

尊敬的欧特克客户大会主办方、各位专家、女士们、先生们：  
大家好！

首先作为一名冶金人，很荣幸受邀来到这个会场，跟大家分享中钢设备公司，中宏联公司，利用欧特克的产品在研发带式焙烧机的整个过程。我们聚焦的就是数字化的交付和智慧运营方面的一些心得体会和思考。我现在任职于中钢设备公司，任矿物加工部部长，矿物加工部主要的业务就是做钢铁冶金里的一种产品，就是球团。北京中宏联工程技术公司是一家独立的法人公司，主要是为中钢设备公司总承包提供技术支持。

我个人主要是在做钢铁冶炼项目的 EPC 总承包，还有建设的全部运营管理，在基础实验研究方面主要做一些原料的选择，我们今天所提到的带式焙烧机是从 2008 年开始进行研发，2017 年该产品得到了国家鉴定，并且取得了很好的成果，专家给予肯定达到了国际的先进水平，具有很重要的推广价值。

我跟大家分享和交流的题目就是数字化工厂的交付，智慧运营，通过球团带式焙烧机数字生态助力了我们钢铁未来的发展。

本次分享主要交流三个部分，一是简单介绍一下中钢设备公司和中宏联，再就是数字化工厂的交付，第三个部分是数字化工厂智慧运营的情况。中钢设备公司是一家央企，是中钢国际的全资子公司，中钢国际是一家在深圳主板上市的一家公司，它的一个主营业务就是为钢铁冶金企业进行服务，现在发展到市政工程、节能环保、安全防护、低碳冶金这些高新技术领域，它是一家在国际上很有名的一家工程技术公司，代表了中国当今核心制造实力，它的一些产品与欧美企业同台竞争取得了很好的成绩。

研究这个带式焙烧机的工艺技术和核心装备，也是一次很偶然的机会，是国外的公司所建设的一个项目而要求我们真的必须这么做的。在这种情况下的话，我们完成了整个 EPC 项目和 EPC 项目的管理，积累了一整套完善的运营技术和管理体系，并且把这个体系成功在国内外实现落地。

中钢设备公司是一家以国际工程总承包为主营业务的公司，ENR 排名从 2017 年到 2020 年的排名基本上在 105 位到 140 多位。中钢设备

公司也是最早走出去的一家工程技术公司，一路走来，可以说中国钢铁企业所拥有的先进技术，包括烧结球团交换，轧钢的先进工艺都是中钢设备公司带到世界各地的。

那么在国内来说，我们已完工工程有 500 多个项目，在国外的话大大小小各个项目有 150 多个。总部设在北京，业务遍及全球 40 多个国家，旗下有近 30 多个分子公司、投资公司，还有一些海外机构，下面这张图可以看到这些地点就是它所涉及到的各个地方各个区域。

北京中宏联技术有限公司，它的主要业务就是工业设计、智能制造、智慧运营和为客户提供全生命周期的技术服务。那么从这个里头看出它的主营业务是聚焦在数字化的产品研发和制造方面，基于此，我们与欧特克公司进行了结盟，重点对我们的技术领域进行研发升级和创新。

中宏联公司是由中钢设备公司，江苏宏大、浙江联能共同组建的，中钢设备公司是一家以 EPC 总承包为主业的公司，它有自己的技术管理的体系，而江苏宏大是一家冶金装备制造企业，在球团行业来讲，它的设备市场占有率达到 80~90%，行业认可度高。

浙江联能是一家智能三电产品制造企业，而三家强强联合在一起的主要目的就是提供全生命周期服务的时候凸显产品价值链的延伸，这样三家合资成立的高新技术企业，就是为高端冶金设备制造这样的企业来提供服务的。

中宏联在带式焙烧机自主创新研发上硕果累累。主要在设计智能制造，智慧运营控制软件取得了相关专利，填补了国内空白，尤其是借助一些数字技术的加持，例如：利用数字模拟和仿真技术，优化了带式焙烧机的设计，形成了 200 万吨到 800 万吨的系列产品。

围绕这些产品的是全生命周期的技术服务，带式焙烧机主要是焙烧炉窑设备，它核心工艺技术就是风的平衡，物料的平衡，还有热传递的平衡。中钢掌握了自己的控制技术，保证了温度场更加合理，提高了热效率，实现了高炉炉料的低碳和绿色冶炼。

