

# 沉管隧道 防水120年



# 目录

## 目录

### 案例研究：

特瑞堡的隧道时间线	6
连接丹麦和瑞典 连接厄勒海峡，丹麦-瑞典	8
提高可及性的第二次机会 第二条库恩隧道，荷兰阿姆斯特丹	10
减少堵塞，密封安全 中城隧道，美国汉普顿路	12
墨西哥的首个项目 夸察夸尔科斯隧道，夸察夸尔科斯，墨西哥	14
在斯德哥尔摩的水下隧道 索德斯特罗姆隧道，瑞典斯德哥尔摩	16
全球最长连接 港珠澳大桥，中国香港	18
铁路沉管隧道 沙田-中环沉管隧道，中国香港	20
港口承压 玛丽霍尔姆隧道，瑞典哥德堡	22

# 沉管隧道防水120年

## 密封成果： 久经考验的密封系统发挥作用

随着人口迁移范围及速度增加，城市化进程也相应加快，这意味着我们目前的基础设施面临越来越大的压力。气候变化的影响和不断上升的水位也意味着环境面临着更大的洪水和地震风险，而现有的系统，例如沉管隧道，无法承受这种风险。现在比以往任何时候都更重要的是，我们要使现有的结构现代化，并建造能够承受高水压的新结构，缓解不断增长的人口和极端环境带来的压力。作为拥有超过50年全球经验的可以提供全类别隧道（包括沉管式、盾构式和明挖式隧道）整体密封解决方案的供应商，

特瑞堡的隧道密封系统是为数不多能够防止进水和承受极端运动的解决方案之一。聚合物解决方案的灵活性、耐用性和120年的预期寿命使我们成为设计和制造可靠的密封解决方案的知名合作伙伴，这些解决方案可经受时间考验，并支持新结构的长期完整性。

