(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2015 年 9 月 17 日 (17.09.2015)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2015/135359 A1

(51) 国际专利分类号:
*E21D 9/08* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2014/094660

(22) 国际申请日: 2014 年 12 月 23 日 (23.12.2014)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201410083908.3 2014 年 3 月 10 日 (10.03.2014) CN

(71) 申请人: **天津大学 (TIANJIN UNIVERSITY)** [CN/CN]; 中国天津市南开区卫津路 92 号, Tianjin 300072 (CN)。

(72) 发明人: **张茜 (ZHANG, Qian)**; 中国天津市南开区卫津路 92 号, Tianjin 300072 (CN)。 **亢一澜 (KANG, Yilan)**; 中国天津市南开区卫津路 92 号, Tianjin 300072 (CN)。 **侯振德 (HOU, Zhende)**; 中国天津市南开区卫津路 92 号, Tianjin 300072 (CN)。 **蔡宗熙 (CAI, Zongxi)**; 中国天津市南开区卫津路 92 号, Tianjin 300072 (CN)。

(74) 代理人: **天津市北洋有限责任专利代理事务所 (BEI&OCEAN)**; 中国天津市南开区鞍山西道时代公寓 A 座 603, Tianjin 300193 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明，要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明，要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:
— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

WO 2015/135359 A1

(54) **Title**: METHOD FOR DETERMINING NUMBERS OF CUTTERS AT DIFFERENT MOUNTING RADII OF SHIELD CUTTER HEAD

(54) **发明名称**: 盾构刀盘不同安装半径处刀具数量的确定方法

(57) **Abstract**: A method for determining the numbers of cutters at different mounting radii of a shield cutter head comprises: dividing the cutter head into two regions; respectively calculating pushing stresses $\sigma_1$ and $\sigma_2$ at respective mounting radii within regions 1 and 2; and determining the numbers of cutters $n_1$ and $n_2$ at the respective mounting radii within the regions 1 and 2. This method enables cutters at different positions of the cutter head to have the similar service life, reduces the number of times for replacing the cutters, and lowers production costs.

(57) **摘要**: 一种盾构刀盘不同安装半径处刀具数量的确定方法，包括：将刀盘划分为两个区域；分别计算区域 1 和 2 内各条安装半径处的推进应力 $\sigma_1$ 和 $\sigma_2$；确定区域 1 和 2 内各条安装半径处的刀具数量 $n_1$ 和 $n_2$。该方法能使刀盘的不同位置处刀具的使用寿命接近，减少换刀次数，降低生产成本。

# 盾构刀盘不同安装半径处刀具数量的确定方法

## 技术领域

本发明属于盾构机械技术，具体涉及一种盾构刀盘不同安装半径处刀具数量的确定方法。

## 背景技术

盾构是地下工程中的典型掘进装备，目前已被广泛应用于各类隧道工程建设中。刀盘位于装备最前方。在盾构机中，刀盘以及刀具如同是人的“牙床”和“牙齿”，属于掘进装备的核心部件。目前的盾构刀盘，原则上是刀盘安装半径不同而设置的刀具数量相同，即不同半径每一圈刀具的数量相等。然而，由于刀盘上不同区域所受的载荷并不均匀，而且刀具处在不同的刀盘位置，其切削轨迹也不相等（一般越靠近刀盘边缘处载荷越大，当然刀具切削的轨迹也相对越长）。如果按目前的设计方法，在不同半径上设置相同数量的刀具，则靠近刀盘外缘处的刀具首先会先被损坏。如果根据刀盘上不同的半径设置不同数量的刀盘，那么其设计的依据在哪里？由于盾构掘进属于地下封闭施工，开仓换刀十分困难且成本昂贵。因此，本发明提出一种盾构刀盘科学确定刀具数量的方法，能考虑到刀盘不同位置处的受力特征以及刀具切削轨迹差异，使刀盘不同位置处刀具的使用寿命尽量接近，以减少换刀次数，降低生产成本。

