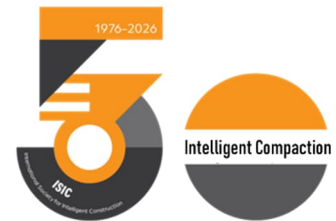


# IC-50 Articles – No. 06-02



## 解析智能压实系列之三：补充——填料、摊铺、碾压和控制的现状与改进 (2)

作者：徐光辉



(接上文)

### (3) 碾压

碾压是散体形成结构的过程，历来都是各界所关注的重点，也是大家比较熟知的部分，此处不再赘述。根据目前的发展情况，下列几点需要引起注意。

- ✧ 大部分碾压作业仍然为传统方式，但采用的振动压路机吨位越来越大，在很多情况并没有将吨位与填料和填筑厚度的关系匹配好；
- ✧ 双钢轮的同时振动，存在两个钢轮振动的相位差问题，会在前后轮的中间区域产生复杂的应力波干涉现象，不一定总是有利于提高碾压质量的，而钢轮与胶轮的组合更适用于沥青混合料的压实（双钢轮变为钢轮+胶轮，是振动与揉搓的组合）；
- ✧ 在振动压路机上装配的智能压实控制系统，大部分为 L1 级技术，以控制碾压遍数和碾压轮迹为主，对压实质量没有起到很好的促进作用，在碾压不均匀填料时，采用相同的碾压遍数会“人为”地造成压实的不均匀。

### (4) 控制

控制贯穿在施工的全过程，是保证施工质量的主要措施。同机械制造一样，实时的闭环反馈控制（概念会在后续文章中给出）不但应该出现在材料选择与生产、摊铺、碾压的每个环节中，并且应该是“材料~摊铺~碾压”一体化的控制，但目前还没有完全做到，主要还是以开环的结果控制（验收检验）为主。

**关于材料生产过程中的控制。**基层和面层材料的生产在拌合站中完成，质量控制有了一定的保证。对于材料的配合比和粒径，基本上都可以达到设计提出的要求。路基材料的生产比较粗放，大都采用就近取材的方式，基本上没有反馈控制。

**关于摊铺过程中的控制。**摊铺的重点是厚度和混合料分布的均匀性（离析问题）。基层和面层填料的摊铺已经实现了厚度和平整度等的反馈控制。离析问题通过材料设计和摊铺机的改进，得到了一定

程度的改善。路基填料的摊铺基本上没有反馈控制，包括厚度和均匀性等，粗细料的离析现象仍然存在。

**关于碾压过程中的控制。**无论是路基、基层还是面层，目前都是在碾压完毕进行的点式抽样检验（结果控制，关于控制指标，详见后续文章）。虽然部分压路机上装配了智能压实控制系统，但绝大部分属于 L1 级技术，以控制碾压遍数为主。对于直径超过 7.5cm 的颗粒材料（路基填料），即没有验收检验方法，也没有定量的过程控制方法。

以上简要地回顾了目前填筑体施工过程中几个关键环节的现状。针对现状，如何改进，是工程界应该思考的问题。虽然不能马上解决所有问题，但至少应该制定相应的对策，再逐步落实。

题外话——很多人认为填筑工程（如路基、路面）的设计和施工要比一般结构工程（如桥梁、楼房）的简单，实则不然。说是简单，那只是结构形式看起来简单，但其力学计算却比结构力学要复杂的多。直到今日，路基和路面内的应力应变仍然是算不准的，有时候误差高达 50% 以上（这已经不能叫做误差了，应该称之为错误）。此外，修建过程中的质量控制也要比结构工程难的多，不可控因素更多。

## 2. 改进措施

针对填筑工程施工阶段的现状，要充分利用现代科技手段，特别是智能建设中的各种技术，根据实际情况研究改进的措施。下面给出几个改进措施的思路，供参考。

### （1）石料生产的反馈控制

石料生产的核心是对颗粒大小和形状的控制。图 2 给出了一种石料生产过程中反馈控制的思路（详见丛书的《导论》分册）。

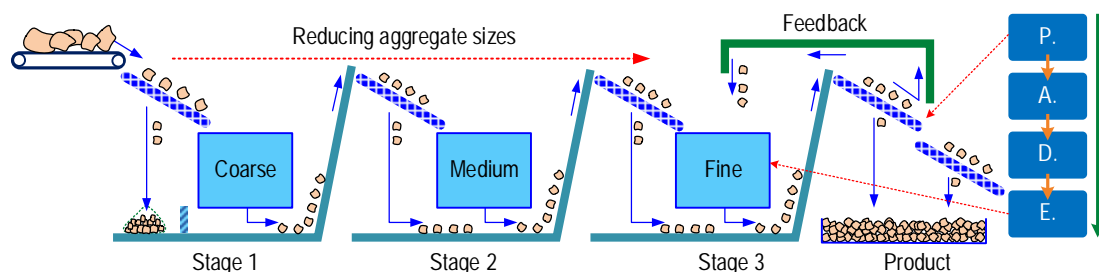


图 2 石料的大小与形状的反馈控制思路  
(引自丛书《导论》分册)

### （2）碎石土摊铺的反馈控制

对于碎石土（包括所有粗粒料），除了粗细料不均匀分布（离析）外，还普遍存在级配不合理问题。在级配没有定量要求、颗粒不做筛分的情况下，采用智能技术是一条可行的途径，如图 3 所示。其中改善级配合和分布的工作，可以考虑让施工机器人来做。

