



苏麒

ModelO的创始人，设计师、建筑师、编程设计师。毕业于哈佛大学的设计学院（GSD），是GSD同时获得Peter Rice Prize和Digital Design Prize的两个学生之一。在进入GSD之前，作为南加州大学建筑学院的讲师，和一名法国著名建筑师Francois Roche共同教授研究生设计工作室的课程。

主要的设计兴趣集中在设计与科技相融合的方向，设计结合了建筑、艺术、编程与制作，认为新的工具将有助于改变设计的行为，设计应该与最新的技术相融合，为此创建了ModelO。曾在一些事务所做过计算机设计师，包括Michael Sorkin 工作室、马达思班、Amphibian建筑事务所。

ROBOT ASSISTED SHEET METAL SHAPING: CUSTOMIZED ROBOT END EFFECTOR SHEET METAL DEFORMATION

金属板机控塑形

——订制机器臂端头敲击金属成型

撰文 苏麒 哈佛大学设计学院

课程设计者：苏麒，Lik Hang Gu，Nathan Shobe

“金属板机控塑形”项目发展于一个课程作业，是由Andrew Witt在2012年秋季带的一个研讨课程。课程的主题简单来说就是任选一种材料进行加工，但加工过程需要通过自制的机器来进行，而加工的方式必须是具有创造性的。

我们选择了金属板作为此次研究的对象，希望对金属板材加工自动化的可能性进行重新思考。金属板材的加工历史由来已久，这里主要提及锻造。锻造是金属压力加工方法之一，指利用压力改变金属原料形状，以达到相应要求的一种加工工艺。而冷锻作为装饰艺术同样应用广泛，较为著名的就是法国比较流行的传统双面敲击成型的锻造方式。但传统的金属敲击成型需要非常熟练的工匠才能做到，所以对于个人技能的依赖性使其在当今社会中并没有很大市场。在选择了金属板作为材料以及确定敲击成型为处理方式之后，为了更好地掌握敲击成型的工作原理，我们进行了一系列的敲击尝试，从平面敲击到曲面敲击（图1，2）。

敲击金属板成型很重要的一个影响因素是板下的模子，传统工艺中工匠用的模子非常有趣，如图3中的皮制袋子，里面充满了羽毛。在皮袋上敲击自由度很高，敲击形状完全取决于工匠每次敲击的施力轻重。当然传统敲击工艺中，所用的敲击装备是很多变的，不同形状采用不同的敲击头，施用

不同的力，于是造就了这门处理金属的艺术。

敲击机器头设计

当然模子与敲击头这两个因素就被带入到机器的设计以及敲击模子的搭建过程中，而机器设计是重中之重。第一版机器设计的出发点是做一个金属板打印机（图4，5），其敲击原理如图6所示。

但由于材料本身的强度较大，仅仅是普通的塑料机器原型是不能给予足够的力量的。所以在之后的一版改进中，我们首先采用了便携式的钻机来测试敲击所需要的力量。

改变之后的敲击实验证明，拥有1:20传动比齿轮组的手持钻机足以使金属板发生形变（图7）。但因为敲击磨损消耗太大，有机玻璃的强度不足以达到标准。所以整个机器头的制造材料从有机玻璃转为铝和钢，而为了增加敲击范围，我们为敲击机器头侧部安装了能与机器臂相连接的构件，从而使用机器臂来控制敲击头在空间的移动（图8，9）。

最终的敲击头被非常精确地在数控机床上加工出来，整个过程全由我们自己操作，哈佛设计学院充足的机械加工设备保证了我们在无需任何外包制造的情况下控制每一个细节（图10，11）。但对于机器的制作，