## 发明内容

本发明的目的是，提出一种盾构刀盘不同安装半径处刀具数量的确定方法，为盾构装备设计提供科学有效的参考依据。

盾构刀盘不同安装半径处刀具数量的确定方法，包括五个步骤：

(1) 根据受力特征，首先将刀盘划分为两个区域，然后分别确定这两个区域内每一条安装半径上所需的刀具数量：如果刀具安装半径满足区域$0<r_1\le\frac{R}{3}$，划入区域 1，如果刀具安装半径满足区域$\frac{R}{3}<r_2\le R$划入区域 2，其中$r_1$和$r_2$分别代表区域 1 和区域 2 内刀具的各条安装半径，$R$为刀盘半径；

(2) 计算区域 1 内的推进应力$\sigma_1$：

$$\sigma_1=\frac{54E\delta}{13\pi R\left(1-\mu^2\right)}-\frac{14}{13}\sigma_s,$$

式中：$E$为土体弹性模量，$\mu$为土体泊松比，$\delta$为掘进进尺，$\sigma_s$为土体的应力极限；

(3) 确定区域 1 内的刀具数量$n_1$：

$$n_1 = \frac{n_s r}{\sigma_s R}\sigma_1$$

式中：$n_s$为刀盘边缘处的刀具数量；

(4) 计算区域 2 内的推进应力$\sigma_2$：

$$\sigma_2 = \frac{3}{2R}(r-R)(\sigma_s-\sigma_1)+\sigma_s$$

(5) 确定区域 2 内的刀具数量$n_2$：

$$n_2 = \frac{n_s r}{\sigma_s R}\sigma_2$$

由此可给出盾构刀盘两个区域内各条安装半径上所需刀具的具体数量。

每个刀盘上有若干条刀具的安装半径，位于区域 1 内的各条安装半径的计算公式相同，同理位于区域 2 内的各条安装半径的计算公式相同。公式中的安装半径是个变量，计算时首先确定出安装半径值，然后根据该半径满足的条件区域，就带入相应的 1 区或 2 区。然后采用相应的计算公式确定。

本发明的特点以及产生的积极效果是，考虑刀盘上不同位置处刀具的受力特征以及掘进轨迹的差异，确定盾构刀盘不同安装半径处的刀具数量，使刀盘不同位置处刀具的使用寿命尽量接近，有效减少换刀次数，降低生产成本，为盾构刀盘的优化设计提供了科学计算依据。

**具体实施方式**

以下通过具体实施例对本发明的方法作进一步的说明，需要说明的是本实施例是叙述性的，而不是限定性的，不以此限定本发明的保护范围。

盾构刀盘不同安装半径处刀具数量的确定方法，分为以下五个步骤：

(1) 根据受力特征，首先将刀盘划分为两个区域，然后分别确定这两个区域内每一条安装半径上所需的刀具数量：如果刀具安装半径满足区域$0 < r_1 \le \frac{R}{3}$，划入区域 1，如果刀具安装半径满足区域$\frac{R}{3} < r_2 \le R$划入区域 2，其中$r_1$和$r_2$分别代表区域 1 和区域 2 内刀具的各条安装半径，$R$为刀盘半径；

(2) 计算区域 1 内的推进应力$\sigma_1$：

$$\sigma_1 = \frac{54E\delta}{13\pi R\left(1-\mu^2\right)} - \frac{14}{13}\sigma_s,$$

式中：$E$ 为土体弹性模量，$\mu$ 为土体泊松比，$\delta$ 为掘进进尺，$\sigma_s$ 为土体的应力极限；

(3) 确定区域 1 内的刀具数量 $n_1$：

$$n_1 = \frac{n_s r}{\sigma_s R}\sigma_1$$

式中：$n_s$ 为刀盘边缘处的刀具数量；

(4) 计算区域 2 内的推进应力 $\sigma_2$：

$$\sigma_2 = \frac{3}{2R}(r-R)(\sigma_s - \sigma_1) + \sigma_s$$

(5) 确定区域 2 内的刀具数量 $n_2$：

$$n_2 = \frac{n_s r}{\sigma_s R}\sigma_2$$

由此可给出盾构刀盘两个区域内各条安装半径上所需刀具的具体数量。

实施例：该地铁工程所使用的盾构刀盘半径 $R = 3.3m$，边缘刀具数 $n_s = 20$；地质参数取自工程地质报告，包括土体弹性模量 $E = 5.6MPa$，土体泊松比 $\mu = 0.29$，土体应力极限 $\sigma_s = 46kPa$；预设的掘进进尺 $\delta = 0.03m/rev$。

