

排水盲沟在高填方机场原地基处理中的应用研究

毛 浩

华设设计集团北京民航设计研究院有限公司 北京 101300

摘 要: 针对我国山区深挖高填型机场沟谷地下水易引发地基沉降、边坡失稳的工程难题,以华东某高填方机场(最大填高 54m,跑道横跨 3 条山间冲沟)为工程依托,系统阐述排水盲沟的排水机理,并开展原地基主次盲沟一体化排水系统设计。场区沿原有沟谷布设 7 条主盲沟、3 条次盲沟,明确梯形主盲沟(底宽 2m、沟深 2m)与方形次盲沟(边长 1.5m)断面、碎石填料及土工布反滤层控制指标。工程监测结果表明:盲沟系统可顺畅疏导场地孔隙水与基岩裂隙水,填筑完成经雨季沉降观测后,连续 2 个月地基沉降 <4mm/月,填方整体稳定,雨季盲沟持续出水,且无细粒土流失。研究证实地基排水盲沟可有效降低地下水对高填方的侵蚀危害,可为同类山区机场原地基排水设计提供工程参考。

关键词: 高填方机场; 沟谷地基; 地下水治理; 排水盲沟; 反滤层

引言: 我国地域辽阔,机场选址受净空、空域、地形多重条件制约,大量工程不得不采用深挖高填、削峰填谷方案。机场用地规模大,大面积填挖高填施工改变区域原有水系;山间沟谷常赋存地下水与泉眼,地下水渗流易冲刷原地基,引发边坡失稳病害。因此高填方机场建设需重点开展原地基处理,其中地基排水是核心控制环节。本文以华东地区某机场为例,分析排水盲沟在高填方机场原地基处理中的应用效果。

1 地下水排泄不畅对高填方机场的工程危害

地下水具有渗流特性,对于高填方机场尤其需要做好地下水的疏导,若对其处理不善,将会导致严重后果:

首先,土体受水长期浸泡,会使土体物理力学指标降低,导致发生附加沉降,影响机场道面功能性、结构性损害。其次,地下水一旦不能有序排出场外,会使地下水位升高,而水压力是各个方向相同的,必然寻找出路^[1]。水往低处流的特性,使其流动中带走细料,引起高边坡局部塌方,长期渗流侵蚀将诱发边坡大规模滑塌,严重的会影响飞行区的安全。

2 排水盲沟机理

排水盲沟指在路基或地基内设置的充填碎、砾石等粗粒材料并铺以倒滤层的排水、截水暗沟,为地下水提供一条阻力最小的汇集和排泄路径,从而有组织地降低地下水位或拦截地下水,地基内的水通过排水盲沟渗流排出。

2.1 盲沟沟底设在不透水层上或不透水层内,且不透

水层的横向坡度较小时,可采用地下水自然流动速度近于零的假设,按下式计算单位长度盲沟由沟壁一侧流入沟内的流量,如图 2-1 所示,当水由两侧流入盲沟内时,上述盲沟流量应乘以 2。

(1) 单位长度盲沟一侧的渗入量 $Q_s[m^3/(s \cdot m)]$:

$$Q_s = \frac{k_h(h_c^2 - h_g^2)}{2L_s}$$

h_c —含水层内地下水位的高度(m);

h_g —盲沟内水流深度(m);

k_h —含水层材料的渗透系数(m/s)。

(2) 盲沟内水流深度 h_g (与地下水位高度 h_c 和水力坡度 I_0 有关):

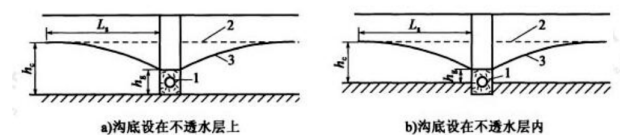
$$h_g = \frac{I_0}{2 - I_0} \times h_c$$