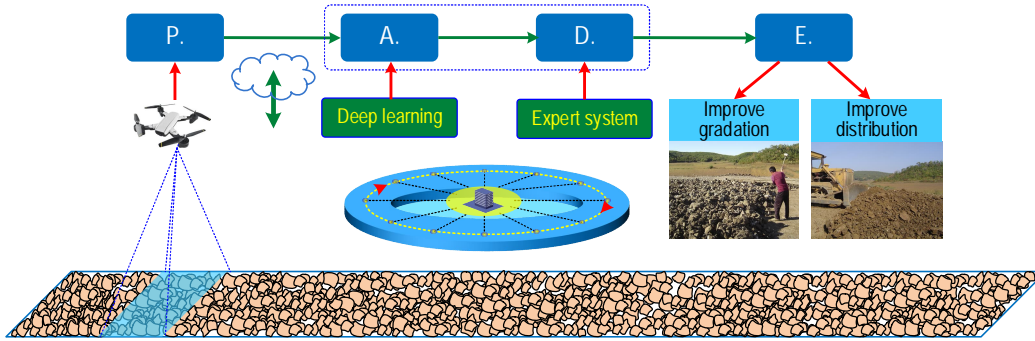


图 3 实现粗粒料智能摊铺的途径

(引自丛书《导论》分册)

关于碎石土（颗粒粒径大都超过 7.5cm）的压实质量控制，目前看来采用高级智能压实技术是一条可行的技术路线。通过对压实稳定性（刚度的变化大小）的控制，可以代替那种“碾压无轮迹”的经验方法，详见丛书的《智能压实》分册。

### （3）提高沥青混合料摊铺质量的反馈控制

对于沥青混合料，要求摊铺后的初始密度越高越好。根据我们以前的研究成果，发现摊铺机的不同工艺参数的组合对初始密度影响较大，好的工艺参数组合，可使初始密度提高 5% 以上。图 4 给出了一种采用机器学习来获取熨平板振动特征的方法，这是一种基于经验数据的智能化方案。

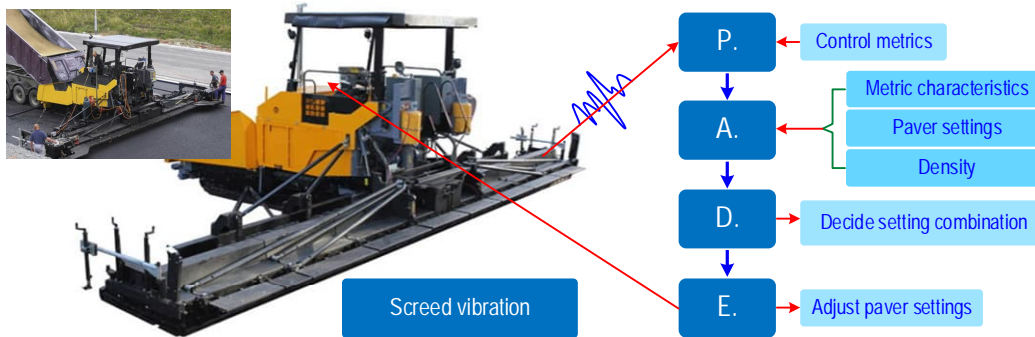


图 4 提高摊铺质量的反馈控制

(引自丛书《导论》分册)

### （4）碾压过程中的反馈控制

对于填筑工程，碾压是使散粒体变成结构体的最后一道工序，也是最重要的施工过程。鉴于目前仍然以传统点式控制为主，引入高级智能压实技术势在必行。这样才能在碾压过程中实现实时的反馈控制，获取每一点的刚度信息，用于各种分析和决策，参见图 5。

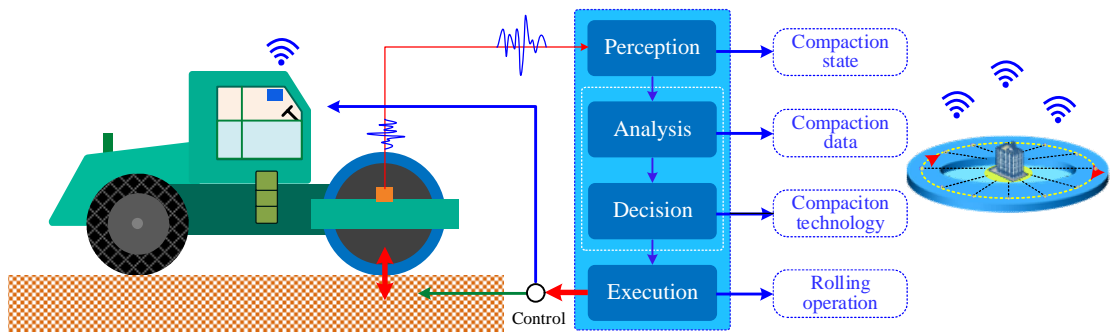


图 5 在碾压过程中采用高级智能压实技术

(引自丛书《智能压实》分册)

综上所述，针对目前的施工现状，需要制定切实可行的改进方案，无论是在材料生产阶段（完全换成更好的材料是不现实的），还是摊铺和碾压阶段，都需要加强实时的闭环反馈控制，只有这样，才能真正提高施工质量，最终走向施工自动化。

(全文完)