

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200680024926.8

[51] Int. Cl.

F03B 13/26 (2006.01)

F03B 17/06 (2006.01)

F03B 3/12 (2006.01)

F01D 5/14 (2006.01)

[43] 公开日 2008 年 7 月 16 日

[11] 公开号 CN 101223355A

[22] 申请日 2006.5.18

[21] 申请号 200680024926.8

[30] 优先权

[32] 2005.5.21 [33] GB [31] 0510417.9

[86] 国际申请 PCT/GB2006/001843 2006.5.18

[87] 国际公布 WO2006/125959 英 2006.11.30

[85] 进入国家阶段日期 2008.1.8

[71] 申请人 罗泰克控股有限公司

地址 英国阿伯丁

[72] 发明人 戴维·斯图尔特·汤普森

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

代理人 杨娟奕

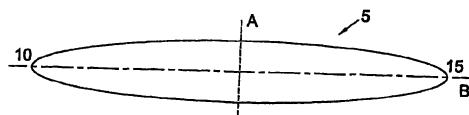
权利要求书 6 页 说明书 14 页 附图 7 页

[54] 发明名称

带有双对称翼型的水涡轮

[57] 摘要

已知水下涡轮单元具有例如在退潮和/或涨潮中工作的能力的问题。因此，本发明提供翼型(5)，其中翼型(5)关于其弦中心线(A)对称。该翼型(5)可以关于其翼弦(B)对称。水下涡轮单元(3)包括至少一个涡轮(25)，其包括至少一个叶片(20)，该至少一个叶片(20)包括翼型(5)。



1. 一种水下涡轮单元，其包括至少一个涡轮，该涡轮包括至少一个叶片，该至少一个叶片包括至少一个翼型，该至少一个翼型关于其弦中心线是对称的。
2. 如权利要求 1 所要求的水下涡轮单元，其中翼型关于其翼弦是对称的。
3. 如任意权利要求 1 或 2 中所要求的水下涡轮单元，其中所述涡轮单元包括具有贯穿的流体流动通道的壳体，所述至少一个涡轮被安装在该流动通道中，用于响应于穿过流动通道的流体流动而旋转。
4. 如任意前面权利要求所要求的水下涡轮单元，其中在涡轮的轮毂处的翼型的翼弦与流体流动的期望方向或涡轮旋转轴线成大致在 30° 和 60° 之间的角度。
5. 一种翼型，其关于其弦中心线是对称的。
6. 如权利要求 5 所要求的翼型，其中翼型关于其翼弦是对称的。
7. 如任意权利要求 5 或 6 中任意一项所要求的翼型，其中该翼型包括第一和第二前缘。
8. 如权利要求 7 所要求的翼型，其中各个前缘的形状为部分圆形。
9. 如权利要求 6 或在从属于权利要求 6 时的权利要求 7 或 8 中之任一项权利要求所要求的翼型，其中翼型的翼弦包括直线。
10. 如权利要求 5 至 9 中任一项所要求的翼型，其中弦中心线大致上垂直于翼型的翼弦。
11. 如权利要求 5 至 10 中任意一项所要求的翼型，其中翼型的高度在弦中心线处或其附近最大，朝向两端减小。
12. 如权利要求 5 至 11 中任意一项所要求的翼型，其中弦中心线高度或厚度与弦长度的比值大约为 5% 至 25%。
13. 如权利要求 5 至 12 中任意一项所要求的翼型，其中弦中心线高度或厚度与弦长度的比值大约为 12% 至 20%。
14. 如权利要求 5 至 13 中任意一项所要求的翼型，其中弦中心线高度或厚度与弦长度的比值大约为 15%。

15. 如权利要求 5 至 14 中任意一项所要求的翼型，其中翼型的最大高度或厚度的位置大致上在弦中心线处。

16. 如权利要求 5 至 15 中任意一项所要求的翼型，其中翼型包括双对称翼型，其具有在弦中心线处的零拱度和最大高度或厚度。

17. 如权利要求 5 至 16 中任意一项所要求的翼型，其中翼型形状包括 NACA 67。

18. 如权利要求 5 至 17 中任意一项所要求的翼型，其中翼型形状包括 NACA 67₁-015，前缘形状关于弦中心线被反射。

19. 一种叶片，其包括依据权利要求 5 至 18 中任意一项的至少一个翼型。

20. 如权利要求 19 中所要求的叶片，其中叶片包括多个例如纵向间隔开的依据权利要求 5 至 18 中任意一项的部分的翼型或设计部分。

21. 如权利要求 19 或 20 中之任一项所要求的叶片，其中叶片包括 3 至 9 个翼型。

22. 如权利要求 19 至 21 中任意一项所要求的叶片，其中叶片包括 5 个翼型。

23. 如权利要求 19 至 22 中任意一项所要求的叶片，其中锥度比在 0.3 至 0.8 范围内。

24. 如权利要求 19 至 23 中任意一项所要求的叶片，其中锥度比为大约 0.5。

25. 如权利要求 19 至 24 中任意一项所要求的叶片，其中展弦比在 3 至 10 范围内。

26. 如权利要求 19 至 25 中任意一项所要求的叶片，其中展弦比为大约 6。

27. 如权利要求 19 至 26 中任意一项所要求的叶片，其中轮毂设定角在与轴向成 30°至 60°角的范围内。

28. 如权利要求 19 至 27 中任意一项所要求的叶片，其中轮毂设定角大约为 45°或 48°。

29. 如权利要求 19 至 28 中任意一项所要求的叶片，其中翼梢设定角在与轴向成 70°至 85°的范围内。

30. 如权利要求 19 至 29 中任意一项所要求的叶片，其中翼梢设定角为大约 79° 。

31. 如权利要求 19 至 30 中任意一项所要求的叶片，其中在中间高度处的叶片弦长度在 0.3m 至 3.0m 的范围内。

32. 如权利要求 19 至 31 中任意一项所要求的叶片，其中叶片弦长度大约为 1.0m。

33. 一种涡轮，其包括至少一个依据权利要求 19 至 32 中任意一项的叶片。

34. 如权利要求 33 所要求的涡轮，其中该涡轮包括多个叶片。

35. 一种如权利要求 33 或 34 所要求的涡轮、推进器或叶轮，其中涡轮包括 2 至 9 片叶片。

36. 一种如在权利要求 33 至 35 中任意一项所要求的涡轮、推进器或叶轮，其中涡轮包括 3 至 7 片叶片。

37. 一种如在权利要求 33 至 36 中任意一项所要求的涡轮、推进器或叶轮，其中涡轮包括 5 或 7 片叶片。

38. 一种如在权利要求 33 至 37 中任意一项所要求的涡轮、推进器或叶轮，其中轮毂直径与翼梢直径的比值在 0.1 至 0.5 范围内。

39. 一种如在权利要求 33 至 38 中任意一项所要求的涡轮、推进器或叶轮，其中轮毂直径与翼梢直径的比值大约为 0.2。

40. 一种如在权利要求 33 至 39 中任意一项所要求的涡轮、推进器或叶轮，其中翼梢直径在 5m 至 30m 的范围内。

41. 一种如在权利要求 33 至 40 中任意一项所要求的涡轮、推进器或叶轮，其中翼梢直径大约为 15m 至 20m。

42. 一种如在权利要求 33 至 41 中任意一项所要求的涡轮、推进器或叶轮，其中涡轮在使用中适于以 10 至 50rpm 的速率旋转。

43. 一种如在权利要求 33 至 42 中任意一项所要求的涡轮、推进器或叶轮，其中涡轮在使用中适于以大约 25rpm 的速率旋转。

44. 一种涡轮，其包括至少一个叶片，其中该至少一个叶片包括翼型，该翼型关于其翼弦是对称的。

45. 一种涡轮单元，例如水下涡轮单元或装置，其包括依据权利要求

33 至 38 中任一项或权利要求 44 的至少一个涡轮。

46. 依据权利要求 45 的涡轮单元，其中涡轮单元包括具有贯穿的流体或液体流动通道的壳体和安装在该流动通道中的依据权利要求 33 至 43 中之任意一项或权利要求 44 的至少一个涡轮，用于响应于流过流动通道的液体而旋转。