主要就是高炉使用我们这种技术生产出的球团，球团在高炉冶炼里叫做精料，而精料使用过程中可以降低高炉里的碳排放，如果现在的球团从 10% 增加到 80%，碳的排放可以减少 10%，而生产球团的过程

中的排放物以氮氧化合物、二氧化硫为主，球团生产同时可以大幅降低粉尘的排放，所以说也称作绿色的冶炼。

中钢选用了一些特有的燃烧的技术，而这些燃烧技术的话更好地控制了温度场的分布，也降低了氮氧化合物的生成，它通过控制外延的温度来保证空气中的氮和氧反应的速度进行了一个有效的控制。同时中钢也用了一些数字上的技术，去模拟整个带式焙烧机体的温度场，进而模拟到每一点的温度的变化。而根据这些温度的变化，设计出整个耐火材料的结构，同时选择了最适合的材质，这样的耐火材料寿命可以提高到5年以上。同时，中钢也建立了一些数字模拟，在土建、风、水、电、气等设计上使用Revit软件，结合BIM系统，将全厂模型进行有效组装，建成一个数字工厂，然后进行交付。

本次所介绍的主要产品就是带式焙烧机，也就是你们所看到的图像，就是这台焙烧机，这台焙烧机我们选用了欧特克公司inventor软件进行了全三维的设计，对每一个主要的部件进行了有限元计算与分析、对每一个衡量进行结构强度分析，对内部风的平衡，热的平衡，还有物料的平衡也进行了分析。由此，完全实现了一套冷态设计，热态运行的预测，大大的提高了设备的使用寿命和可靠性。

我们对待走数字化设计这条路一直非常坚定，从08年开始到13年，这个期间应该说是我们的培育期，做了一些备件的设计，这些备件受了国外买家的青睐。13年到17年期间，我们先后完成了388平、504平两条带式焙烧机球团生产线的EPC总承包，这其中页也包括运营。这两个都是我们在国外所建设的项目，18年到19年，研发设计进入了爆发期，实现了552平到624平的设计落地，单台带式焙烧机的生产能力从过去的300~400万吨提高到500万吨。

在2020年到2021年期间，我们又上了一个台阶，技术储备实现了700平、800平的落地，产能从500万吨提升到了600~800万吨的规模。在2020年，我们在国际市场上与欧洲的企业同台竞争，获得了安塞洛米塔尔的500万吨球团项目，击败了竞争对手，我们的产品到了今天得到了长足的发展。

在我们采用这些先进的技术设计基础之上，应该说这几年中钢和中宏联有了很大的收获，也取得了很好的业绩。我们从2010年开始到2015年到现在的2019年，我们一共做了12条生产线，其中有1/3就

是4条生产线在国外，分别是：2010年的7月中东的300万吨，2015年非洲的400万吨，2018年德国的400万吨，2020年就是安塞洛米塔尔的500万吨，正好占我整个工程签约量的1/3。

在国内工程市场上，2016年是我们第一条生产线落地，该项目用14个月的时间完成建设，得到了业主的认可，为我们在国内推广奠定了很好的基础。目前为止，共计完成8条生产线的建设：三明和昆钢是200万吨级别，盛隆是350万吨，马钢、广西防城港是400万吨，中钢滨海、河钢是500万吨。带式焙烧机已经形成了系列化产品，这就是我们这么多年取得的业绩。

我们公司是以工程项目EPC总承包为核心业务，给客户所交付的主要是一个实物的工厂，而我们现在来谈的是在计算机上实现了数字化工厂，未来随着数字技术的发展，客户的要求也在向着数字化、智能化贴近，在建的项目中，已经有客户要求我们同时提供数字化工厂交付，就是实物工厂的同时要提供一个数字化的工厂。

下边介绍的第二个部分，是数字化工厂的一个交付。数字化工厂的建设跟我们实物工厂建设是相辅相成的，它的过程也同样存在着EPC+M+O，中间所看到的图形展示的是数字化工厂。数字化工厂的设计它是怎么做成的？下面将我们的经验和体会用三个不同方面的展示和大家分享。