图1

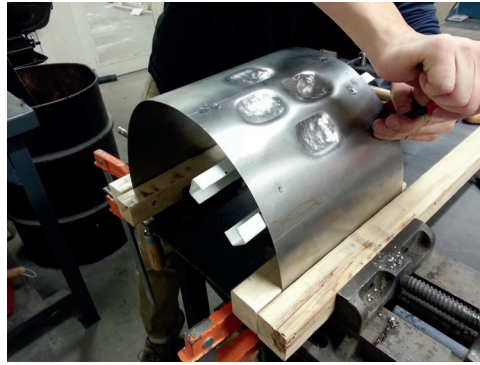


图2

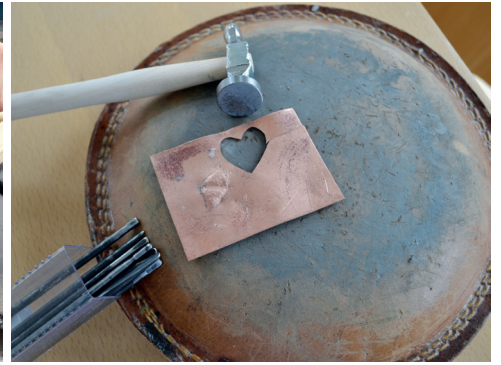


图3

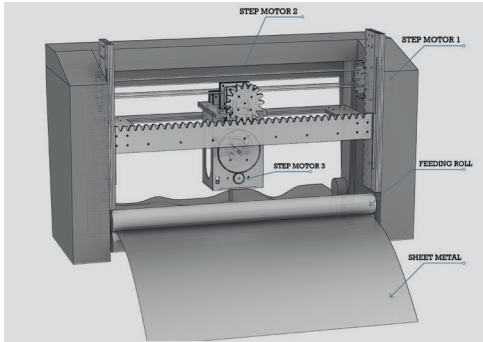


图4

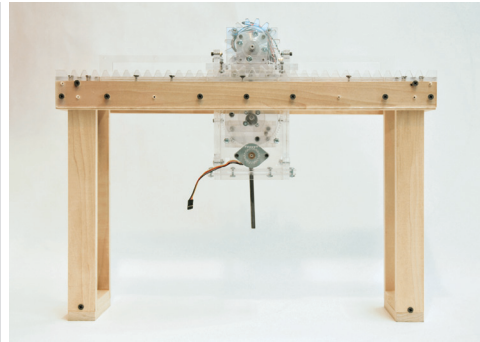


图5

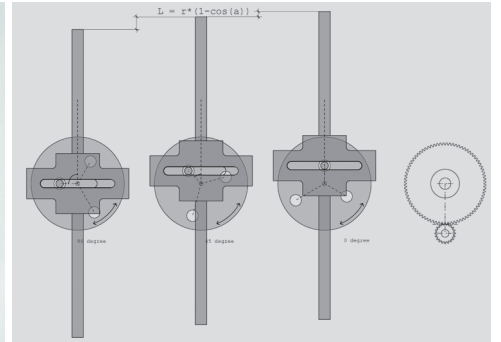


图6

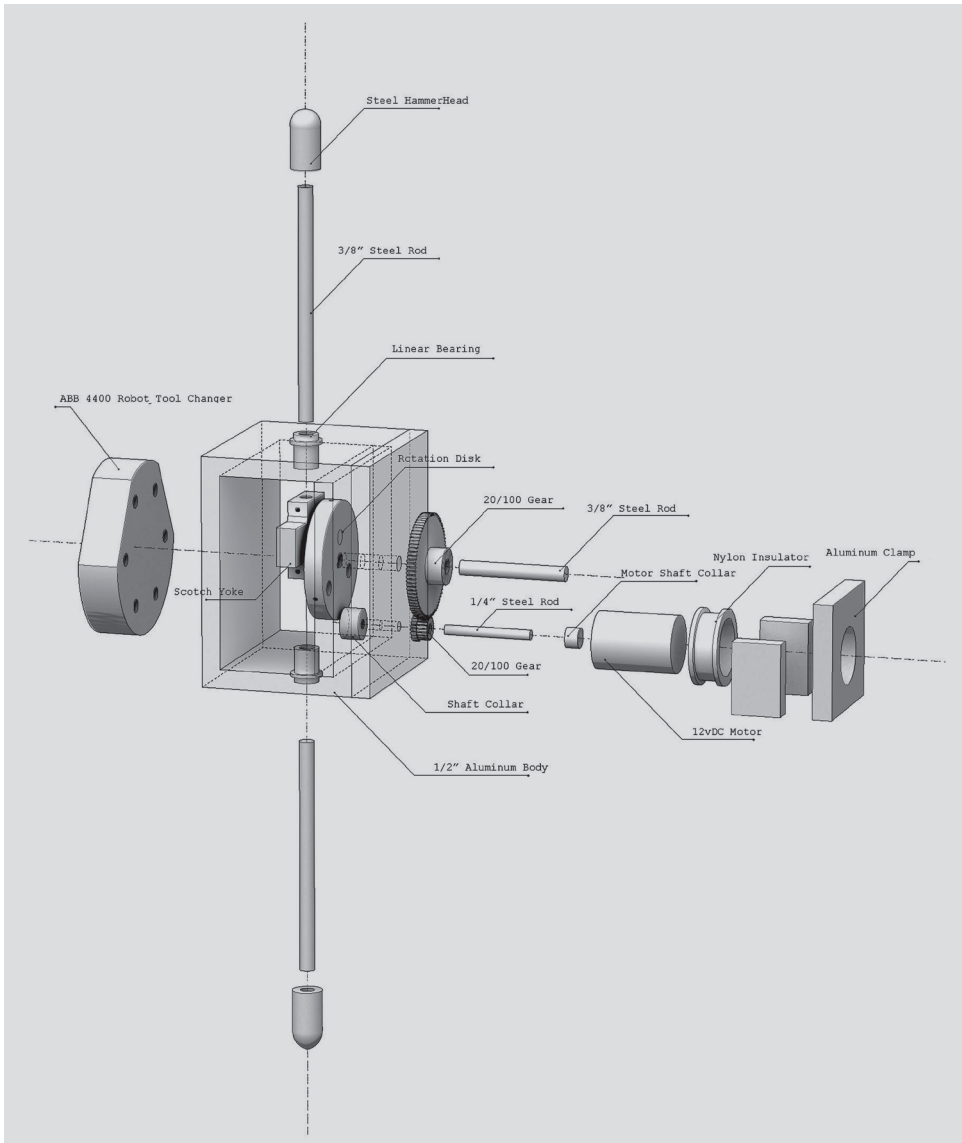


图7