47. 依据权利要求 46 的涡轮单元，其中所述流动通道包括文氏管，所述文氏管包括会聚一发散的文氏管，从流动通道任一端的开口向流动通道的内部部分逐渐变细。

48. 依据权利要求 45 至 47 中任意一项的涡轮单元，其中壳体大致上关于其中点位置对称，以及涡轮中的至少一个涡轮大致上被定位在所述位置。

49. 依据权利要求 46 或在从属于权利要求 46 时的权利要求 47 或 48 的涡轮单元，其中从涡轮单元所潜入的水体内提供液体。

50. 依据权利要求 46 或在从属于权利要求 46 时的权利要求 47 至 48 中任意一项的涡轮单元，其中涡轮壳体包括外壳套和内壳套，所述内壳套限定所述流动通道。

51. 依据权利要求 46 或在从属于权利要求 46 时的权利要求 47 至 50 中任一项的涡轮单元，其中该壳体通过安装结构被固定至水下表面，且可选择地大致与潮汐或水流的方向一致。

52. 依据权利要求 46 或在从属于权利要求 46 时的权利要求 47 至 51 中任意一项的涡轮单元，其中壳体的轴向和潮汐或水流的方向之间的角度为大约 0° 至 45°。

53. 依据权利要求 46 或在从属于权利要求 46 时的权利要求 47 至 51 中的任意一项的涡轮单元，其中壳体的轴向和潮汐或水流的方向之间的角度为大约 0°。

54. 依据权利要求 45 至 53 中任意一项的涡轮单元，其中涡轮单元提供能够可释放地安装在涡轮单元中的部件。

55. 依据权利要求 54 的涡轮单元，其中该部件包括涡轮和泵装置中的至少一个。

56. 依据权利要求 54 或 55 中任一项的涡轮单元，其中涡轮单元部件

包含至少部分壳体，该至少部分壳体包括至少部分流动通道，该至少部分流动通道包括至少部分内壳套。

57. 依据权利要求 45 至 56 中任意一项的涡轮单元，其中涡轮单元在使用中响应于穿过流动通道的任一方向的流体流动被驱动。

58. 依据权利要求 46 或在从属于权利要求 46 时的权利要求 47 至 57 中任意一项的涡轮单元，其中流动通道或管道的入口和/或出口直径处于 7m 至 40m 的范围内，优选大约 20m。

59. 依据权利要求 46 或在从属于权利要求 46 时的权利要求 47 至 57 中任意一项的涡轮单元，其中流动通道或管道的最大直径为大约 20m。

60. 依据权利要求 46 或在从属于权利要求 46 时的权利要求 47 至 59 中任一项的涡轮单元，其中流动通道或管道的长度处于 7m 至 50m 的范围内

61. 依据权利要求 46 或在从属于权利要求 46 时的权利要求 47 至 60 中任意一项的涡轮单元，其中流动通道或管道的长度为大约 28m。

62. 一种部件，其能够可释放地安装在依据任意权利要求 45 至 61 中任意一项的涡轮单元中。

63. 一种诸如水下发电装置之类的发电装置，其包括至少一个依据权利要求 45 至 61 中任意一项的涡轮单元或装置。

64. 如权利要求 63 中所要求的发电装置，其中该发电装置包括电力发电机。

65. 如权利要求 63 或 64 中之任一项所要求的发电装置，其中该发电装置包括：

 泵装置，其可操作地连接至所述至少一个涡轮；

 发电机构，其由涡轮所驱动以及可选择地与所述至少一个涡轮单元分离地定位；和

 流体供给机构，其将泵装置连接至发电机构，用于将流体从泵装置供给用于发电的发电机构。

66. 如权利要求 65 所要求的发电装置，其中流体包括至少一个涡轮单元所潜入的液体。

67. 如权利要求 63 至 66 中任意一项所要求的发电装置，其中发电装

置适于产生作为交变电流/电压（AC）或直流电流/电压（DC）的电能。

68. 一种发电方法，其包括下面步骤：

提供依据权利要求 63 至 67 中任意一项的发电装置；

将发电装置的至少一个涡轮单元定位在水下；

响应于在至少一个方向上的流体流动，使至少一个涡轮单元的至少一个涡轮旋转。

69. 如权利要求 68 中所要求的发电方法，其中所述至少一个涡轮单元被定位在海床、海底或河床之一的上面、附近或上方。

70. 如权利要求 68 或 69 中之任一项所要求的发电方法，其中流体流动包括潮汐流动或水流动。

71. 如权利要求 68 至 70 中任意一项所要求的发电方法，其中至少一个涡轮响应于在一个方向上的流动流体在一个方向上旋转，以及所述至少一个涡轮响应于另一个方向上的流体流动在另一或相反方向上旋转。

72. 如权利要求 71 中所要求的发电方法，其中所述流体的一个方向和另一方向大致上方向相反。

73. 一种参考附图如此前所述的翼型。

74. 一种参考附图如此前所述的叶片。

75. 一种参考附图如此前所述的涡轮、推进器或叶轮。

76. 一种参考附图如此前所述的涡轮。

77. 一种参考附图如此前所述的涡轮单元。

78. 一种参考附图如此前所述的发电装置。

79. 一种参考附图如此前所述的发电方法。

带有双对称翼型的水涡轮

技术领域

本发明涉及一种改进的翼型 (aerofoil)、包括这样的翼型的叶片、包括至少一个这种叶片的涡轮，以及特别用于水下使用的包括这种涡轮的涡轮单元或装置。本发明还涉及包括这种涡轮的发电机以及使用这种涡轮发电的方法。本发明尤其但不是唯一地涉及双对称涡轮叶片，这种双对称涡轮叶片尤其使用于水下潮汐和/或水流驱动的涡轮。

背景技术

已知的是例如用于发电的水下发电机和相关联的涡轮单元。

WO 03/029 645 A1 (同样属于本申请人) 公开了一种发电机，例如电力发电机，包括至少一个水下涡轮单元，所述水下涡轮单元包含具有贯穿的液体流动通道的壳体和被安装在流动通道中用于响应于穿过通道的液体流动而旋转的至少一个涡轮装置。该涡轮单元还包括在操作中连接至涡轮装置的泵装置。该涡轮单元提供能够可释放地安装在该涡轮单元中的涡轮单元部件，该部件包括至少一个涡轮装置和泵装置中的至少之一。在所公开的实施例中，涡轮单元部件还包括至少部分流动通道。

