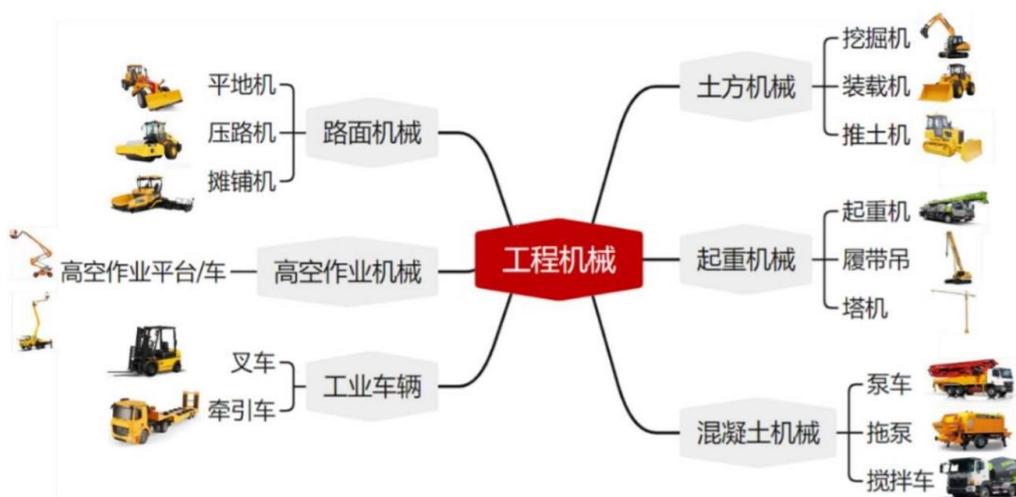


工程机械行业及称重传感应用分析报告（市场部 7 月）

一、工程机械行业概况：

工程机械广义上涵盖挖掘机、装载机、推土机、平地机、汽车起重机、履带起重机、随车起重机、工业车辆、压路机、摊铺机、升降工作平台、高空作业车。从产品结构来看，挖掘机、装载机、起重机、压路机四个常用工程机械设备占据了我国工程机械市场上绝大部分的份额，其中挖掘机在工程机械设备中占据绝对市场地位。



■ 行业近年基本情况：

随着国内疫情得到有效控制以及国家宏观调控力度加码，下游基建及房地产行业补偿性需求快速释放，2020 年和 2021 年上半年工程机械产品销量实现大幅增长，国产品牌综合竞争力逐步提升，对进口品牌的替代效应愈发明显；但 2021 年下半年以来，主要产品销量明显回落。

基础设施建设投资力度的加强仍将是未来支撑工程机械行业需求的重要因素；受政策影响，房地产投资增速短期内或面临持续下行压力，对工程机械需求的提振作用不足；本轮更新换代高峰已接近尾声，环保政策升级对设备增量需求较为有限。

2020 年我国挖掘机销量 32.76 万台，同比增长 39.00%，凸显需求强劲；2021 年 1~6 月挖掘机累计销量 22.38 万台，同比增长 31.34%，销量再创同期历史新高，但下半年以来销售情况出现明显下滑。

装载机方面，由于技术含量及门槛相对较低，产品竞争压力大，加之近年来挖掘机对装载机的替代作用逐渐加强，装载机销量增长面临一定阻力，2020 年我国装载机销量 13.12 万台，同比增长 6.12%，增速较为缓慢；2021 年 1~6 月，受新冠疫情后工程建设需求带动，装载机销量 7.83 万台，同比增长 24.20%，增速有所提升。

其他产品方面，2020 年我国汽车起重机和压路机销量分别为 5.42 万台和 1.95 万台，同比增速分别为 26.10%和 14.73%；2021 年上半年上述产品销量分别为 3.76 万台和 1.24 万台，分别同比增长 28.27%和 19.05%。由此来看，2021 年上半年工程机械行业延续高景气度，各细分行业保持良好发展趋势。

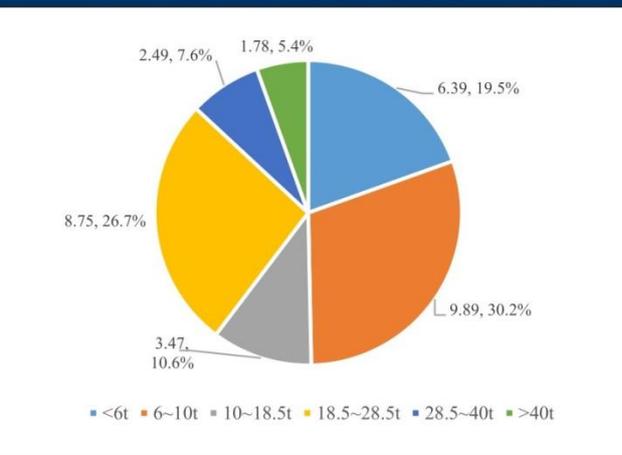
根据英国 KHL 集团发布的最新全球工程机械制造商 50 强排行榜（Yellow Table 2021），中国有徐工集团、三一重工、中联重科、柳工、龙工控股、山推股份、山河智能、福田雷沃、浙江鼎力和厦工股份共计 10 家企业入榜。

