

粉煤灰在高速铁路隧道喷射混凝土中的使用

杨文锦

甘肃铁科建设工程咨询有限公司 甘肃 兰州 730000

【摘要】粉煤灰是一种很重要的掺合料，为混凝土的施工和易性、耐久性提供有力保障，建设经济成本节约有效措施。本文对粉煤灰的在高速铁路隧道喷射混凝土中使用做了简单介绍。

【关键词】粉煤灰；高速铁路隧道；喷射混凝土

全国铁路、公路运营里程稳居世界第一。隧道工程技术已达到世界领先。初期支护在隧道施工中非常重要，进而喷射混凝土质量是非常重要的一个环节。针对隧道初支喷射混凝土中粉煤灰的使用进行交流探讨。

隧道初支喷射混凝土强度变化影响隧道围岩的变形及应力分布，早期强度高，可以尽早起到支撑围岩的作用。隧道初支喷射混凝土回弹量过大一是会增大对洞内作业人员健康的伤害。二是初支喷射混凝土回弹率过大会造成施工成本加大。

关于喷射混凝土回弹量、早期强度规范规定为：边墙回弹率 15%，拱顶回弹率 25%。喷射混凝土的 24h 强度 $\leq 10\text{MPa}$ 。

目前，某区域某隧道喷射混凝土回弹量控制情况为拱顶 13%左右，边墙 5%左右，24h 强度能达到 12MPa。28 天混凝土取芯抗压强度 35~45 MPa 且施工现场具有良好的粘合力，满足规范要求。下面我就结合某高铁的工作经验、项目工程特点，粉煤灰在隧道初支喷射混凝土中使用，具体如下：

1.原材料选取

(1) 水泥：选用 42.5 的硅酸盐水泥，并与速凝剂有较好的相容性；现场采用水泥罐分批次、分等级存放；

(2) 骨料：骨料优先选用碎石，孔隙率小，母岩强度满足要求，针片状小，级配均匀连续。

(3) 外加剂：选用对人体危害小、无碱的液体速凝剂，并与水泥有较好的相容性，初凝时间 $\leq 5\text{min}$ ，终凝时间 $\leq 10\text{min}$ 。在现场速凝剂掺量隧道拱部选择用 6%-8%，边墙用 4%，效果最好。

(4) 配合比(未添加粉煤灰)：水泥用量 458 kg/m³，砂率为 50%，水灰比为 0.4。根据所处的温度、岩壁类别、队伍水平做可及时调整。根据配合比经过现场喷射试做，喷射混凝土强度统计收集 20 组强度，都能符合设计要求。具体如下：

C25 初支初始设计强度汇总（单位 Mpa）

龄期	24h	28d
----	-----	-----

1	15.4	31.8
2	14.7	30.6
3	13.5	31.4
4	15.0	30.2
5	14.8	30.8
6	14.6	30.9
7	14.9	31.2
8	15.0	30.4
9	15.1	30.5
10	14.6	32.3
11	13.2	31.0
12	15.4	29.9
13	15.0	28.7
14	14.2	30.4
15	14.3	30.5
16	13.6	31.6
17	13.9	30.4
18	13.4	30.6
19	14.5	31.2
20	14.6	31.0

2.作业环境及施工组织影响

(1) 施工时受喷面疏松、破碎岩石影响，会吸收混凝土中水分，所以在喷射前进行岩面清理、喷水湿润，从而保证混凝土性能。

(2) 洞内温度对喷射混凝土工作性能也有很大的影响，掌子面温度过高，混凝土坍落度损失过快，严重影响混凝土工作性能、加大混凝土的回弹量。所以加强洞内通风，掌子面的体感要求达到：站在掌子面出风口清风拂面。

(3) 确保施工道路畅通、减少外部干扰、喷射混凝土及时使用。避免浸水及混入杂物。喷射混凝土坍落度控制在 160-180 mm ,在施工现场停放时间 $\leq 30\text{min}$ 。

3.施工工艺影响

(1) 隧道内作业面大、表面状态较复杂时，按照分区分段进行，先侧面后顶面、自下而上施工、喷射角

度 90 度, 使得混凝土密实且回弹率小。根据在实际施工中的不断实践, 经现场验证, 拱顶喷射距离宜保持 0.8m、边墙喷射距离 1.2-1.5m 右最佳。2) 喷射时确保表面平整、光泽湿润, 无滑落流淌现象。一次喷射混凝土厚度为 100-150mm, 不允许出现蜂窝、砂囊、背空。3) 喷射混凝土工作性能正常、混凝土在管道输送不离析、喷嘴处不跌浆、水泥浆要充分包裹砂石料。施工现场一个作业循环时间在 5-5.5 小时内完成。40 当分层喷射时, 间隔时间不超过混凝土的终凝时间。达到终凝 1h 后喷射时, 先湿润表面。喷射前做到表面清洁。收集并打碎回弹料, 防止结块、回弹料不再使用。

4.管控措施

(1) 严控材料进场: 做好进场材料验收关, 对使用的水泥、细骨料细度模数 2.6, 粗骨料 5-10mm 满足规范要求。速凝剂采用四川某建材公司掺量为 7%。控制与现场水泥的相容性及初终凝时间。粉煤灰选用优质的 II 级灰, 做好车检制度、控制玻璃珠含量, 保证粉煤灰质量合格。优化配合比后工作性能良好, 现场施工顺利, 节约时间, 时效性提高。

(2) 优化配合比 (添加粉煤灰)

现采用的水胶比 0.4, 坍落度控制 160-180mm; 采用的砂率 52%。胶凝材料用量 480kg/m³, 粉煤灰掺量 15%。

C25 初支优化设计强度汇总 (单位 Mpa)

龄期	24h	28d
1	12.4	36.8
2	12.7	38.6
3	11.5	36.4
4	12.0	35.2
5	11.8	35.8
6	12.6	45.9
7	12.9	35.2
8	13.0	36.4

9	12.1	44.5
10	12.6	35.3
11	12.2	35.0
12	11.4	36.9
13	12.0	45.7
14	13.2	41.4
15	12.3	39.5
16	12.6	42.6
17	12.9	39.4
18	13.4	41.6
19	12.5	35.2
20	12.6	39.0

通过实验及现场总体控制, 配合比前后对比, 优化后经济节约, 现场质量保证。参照市场水泥价格 550 元/吨, 粉煤灰 220 元/吨。每方喷射混凝土中

优化前水泥用量价格=0.458*550=251.9; 优化后水泥用量价格=0.408*550=224.4

优化后粉煤灰用量价格=0.072*220=15.84; 优化后价格=224.4+15.84=240.24

配合比用量差价=251.9-240.24=11.66

某地区铁路隧道长度 2000 米, 喷射混凝土用量约 40000 方, 成本节约 460000 元, 在项目管理成本控制起到很好的效果。

5.初支效果

喷射混凝土内在密实、表面平整, 外观良好。在湿喷机械手上加装“刮刀”, 喷射作业初次完成后, 用“刮刀”以钢架作为参照物修整喷射面, 喷射面修整后复喷扫平。养护采用表面洒水、养护时间均在 5d 以上。这样为下一步防水材料的铺设提供有力的保证。

6.结束语

选择合适的配合比并在施工中加强控制, 是保证结构实体安全、成本节约的有利措施。