前述文献的内容在这里通过引用被合并。

已知潮汐或水流电力发电机试图以对环境友好的方式解决日益增长的能量需求的需要。然而，已知发电机具有许多问题，例如，潮汐和/或水流转换至电能的相当低的转换效率。

所谓“对称” 翼型是已知的，并且被用于飞行器的稳定表面，例如垂直尾翼和水平尾翼，以及还用于在正向和反向均需要高的“升举”力的高特技飞行器的机翼。这些翼型具有零“拱度 (camber)”，或者换言之，具有直的中弧线 (mean line)，其被赋予 (clothed) 关于中弧线对称的流线形式。这种流线形式从前到后是不对称的，带有钝的前缘和尖锐的尾缘。

这种形式还被用于船体。传统上，前缘或“进口”比起船体的向后曲线或“去流段(run)”是容易设计的。这反映了在前面具有下降压力的一般加速流动，而流动必须向后缘减速，以及在那里上升压力趋于强制使流动从表面“分离”。产生的浑乱尾流赋予非常高的阻力(drag)，以及当涉及航行器机翼时，导致上升的失败。

在整个上世纪中，研发了大量的翼型形式。特别是由 NACA 开发了系统设计体系，使用流线型形状系列来包装具有变化曲率的拱弧线(camber line)。甚至在拱度(camber)为零，拱弧线仅为一条直线时，经验流线型在最大厚度的位置和前缘的相对尺寸方面发生改变。

本发明的至少一个方面的至少一个实施例的目的是消除或至少缓解现有技术中的一个或多个问题。

本发明的至少一个方面的一个或多个实施例的另一目的是提供一种水下涡轮单元，该水下涡轮单元在使用中由潮汐和/或水流驱动且能够优选地工作在退潮和/或涨潮中而无需移动或重新调整到潮汐流动方向。

本发明的至少一个方面的至少一个实施例的又一目的是提供一种发电装置或站，其基本上或整体位于水下，从而最小化对环境的影响。

本发明的至少一个方面的至少一个实施例的又一目的是提供一种发电装置，其中不用潜水员或 ROV(遥控操作车辆)干涉就可以实施维护。

本发明的至少一个方面的至少一个实施例的另一目的是提供一种翼型形式，其对于来自任一方向的流动具有相对高的抬升和低的阻力。

本发明的至少一个方面的至少一个实施例的另一目的是提供一种翼型，其适于使用在用于进行潮汐或水流能量提取的涡轮中，例如反向潮汐提供来自大致相反方向的流动的情形。

本发明的至少一个方面的至少一个实施例的另一目的是提供一种翼型形式，其适于流动周期性地改变方向时的能量提取。

本发明的至少一个方面的至少一个实施例的另一目的是提供一种双向翼型形式，其具有相当低的阻力和良好的结构刚性、容许相当宽范围的迎流角度。

本发明的至少一个方面的至少一个实施例的另一目的是提供一种用于生产翼型系列的设计步骤教导，通过缩放基本剖面(profile)，所述翼

型系列具有适于结构负荷的最大厚度。

本发明的至少一个方面的至少一个实施例的另一目的是提供一种用于生产翼型系列的步骤的教导，从而设计新的基本翼型，以在作为用于双对称反射式剖面的基础的要求厚度下提供有利的速度分布。

发明内容

依据本发明的第一方面，提供一种翼型，其中翼型关于其弦中心线是对称的。

这里，弦中心线是指沿着翼型的翼弦（chord）的大致中间位置在高度方向上或宽度方向上延伸的线。

优选地，翼型关于其翼弦是对称的。

因此，这种翼型可以说是双对称的。

优选地，翼型包括第一和第二前缘。

优选地，各个前缘的形状为部分圆形。

优选地，翼型的翼弦包括直线。换言之，翼型的拱度为零，拱弧线包括直线。

优选地，弦中心线大致上垂至于该翼弦。

优选地，翼型的高度在弦中心线处或附近是最大的，朝向任一端减小。

优选地，弦中心线高度或厚度与弦长度的比值为大约 5% 至 25%，更优选地，为 12% 至 20%，有利地大致为 15%。

更优选地，翼型的最大高度或厚度的位置大致在弦中心线处，即沿翼弦的 50% 处。

本发明的有益实施方案提供双对称翼型，其具有零拱度和在弦中心线处的最大高度或厚度。

更优选地，翼型形状包括 NACA 67，特别是 NACA 67₁—015，前缘形状关于弦中心线被反射（reflect）。

依据本发明的第二方面，提供一种叶片，其包括依据本发明第一方面的至少一个翼型。

优选地，叶片包括依据本发明第一方面的多个翼型（或设计部分，例如纵向间隔开的部分），例如处于 3 至 9 的范围内，优选为 5。

优选地，锥度比(taper ratio)，即翼梢弦长(tip chord)对轮毂弦长(hub chord)的比值，可以在0.3至0.8的范围内，以及优选为大约0.5。

优选地，展弦比(aspect ratio)，即平均弦长(mean chord)对叶片高度的比值可以在3至10的范围内，优选为大约6。

优选地，轮毂(hub)设定角可以在与轴向成30°至60°角的范围内，优选为大约45°或48°。

优选地，翼梢(tip)设定角可以在与轴向成70°至85°角的范围内，优选为大约79°。

优选地，在中间高度处的叶片弦长度可以在0.3m至3.0m的范围内，优选为大约1.0m。

依据本发明的第三方面，提供一种包括至少一个依据本发明第二方面的叶片的涡轮(turbine)、推进器(propeller)或叶轮(impeller)。

涡轮可以包括多个叶片，例如在2至9个叶片的范围内，优选3至7个叶片，在有益实施方案中为5或7个叶片。

优选地，轮毂直径对翼梢直径的比值可以在0.1至0.5范围内，优选为大约0.2。

优选地，翼梢直径可以在5m至30m的范围内，优选为大约15m至20m。

涡轮在使用中可以适于以10 rpm至50rpm的速率旋转，优选为大约25rpm。

依据本发明的第四方面，提供一种包括至少一个叶片的涡轮，其中该至少一个叶片包括翼型，该翼型关于其翼弦对称。

第四方面的涡轮可选择地包含第三方面的涡轮或第二方面的叶片或第一方面的翼型的任意特征。

依据本发明的第五方面，提供一种例如水下涡轮单元或装置的涡轮单元，其包括依据本发明第三或第四方面之任一方面的至少一个涡轮。

优选地，涡轮单元包括具有贯穿的流体或液体流动通道的壳体和安装在流动通道中的依据本发明的第三或第四方面之任一方面的至少一个涡轮，用于响应于流过流动通道的液体而旋转。

流动通道可以包括文氏管(venturi)，例如会聚一发散文氏管，其从流

动通道任一端的开口向流动通道的内部部分逐渐变细。这种结构在使用中可以提供流过流动通道的流体流动的加速区域。

壳体可以大致上关于其中间点位置对称，所述至少一个涡轮可以大致上被定位在那里。

可以从涡轮单元被潜入的水体内提供液体。

涡轮壳体可以包括内壳套以及可选地包括外壳套，内壳套限定流动通道。

该壳体可以通过安装结构被固定至水下表面，以及可以大致与潮汐(潮汐流)或水流的方向一致。

壳体的轴向和潮汐或水流的方向之间的角度可以为大约 0° 至 45° ，优选地在 0° 至 22° 之间，有利地为大约 0° 。

涡轮单元可以提供能够可释放地安装在涡轮单元中的部件。该部件可包括涡轮和泵装置中的至少一个。

涡轮单元部件可包含至少部分壳体，例如至少部分流动通道，该至少部分流动通道包括至少部分内壳套。

优选地，涡轮单元可以被驱动，即可以使涡轮在使用中响应于穿过流动通道的任一方向的流体(潮汐和/或水流)流动而旋转。换言之，涡轮单元可以工作在退潮和涨潮两者中。涡轮可以在潮汐流的第一方向下以第一旋转方向旋转，以及涡轮可以在潮汐流的第二、相反方向下以第二、相反的旋转方向旋转。