图 1：主要工程机械产品销量及增速变动情况(万台、%)



资料来源：中国工程机械工业协会，中诚信国际整理

图 2：2020 年挖掘机产品分吨位销量及占比 (万台)



资料来源：中国工程机械工业协会，中诚信国际整理

公司名称	公司简称	主要产品
徐州工程机械集团有限公司	徐工集团	起重机械、挖掘机械、混凝土机械、铲运机械、压实机械、路面机械、消防机械、环卫机械、专供机械等
三一重工股份有限公司	三一重工 600031.SH	混凝土机械、挖掘机械、起重机械、桩工机械、路面机械
中联重科股份有限公司	中联重科 000157.SZ	混凝土机械、起重机械、农业机械等
广西柳工机械股份有限公司	柳工 000528.SZ	土石方机械等
安徽合力股份有限公司	安徽合力 600761.SH	叉车等
山河智能装备股份有限公司	山河智能 002097.SZ	地下工程机械、挖掘机及其他工程机械
山推工程机械股份有限公司	山推股份 000680.SZ	建筑工程机械、矿山机械、农田基本建设机械、收获机械
杭叉集团股份有限公司	杭叉集团 603298.SH	叉车等

二、工程机械中的称重需求：

- 起重机械对称重传感需求：因之前国内销售部有过对该行业的需求市场调研，本报告中不再对此分析。
- 登高车、高空作业平台的称重需求：（有需求）



目前市场使用应变称重方式和油压力传送方式，两者在安全系数和功能上还是比较接近；在高空作业平台上使用的传感器有：支腿压力传感器能检测放置地面后所受压力，当高空作业平台在斜坡上时，需要用双轴传感器来测试是否能安全作业，当臂式高空作业平台在升起过程中，臂架的角度是否保证平台不失重需要双长度/角度传感器来检测，以及吊篮是否超重需要的称重传感器，吊篮在作业过程中测试吊篮倾斜度的水平传感器。传感器检测系统主要被用来检测高空作业平台作业对象，具体介绍高空作业平台车上使用的传感器：

传感器检测系统主要被用来检测高空作业平台作业对象、作业环境的状态,为有效地控制平台的动作提供约束条件。传感器按输出信号分为开关型、模拟型,在本设计中,设置的传感器大多数属于模拟型,只有防碰撞传感器属于开关型。

(1) 支腿压力传感器

压力传感器的作用是检测支腿放置地面后所受压力。压力传感器需结构紧凑,能够用于恶劣的液压环境中,集成双缓冲避震器对流体气穴现象及压力冲击起到相当好的保护作用,外置溢流槽使传感器具备优越的防震性、稳定性及完美的耐用性。同时,高电磁干扰保护,使压力传感器可以满足各种恶劣环境的应用需求。

(2) 双轴倾角传感器

双轴倾角传感器安装在底盘上,用来检测底盘的倾斜状态。

(3) 双长度/角度传感器

双长度/角度传感器安装在大臂上,用来检测大臂幅度和角度的变化范围。该传感器主要由装有弹簧的拉线轴和上面缠绕的、用来测量长度的拉线组成,拉线的一端固定在吊臂的顶端。工作臂伸出时,拉线被拉出。通过电位计装置测量吊臂长度;内部角度传感器用来检测工作臂的绝对角度,角度的测量精度为 $\pm 0.5^\circ$,长度的测量精度达到 $\pm 0.1^\circ$ 。

(4) 吊篮称重传感器

吊篮称重传感器安装在吊篮的底部,用来检测吊篮是否超载。

(下述为之前对湖南星邦智能调研结果)

公司销量较大的剪叉式登高平台目前全部使用油压力变送器方式,仅听说业内进口品牌吉尔吉有使用应变式称重传感器,单作业平台四角共装 4 支(此说法和从中联登高制造方获得的信息吻合,中联目前全部使用油压力变送器模式,应变传感模式尚在初步研发阶段)

公司销量较小的悬臂式登高车使用应变式称重传感器方法,每台车使用 1 支,测量作业平台的人员重量荷载称重使用。

地式移动车、蜘蛛车的角度传感器使用较多,为满足测地面平衡角度的找平需求,一般一台车 4 支。原称重需求的销轴式传感器方案不太成熟,目前已使用压扁式,单车用 1 个,德国进口品牌 TELESIS,通过 TUV 安全体系。