一个是自顶向下的设计，第二个就是工厂布局的设计，第三个就是界面化参数设计，这里我们通过所做的一个项目的案例去进行展示自顶向下的设计。这是我们所设计的带式焙烧机机顶上罩。自顶上下设计首先进行的是方案设计，并且方案设计和我每一个部件的设计进行了有效的关联。当总体的方案和架构进行修改和调整的时候，相应的部件也会进行修改和进行调整，比如说刚才画面中红线和黄线的调整过程，通过方案调整引起部件的随之调整。这个部件存在数据库里，使用数据库管理平台可以把它调出来。在之前项目设计的基础之上，进行略微的修改，就能满足现在的结构的设计。这样的话就可以减少设计的建模和设计修改的时间，对我们系列化产品复用的效率提高了很多。基本上来说现在我们大概开发一个新产品的时间，要比以前节省到40%左右的时间。

第二部分的话就是工厂布局的设计，我们所说的工厂布局主要是指生产车间的配置，中钢首先是建立了三维模型库，并存的还有二维的图纸库，我们现在所设计的任何一张图都是二维图和三维图同时存在的，这样就能做到在 inventor 或是 revit 这些三维设计用一键的方式可以转成二维设计。同时二维设计的图纸也可以一键可转化成三维设计，这样我们的方案带给客户的体验是非常直观的，提升了客户对方案的理解力，增强了我们与客户之间的沟通效率和质量，让业主的体验得到了很好的提升。下面是具体设计过程，这是我们一个混合室的设计，主要是利用模型库的资源，这是最主要的。只有当资源库建立起来，把资源储备变成了财富，这样为下一步设计提高效率，奠定了基础，主要是积累升华的过程。随着时间推移，我们对于任何设计，都要采用这种参数化设计，就是为了提高设计的准确性。

我们的设计人员拥有很多宝贵的经验，这些经验如何能够镶嵌在设计之中？我们就要把我们的一些老的工程师，有经验的人，在他们头脑中所形成的设计的思路和想法提炼出来，而把这些宝贵的知识变成数字化的产品，然后给它参数化。在整个设计的过程中，实际上我们任何人的设计，以及相关的知识经验，是老师傅们的宝贵财富提炼出来的，这样的话就可以减少设计失误。同时，大大的提高了我们的设计效率和设计质量。这是在模型上面进行修改过程的展示，参数化驱动的支架。

通过前三个部分介绍可以了解到我们的产品设计离不开数字化，这些先进的技术帮助我们实现了这些产品的设计，左边是输料系统，有移动布料车、宽皮带、摆动皮带、带式焙烧机和带式焙烧机的台车。

这些产品采用 inventor 进行三维设计，并且都实现了直接转换成二维设计。因为在中国的制造企业，现在还没有完全做到能用 3D 图纸直接进行加工处理。在设计完成后转化进行制造，产品和图纸的对照可以参考下面的图片。从工程建设积累的经验当中，我们获益最大的，就是数字化的成果：从参数化驱动到参数化设计、可重复利用，可修改、可调整。所有设计的变化和调整中，都是经验丰富、专家级设计人去做设计。设计完成后，将所有的设备装到三维厂房里。

在组装完之后，带式焙烧机的框架就呈现为图上的样子，而真正内部的结构对于我们来讲，就是上面两张相片，它都是一个立体透视

的。我们组装主要是对循环水、土建、厂房结构和设备，对于电气相关的风、水、管道和设备结构，以及风系统、管道支架的相关性，都建立了一套完整的审核机制。譬如，碰撞检查检查完之后进行修改，再进行审阅核准，最后问题的解决，每一个步骤沿着这个方向去进行复核、校准，大大减少了实物工厂建设过程中出现的衔接问题，我们做过类似的统计，利用数字工厂所做的这项工作，可以节省总投资的百分之一二，乃至于个别的还有三的这个费用，非常可观。

带式焙烧机的工艺要求将温度分成了不同的段，不同的加温段如何能实现数字化的可用性？我们将带式焙烧机任何一点的温度都赋予了粒子，就是将温度能量赋予粒子，质量赋予粒子，那么这个粒子的速度，还有粒子所处的压力都进行了赋予，赋予之后，将粒子在机器里进行有效运行，建立起前面所提到的风的平衡，物料的平衡，还有热传递的平衡，根据不同的原料配比，就能进行有效调控，从而达到风、物料、热传递三者平衡的最佳状态，结果是综合能耗可以有效的降低。

