$ ；横向标称抗拉强度 $\geq 50\text{kN/m}$ 。铺设前首先对下承层进行整平碾压，消除表面碎石，块石等坚硬凸出物，摊铺时将土工格栅拉直平顺，紧贴下承层，避免出现扭曲，褶皱，重叠。土工格栅主筋方向朝向边坡坡向方位。格栅横向进行搭接，受力方向无搭接，搭接处使用铁丝进行绑扎固定。在土工格栅纵向坡面方向采取反包措施，并与后续格栅绑扎，进一步增强格栅整体性。土工格栅上层保护层虚铺厚度控制在50cm。并采用振动碾压6遍以上，至压实度符合规范要求。

2.2.4 其他技术措施在高填方区的应用

(1) 基岩抗滑台阶设置

抗滑台阶是工程中增强填方体抗滑移稳定性的常用手段，由于本填方区坡度较为陡峻（坡度介于1:5~1:2之间），为进一步增强填方体稳定性，削弱填方体与原地面接触的滑移面，在原坡面开挖抗滑台阶（如图2）。台阶宽度根据清表后原地面坡度而定，且不小于2m。台阶顶面向内倾斜，以免造成影响高填方稳定性的薄弱接触面。在台阶面铺设碎石滤水层，避免填筑体底部出现积水。

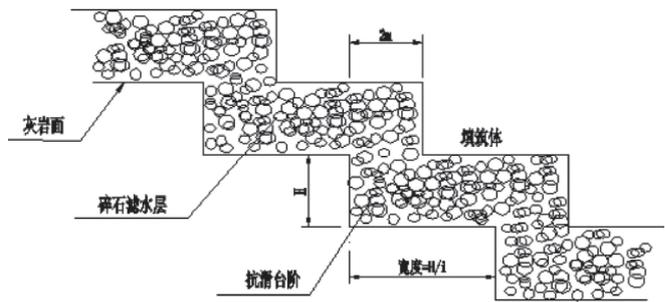


图2 第二遍强夯夯点布置图

(2) 坡脚反压平台设置

坡脚反压是一种传统的地基处理方式。在地基两侧(或一侧)填筑适当高度(一般低于极限高度)与适当宽度的反压平台(护道)，在护道荷重的作用下，形成反向力矩来平衡填方体的滑动力矩，从而保证地基的稳定性。在高填方施工中，反压平台实质上是加宽了填方体荷载分布宽度，减小水平方向的应力梯度，其作用类似于将填方坡度放缓，而反压平台比后者更为经济便捷。针对高填方区顺坡填筑的特点，设置坡脚反压平台，亦可防止坡脚处地基土被挤出，保证边坡整体稳定性。反压台填至第一级马道，坡脚接原地面较为平坦处。反压台护坡采用浆砌石满砌，并设置PVC管排水孔，用以排出填方体渗水。

3 高填方边坡护坡工程

(1) 高填方区坡脚至坡顶垂直深度达131米，边坡自上而下按照坡比1:1.8、1:2.0、1:2.2放坡至原地面，平均坡比1:2.107，坡面投影面积100750m²，实际坡面面积达111520m²，具有坡度大、面积广、深度高的特点。为有效防治降水对高边坡的冲刷作用，对高边坡坡面采用浆砌石格栅植草护坡。另由于高边坡坡脚反压平台坡度较缓，若采用格栅植草护坡，极易出现坡面积水现象，在通过现场论证后决定对反压平台采用满砌浆砌石护坡，并在坡面设置泄水孔，用以排出填方体渗水。

(2) 护坡工程是保护高填方体的第一道屏障，由于边坡高度高而且坡度较陡，护坡维修极其困难，因此保证格构砌筑质量，降低维护成本尤为关键。首先，确保格构尺寸准确性和完整性，严格控制误差在可控范围，放线过程中严防尺寸不到位，位置不准确；其次，严格控制砂浆强度，边坡防护用砂浆采用现场拌合，拌合过程严格按照试验给出的配合比进行；第三，由于场区海拔接近3300m，具有显著的高原气候特点，气温变化较大，日最大温差达25℃，因此，须对砂浆砌体结构进行必要的养护，以保证砌体强度；第四，砌筑过程严防偷工减料，防止“干砌”、“夹泥”等现象。由于本填方

区位于机场起降端，边坡砌筑属于机场门面工程，施工过程中使用GPS对格构位置进行控制，以保证格构美观性。做好原地面处理：施工时根据本区地质地貌特点对软土进行开挖换填，直至出露灰岩作为良好天然地基，软土置换彻底与否是决定整个高填方体稳定性的关键。

(3) 严格控制强夯工艺：采用强夯法对填筑体进行固结密实是高效便捷的施工方法。施工过程中必须控制好夯击次数及落距，通过现场测量控制填筑厚度并做好各项数据的记录工作，通过试验检测控制好填料的质量，以保证强夯质量达到设计要求。强夯施工完成后只有经过试验检测，合格后方可进入下一道工序的施工。

(4) 做好护坡砌筑工作：护坡砌筑是高填方的附属工程，是防止边坡受冲刷的必要措施，因此砌筑过程中应当严格控制护坡结构尺寸及砂浆配合比，保证护坡结构的强度，并按照设计要求设置沉降缝，避免出现拉裂、变形等病害；

(5) 施工过程中在坡面上预埋沉降观测点，对坡面沉降进行实时观测，监测频率为每周一次。测点的布置随施工进度进行，每两级马道设置一次位移观测点。坡面位移沉降观测数据见附表。根据每周测回的观测数据表明每周位移数据变化垂直跑道方向小于2mm，平行跑

道方向小于2mm，发展时间3~4个月，总位移量小于2cm。高数据表明沉降速率约为1mm/周，发展时间5~6个月，总沉降量小于3cm。

结语：本文以泸沽湖机场高填方地基处理技术为背景，进行了施工技术分析。在过程中规范施工、严格质量控制。通过对填筑体位移沉降进行观测，表明高填方施工过程中所采用的技术措施对保证高填方边坡稳定性均达到预期效果。各项指标均满足施工合同、设计规范要求。

参考文献

[1]MHT 5014-2022,《民用机场飞行区土石方与道面基(垫)层施工技术规范》.北京:中国民用航空局,2022.

[2]MH5001-2021,《民用机场飞行区技术标准》.北京:中国民用航空局,2021.

[3]云南泸沽湖民用机场岩土工程勘察报告[R].成都军区空军勘察设计院,2010.

[4]翟小平,六盘水月照机场西南端高填方边坡稳定性研究[D].四川:成都理工大学硕士论文,2009.5.

[5]李群善,康定机场北端高填方边坡稳定性及机场沉降变形研究[D].四川:西南交通大学硕士论文,2008.3.