

IC-50 Articles – No. 01-04

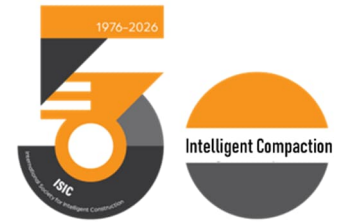
风风雨雨 50 载系列之一——智能压实发展历程

简要回顾（4）

作者：徐光辉



5) 2010's:从 2010 年起，连续监控碾压过程的技术迎来了迅猛发展期，但伴随而来的也是风雨期。这期间发生了太多的事情，利与弊并存。在名称上，连续压实控制与智能压实两种称谓混叠在一起；在学术上，传统学派（压实计学派）与力学学派（高级智能压实学派）渐行渐远；在商业上，一些压实计厂商动用种种手段，使自身的利益最大化，商场如战场的场面频频出现。



- 中国颁布了两部连续压实控制技术的行业标准。（1）铁道部颁布的中国首部连续压实控制的行业建设标准（TB 10108-2011，该标准后来成为制定相关智能压实标准的母板），该标准规定了碾压过程的控制内容应该包括压实程度控制，压实稳定性控制，压实均匀性控制；（2）交通运输部颁布的中国首部连续压实控制的行业产品标准（JT/T 1127-2017），该标准明确要求采用力学指标来连续控制压实质量。
- 从 2012 年起，中国在高速铁路建设中开展连续压实控制技术的落实工作，并带动了连续压实控制技术在公路和机场建设中的应用。
- 从 2013 年起，美国 FHWA 及 TFP 开始推广 Veta（一种管理智能压实数据的软件），以此促进智能压实等相关技术（如沥青路面摊铺过程中的温度监控等）的推广应用，提高施工质量。
- 美国 FHWA 颁布岩土填料及沥青混合料的智能压实标准（2012）。AASHTO 颁布国家智能压实标准（2014）。随后，各州交通局颁布陆续颁布了州立智能压实标准，开始了智能压实（CMV+GPS）在公路建设中的应用。
- 中国在 2015 年提出了抗力系数（刚度系数）和估算模量等的计算方法，统一了接触与弹跳两种情况，提出了将压路机的连续检测结果（模量）按照填筑厚度进行参数分层的思想与方法。

- 由中国、美国、欧盟联合发起成立了国际智能建设学会（2016，美国），并于2017年在美国召开了第一届国际智能建设会议，智能压实成为会议的一个主要议题。
- 美国 FHWA 在 2017 年颁布了智能压实分级的技术文件（FHWA-HIF-17-046）。明确了以 CMV 为代表的各种间接指标的技术为 L1 级，以模量等力学量为代表的直接指标的技术为 L3 级及以上。
- 第二届国际智能建设会议于 2019 年在中国北京召开，ISIC 执委会重新定义了智能压实的含义，提出了智能压实应该具备的四个基本特征，给出了“感知，分析，决策，执行”的具体含义。
- 以“压实计+卫星定位”为代表的技术在中国和美国得到了广泛应用，控制内容演变为以控制碾压遍数、碾压轮迹、碾压速度等施工参数为主。
- 中国在交通基础设施建设领域开启了各种智能技术的应用工作，带动了智能建设的总体发展，如材料的拌和、运输、摊铺过程中的各种监控技术，人员的智能管理，以及各种信息管理平台和信息工地等，智能压实在其中起到了“先行者”的示范作用。
- 连续检测填筑体密度的话题被再次提起，出现了两种方法。其一，以 CMV 作为输入数据，利用 ANN（人工神经网络）模型来预测密度（输出）；其二，利用可以移动的探地雷达（GPR）设备，通过“测距”原理来间接获取介电常数，再标定成密度。
- 美国联邦公路局及交通共同研究基金自 2013 年起开始推广威达（Veta）软件结合智能压实与其他智能建设技术（如摊铺机的温度扫描仪 PMTP 及沥青路面介电常数扫描仪 DPS 等等）来提高施工质量。

评语：2010~2019 这十年可谓跌宕起伏，喜忧参半。各国相关标准的制定和更新，推动了智能压实技术的普及应用，但由于 L3 技术没有被完全公开，导致以压实计原理为代表的 L1 级技术占据了绝大部分应用市场，一方面普及了在施工过程进行连续控制的理念，另一方面也重蹈了上个世纪九十年代的覆辙（当时由于 CMV 的局限性，导致很多人认为连续压实控制技术不好用），为了弥补这一缺陷，“CMV+GPS”替代方案应运而生，弱化了 CMV 的作用，强化了 GPS 的定位作用（碾压轨迹和碾压遍数及碾压速度比较容易获得）。如果从智能压实的基本特征出发，在正确感知到压实质量信息（如模量等）的前提下，应该重点控制散体碾压成结构体过程中的性能，通过对压实程度、压实稳定性和压实

均匀性的连续控制，研究散体碾压成型理论、“材料~结构~工艺”一体化设计和智能压路机等（这部分内容主要体现在“分析，决策，执行”阶段）。但遗憾的是，这一目标目前还远未达到，智能压实的任务仍然任重而道远。（未完待续）

附图：

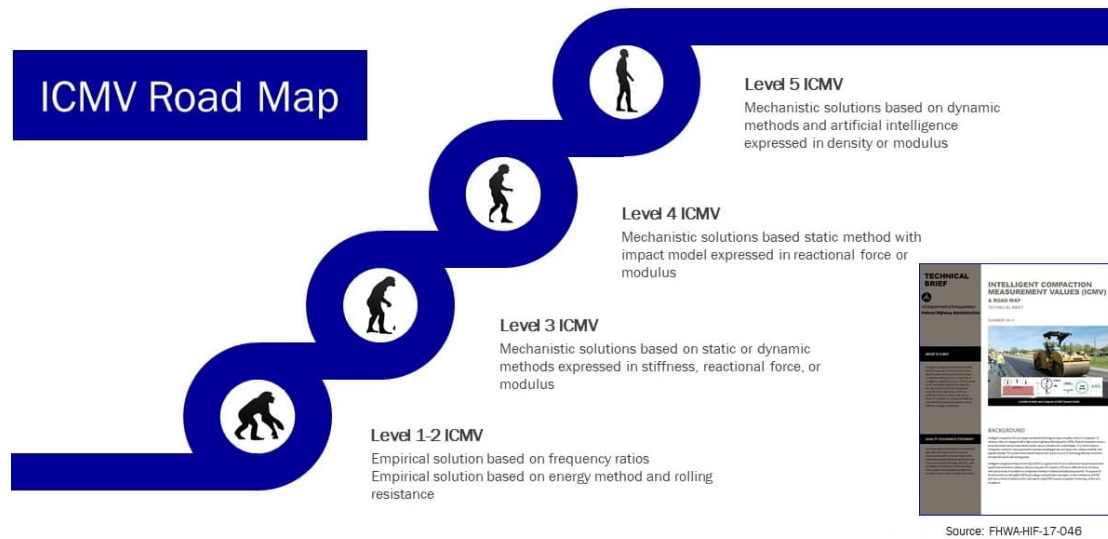


图 1 美国联邦公路局（FHWA）在 2017 年颁布了智能压实分级的技术文件。



图 2 第一届国际智能建设会议于 2017 年在美国明州召开。



图 3 第二届国际智能建设会议于 2019 年在中国北京召开。IICTG 更名为 ISIC。



图 4：第三届国际智能建造大会于 2022 年在葡萄牙吉马良斯举行。



图 5：第四届国际智能建造大会于 2024 年在美国佛罗里达州奥兰多举行。