(3) 地下水位影响水平距离 L_s (m):

$$L_s = \frac{(h_c - h_g)}{I_0}$$

(4) 水力坡度 I_0 (基于渗透系数 k_h 的经验公式):

$$I_0 = \frac{1}{3000\sqrt{k_h}}$$



1—盲沟 2—地下水位 3—地下水降落曲线

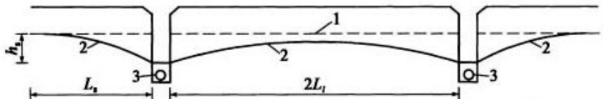
图 2-1 不透水层坡度平缓时盲沟流量计算

2.2 盲沟沟底距不透水层顶面较远时,位于含水层内的单位长度盲沟的流量 Q_s 可按下式计算确定,如图 2-2 所示:

$$Q_s = \frac{\pi h_s k_h}{2 \ln \left(\frac{2L_1}{L_1} \right)}$$

L_1 —两相邻渗沟间距之半 (m);

h_s —渗沟位置处地下水位的下降幅度 (m)。



1—原地下水位 2—降低后地下水位 3—盲沟

图 2-2 盲沟沟底距不透水层顶面较远时盲沟流量计算

2.3 不透水层的横向坡度较陡时,可按下式计算单位长度渗沟由沟壁一侧流入沟内的流量 Q_s :

$$Q_s = k_h i_h h_s$$

k_h —含水层材料的渗透系数;

i_h —横坡坡度;

h_s —盲沟位置处地下水位下降幅度;

2.4 盲沟泄水能力按下式计算:

$$Q_c = w \cdot k_m \cdot \sqrt{i_z}$$

w —渗透面积 (m^2);

i_z —水力坡度;

k_m —紊流状态时的渗流系数 (m/s)。

当已知填料粒径 d (cm) 和孔隙率 n (%) 时, k_m 按下式计算:

$$k_m = \left(20 - \frac{14}{d} \right) \cdot n \cdot \sqrt{d}$$

d —填料的平均粒径 (cm);

3 工程实例: 华东某高填方机场高填方机场盲沟排水设计方案

3.1 项目概况

机场位于浙江西南部,本期新建一条 $800 \times 30m$ 的跑道,拟建场地地形总体处于山区内部,地表起伏较大,地貌类型主要为低山丘陵区及堆积平原区两类,基岩岩性为泥岩,覆盖层以含黏性土碎石、含砾粉质黏土、素

填土等为主,机场跑道横跨 3 条山间冲沟,场内最大填方高度约 $54m^{[2]}$ 。

3.2 地质条件

3.2.1 工程地质

根据钻孔揭示,结合室内试验及原位测试,将场地工程地质单元体按地层时代、岩性、成因划分为 3 个工程地质层,4 个亚层。自上而下分述如下:

① 素填土 (Q_4^{ml})

灰黄色、褐黄色,松散~稍密。主要由生活垃圾等堆填的,硬杂质含量 20~60%。工程力学性能较差,属 I 类松土。

② 含黏性土碎石 (Q_3^{el+dl})

褐黄色,稍密。以碎石为主,粒径 20~150mm,次棱角状为主,含量 50~70%,余为粘性土充填。局部为含粘性土角砾。工程力学性能较好,属 II 类普通土。局部缺失,厚度不均匀,在沟谷地段厚度较大。

③-2 强风化泥岩 (O_{3c})

灰黄色-青灰色,中密-密实。泥质结构,层状构造。岩体破碎,岩体基本质量等级为 V 类。工程力学性能较好,属 IV 类软石。

③-3 中风化泥岩 (O_{3c})

青灰色,较硬。泥质结构,层状构造。岩芯呈碎块状或柱状,节理裂隙较发育,锤击不易碎。岩体较破碎,岩体基本质量等级为 IV 类。工程力学性能好,属 IV 类软石。

3.2.2 水文地质

工程区内赋水不均匀,水文地质条件简单,地下水类型主要为松散岩类孔隙水和基岩裂隙水两大类型。分述如下:

① 松散岩类孔隙水

该层主要分布于侵蚀剥蚀低山丘陵区表部和坡麓部位,含水介质以含黏性土碎石为主,透水性较好,主要受大气降水补给和基岩裂隙水侧向补给,水量相对较贫乏。水质类型属 $HCO_3-Cl \cdot Na$ 型,为淡水^[3]。

② 基岩裂隙水

基岩裂隙水广泛分布于下部基岩及山体中,可分为风化裂隙水、构造裂隙水。基岩裂隙水主要受大气降水补给,富水性受裂隙发育程度、风化程度、岩石性质、地形条件等影响。富水性差异大,水位及流向主要受地形地貌条件制约,由山脊向沟谷方向运动,补给地表水。