优选地，流动通道或管道的入口和/或出口(流出口)直径可以在7m至40m的范围内，优选为大约20m。

优选地，流动通道或管道的长度可以在7m至50m的范围内，优选为大约28m。

依据本发明的第六方面，提供一种能够可释放地安装在依据本发明第五方面中的涡轮单元中的部件。

依据本发明的第七方面，提供一种发电装置，例如水下发电装置，包括依据本发明第五方面的至少一个涡轮单元或装置。

更优选地，发电装置包括电力发电机。

优选地，该发电装置可进一步包括：

泵装置，其可操作地连接至至少一个涡轮；

发电机构，其由涡轮所驱动以及可选择地与所述至少一个涡轮单元分离地定位；和

流体供给机构，其将泵装置连接至发电机构，用于从泵装置将流体供给用于发电的发电机构。

流体可以包括液体。

该发电装置可以适于产生作为交变电流/电压（AC）或直流电流/电压（DC）的电能。

依据本发明的第八方面，提供一种发电方法，其包括下面步骤：

提供依据本发明第七方面的发电装置；

将发电装置的至少一个涡轮单元定位在水下；

响应于在至少一个方向上的流体流动，使至少一个涡轮单元中的至少一个涡轮旋转。

优选地，至少一个涡轮单元被定位在海床、海底、河床等的上面、附近或上方。

优选地，流体流动可包括潮汐流动例如退潮和/或涨潮、潮汐流流动或水流流动。

优选地，至少一个涡轮响应于一个方向上的流体流动在一个方向上旋转，以及至少一个涡轮响应于另一个方向上的流体流动在另一或相反方向上旋转。

流体的一个方向和另一方向在方向上可以是至少部分相反，以及在方向上大致相反，例如一个方向可以是退潮流动的方向而另一方向可以是涨潮流动的方向。

依据本发明的第九方面，提供一种包括至少一个涡轮的水下涡轮单元，该涡轮包括至少一个叶片，该至少一个叶片包括关于其弦中心线对称的翼型。

翼型有益地关于其翼弦对称。换言之，翼型可以是“双对称的”。

水下涡轮单元可以包含具有贯穿的流体或液体流动通道的壳体，流动通道可选择地和有益地提供文氏管或加速区域，至少一个涡轮被安装在流动通道中，用于响应于穿过流动通道的流体流动而旋转。

在涡轮轮毂处的翼型的翼弦可以与穿过流动通道的流动方向或涡轮的旋转轴线大致成 30°至 60°之间的角。

附图说明

参考附图，现在将描述仅仅作为例子的本发明的实施例，附图为：

图 1 为依据本发明实施例的翼型的横截面侧视图；

图 2 为从叶片的一侧和一端看去的透视图，所述叶片包括依据图 1 的翼型；

图 3 为涡轮的透视图，所述涡轮包括依据图 2 的多个叶片；

图 4 为水下涡轮单元的透视图，所述水下涡轮单元包括依据图 3 的涡轮；

图 5 为依据本发明第一实施例的水下发电装置的示意图，所述水下发电装置包括多个依据图 4 的多个涡轮单元；

图 6 为用于图 1 中翼型的各个迎角（迎角）处的速度分布的曲线图；

图 7 为用于图 1 中翼型的预测行为的曲线图；

图 8 为依据本发明第二实施例的水下发电装置的示意图；和

图 9 为图 8 中的水下发电装置在维护期间的示意图。

具体实施例

首先参考图 1，显示了依据本发明实施例的翼型，总的以 5 表示。翼型 5 关于其弦中心线 A 是对称的。这里，弦中心线 A 是指沿翼型 5 的翼弦 B 从大致一半处在高度方向上（或宽度方向上）延伸的线。在这个实施例中，翼型 5 还关于翼弦 B 是对称的。因此，翼型 5 可被称为是“双对称的”。

翼型 5 包括第一和第二前缘 10、15，各个前缘 10、15 在形状上是部分圆形的。

翼型 5 的翼弦 B 包括直线。换言之，翼型 5 的拱度为零，拱弧线包括直线。弦中心线 A 可以是看起来垂直于翼弦 B。另外，翼型 5 的高度在弦中心线 A 处或附近是最大的，朝向任一端减小，也就是朝向各个前缘 10、15 减小。弦中心线高度或厚度与弦长度的比值典型地为大约 5% 至 25%，更典型地在 12% 和 20% 之间，以及在这个实施例中为大约 15%。另外，

翼型 5 的最大高度或厚度的位置大致上在弦中心线 A 处，即沿翼弦 B 的大约 50% 的位置。因此，翼型 5 的本实施例提供双对称的翼型 5，具有零拱度和在弦中心线处的最大高度或厚度。

在这个实施例中的优选实施方案中，翼型 5 的形状包括 NACA 67 系列剖面，特别是 NACA 67, -015，前缘形状关于弦中心线被反射 (reflect)。

现在参考图 2，示出了包括至少一个翼型 5 的叶片 20。该叶片 20 包括多个翼型（或纵向间隔的设计部分）5a 至 5e，例如在 3 至 9 个设计部分的范围内，优选如图 2 中所示的 5 个设计部分。

锥度比，即翼梢弦长对轮毂弦长的比值，可以在 0.2 至 0.8 的范围内，以及在这个实施例中为大约 0.5。展弦比，即平均弦长对叶片高度的比值可以在 3 至 10 范围内，以及在这个实施例中为大约 5。轮毂设定角或翼差 (stagger) 角可以是在与轴向成 30° 至 60° 的范围内，以及在这个实施例中为大约 45° 或 48°。翼梢设定角或翼差角可以在与轴向成 70° 至 85° 范围内，以及在这个实施例中为大约 79°。因此，可以理解，在轮毂和叶梢之间，叶片 20 典型地是扭曲的。在中间高度处的叶片弦长度在 0.3 米至 3 米的范围内，以及在这个实施例中为大约 1 米。

现在参考图 3，示出包括至少一个叶片 20 的涡轮，总的以 25 表示。在这个实施例中，涡轮 25 包括多个叶片 20a 至 20e，例如在 2 至 9 个叶片的范围内，典型地在 3 至 7 个叶片范围内，在这个有益实施方案中为 5 个叶片，尽管在替代有益实施例中也可以提供 7 个叶片。涡轮 25 包括轮毂结构 30，该轮毂结构 30 上安装有旋转轮毂 35，叶片 20a 至 20e 从旋转轮毂 35 向外在径向上伸展。

轮毂直径对翼梢 (tip) 直径的比值在 0.1 至 0.5 范围内，以及在这个实施例中为大约 0.2。翼梢直径在 5 米至 30 米的范围内，以及在这个实施例中为大约 15 米。另外，涡轮 25 适于在使用中以 10rpm 至 50rpm 的速率旋转，以及在这个实施例中为大约 25rpm。