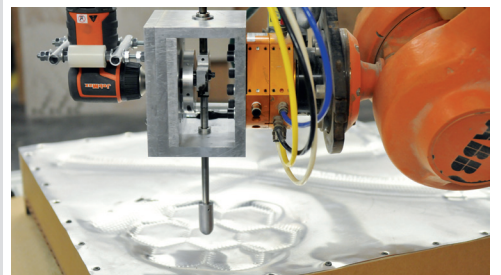


图8



图9



图10

图11

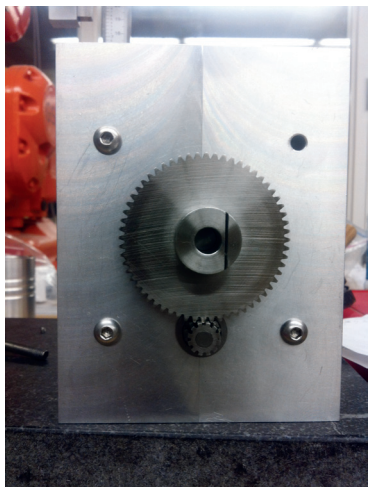


图12

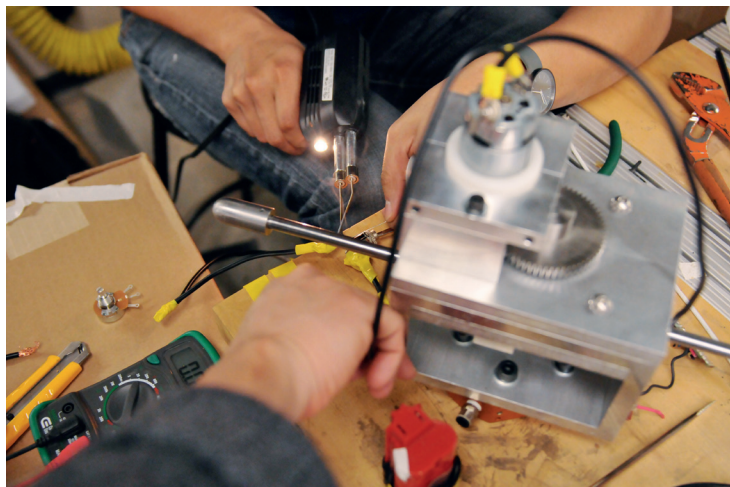


图13

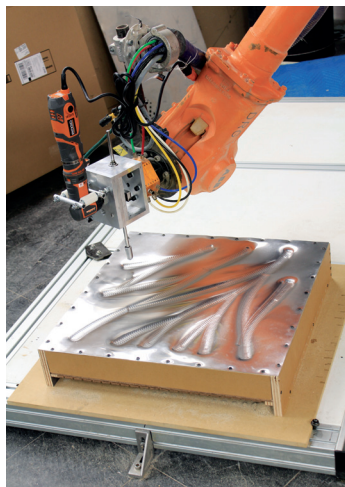


图14

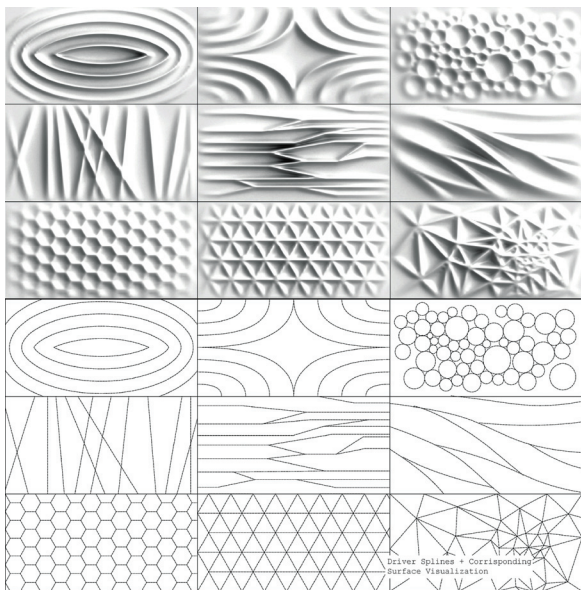


图15

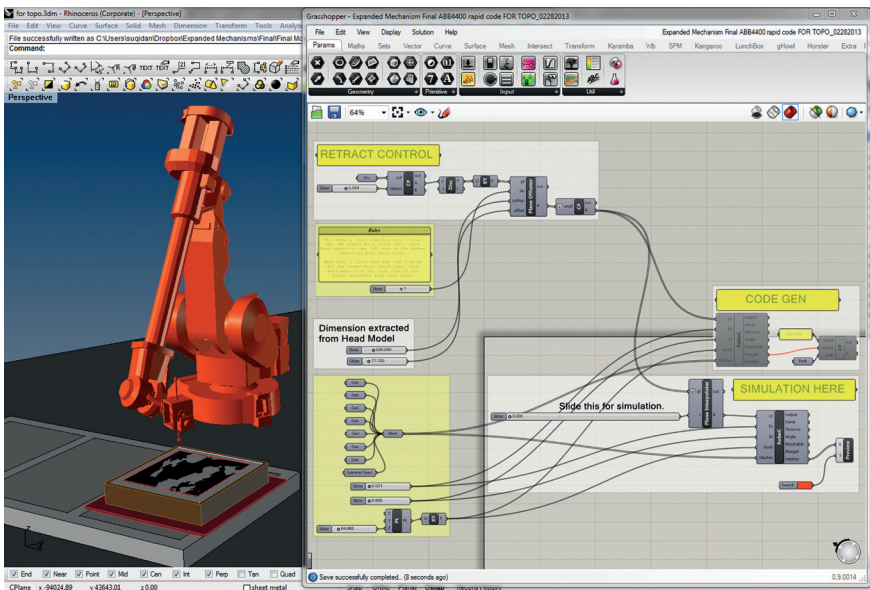


