

基于混凝土骨架护坡封闭式模板施工方法研究

王林国

中铁十二局第二工程有限公司 030032

摘要：随着我国高速铁路的快速发展及建设，铁路路基及隧道洞口边坡防护大量采用混凝土骨架施工的防护设计，混凝土骨架具有防护美观，耐久性好，排水通畅不易堵塞，后期维护成本低等特点突出，但边坡防护大多地形坡率较大，施工不便，混凝土坍落度，施工机械针对性较强，混凝土采用泵车施工坍落度太小泵送困难，坍落度太大容易溜滑；吊车施工效率又太慢，经济性太差。本方法研究是为避免上述现有技术所存在的不足之处，在成自铁路上骨架护坡防护段进行研究，提供一种铁路骨架护坡防护模板封模式施工方法，以改善现有骨架护坡施工，支撑体系耗用材料多，重复利用率低，混凝土施工效率慢等问题，引导混凝土骨架施工向自动化、精细化方向发展。

关键词：混凝土骨架；骨架施工；骨架护坡

1 研究背景

成都至自贡高速铁路是国家“八纵八横”高速铁路网京昆通道的重要组成部分，又是四川时速 350 千米的南向高铁大通道。全线最大纵坡为 20.7%。桥隧占比高，主要不良地质有煤层瓦斯与天然气瓦斯叠加、煤矿及老窑采空区、老窑积水、岩堆、危岩落石等，特殊岩土主要有膨胀土（岩）、石膏等，对后期运营易产生不利影响，所以对防护工程结构实体质量要求高。

随着铁路的安全性、耐久性、防水性要求越来越高，施工中对边仰坡防护施工质量要求越来越高，骨架防护要求连续浇筑，一次成型施工，为满足这些要求，在施工过程中在传统的施工方法基础上进行研究，发明了混凝土骨架封模技术，对铁路防护工程的质量进行了提升。

2 工法特点

发挥顶封模板和三角支撑架各自优点，工艺简单、施工方便，可形成流水作业；
安全性高、支撑体系整体稳定性好；
缩短施工工期、减少施工费用。

3 适用范围

本工法适用于高速铁路和高速公路边坡骨架防护施工。

4 工艺原理

骨架防护侧模加固施工完成后，加盖顶封模，顶封模上开振捣观察窗，混凝土浇筑至观察窗位置观察窗关闭，防止混凝土因坡率外溢浪费等问题。

5 施工工艺流程及操作要点

5.1 工艺流程

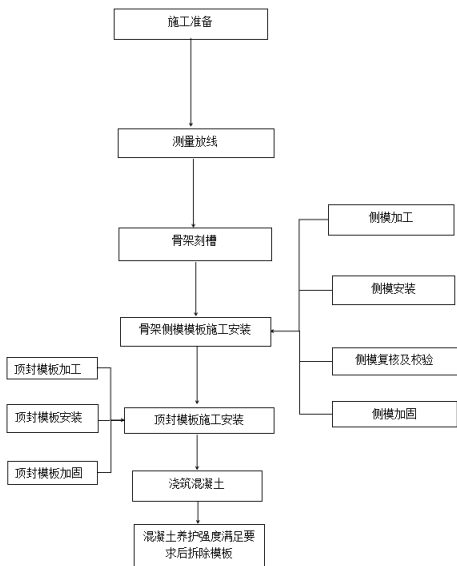


图 1 工艺流程图

5.2 操作要点

5.2.1 骨架防护侧模施工工艺：

侧模施工前放线，用白灰将侧模位置画出，顺着白灰轨迹挂线立侧模，侧模立完外侧采用 $\phi 22$ 钢筋加固，并在边角处加丝杆有效连接，保证侧模的稳定性。两个侧模之间可以加八爪筋保证骨架净尺寸，八爪筋安装位置要低于拦水缘位置并保证钢筋保护层厚度。

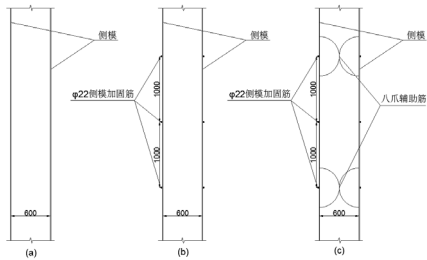


图 2 侧模施工安装步骤

5.2.2 封闭式模板施工工艺

(1)封闭式模板体系。顶封模板采用 3mm 钢板弯制成形，在两侧通过加强紧固扣和侧模有效连接，顶上预留 20*20cm 混凝土振捣观察窗，待混凝土浇筑至该位置时用 $\phi 50$ 振捣棒振捣密实以保证骨架混凝土浇筑质量。