现在参考图 4，示出包括涡轮 25 的涡轮单元，特别是水下涡轮单元或装置，总的以 30 表示。涡轮单元 30 包括具有贯穿的流体或液体流动通道 40 的壳体或管道 35 和安装在流动通道 40 中的至少一个涡轮 25，用于响应于流过流动通道 40 的液体/流体（水）流动而旋转。流动通道 40 限定

包括文氏管的流动限制，所述文氏管包括会聚一发散的文氏管，从流动通道 40 的任一端的开口 45、50 处向流动通道 40 的内部部分 55 逐渐变细。壳体 35 关于中间点位置 55 大致上是对称的，以及涡轮 25 大致上被定位在流动通道 40 内的中间点位置 55 处。涡轮单元 30 还包括支撑结构，用于将涡轮单元 30 支撑在海床、海底、河床等等上，所述支撑结构在图 4 中没有示出。从涡轮单元 30 被潜入在其中的水体例如海水中提供用于驱动涡轮 25 的液体。

如图 4 中所示，壳体或管道 35 包括单个套管。在这种实施方案中，壳体或管道 35 在其两端之间在外表面上具有狭窄或减小的腰部，以及在这个例子中，在其两端之间的大致中间位置具有所述腰部。然而，在变型实施方案中涡轮壳体 35 可以包括外壳套和内壳套，其内套限定流动通道 40。

在使用中，该壳体 35 可通过支撑体或安装结构（未显示）被固定至水下表面，以及可以大致与预期的潮汐或水流的方向一致。壳体 35 的实际方向和潮汐或水流的方向之间的角度可以为大约 0° 至 45° 之间，以及在这个实施例典型地为大约 0°。

流动通道 40 的入口和/或出口直径可以在 7 米至 40 米的范围内，以及在这个实施例为大约 20m。流动通道 40 或管道的长度在 7 米至 50 米的范围内，典型地在这个实施例为大约 28 米。如可从图 4 中所看到的，涡轮单元 30 还包括支撑支柱 41，用于将涡轮 25 支撑在管道 35 内。另外，固定轮毂 30 包括前锥体 42 和尾锥体 43。

现在参考图 5，示出发电装置，总的以 60 表示，其包括通过电缆 65 可操作地链接或连接的多个涡轮单元 30。各个涡轮单元 30 包括支撑结构 70，用于将各个涡轮单元 30 定位在海床 75 上。在这个实施例中，发电装置 60 包括电力发电机。该发电装置 60 在各个涡轮单元内包括：泵装置，其可操作地连接至至少一个涡轮 25；发电机构（未显示），其由涡轮 25 所驱动以及可选择地与所述至少一个涡轮单元 30 分离地定位；和流体供给机构，其将泵连接至发电机构，用于从泵装置将流体供给用于发电的发电机构。流体可选择地且有益地包括涡轮单元 30 被潜入在其中的液体。

该发电装置 60 可以适于产生作为交变电流（AC）或直流电流（DC）

的电能。

在使用中，该发电装置 60 被采用在发电方法中。该方法包括下面步骤：

提供发电装置 60；

将发电装置 60 的各个涡轮单元 30 定位在水下；和

响应于在至少一个方向上的流体流动，使至少一个涡轮单元 30 中的至少一个涡轮 25 旋转，以及优选地在两个潮汐流动方向上。

如可从图 5 中看到的，至少一个涡轮单元 30 被定位在海床、海底或河床等上。流体流动包括潮汐流动例如退潮和/或涨潮或者可替换的为水流。至少一个涡轮 25 响应于一个方向上的流体流动在一个方向上旋转，以及至少一个涡轮响应于另一个方向上的流体流动在另一或相反方向上旋转。流体流动的所述一个方向和另一方向可以是在方向上至少部分相反，以及在方向上大致相反，例如一个方向可以是退潮流动的方向而另一方向可以是涨潮流动的方向。

同等良好地在两个方向上操作的要求迫使在翼型设计上的一种折衷——实际上是在背对背的两个前缘或背对背的两个后缘之间的选择。尽管薄后缘被认为对低阻力是重要的，但是薄前缘将不允许迎角的变化，重要的是翼型不应当停滞在至少 5° 度，优选等于 10° 的迎角处。因此，翼型 5 具有圆化的前缘，通过限制最大厚度将使阻力最小化。

最大厚度被定位在翼型 5 的中间点处在 50% 翼弦处，这实现用于低速应用的非常独特的翼型 5。前缘几何结构不是任意的。即使在前缘被加大时，使用 Eppler 翼型设计和分析程序的计算显示：简单伸展的椭圆很有可能不会令人满意。参见 Eppler R, "Aerofoil Design and Data (翼型设计和数据)" Springer, 1991。

可以选择标准翼型前缘，但是因为几乎所有在先公开的翼型在弦中心线之前具有其最大厚度，所以选择受到限制。然而，使用指定 NACA 67₁-015 的基本厚度形式，NACA 67 系列翼型真正符合这种要求。这种翼型具有 15% 的最大厚度，提供合理的梁深度 (spar depth) 和低的总阻力。翼型 5 是为获得大层流区域而被设计的翼型中的一个，其与可能操作的雷诺数 (Reynolds number) 无关，但是这种设计过程获得的平滑流动确保了

良好的边界层发展，并允许迎流流动。因为双对称翼型没有拱度，因此所有升高必需通过在非零入射下的操作来产生。

因此，所公开的这种新型翼型 5 的实施例基于 NACA 671-015 的前半部分关于 50% 翼弦线反射。在分析的过程中，发现必需对前缘和后缘的圆添加额外的限定点。在下面表 1 中阐明翼型形状的坐标：

表 1：双对称翼型 5 的坐标：

X %c	y _u %c	y _l %c
0.000	0.000	0.000
0.100	0.559	-0.559
0.300	0.937	-0.937
0.500	1.167	-1.167
0.750	1.394	-1.394
1.250	1.764	-1.764
2.500	2.395	-2.395
5.000	3.245	-3.245
7.500	3.900	-3.900
10.000	4.433	-4.433
15.000	5.283	-5.283
20.000	5.940	-5.940
25.000	6.454	-6.454
30.000	6.854	-6.854
35.000	7.155	-7.155
40.000	7.359	-7.359
45.000	7.475	-7.475
50.000	7.497	-7.497
55.000	7.475	-7.475
60.000	7.359	-7.359
65.000	7.155	-7.155
70.000	6.854	-6.854
75.000	6.454	-6.454

80.000	5 .940	-5 .940
85.000	5 .283	-5 .283
90.000	4 .433	-4 .433
92.500	3 .900	-3 .900
95.000	3 .245	-3 .245
97.500	2 .395	-2 .395
98.750	1 .764	-1 .764
99.250	1 .394	-1 .394
99.500	1 .167	-1 .167
99.700	0 .937	-0 .937
99.900	0 .559	-0 .559
100.000	0 .000	0 .000

U = 上

L = 下

已经使用 Eppler 程序分析了翼型 5，所述 Eppler 程序计算速度分布和边界层展开 (development)。在所关注的雷诺数处，在 3-10 百万 (million) 的范围内，程序没有预测“起泡警告”、没有层流或湍流分离。在图 6 中显示出在从 0 至 12 度的迎角下的剖面及其预期速度分布。

图 7 显示 Eppler 程序的结果。阻力系数在 0.5 的升力系数下在 0.010 以下，这对应于大约 4.5° 的迎角。对应 5 百万雷诺数的结果显示层流“牵斗 (drag bucket)”，阻力系数在零迎角下降至 0.006。这种影响在更低雷诺数下更强。