以确定并计算刀盘上两条安装半径处刀具的数量为例（两条安装半径分别为 $r_1 = 1.0m$ 处和 $r_2 = 2.4m$ 处），给出具体步骤，其它各安装半径处的刀具布置数量均可按照相同的方法确定。

（1）首先判断要计算的两条安装半径（$r_1 = 1.0m$ 和 $r_2 = 2.4m$）位于哪个区域：由于 $\frac{R}{3} = 1.1m$，因此 $r_1 = 1.0m$ 位于区域 1，$r_2 = 2.4m$ 位于区域 2；

（2）计算安装半径 $r_1 = 1.0m$ 处（位于区域 1 内）的推进应力 $\sigma_1$：

由 $\sigma_1 = \frac{54E\delta}{13\pi R\left(1-\mu^2\right)} - \frac{14}{13}\sigma_s,$，得到 $\sigma_1 = 24.0kPa$

（3）确定安装半径 $r_1 = 1.0m$ 处（位于区域 1 内）的刀具数量 $n_1$：

由 $n_1 = \frac{n_s r}{\sigma_s R}\sigma_1$，得到 $n_1 = 3$

（4）计算安装半径 $r_2 = 2.4m$ 处（位于区域 2 内）的推进应力 $\sigma_2$：

由 $\sigma_2 = \frac{3}{2R}(r-R)(\sigma_s - \sigma_1) + \sigma_s$，得到 $\sigma_2 = 37.0kPa$

（5）确定安装半径 $r_2 = 2.4m$ 处（位于区域 2 内）的刀具数量 $n_2$：

由 $n_2 = \frac{n_s r}{\sigma_s R}\sigma_2$，得到 $n_2 = 12$

至此，已确定出该刀盘上安装半径 $r_1 = 1.0m$ 和 $r_2 = 2.4m$ 处的刀具数量。

刀盘上其余各条安装半径处的刀具数量均可按照相同方法确定。由此可给出整个盾构刀盘上不同安装半径处的刀具数量。

# 权 利 要 求

1. 盾构刀盘不同安装半径处刀具数量的确定方法，其特征是所述方法分为以下五个步骤：

(1) 根据受力特征，首先将刀盘划分为两个区域，然后分别确定这两个区域内每一条安装半径上所需的刀具数量：如果刀具安装半径满足区域$0 < r_1 \le \frac{R}{3}$，划入区域 1，如果刀具安装半径满足区域$\frac{R}{3} < r_2 \le R$划入区域 2，其中$r_1$和$r_2$分别代表区域 1 和区域 2 内刀具的各条安装半径，$R$为刀盘半径；

(2) 计算区域 1 内的推进应力$\sigma_1$：

$$\sigma_1 = \frac{54E\delta}{13\pi R\left(1-\mu^2\right)} - \frac{14}{13}\sigma_s,$$

式中：$E$为土体弹性模量，$\mu$为土体泊松比，$\delta$为掘进进尺，$\sigma_s$为土体的应力极限；

(3) 确定区域 1 内的刀具数量$n_1$：

$$n_1 = \frac{n_s r}{\sigma_s R}\sigma_1$$

式中：$n_s$为刀盘边缘处的刀具数量；

(4) 计算区域 2 内的推进应力$\sigma_2$：

$$\sigma_2 = \frac{3}{2R}(r-R)(\sigma_s - \sigma_1) + \sigma_s$$

(5) 确定区域 2 内的刀具数量$n_2$：

$$n_2 = \frac{n_s r}{\sigma_s R}\sigma_2$$

由此可给出盾构刀盘两个区域内各条安装半径上所需刀具的具体数量。

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
**PCT/CN2014/094660**

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

E21D 9/08 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: E21D 9/-

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CPRSABS; VEN; CNKI: ZHANG, Qian; KANG, Yilan; HOU, Zhende; CAI, Zongxi; shield, cut????, head, bit?, number, stress, radius