3.3 盲沟排水方案

3.3.1 场地现状地势分析

机场场区横穿 4 条沟谷，机场深挖高填完成后，区域原有排水系统将被截断，为保证高填方原地基排水顺畅，需考虑原地基排水措施。

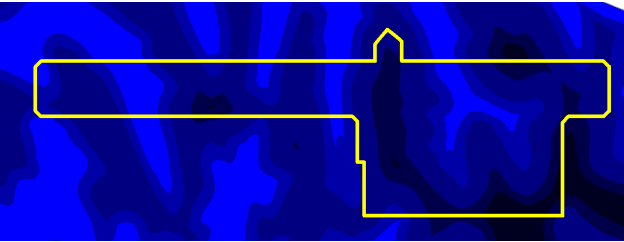


图 3-1 场区高程分析图

3.3.2 盲沟布设方案

沿现状沟谷布置盲沟，排水盲沟系统根据原有水系情况设置，结合地形具体情况，以不改变或破坏原有水系为原则，布置于原地基中。设置 7 条主盲沟，3 条次盲沟，主盲沟采用梯形截面底宽 2m，两侧坡度 1: 1，沟深 2m，次盲沟采用正方形截面，边长 1.5m。盲沟布置方案及截面尺寸如下图所示：

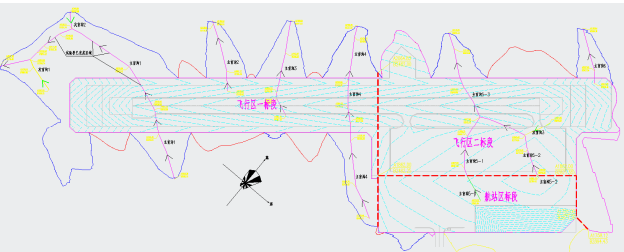


图 3-2 盲沟平面布置图

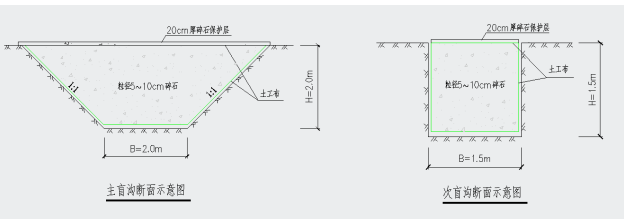


图 3-3 盲沟断面图

3.3.3 盲沟技术要求

① 盲沟采用粒径 3cm ~ 10cm 碎石充填，含泥量应不大于 5%，并用无纺土工织物包裹作为反滤层，土工织物的搭接宽度不小于 30cm。充填碎石母岩饱和单轴抗压强度不小于 30MPa，不得采用砂泥岩。土工织物规格不小于 300g/m²，抗拉强度不小于 6 kN/m，渗透系数为 5×10⁻²cm/s ~ 5×10⁻¹cm/s。为确保土工织物不受破坏，在其顶部外表面铺设一层 20cm 厚的碎石保护层，兼具反滤作用。碎石保护层采用与盲沟碎石相同材料。

② 盲沟出水口延伸至边坡以外，并与坡脚外或坡面排水沟相连接。

③ 为保护盲沟成品，盲沟包裹土工织物两侧各 3m，顶面以上一个强夯层范围内，不得采用强夯工艺施工。

3.3.4 项目实施效果

本项目排水盲沟于 2024 年 2 月整体完成施工，2024 年 12 月完成整体高填方填筑，在经历 1 个多雨季的自然 + 人工洒水辅助沉降后，连续 2 个月地基沉降速率稳定 4 mm / 月，填方沉降趋于收敛稳定^[4]。盲沟施工完成至今，排水盲沟可见明显清澈水流，表明盲沟可将原地基及填筑体中的水有效排出，同时反滤作用明显，避免了地下水对原地基的冲刷，保证了原地基的稳定性。

结论

本文对排水盲沟在高填方机场原地基排水中的应用从理论及实际应用进行了论述分析，实际应用表明在原地基中设置排水盲沟，可有效减少地下水对高填方地基的危害，保证地基稳定。对于对机场高填方工程原地基排水设计及现场施工具有一定借鉴意义。

参考文献

[1] 李同贵. 地下排水系统中大型主次盲沟设计施工处理技术 [A]. 2024 年全国土木工程施工技术交流会论文集 (下册). 2024.

[2] 冯凯, 杜继平, 韩则隆, 李春良. 高填方场地沟底排水措施研究 [A]. 吉林省电机工程学会 2022 年学术年会获奖论文集. 2022.

[3] 中国民用航空局. 民用机场高填方工程技术规范: MH/T 5035-2017[S]. 北京: 中国民航出版社, 2017.

[4] 交通运输部. 公路排水设计规范: JTG/T D33-2012[S]. 北京: 人民交通出版社, 2012.