将预测的阻力系数转变为 85% 至 90% 的预测涡轮系数，尽管这取决于对二级损耗的估计。

模拟涡轮试验已经证实，使用翼型 5 的模拟带管道涡轮在两个方向上在大约 300,000 雷诺数（基于叶片弦）下均获得 80% 至 85% 的效率。

这里所述的 15% 厚翼型 5 在结构和空气动力学效率之间提供了良好折衷，但是在某些环境中选择其它厚度是有利的。例如，涡轮叶片在根部处具有 20% 的厚度-弦长比且在尖端处具有较薄的 12% 厚度形式时将得益于

增加的刚性。有两种途径获得这种类似双对称翼型的“系列”。

第一，在关于弦中心线反射剖面之前，基本 NACA 67, -015 厚度形式可以被缩放至任意期望的厚度。然后，得到的剖面的性能可以使用翼型和边界层分析软件或 CFD 来核查。

第二，更精细方法是使用 Eppler 程序，例如设计具有理想厚度的新的但传统的对称翼型，其最大厚度在 50% 翼弦处，然后关于弦中心线反射这个剖面。该第二种方法更可靠，因为初始 NACA 剖面以类似方式设计且其在被简单缩放时其空气动力学性能不必保持。该设计软件确保了获得有利的速度分布，直至迎角的某一规定值。

现在参考图 8、9，显示了依据本发明中第二实施例的发电装置，总的以 160 表示。该发电装置 160 包括多个涡轮单元 130 且类似于图 5 中所示的第一实施例中的发电装置 60，包括具有图 1 中翼型 5 形式的叶片（未显示）。

然而，图 8、9 中的涡轮单元 130 不同于图 5 中发电装置 60 中的涡轮单元 30 之处在于：涡轮单元 130 提供能够可释放地安装在涡轮单元 130 中的部件 165。该部件 165 包括至少一个涡轮和泵装置（未显示）。有利地，如可从图 9 中所看到的，部件 165 包括至少部分管道 135。部件 165 经由可打开和可闭合的部件 170 可从涡轮单元 130 释放。部件 165 可以通过船舶等 175 等退回到表面，用于维护或更换的目的，此后可以被重新安装或放置在涡轮单元 130 中。

因此，图 8、9 中的发电装置 160 类似于 WO03/029645A1（同样属于本申请人）中公开的发电装置，但是包含本发明的新的且有创造性的翼型 5。

应当理解，此前所述的本发明的实施例仅仅通过例子被给出，并不意味着以任何方式对本发明进行限制。还应当理解的是，所公开的实施例中的任何一个可选择地包括如对本发明说明书中所列举的一个或多个本发明的特征。

另外应理解的是，所公开的实施例中的任何一个可以被改变以包括所公开的任何其它实施例的任一特征。

前述实施例提供了不需水下偏航机构但允许潮汐流动在任一方向驱

动涡轮的管道式涡轮。这通过新型涡轮叶片设计被获得，所述新型涡轮叶片设计在任一方向的流动下工作时提供相当高的效率。由于相对轴向的涡轮叶片角相对较高，涡轮的旋转方向在潮汐流动方向改变时将会发生倒转。