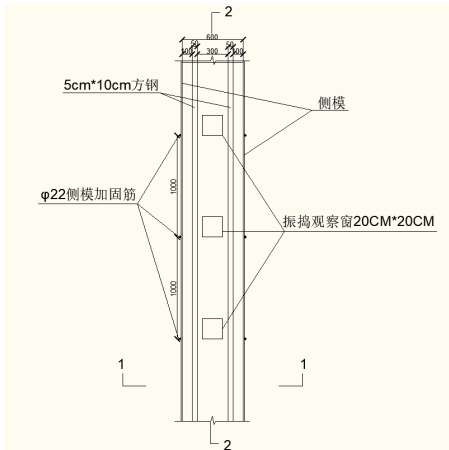


图 3 封闭式模板顶面图

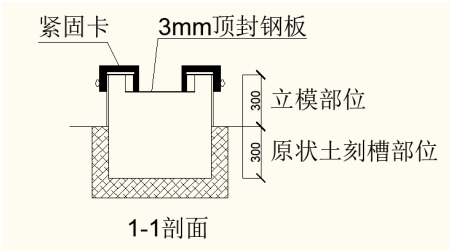


图 4

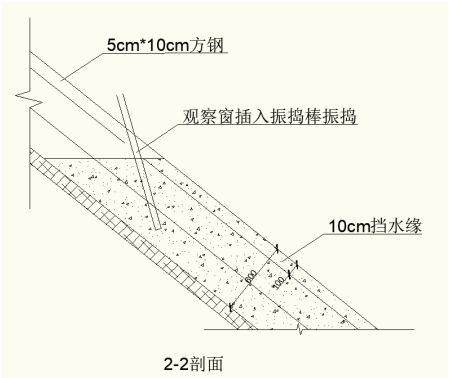


图 5

(2) 插入或附着式振捣系统。在骨架模板上设置振捣窗口及平板振捣器，采用“插入+附着”相结合的振捣方式，滑板可为现场作业人员提供作业平台，根据施工状况操控设备进行混凝土振捣、滑动、收面。可实现混凝土分层、分段、全方位振捣的功能大大提高了混凝土的实体质量，减少了防护骨架的蜂窝麻面、土体不均匀沉降导致的断裂、分层浇筑间隔时间太长结合冷缝等病害。

(3) 混凝土骨架沉降缝系统是在模板端头进行预留泡沫板，并加以固定，待混凝土浇筑完成后，进行下一循环施工时泡沫板自动留置在端头。该装置以模板端头为主体，上方预留泡沫板插槽，上方有加固装置，结构简单、设计合理、操作方便。

5.2.3 模板及支架拆除

(1) 混凝土浇筑完 24 小时后，松动顶封钢板紧固卡拆除顶封模板；(2) 吊走顶封模板，分类码放；(3) 混凝土浇筑完 48 小时后，拆除侧模板；(4) 混凝土拆模后应加强养护工作，及时涂刷养护剂或覆盖塑料薄膜及土工布洒水养护。

6 施工要求

(1) 施工前，应清刷破面浮土，填补坑凹，使坡面大致平整。

(2) 浇筑骨架前，应预先布置骨架位置，路堤按从上到下布置，最上一级骨架顶部距离路肩挡水缘按 0.5m-1.0m 布置，路堑按从下到上布置，自坡脚基础顶面开始设置主、支骨架连接节点，依次向上布置，按布置位置在每条骨架起讫点设置控制桩、挂线放样，然后人工开挖骨架沟槽，骨架嵌入坡面，应保证主支骨架埋深。边坡骨架开挖挖到土工格栅时，应将土工格栅局部位置剪断。(3) 施工时先浇筑骨架节点处，再浇筑其他部位骨架，俩骨架节点处应处在同一高程位置。(4) 施工时应自下而上浇筑骨架，骨架应与边坡密贴，骨架疏水面应平顺。踏步基础和骨架开槽底部应夯拍密实，骨架周边回填土应夯填密实，经自然沉降一段时间。骨架表面与骨架间植物防护良好衔接。(5) 骨架采用混凝土浇筑时，嵌入坡面以下部分采用土模。