这是数字化工厂的展示，当完成数字化设计后，接下来要进行数字化制造，就是说在计算机上预制造，预组装；这是我们数字化设计的全部的零部件，把它进行数字化组装，进而将工厂做数字化的运营。通过这种方式，很好的解决了冷态设计热态运营，不同原料发生变化的时候，数字化的机器发生了什么？所以说数字化工厂的交付落地，现在可以很自豪的说，预计到未来3年5年之后，设备运行是什么状态；这是最终的组装的一个细节，数字化组装是在制造厂里组装的过程。

数字化建设是在计算机里把各个数字化的组件、部件装配起来，建设一个工厂的过程，就是数字化模拟完之后，组装工厂的过程，这是整个工厂在计算机上组装起来的一个400万吨的带式焙烧机球团生产厂，这就是我们给国内的某一个那么400万吨的一个数字化工厂的交付的最终的全景图，这是我们为河钢交付的两个500万吨的带式焙烧机球团的一个数字化工厂的交付图。这个项目目前是世界上单位面积生产球团最多的企业，同时也是最全的一个企业。它有两个圆形原料仓，圆形仓每个能储存20万吨精粉，同时我们在这个项目上运用了数字设计实现了三个现在世界上也是储存量最大的球团成品球仓，每个储存量是10万吨，就是钢板上我现在所点的这三个点。从整个工艺

来说我们所建设球团厂的每一个环节都有了，这就是众多数字化工厂一个建设成果的一个缩影。

提到数字化管理，工程进度是任何企业新建项目主要的管控要素，我们都会在数字化工厂设计完之后和制造完之后，我们都会把它进行组装，每一个组装根据它的实际工程的工期进行有效赋予，我们将数字化工厂建设的节点与项目建设工期节点进行排接，这样就能做到每一个建设者都随时可以看到工期是什么状态，那么它周边的资源是不是都到了在这里都能进行共同协作，这就是通常所说的数字化工厂 4D 施工管理的模式。

数字化工厂组装完之后，大家都会很关心的一点就是维护检修的空间。我们现在就虚拟出一个 1 米 85 的人在整个工厂进行漫游，他可以去任何他想去的空间位置。实物工厂你一旦建成之后，想进设备里面是看不了的，而对于数字化工厂，赋予的人不同的使命的时候，他是可以到任何地方去看，包括在数字化在生产的时候，它都可以跳到带式焙烧机里头，去看里面发生了什么，进行了怎样的反应，它的温度发生了什么样的变化，设备的结构发生了什么样的变化，是可以实现的，数字化工厂一大特点就是具有这样的能力，这就是实物工厂所不具有的。

那么既然我们有了数字化的设计，数字化的建造，数字化的管理，那么在这个数字的资源的基础之上，我们建立了 BIM360 这样一个云的平台，这也是欧特克公司的一个很好的软件平台。

在这个平台上，无论是项目管理工程师还是监理工程师，以至于分包单位的人员业主，项目的执行人员，每一个人我们看到这张图，他们手里都拿着一个电子产品，无论是 iPad 也好，手机也好，还是移动电脑也好，借助 BIM360 随时可以注意到设计与建设、设计与安装、建造与安装等等，自己所在角色与其他角色的相关性是什么。那么在这个平台上所有的信息是共享的，同时也是同步的，所以说沟通的效率大大进行了提高，这就是高效协同的一个平台，这就是只有数字化工厂才可以做到这一点。

刚才我所介绍的数字化设计和数字化工厂，中钢目前已经做到了交付实物工厂的同时，也交付了一个数字化工厂；数字化工厂根据不同的业主的要求，做到的深度也是不一样的。因为在数字化工厂里，

任何一个设备、建筑、管道等等都被赋予了生命，就是说在数字化工厂里，我们可以点击任何一点，都会显示出这个设备运行的状态。同时显示设备的主要参数，它所具有的一些信息，这就为我们今后维护检修等各个方面带来便利，也提高了效率。这就是数字化工厂的最终的交付。在模型等级上，我们可以做到 LOD100、200、300、400，现在最高的做到 500。