还应当理解的是，尽管在所公开的实施例中涡轮单元具有一个涡轮，但可以设想在变型方式中涡轮单元可具有多于一个的涡轮，例如一系列涡轮。

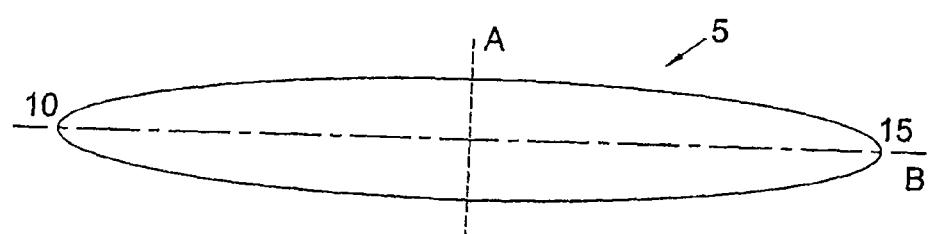


图 1

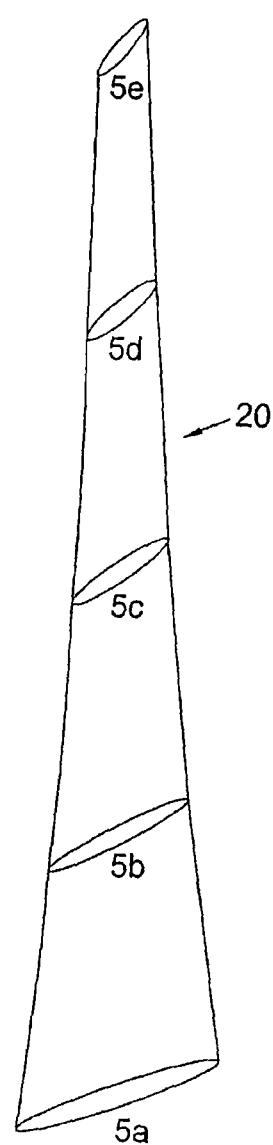


图 2

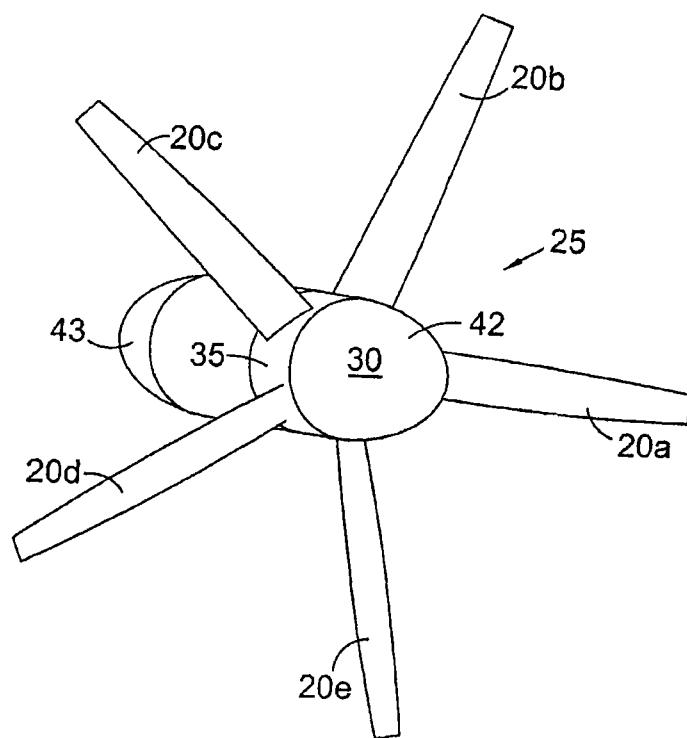


图 3

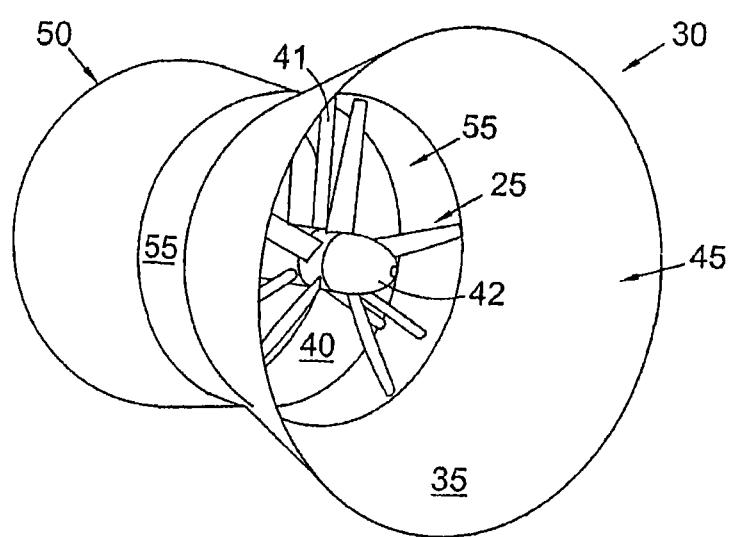