结论:目前星邦公司及其它剪叉式登高车,市场上大都还是都选择价格成本较低的油压力变送器方式,仅有进口吉尔吉品牌在使用应变式传感方式;悬臂式高空车采用应变式传感,但总体产销量又比较少;总体上有成本价格因素,也有传统方案成熟度的因素。

■ 装载机(含挖掘机、叉车)的称重需求:(静态叉车有需求,动态应变式目前不成熟,难推广)



根据装载机的作业特点，信号采集部分一般有称重传感器、压力（油压）传感器、压力（油压）变送器三种，需要强调一点的是传感器防过载、抗震动、绝缘性、抗干扰等性能要比较好；根据工作状态，可分为动态称重和静态称重两种。

A> 称重传感器：一般是用传感器代替销轴使用同时达到称量的目的。该方案对传感器的结构设计和安装尺寸精度要求较高，所以在实际作业中经常会出现精度低、安装更换不方便等不良现象，甚至会出现安全事故，所以没有得到推广使用。

B> B> 压力（油压）传感器：通过液体压力转换为装载斗的重量来完成称重作业，它改装方便快捷，设备的测量精度相对使用称重传感器大大提高，安全性能得到了保证。

C> C>压力（油压）变送器：传感器输出的是 mV 信号，而小信号在传输和处理的时候容易受到干扰，折算出来的重量容易引起误差，对显示部分的要求比较高，在对称重精度要求比较高的系统中使用比较困难。变送器很好的解决了这些问题，它抗干扰能力强、输出信号大（一般为 4~20mA 或者 0-10VDC、0-5VDC），这样对信号处理部分和显示部分要求大大降低，称重系统的准确度也相应增强。

动态称重系统：对车站、港口等大型单位的装载计量，应选择动态称重系统，以满足快速、连续计量与大量数据管理的需求。动态计量称重设备主要包括：压力传感器（2 只）+动态控制仪表（带打印功能）+安装附件。

动态计量称重设备的主要功能特点：

- 1)、累计装载，重量设定、显示和超重报警功能；
- 2)、单斗重量称重和累计、显示功能；
- 3)、货车车型选择或输入功能，货车车号录入功能；
- 4)、操作者、装载机编号和装车站代号输入功能；
- 5)、作业时间(年,月,日,时,分)记录功能；
- 6)、作业基本数据存储、打印与查询功能；
- 7)、采用动态采样和模糊算法,实现动态标定和动态称量,无须停斗,举升过程中自动称重；
- 8)、使用装载机电源供电。
- 9)、采用双液压传感器及高精度 A/D 转换器，精度更高。
- 10)、可设置自动置零或手动置零。

静态称重系统：常用于对现有装载机或铲车的改装，由于现场没有适当的称量设备，而用户又需要进行计量以进行贸易结算时，鉴于用户对改装成本的需求，通常会选用静态计量方式。静态计量称重设备组成：压力传感器（1 个或 2 个，视精度要求而定）+普通称重显示仪表（必要时可选配打印机）+安装附件（引压管或过程接口等）。

静态称量的一般特点：

- 1)、每次称量时，称重斗的位置要求一致，以保证称量的准确性，从而影响了称重效率；
- 2)、设备功能较少，许多工作需要手工协助完成，如记录、计算等；
- 3)、适用于短期作业场所，不需要大量的数据处理；
- 4)、成本低，对一些个体经营单位或小单位比较适合；
- 5)、涉及的参数少，安装调试比较方便。

● 挖掘机（目前动态应变式不成熟，难推广）

挖掘机称重是一种全自动动态称重衡器设备，适用于挖掘机（包括铲车）自动称重计量、超载保护、工作量管理等。可称量煤或焦炭、有色矿、土方、花岗或大理石、砂子、碎石砖、工业及民用垃圾、挖掘材料及建筑添加料等应用场所：矿山、车站、港口、码头、工厂、货场等轮式装载机。

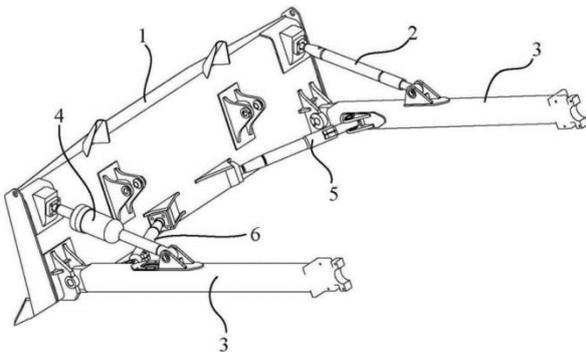
挖掘机称重系统是在底盘的前方铰装由动臂、连杆机构和装载斗组成的工作装置，在行进中铲装、运送、卸载和平整作业的自走式土方机械；系统一般分为两个部份，信号采集部分(油压传感器，位置传感器，温度传感器)和信号处理及显示部分（称重显示仪表）。信号采集部分一般通过传感器或者变送器实现，信号采集的准确程度对挖掘机的称量的准确度至关重要。挖掘机称重系统内置两个压力传感器，用来测定装载机液压系统的压力变化，当动力臂举升到一定位置时，系统对压力数据进行采集，对称重结果进行计算，从而在称重仪表上显示。其工作原理是大致分为信号采集部分和信号处理转换及显示部分，信号采集的准确程度对挖掘机称重的计量精确度产生至关重要的影响。