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---|---|---|
| PX | CN 103899326 A (TIANJIN UNIVERSITY), 02 July 2014 (02.07.2014), description, paragraphs [0003]-[0045] | 1 |
| A | JP 2003166394 A (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND), 13 June 2003 (13.06.2003), description, paragraphs [0014]-[0058], and figure 2 | 1 |
| A | CN 101749027 A (TIANJIN UNIVERSITY), 23 June 2010 (23.06.2010), the whole document | 1 |
| A | XIA, Yimin et al., "Study on Cutters Layout Rules of EPB Shield Cutter-Head", NATURAL SCIENCE JOURNAL OF XIANGTAN UNIVERSITY, no. 04, vol. 31, 31 December 2009 (31.12.2009), ISSN: ISSN 1000-5900, pages 92-96 | 1 |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

| Date of the actual completion of the international search | Date of mailing of the international search report |
|---|---|
| 27 February 2015 (27.02.2015) | **23 March 2015 (23.03.2015)** |
| Name and mailing address of the ISA/CN:<br>State Intellectual Property Office of the P. R. China<br>No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao<br>Haidian District, Beijing 100088, China<br>Facsimile No.: (86-10) 62019451 | Authorized officer<br>**YANG, Jiefei**<br>Telephone No.: (86-10) **62085390** |

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2009)

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
**PCT/CN2014/094660**

| Patent Documents referred in the Report | Publication Date | Patent Family | Publication Date |
|---|---|---|---|
| CN 103899326 A | 02 July 2014 | None | |
| CN 101749027 A | 23 June 2010 | CN 101749027 B | 18 April 2012 |
| JP 2003166394 A | 13 June 2003 | JP 3899913 B2 | 28 March 2007 |

# 国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2014/094660

A. 主题的分类

E21D 9/08 (2006.01) i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

E21D 9/-

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用））

CPRSABS;VEN;CNKI:盾构，刀具，刀盘，数，应力，半径，张茜，亢一澜，侯振德，蔡宗熙，shield，cut????，head，bit?，number，stress，radius.

C. 相关文件

| 类 型* | 引用文件，必要时，指明相关段落 | 相关的权利要求 |
|---|---|---|
| PX | CN 103899326 A (天津大学) 2014年 7月 2日 (2014-07-02)<br>说明书第[0003]-[0045]段 | 1 |
| A | JP 2003166394 A (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND) 2003年 6月 13日 (2003-06-13)<br>说明书第[0014]-[0058]段、附图2 | 1 |
| A | CN 101749027 A (天津大学) 2010年 6月 23日 (2010-06-23)<br>全文 | 1 |
| A | 夏毅敏等. "某型土压平衡盾构刀盘布刀规律研究"<br>湘潭大学自然科学学报，第第04期卷，第第31卷期，2009年 12月 31日 (2009-12-31)，<br>ISSN：ISSN 1000-5900,<br>第92-96页 | 1 |

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

"A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

"E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

"L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）

"O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

"P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

"T" 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件

"X" 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

"Y" 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性

"&" 同族专利的文件

| 国际检索实际完成的日期 | 国际检索报告邮寄日期 |
|---|---|
| 2015年 2月 27日 | 2015年 3月 23日 |

| ISA/CN的名称和邮寄地址 | 受权官员 |
|---|---|
| 中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)<br>北京市海淀区蓟门桥西土城路6号<br>100088 中国 | 杨捷斐 |
| 传真号 (86-10)62019451 | 电话号码 (86-10)62085390 |

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2014/094660

| 检索报告引用的专利文件 | | | 公布日<br>(年/月/日) | 同族专利 | | | 公布日<br>(年/月/日) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CN | 103899326 | A | 2014年 7月 2日 | 无 | | | |
| CN | 101749027 | A | 2010年 6月 23日 | CN | 101749027 | B | 2012年 4月 18日 |
| JP | 2003166394 | A | 2003年 6月 13日 | JP | 3899913 | B2 | 2007年 3月 28日 |