

高速铁路施工对混凝土搅拌设备的选配要求

作者：岳首筑机 混凝土机械研究所所长 刘斌

我国的高速铁路工程是百年大计，工程质量是关键，铁道部目前围绕铁路工程的建设已经形成了一套系统的管理制度体系和技术标准体系，同时也进一步深入的提出了铁路建设施工的作业标准体系。针对这一系统的标准体系，笔者认为施工用高性能混凝土的生产质量控制，不仅与混凝土的原材料性能、配合比有关系，与生产混凝土的搅拌设备的搅拌工艺和配置情况也有着重要的关系，通过了解国内外混凝土搅拌行业的信息，并结合我公司自 2006 年以来与中铁建、中铁工、中交集团、中水集团等系统各局提供的近千套搅拌设备的配置情况分析，现针对混凝土搅拌设备组成方面的因素阐述高速铁路施工对混凝土搅拌设备的选配要求。

一、高性能混凝土搅拌设备的组成

高性能混凝土搅拌设备主要由搅拌主机、骨料配料称量系统、粉料称量系统、液体称量系统、物料输送系统、物料贮存系统、电气控制系统、附属设施等 8 大系统组成。针对有冬季施工要求的要增加加热保温系统，即对骨料进行预热，加热水进行拌和以及对水、气、添加剂管路进行保温处理；针对有炎热夏季施工要求的要增加加冰系统，对成品混凝土进行降温以达到合适的入模温度。

1. 搅拌主机

搅拌主机按其搅拌方式分为强制式搅拌主机和自落式搅拌主机。强制式搅拌机是目前国内搅拌设备使用的主流，它可以搅拌流动性、半干硬性和干硬性等多种混凝土；自落式搅拌主机主要搅拌水工型混凝土，主要适用于水利沟渠、大坝等工程部位施工。

高速铁路高性能混凝土因为掺加了粉煤灰、矿渣等作为胶凝材料，而且混凝土同时需要高流动性和高耐久性等，因此其施工则必须选用强制式搅拌主机。强制式搅拌机按结构形式分为主轴行星搅拌机、单卧轴搅拌机和双卧轴搅拌机。目前尤以双卧轴强制式搅拌机的使用率最高。

2. 骨料配料称量系统

高性能混凝土对骨料的计量要求比较严格，骨料的使用要求必须满足《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ52-2006 的要求，并且要求水洗料。并要求在满足骨料级配种类、粒径要求的同时，还应对砂料的含水率进行测定，以确定混凝土配合比中水的添加量。国家标准《GB/T10171-2005》混凝土搅拌站（楼）规定骨料称量精度要求 $\leq 2\%$ ，一般骨料计量采用粗、精计量两个计量卸料门来实现。骨料配料称量系统应当配备 3~4 个骨料仓，骨料的计量要求必须是分别计量，只有分别计量才能满足高性能混凝土的“二次投料”搅拌法。还应注意的是骨料仓的上料口宽度应满足大于我们所配装载机的上料宽度，以免造成上料时骨料攒仓。

3. 粉料称量系统

高性能混凝土搅拌设备为满足各种标号混凝土的生产，一般配备 5~7 个粉料储存罐，分别储存不同标号的水泥、粉煤灰和矿粉，粉料一般通过螺旋输送机输送到粉料秤，各粉料秤采用分别计量的计量方式，粉料称量精度要求 $\leq 1\%$ 。粉料储存罐的容积选择一般选配 100 吨或 150 吨仓，因这两种仓可以满足整体长距离运输的要求，方便以后工地转场。有些有特殊要求的混凝土搅拌设备需要配置粉态添加剂计量系统，一般是通过配有变频器的物料旋转阀控制其计量精度。

4. 液体称量系统

液体称量系统分为水称量系统和液态添加剂称量系统，一套设备一般要配置一套水称量系统和两套液态添加剂称量系统；也可以配置一套水称量系统和一套液态添加剂称量系统，但必须配置两套添加剂储罐和管路系统以满足高性能混凝土对添加剂种类的要求。国家标准

《GB/T10171-2005》混凝土搅拌站(楼)规定添加剂称量精度要求 $\leq 1\%$ ，采用粗精计量装置后，有些设备能够将添加剂的称量精度控制在 $\leq 0.5\%$ 以内，最大限度地改善了预拌混凝土的性能。

5. 物料输送系统

物料的输送由三个部分组成：骨料输送、粉料输送和液体输送。骨料输送：目前搅拌设备输送有料斗输送和皮带输送两种方式，皮带输送按照传动带种类又细分为平皮带、人字纹皮带、裙边挡边带等。料斗提升的特点是占地面积小、结构简单，但维修费用高，可靠性稍差。皮带输送的特点是输送距离大、效率高，不易受气候的影响，维修费用低，但占地面积大。皮带输送主要适用于有骨料暂存仓的搅拌设备，从而提高搅

拌设备的生产率。粉料输送：混凝土可用的粉料主要是水泥、粉煤灰和矿粉，目前普遍采用的粉料输送方式是螺旋输送机输送。螺旋输送的优点是结构简单、成本低、使用可靠。液体输送：主要指水和液体添加剂，它们是分别由水泵输送的。在输送系统的选择上，应考虑输送过程中不受到外界因素的影响，尤其是天气的影响。因此，在高性能混凝土施工中，对搅拌站输送系统的选择应选择密闭、遮盖、能加温和保温的输送系统。

6. 物料贮存系统

混凝土可用的物料贮存方式基本相同。骨料在骨料场盖蓬存放，经配送系统（装载机）到骨料仓；粉料用配有除尘器和压力安全阀门的钢结构筒仓贮存，筒仓要求设置料位指示；外加剂用钢结构容器贮存。