图16

实体只是第一部分，真正对机器成功与否的检验主要还是驱动部分。因为材料的更换，以及最终确定的敲击钢板厚度的增加，使整个敲击力度需求增长了数倍，而由于电机与敲击头需要整合，我们最初先试用了直流电机加1:4传动比的齿轮组来给予动力（图12，13）。但由于传动转换比太低，每分钟16 000转的直流电机如果被1:4的齿轮组转换后，敲击时的通过电流峰值会达到60A左右，这样很快电机就会超负荷，所以理想的状态是提高传动比来降低通过电流值。但由于时间紧迫，我们最后

购买了一个现成的交流电钻作为最终动力（图14）。这个电钻的转速为550转/min，相对较慢，所以我们也取消了之前已安装好的齿轮组。

敲击几何形体设计及机控流程

在完成敲击头设计之后，随之而来的就是具体的控制操作流程，由于机器头是直接插接到机器臂上的，所以程序也是机器臂用的特定语言Rapid Code。首先对于金属板敲击的设计是比较开放的，甚至在之后的持续研究中，我们可以把用户输

入的照片抽象地打到金属板上。如图15所示，形体的设计模拟是在犀牛软件中通过脚本编写来生成的，需要的输入形体可以是任意绘制的曲线。同时通过在犀牛Grasshopper和Robot Studio中的模拟，可以保证在最终敲击前预览整个运行过程（图16）。