在矿山行业，虽然大多企业都安装了固定的地磅，可以保证车辆出厂不会超载，但是在实际操作过程中非常耗时耗力，往往装车点和地磅之间会有一段距离，当装车超载或者少装很多的时候，车辆必须回到装车点再次装车，如果车辆较多的话，这个过程少则半小时多则半天时间，严重影响了企业矿产运输效率。使用电子地磅进行货物称重时，通常需要把货物装到车上，然后再进行称重，然后再把货物卸掉，这样的称重方式虽然精确度很高，但是操作过程繁琐，耗时耗力，而且电子地磅作弊方式很多，让人防不胜防。使用铲车挖掘机称重系统的话，货物在装卸过程中就能够准确的称量出其重量，不仅操作简单，而且节省了时间与人力，能够有效的提高企业的工作效率。



湖北博进电子的挖掘机称重系统

- 叉车（有需求，请参考力普叉车称方面的具体情况，本报告不再做表述）
- 压路机设备称重需求：（目前暂无适用需求）
- 推土机对称重需求：（目前动态应变式不成熟，难推广）



推土机属于土石方作业工程机械，工作环境恶劣，工作过程中受力复杂，推杆作为主要部件，在复杂多变的外载荷作用下，容易产生疲劳破坏；因此分析计算推杆在不同工况、不同部位的应力分布，是推土机工作装置设计所必需的。

推土机前工作装置由推土板、推杆、斜支撑、水平支撑、倾斜油缸、提升油缸等组成，用以完成铲运和推运任务，前工作装置属于空间机构，特别是 K2 型结构前工作装置，属于过约束机构，需要靠运动副中间隙和杆件的变形来实现侧倾运动，理论求解困难，需要进行试验测量获取推杆应力分布状况。目前传统的推杆应力测试方法，在推杆表面直接使用应变片测量结构应力。但是此方法所需应变片数量较多，同时由于推杆工作环境恶劣，有时推杆在工作介质中工作且磨损严重，所测位置无法使用应变片，或应变片极易容易损坏，无法进行应力测试。

根据山推股份的方案，推土机推杆应力测量方法具体步骤：

- 一、采用压力传感器及应变片，采集所测量工况下倾斜油缸压力值、斜支撑应变值和水平支撑应变值；
- 二、对步骤一采集的数据进行处理，获取倾斜油缸、斜支撑、水平支撑载荷值；
- 三、根据步骤二各个载荷值，通过力平衡计算获得推杆耳轴处载荷大小；
- 四、利用有限元法，将推杆模型导入有限元分析软件，倾斜油缸、斜支撑、水平支撑简化为二力杆约束，耳轴处施加步骤三该处的载荷大小；
- 五、进行分析计算，同时通过约束反力与步骤二载荷值进行对比修正，得到推杆应力分布状况。

国产登高车、叉车主要品牌企业：

（国内销售部已有调研，不复述）

国产挖掘机主要品牌企业：

三一重工、徐工机械、山东临工、柳工机械、山河智能、山推股份、中联重科、厦工股份、玉柴挖机、山东龙工挖掘机、晋工挖掘机、泉州劲力工程机械、山重建机、广西开元、福田雷沃、力士德挖掘机、秦工国际、湖南小钢建机、山东力德重工机械、福州福远机械、内蒙北方重型汽车股份、安徽合矿股份、滨州金毅设备

- 结论：**
- 1、常规工程机械设备行业的大部分情况和三部厨余垃圾车、以及登高车传感器调研的结果类同。
 - 2、在目前使用汽、柴油动力系统的市场下，称重测力系统主要采用的还是成本较低的油压力传感方式，特别是动态称重方面的需求，这个和工程机械工况复杂，对防水、防冲击、抗腐蚀、疲劳高强度操作等较高要求有很大的关系；
 - 3、建议在工况环境较好的小型新能源电动式工程机械领域，逐步寻找突破口，最根本的是在能够整体应用方案上解决，如算法、车规级改造、结构抗疲劳度等。