有了数字化的工厂，数字化工厂怎么运营呢？中钢建立了一个数据中心，核心的问题就是数字化的工厂要有数字才可以去进行很好的运营。我们把自己建成的项目相关生产数据收集到数据中心，数据中心会去处理这些数据，这样可以根据海量大数据进行实时分析、动态决策，进而做到智慧运营；设备维护的应用，检修预测性维护的应用，还有大数据处理运用所提供的智能决策，这就是建设数据中心的核心价值所在。在具体项目中，台车长时间不间断的运行在冷热交替的环境中，它的应变或变形会产生致命影响，为了保证运行保持最优状态，我们通过智能摄像机代替人眼，去判断这些设备的状态。同时也可以统计某个设备在某个时间点发生了什么，随时根据状态控制调整设备，设备的维修可以作出有效报警，这样大大提高了备品备件准备时间和周转效率以及更换的效率。

球团厂最关键部分其中之一就是球团做球，做球就像做元宵，要把它控制好，实现尽快的成球，根据需要的大小，同样也用机器去识别，根据它的水分、转速、加料量等各个方面的因素，获取所需要的全部数据，然后用机器根据设定的算法进行识别，进而判断、控制，实现智能造球。同时，这里也可以看到风平衡，还有热的平衡，热的传递这些可控的阀门，未来，大数据可以进一步帮助实现更加科学、有效的控制。

中间是我们建设的数据中心，主要分成三个区域，一是运营区域，二是维护区域，还有智能区域，这都是数字设计的基础之上所能往下的做的智慧运营的组成部分，数字化工厂这个虚拟工厂，也做出了 AR 工厂运营的状态。无论是从设计到 EPC 工程项目的管理以至于运营，整个过程的基础就是设计，在整个项目全生命周期里，利用数字化手段保证我们的信息从始至终是一致的。从项目建设开始规划的概念设计或叫初步设计或者是基本设计到三维的详细设计，出图前通过分析碰撞来解决 99% 或者是 95% 问题，整个设计的效率和质量有了很大

提升，同步并行的是，我们将模型按照实际工况进行预组装，在此基础上赋予工期管理，将组装进程与工期紧密联系起来。

当我们对工程建设进行数字推演的时候，每一个部件与资金做了关联，相当于将工程投资与工程建设做了数字化链接，那么我们又做成了五维数字设计，就是我工程项目的数字化组装推演的过程中，与进度、资金进行匹配，通过数字化手段实现了从二维图纸、三维模型、四维时间和五维资金的五个维度的有效跟踪管控。

在物流管控方面，我们让物流各个环节每一个设备都进行标签化，实现了有效的跟踪，实时的对信息进行掌握、更新。

在数字化设计、智能制造以及数字化运营的过程中，所有的信息都是在平台上进行的，中间是数字化的工厂，在这里所有环保岗位粉尘浓度都做到实时在线检测，同时传到政府管控中心，人员上班的信息、设备预警信息、整个能耗的信息、成本、配料信息、物料购进与消耗信息都是实时的，与之相关联的是生产进度计划。我们数字化工厂与业主 MES 系统进行交互，真正的进行数字化的运营和管理。

我们设计了安全围挡，安全围栏这些有效的安全管控，人员在巡视的过程中保证始终都在安全的环境中，到任何一个地方，当发生检测到有周边有危险的时候，主控室或者人员本身都会听到报警声。

以上介绍的就是我们数字化工厂的智能运维状态和智能运行状态。在整个项目过程中，我们采用了这些先进的技术，建立出来的实物工厂，给业主带来了很好的效益。我们的综合能耗消耗，环境的管控，水的处理，设备寿命预报，不同原料变化联动工艺进行变化，通过计算机处理后提供给我们一整套完整的数据作为管控、决策的依据，业主和我们都从中受益。

这是我跟大家要分享的全部内容，利用欧特克的软件，新的技术和新的产品，在应用的过程中大大缩短了工程交付工期，减少设计过程中出现的设计变更，降低了我们 EPC 实物工厂建造的成本，的的确确起到了很重要的作用。欧特克的设计软件，包括制造业软件集，给中钢设备和中宏联在数字化浪潮当中进行创新设计、数字交付、智慧运营提供了很好的基础，我们利用这些工具获得了很好的效益。我们之间也共同合作了很多项目。

“十四五”时期，是碳达峰的关键期、窗口期，加速推进钢铁行业绿色发展、实现低碳转型，对于我们如期实现“双碳”目标至关重要。在中钢设备、中宏联以“低碳冶金服务商，绿色发展先行者”新发展阶段宣言的引领下，凭借自身在带式焙烧机球团数字交付、智慧运营技术和实践的先发优势，进一步与欧特克深化双方合作、助力钢铁行业绿色低碳转型发展。谢谢大家！