图 6 成自铁路洞口仰坡施工骨架成品效果

(6) 镶边及挡水缘施工过程中应与骨架基础衔接好，不应形成激流后冲刷边坡，保证边坡稳定。(7) 施工过程中应保证外表面平整，以兼顾美观和功能实用性能。

7 质量控制

7.1 质量控制标准

本工法采用的质量控制标准是《通路（2015）4401-1》、《高速铁路路基施工质量验收标准》TB10751-2018。

(1) 骨架混凝土所用的材料的品种、规格、质量应进场检验。(2) 骨架混凝土、砂浆强度等级应符合设计要求。(3) 骨架应按设计要求嵌入坡面，骨架厚度、伸缩缝（沉降缝）的设置、缝宽于缝的封填应符合设计要求，

7.2 质量控制措施

(1) 保证模板与地面成 90 度角，并在同一条直线；(2) 涂刷模板隔离剂时，不得沾污钢筋和混凝土接槎处固；(3) 在混凝土浇筑时不可一次性在一个地方长时间放料，应分层浇筑混凝土，同时振捣要按规范实施。(4) 在和模板之前因在施工缝做防水的细部处理：按照要求刷水泥渗透结晶、打止水胶；(5) 模板缝拼接顺直，模板之间采用密封胶条做密封处理，防止模板缝漏浆。(6) 模板与混凝土的接触面应清理干净并涂刷隔离剂；(7) 架体的垂直偏差不大于 10mm。

8 安全措施

(1) 工人在边坡上施工时必须设置安全保障措施，配备防滑鞋，安全绳，安全帽。(2) 在立模期间，严禁从坡顶下溜模板，工具等。(3) 在坡脚处必须设置挡板，防止从坡顶下溜造成安全隐患。(4) 作业前设置必要排水设施。(5) 机械作业时必须有专人现场指挥，作业前确认周边及作业平台安全后才能施工。

9 效益分析

9.1 工期效益

采用本工法在保证骨架的施工质量的同时，过程中有效提高了混凝土浇筑效率，提高了机械使用率。骨架护坡采用传统施工工艺，平均每天可施工骨架混凝土 25m³，采用骨架模板封模式施工工法后平均每天可施工 100m³，可提高混凝土浇筑效率 300%，大量减小了机械费人工费用，缩短了工期。

9.2 经济效益

表 1 1000 m³骨架传统模板混凝土浇筑

序号	项目	计量	数量	合计	备注
1	浇筑混凝土人工	300元/天	10人	40天120000元	
2	25T吊车	2500元/天	1辆	40天100000元	
				共计22万元	

表 2 1000 m³骨架采用骨架模板封模法混凝土浇筑

序号	项目	计量	数量	合计	备注
1	浇筑混凝土人工	300元/天	5人	10天15000元	
2	48m天泵	35元/m³	1000方	35000元	
				共计5万元	

节约成本 22-5=17（万元）

当高边坡长路基和隧道口仰坡骨架采用封模法施工经济效益每 1000m³ 混凝土可节省成本 17 万元，在铁路和高速公路项目中可节约成本上百万，经济效益可观。

10 结束语

混凝土骨架防护施工在一定坡率的场地上施工，传统的施工方法生产要素多，效率低下，同时人员安全保障程度低，容易发生坠滑安全事故；改进后的封闭式模板施工方法效率高，占用资源少，成本低，同时实体质量容易保证，极大的提高了工程使用维护成本。隧道、路基边坡骨架防护一直是交通道路中的施工薄弱环节，国家应加强设计研究力度，引导向施工数字化、自动化、精细化等方向发展。

参考文献

[1] TB 10301-2020 铁路工程基本作业施工安全技术规程.

[2] 铁路混凝土工程施工技术规程 QCR9027-2017.

[3] TB 10751-2018 高速铁路路基工程施工质量验收标准.

[4] 陈剑侠 - 拱形骨架护坡施工技术实践分析 ,2018(14).

[5] 罗旭 - 探讨公路路基骨架护坡防护施工工艺 ,2019 (45)

[6] 王境越 - 拱形骨架护坡新轻型功能组合模架绿色高效施工技术研究及应用 ,2023 (18) .