



金字塔是古埃及文明的象征,吸引着世界各国的游客参观和学者研究。然而,在当时生产力相当落后的情况下,古埃及人是通过何种方式建造金字塔,特别是如何将众多巨大石块堆砌至如此高度仍是世界之谜。学界提出了辅助坡道、杠杆提升、滑轮原理、水运法、现浇混凝土等观点,但至今没有统一论。

笔者以著名的胡夫金字塔为例,基于力学原理和当时生产力水平,提出了地坑建造的观点。主要步骤为挖坑、向坑内运输石块、逐层修建、逐层填土直至塔顶,核心思想是利用石材自身重力来实现石块运输,把势能转变为动能,从而避免向上提升巨型石块大量做功。地坑建造观点符合入土为安的墓穴修建文化习俗,也符合古埃及当时生产力水平。



埃及金字塔。图据新华网

地坑建造法:埃及金字塔修筑方法新探

□李后强 李海龙 严周兴禹

传统建造观点不具操作性

在传统观点中,辅助坡道理论在学术界影响较大。该理论是指在建造金字塔的过程中,同时在金字塔边上修建一条长土坡道,建筑工人通过这条坡道将石块逐层逐级运送至合适高度。此理论貌似有理,实际纯属空中楼阁。学者们对此观点提出了许多质疑,主要集中在两方面:一是修建辅助坡道本身是一件浩大的工程,通往胡夫金字塔顶部的辅助坡道将至少超过半英里长,并且需要超过金字塔本身三倍的材料。二是修建辅助坡道需要大量石块或泥土等材料,然而考古过程中没有发现修建辅助坡道的建筑材料遗迹。

在此基础上,有学者对辅助坡道理论进行了修正,提出了螺旋状坡道,即沿着金字塔外侧修建一个如盘山公路一样的坡道通到塔顶。此观点仍然存在两个明显漏洞:一是螺旋状的长坡道必然要在塔顶建好后,才能修建到坡道所在位置,否则容易松动且影响后期建设;二是螺旋状坡道也需要约1600米的长度,耗材量仍然巨大,同样没有发现考古遗迹。法国建筑学家皮埃尔·乌丹提出在金字塔外侧地基上修建43米高的斜坡,可保证金字塔底部修建石块的运输。然后在金字塔内部距外墙10米至15米的空内修建螺旋状坡道直至塔顶,此坡道负责43米至塔顶这部分石块的运输。然而,截至目前还没有发现任何考古学证据支持,在力学上也没有可行性。

除坡道运输外,一些学者也提出了修建金字塔可能采用的其他提升装置。有学者认为,修建金字塔可能利用杠杆逐层将石块往上撬动。也有学者认为,金字塔的修

建过程中预留了“中心井”专门用来提升石块。其原理是利用定滑轮装置,绳索的两端分别系着需要提升的石块和空箩筐,不断往箩筐中放入小石块直至总重量超过绳索另一端的石块重量,石块就会被提升。

更有学者基于古埃及一幅天空大鸟牵引着地上物体的图画,提出金字塔的石块是利用风筝原理提升的想法。然而,通过空气动力学原理进行计算,发现采用风筝提升石块是不可能的,一是木头和布料无法承受巨大石块的重量,二是提升如此巨大的石块需要很大的风力,而大风不可能随时都有;三是即便存在满足提升力的大风,古埃及建筑工人也不可能具备精确控制石块输送的能力。还有人提出水运法提升石块,将石块与充满气的羊皮捆绑在一起,利用水的浮力将石块提升至设定高度,但这一想法从力学上讲不具有现实性和操作性。

法国化学家Davidovitch Joseph认为修建胡夫金字塔的石块大多是由约93%的石灰岩碎石和约7%的水泥浇筑而成的混凝土。这一观点的核心是“化整为零”,避免了大量石块的切割、运输、提升问题,又能很好解释石块和石块之间严丝合缝的精密对接。

然而,有学者对此提出了质疑,认为埃及金字塔绝不可能是混凝土浇筑的,公元前2500年还没有出现水泥浇筑的技术。古文物学家穆赫塔尔指出,古埃及人绝不可能弃置既有的天然石块而采用复杂工艺去制作230万块人造石,而且尼罗河东岸的图拉采石场、阿斯旺等地都已证实是金字塔石块的来源之处。

地坑建造金字塔的方法和步骤

埃及金字塔的建造方法首先必须在力学上可行,再是要符合当时人们的认知能力和社会生产力状况。到目前为止,学界提出的关于埃及金字塔所有的建筑方法在力学上都不具有操作性,同时也超越了4500多年前古埃及的生产力水平。

地坑建造方法主要包括挖坑、沿坑壁向下输送石块、逐层搭建石块和填土直至塔顶端,建造好的金字塔整体或绝大部分埋于地下,尼罗河多年的大洪水将金字塔周边的泥土、河沙逐渐冲刷移走,金字塔逐渐露出地面,后人发现并把它们保护下来。这一方法在力学上可行,符合当时古埃及实际情况,有助于破除神话和邪说。本文以胡夫金字塔为例,尝试给出古埃及人建造金字塔的主要方法和步骤。