图 4

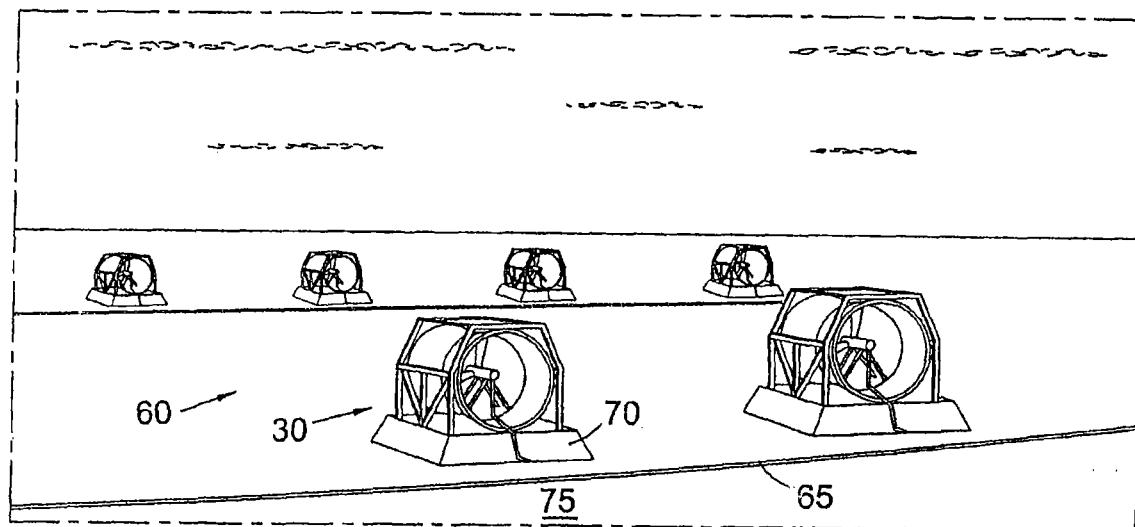


图 5

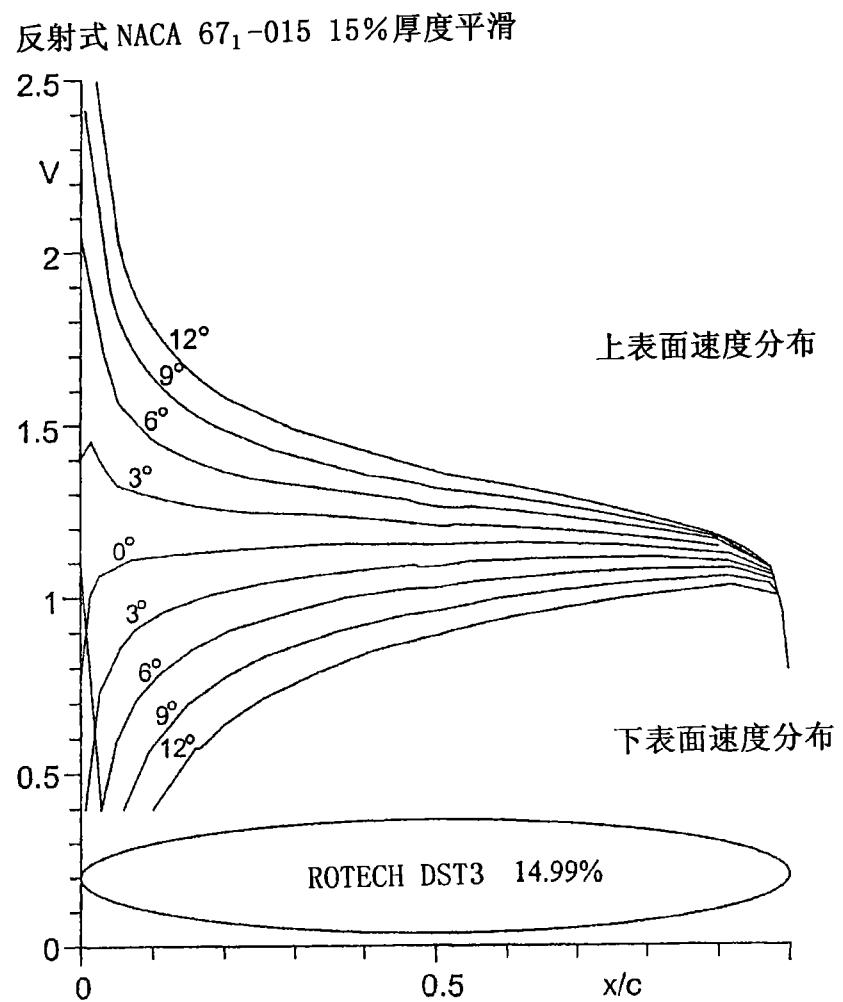


图 6

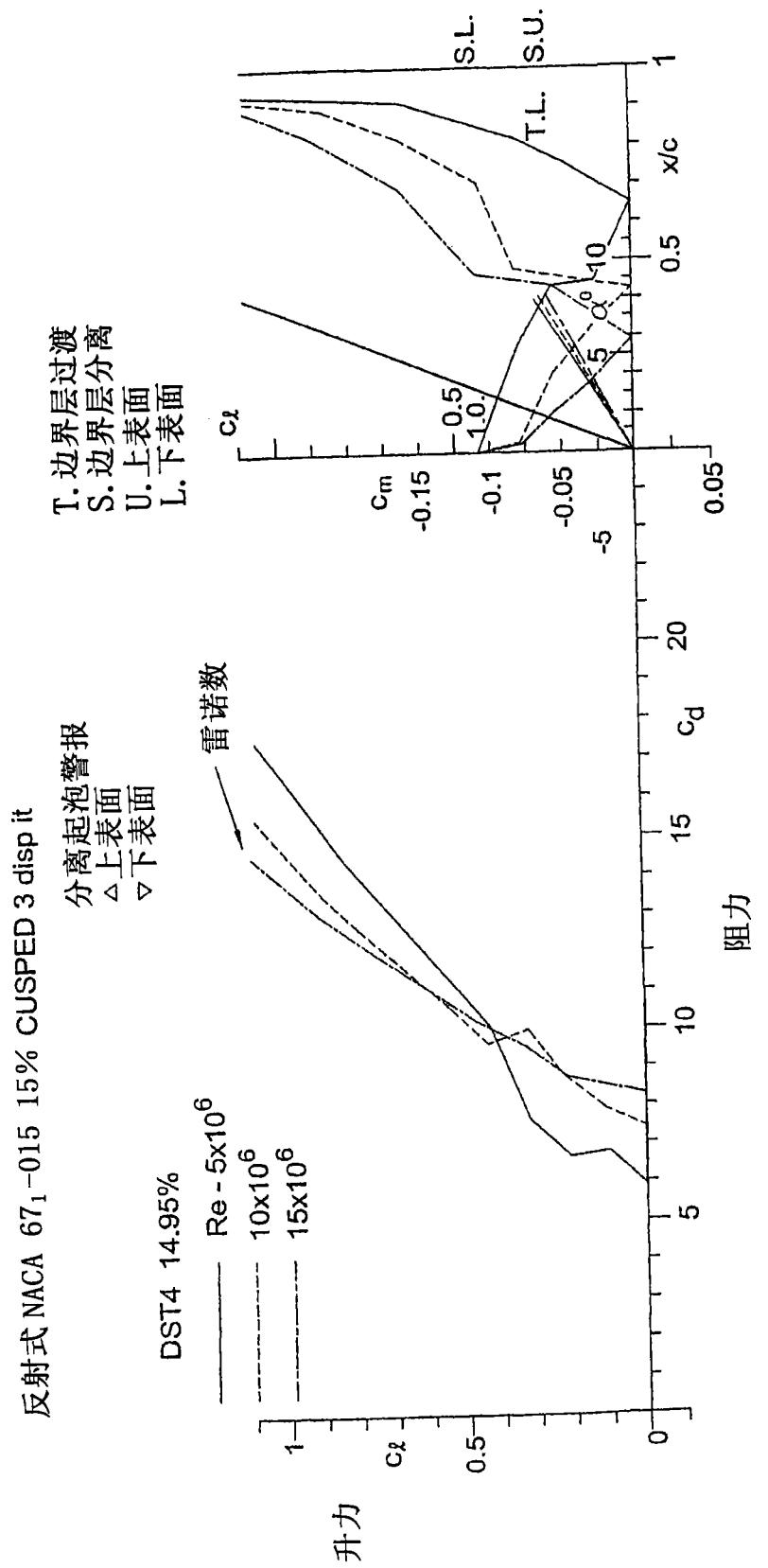


图 7

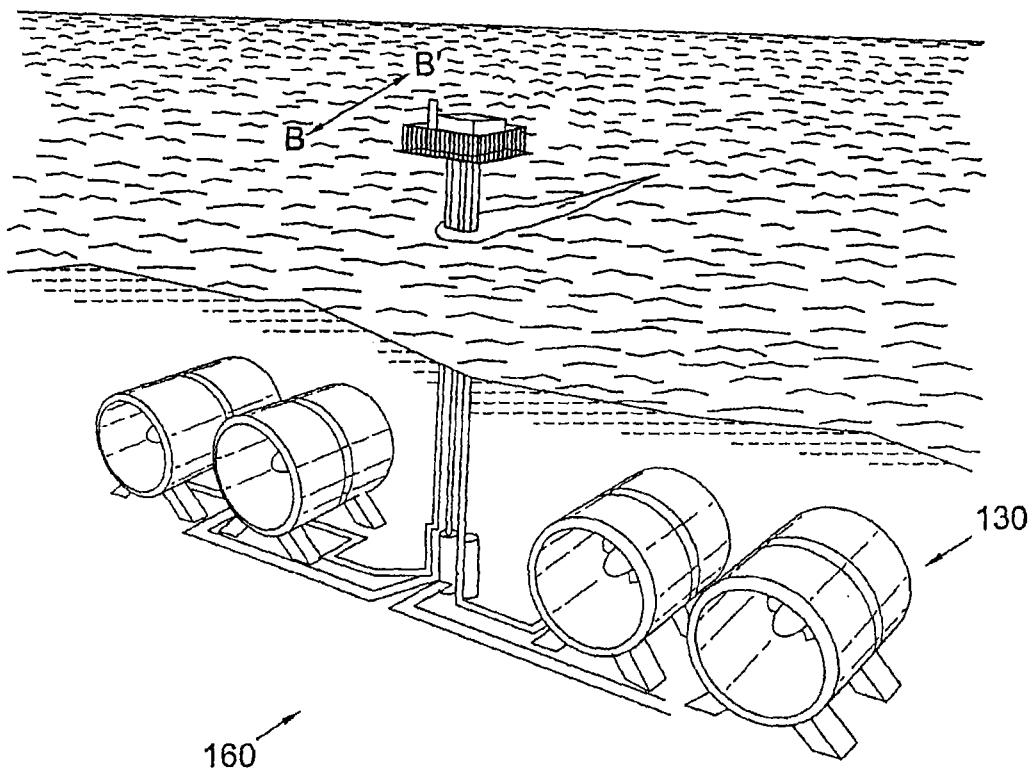


图 8

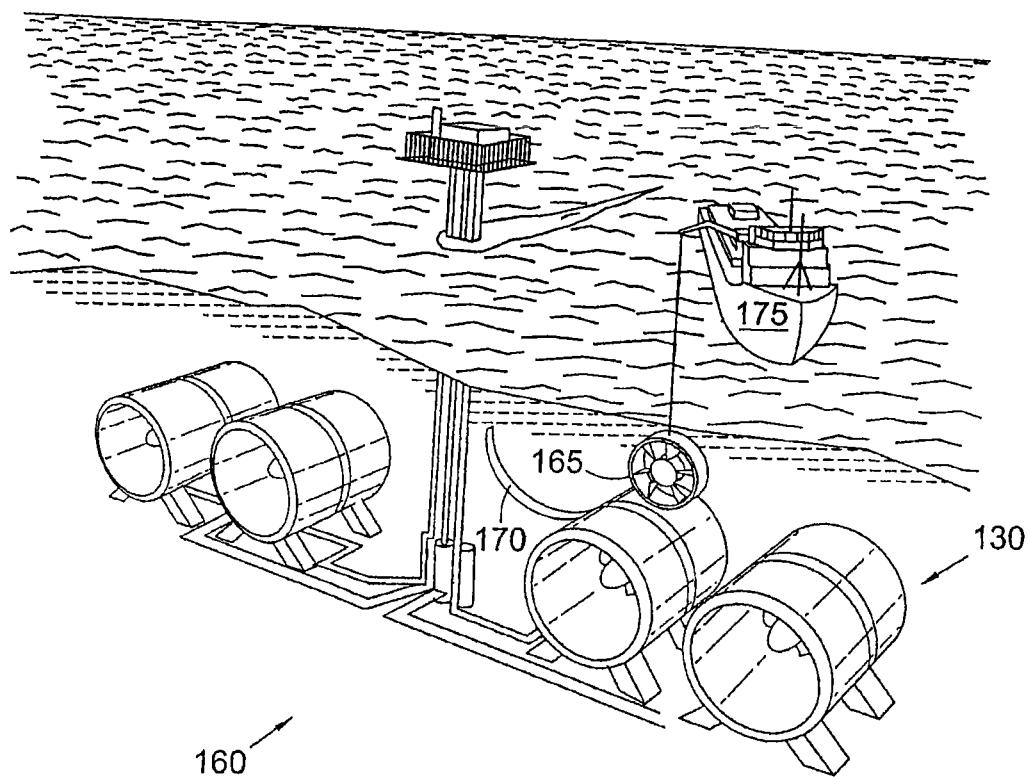


图 9