7. 电气控制系统

电气控制系统是整套设备的中枢神经，利用计算机控制称量、贮存、搅拌、输送系统，让整个搅拌站各系统协调、有序的运转，从而保证施工生产计划的顺利执行。为保证混凝土的搅拌质量，高性能混凝土的拌制工艺必须采用“二次投料法”的方式进行搅拌。为提高设备控制的可靠性，大部分搅拌设备厂家设计了集中式双微机控制方式，这种控制方式具有极高的可靠性、安全性和稳定性。集中式双微机控制系统可同时也可单独完成对整个生产流程的控制和管理，当一台计算机出现故障时，可以由另一台计算机承担控制任务，从而在不需要人工干预的情况下，自动保证生产能持续进行，可将因计算机故障导致的停机率降到最低。同时为了便于资料的收集与备份，控制系统必须配置必要的打印设备，

对于每一次施工的数据进行记录打印、存档。随着智能化程度的不断提高，有的控制系统还增加了网络在线查询以及坍落度、含水率、物料温度的在线监测功能和对混凝土搅拌罐车的 GPS 定位功能。

8. 附属设施

混凝土搅拌设备附属设施主要包括：空气压缩系统、保温外包装、污水处理系统、混凝土沙石回收系统等。空气压缩系统主要是为称量系统、搅拌系统、粉料仓破拱及除尘等提供洁净的压缩空气。根据环保方面的要求，设备必须配置外包装装饰，清洗搅拌机和搅拌罐车等产生污水必须经过处理达标后才能排放或重新利用，否则将对环境造成污染。一般情况污水采用设置三级沉淀池进行处理；粗骨料多采用碎石，其中的石粉含量较重，对高性能混凝土影响较大，因此在使用前必须经过清洗，将石粉清洗干净后方可使用；同样，细骨料中含有 5mm 以上的卵石，必须筛除后使用，否则将对混凝土强度等产生影响。

二、 高性能混凝土搅拌设备的选配

混凝土搅拌设备的选配应主要从生产规模、施工的环境和条件、设备技术性能、供应商的资质、性能价格比等方面综合考虑。

1. 生产规模

混凝土搅拌设备生产规模，应充分考虑单体混凝土施工任务量、混凝土施工进度要求（即工期要求、节奏要求）以及混凝土的运输形式和运输能力。一般情况下主要用施工混凝土的任务量及其工期两项参数来选择搅拌设备的规格。假如混凝土总任务量为 Q ；混凝土浇注天数为 T ；每

天工作小时数为 H ；利用系数为 K ，则应选用搅拌站的规格 $X = Q/T \times H \times K$ ，其中 K 为 $0.7-0.9$ 。在选用中还要考虑成品混凝土的运输状况。如：是直接泵送还是车辆输送。配套输送车辆的容积和数量也是确定搅拌设备型号的重要依据。

针对高性能混凝土拌合设备的产量，为了达到提高水泥砂浆与砂子界面粘结强度的目的，混凝土拌制采用“二次投料法”的拌制工艺，每盘混凝土的搅拌时间规定不小于 2min ，这是与普通商品混凝土拌制工艺不同的，产量也有所区别。

设备如果使用在高速铁路制梁场，因每孔 32 米箱梁所需的 340 立方混凝土必须在 6 个小时内浇筑完毕，也就是说，混凝土拌合站每小时必须生产 60 立方以上的混凝土。

为了提高混凝土搅拌与浇筑效率，所有梁场的搅拌机组总出料容积都要求在 4 立方以上，有的梁场为了在整个施工任务完成后转入地方商品混凝土行业，特意配置了 2×3 立方搅拌机组，有的则配置了 2×2 立方机组，还有的梁场出于方便搅拌机组拆装转场的考虑，同时为了降低搅拌机组临时出现故障对生产的影响程度，特意配置了 6×1 立方的机组。

2. 施工的环境和条件

混凝土搅拌设备的选择必须还要考虑场地的情况，根据场地的情况，选用站式还是楼式、料斗提升还是皮带提升，同时也要根据生产时的经济性考虑骨料配料系统的上料高度问题。料场及贮料仓的选择和布置，根据单体混凝土的用量、施工进度要求、物料种类以及必要检测时间。一

般情况下水泥等胶凝材料选择大于 3 天的用量配置贮料仓；而骨料则根据当地的供应情况及施工气候环境情况，确定料场的大小，一般考虑贮存备料 10 天左右。

3. 设备技术性能

混凝土搅拌设备的技术性能应从先进性、可靠性、通用型等方面考虑，设备应当具有先进优化的工作流程和原理，自动化程度高，管理功能强大及环保性能好的优点；设备应配置优良，控制方式可靠，适应性强及可维修性高；另外还要考虑搅拌质量好，称量精度高，生产效率高，能源消耗低，标准件使用量大，耐磨件使用寿命长以及可以互换性好等因素。

4. 供应商的资质

在供应商的资质方面主要考虑技术指导与培训是否到位，安装调试是否严格，售后服务响应是否及时到位，备品备件的供应是否充足等因素。

5. 性能价格比

全面追求设备的技术配置和性能是不明智的，会增加无谓的投资，但只追求低投资而降低设备的技术配置和性能会带来使用成本的增加，这两种做法都是不可取的，目前国产的混凝土机械在国内市场上已经是绝对的主角，国内一些设备生产厂家在国际市场上也占有了一定的地位，特别是一些关键零部件普遍采用进口品牌，技术水平与国际先进差不了多少；虽然综合性能还比不上进口设备，但主要工作性能并不比进口设备

差多少，但设备价格却低很多。比较合理的做法是选择具有合理性能价格比的产品。

总之，选择一套好的高性能混凝土搅拌设备，应在了解混凝土搅拌设备组成的同时还需要综合考虑各方面的因素。