4500多年前,古埃及人已经开始使用木铲、石铲、铜铲、青铜铲等工具,他们可利用这些工具顺利地挖土耕作。修建金字塔的沙坑呈上下小的方形漏斗状,沙坑的底部形状与金字塔底部相似,为正方形,底部面积略大于胡夫金字塔底部面积,挖坑深度与金字塔原高146.59米基本相同。斜坡倾角小于52°,确保斜坡不会自然塌落。另外,古埃及工人会在坑的四周壁面铺设由圆木、树条、莎草等编制的木梯,一方面可起到斜坡加固的作用;另一方面可作为古埃及工人上下的道路。

将准备好的石块沿着斜坡滑至沙坑的底部,工人们只需用较小的力量推动或稳住方向即可。相比向上提升石块,向下滑动石块大大节省体力。利用石块自身重力向下输送,将势能转化为动能,在力学上完全可行,在实践上可大大节省能量。石块运送至沙坑底部后,工人们采用简单的杠杆、绳索、滑轮、木棍等工具将石块运输至指定位置,按照设计逐层搭建。第二层修建完毕后,将沙或土填至第一层高度;完成第三层修建后,将沙或土填至第二层高度;如此边修建、边填土直至金字塔顶端。

地坑法修建的金字塔整体或绝大部分埋在沙土里,为何现在显露在外呢?这或是由于四周沙土被洪水和风带走而导致地平线降低所致。埃及金字塔大多坐落在尼罗河边,受印度洋季风影响,尼罗河连年洪水泛滥,洪水巨大的冲击力将包围在金字塔周边的沙土冲刷。经过多年洪水的冲刷,金字塔逐渐显露出来,胡夫金字塔的外层石头上留下的被洪水冲刷的明显痕迹便是证据。此外,风吹沙移也加快了地平线降低和金字塔显露的速度。埃及吉萨的狮身人面巨石上的水冲痕迹也是旁证。几千年后的埃及人发现金字塔露出部分后,怀着好奇心开始人工挖掘直至金字塔全部显露出来,作为古埃及文明的标志性建筑保护传承至今。

挖坑修建符合当时生产力水平

关于埃及金字塔的修建目的众说纷纭,有的认为是为了培养古埃及年轻人的忠诚和自信,有的认为是能量接收塔,还有的认为是纪念碑、农民分割田地的标定物,但坟墓是主流的观点。古埃及人通常采用土葬方法埋葬尸体,木乃伊制法毕竟是少数,而且也要埋于地下,因此地下挖坑修建金字塔符合修建墓穴的文化习俗,即入土为安。

地坑修建方法不仅避免了克服石块巨大的重力做功,反而利用石块自身重力滑动至合适位置,将重力势能转化为运输石块的动能,实现了“不可能”向“可能”的根本转变。

地坑修建方法解决了石块巨大重力提升的问题,但同时增加了挖坑这一工序。挖坑工程量直接由沙坑的体积决定,而沙坑体积一方面与金字塔的体积有关,另一方面与斜坡倾角大小有关。斜坡倾角越小,斜坡越稳定,但挖坑工程量越大;斜坡倾角越大,工程量越小,但容易滑坡。

因此,为减少挖沙体积,应尽量保持较大的斜坡倾角。按斜坡自然塌落的临界角度52°计算,挖沙量约为1000万立方米。虽然1000万立方米的挖沙量对现在来说都是一个不小的工程,但这是完全可以实现的。按一个人每天10立方米计算,1万工人100天(约3个月)即可完成。对地坑建造方法来说,沙坑挖好后搭建就容易了。地坑修建时间将远远少于古希腊历史学家希罗多德估算的辅助坡道修建法所需的10万工人和20年时间。

如果需要省工省力,地坑深度不一定与金字塔高度完全一样,可以略小于金字塔的高度,这样挖沙的工程量就能进一步减小。地坑的深度小于金字塔的高度会导致部分塔顶露出地平面,这也符合墓穴通常会留下标识便于辨别的风俗习惯。露出地平面的高度一般不会超过10米,这部分体积占整个金字塔体积的比例很小,向上运输石块的工程相对容易,古埃及工人完全能够做到。

当然,这种情况出现的概率较低。修建金字塔过程中把石棺预埋在塔中,石棺内不会放置真正的尸体而是法老的衣冠(如胡夫还健在),真正的尸体埋葬于埃及卢克索的帝王谷等其他地方。同时,在回填沙土时也要留下通往墓室的暗道,这种方法在中国也很流行。中国自古以来都以土葬为主,特别是统治者都修建大型陵墓于地下。

埃及金字塔是世界奇观,其建筑方式是世界之谜。以前的研究大多用今天的科技思维和生产力水平去解读,而基于力学原理和当时生产力水平提出的埃及金字塔地坑建造方法,颠覆了之前所有的方法和假说,是思路上的重大突破,解决了力学上的可行性和实践上的可能性,有助于破除神话传说和外星人假说,符合公元前2500年时期古埃及的生产力本真。