敲击底部模子设计

前文提到的皮质敲击模子虽然在一定尺度下非常实用，但对于此项目的尺度来说，皮质模子无法提供稳定的定位，也更

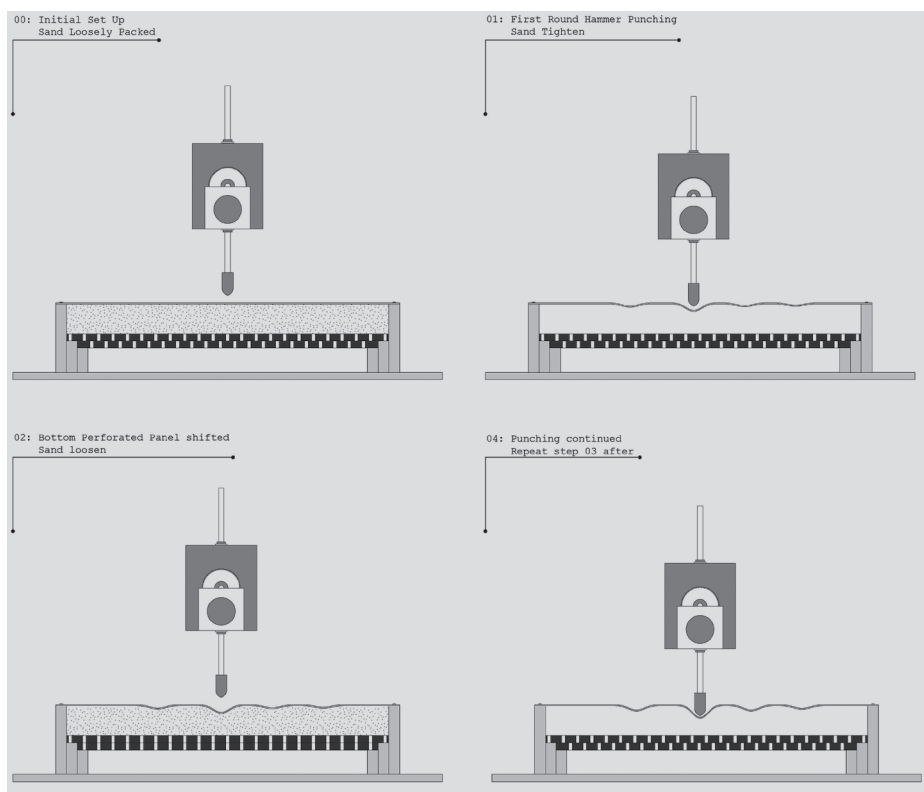


图18

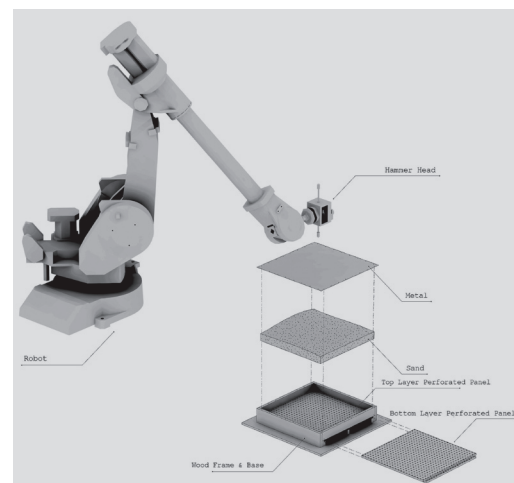


图19

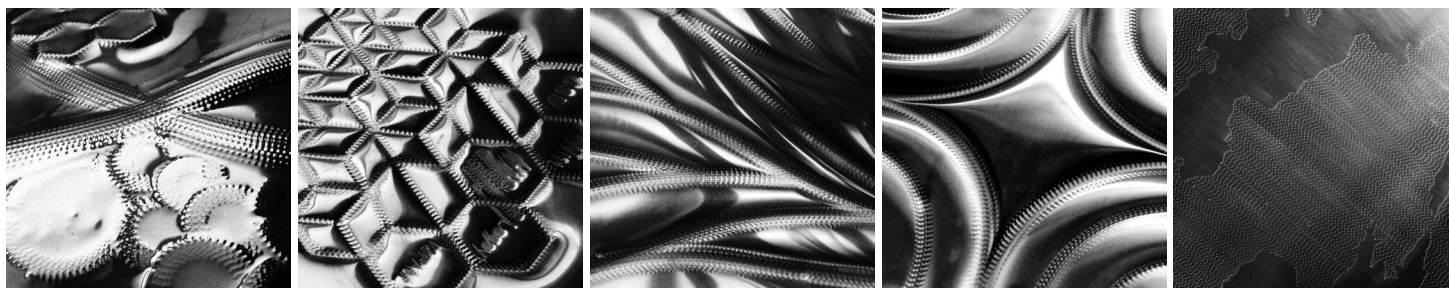


图20

图21

谈不上精度，所以整个模子都需要重新设计。我们所采用的是沙模，并且在敲击过程中需要沙模的体量保持不变。但经过一段时间敲击后，模子会被敲击到密度无穷大，而无法给进一步的敲击提供空间，所以沙模就需要可变。我们的解决方案是在沙模的底部装两层穿孔板，开始时两层穿孔板的孔是不对齐的，当沙子被敲击到一定密度后，通过抽出下面一层穿孔板来使部分沙子漏出，从而给进一步的敲击提供空间（图17，18）。

设计成果

最终的设计场景如图19，敲击出的钢板效果甚至超出预想（图20）。而对于敲击出的产品由于机器臂拥有足够的精度和可控的速度，甚至可以把图片或者地图通过软件转换敲击到钢板上（图21）。由于此产品的尺度具有非常大的可变性，从小型产品到建筑尺度的外墙，从艺术品到大型雕塑，都可以通过此机器敲击头来进行设计加工（本项目正在申请沙模和机器敲击头两个专利）。