查看特瑞堡参与过的一些激动人心的项目，深入了解我们在一些技术复杂和具有挑战性的环境中为客户量身定做的工程解决方案。



# 成果

## 丹麦-瑞典 连接丹麦和瑞典

特瑞堡提供了一种特别设计的Gina密封垫，用于作为丹麦和瑞典间16km长的桥梁/隧道项目的一部分的隧道的密封。

## 荷兰 到达彼岸的第二种选择

对于旨在缓解阿姆斯特丹拥挤状况的1270m长的沉管隧道，特瑞堡的高性能密封件确保了每个隧道管节的安全，防止进水。

## 美国 减少堵塞，确保安全

特瑞堡提供了其Gina密封垫和Omega密封件，以安全地连接位于弗吉尼亚州朴茨茅斯最大的美国海军基地附近的1280m沉管隧道的11个隧道管节。

## 墨西哥 墨西哥的首个项目

对于拉丁美洲有史以来的首条沉管隧道，特瑞堡开发了一种新的Gina密封垫，具有更强的变形能力，为每个隧道管节提供了安全连接。

## 瑞典 在斯德哥尔摩的水下隧

特瑞堡为连接骑士岛和Söderström的6km长的双轨隧道提供了采用独特预应力方法的密封件，确保了隧道部件的水密性。

## 香港-中国 世界之最

34个特瑞堡的Gina密封垫和250多个Omega密封件用于密封世界上最长的深水沉管隧道的管节。

## 香港-中国 铁路沉管隧道

在沙田至中环线隧道中，特瑞堡的Gina密封垫和Omega密封件作为封闭的矩形框架，固定11个混凝土管节并确保其水密性。

## 瑞典 压力下的港口

特瑞堡的Gina密封垫和Omega密封件浸没在玛丽霍尔姆隧道的截面管节之间，同时在施工连接处使用止水带，确保水密性。



隧道于2000年开通

隧道于2013年开通

隧道于2016年开通

隧道于2017年开通

隧道于2017年开通

隧道于2019年开通

将于2022年开通

隧道于2020年开通



# 连接丹麦和瑞典

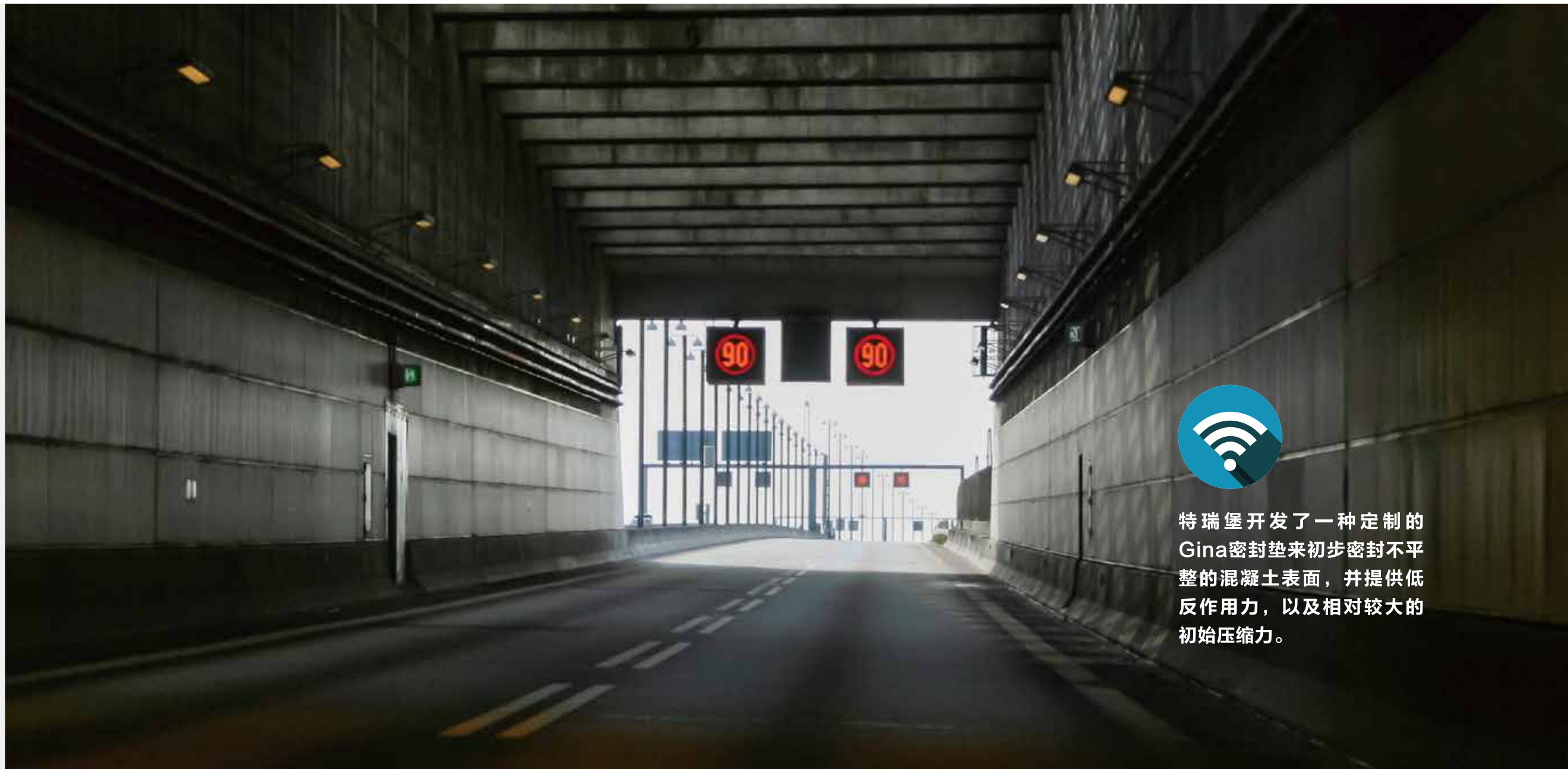
## 连接厄勒海峡 丹麦，瑞典

**问题：**多年来，厄勒海峡一直是丹麦和瑞典之间货物和人员运输的障碍。为了改善交通便利性，增加商业机会，需要在两个城市间建立更好的连接，因此开始建造世界上最长的斜拉桥。

**挑战：**建造一条3.5km长的沉管隧道，作为连接丹麦和瑞典的桥梁。该隧道包括20个预制混凝土管节，每个重达55000吨，连接卡斯特鲁普的人工半岛和厄勒海峡的人工岛。

**解决方案：**由于物流方面的挑战，Gina密封垫为现场硫化。硫化过程在一个具备一定条件的环境中的硫化罐设备中进行。

具有空心软头的Gina密封垫需要对不平整的混凝土表面进行初步密封，并要求有较低的反作用力和相对较大的初始压缩力。



特瑞堡开发了一种定制的Gina密封垫来初步密封不平整的混凝土表面，并提供低反作用力，以及相对较大的初始压缩力。

# 到达彼岸的第二种选择

## 第二条库恩隧道 荷兰阿姆斯特丹

**问题：**由于要与新的安全法规和每天超过12万辆的汽车竞争，不断增长的人口和对进入阿姆斯特丹市的需求使现有的基础设施面临巨大压力。

第二条科恩隧道已建成，包含三条固定车道和两条可逆车道，以缓解拥堵，并改善通往大阿姆斯特丹地区的交通。这条1270m长的隧道与一条新的高速公路连接线—Westrandweg，共同建造，作为一系列基础设施扩建项目的一部分，并与北海运河现有的科恩沉管隧道共同运营。

**挑战：**由于沉船的计算风险较高，因此需要设计Gina密封垫来解决此问题，而且必须更改设计制造更大的密封垫。

嵌入的止水带的分段接头也必须扩大，以应对可能出现的更大变形。

**解决方案：**作为荷兰最大的沉管隧道，每个管节都必须被牢牢粘合，以保护隧道避免进水。特瑞堡公司的高性能密封件确保了每个隧道管节的水密性，并确保在自然地面运动时仍能保持功能。



# 减少堵塞，确保安全

## 中城隧道 美国汉普顿路

**问题：**拥堵几乎是所有大城市日益关注的问题，但在弗吉尼亚州的朴茨茅斯，问题更加严重。

从诺福克(美国最大的海军基地所在地)穿过伊丽莎白河，每月通行100万辆车辆，使原来的中城隧道造成持续的交通堵塞。当军方人员需要到达海军基地时，交通量可能会造成严重延误。需要一个创新的解决方案缓解双向交通，最重要的是要提升安全性。

**挑战：**由土壤沉降、混凝土蠕变、温度影响和地震引起的隧道两端的静水荷载和位移。

该隧道必须在不干扰船舶运动的情况下建造，因此不允许延迟交付密封垫。

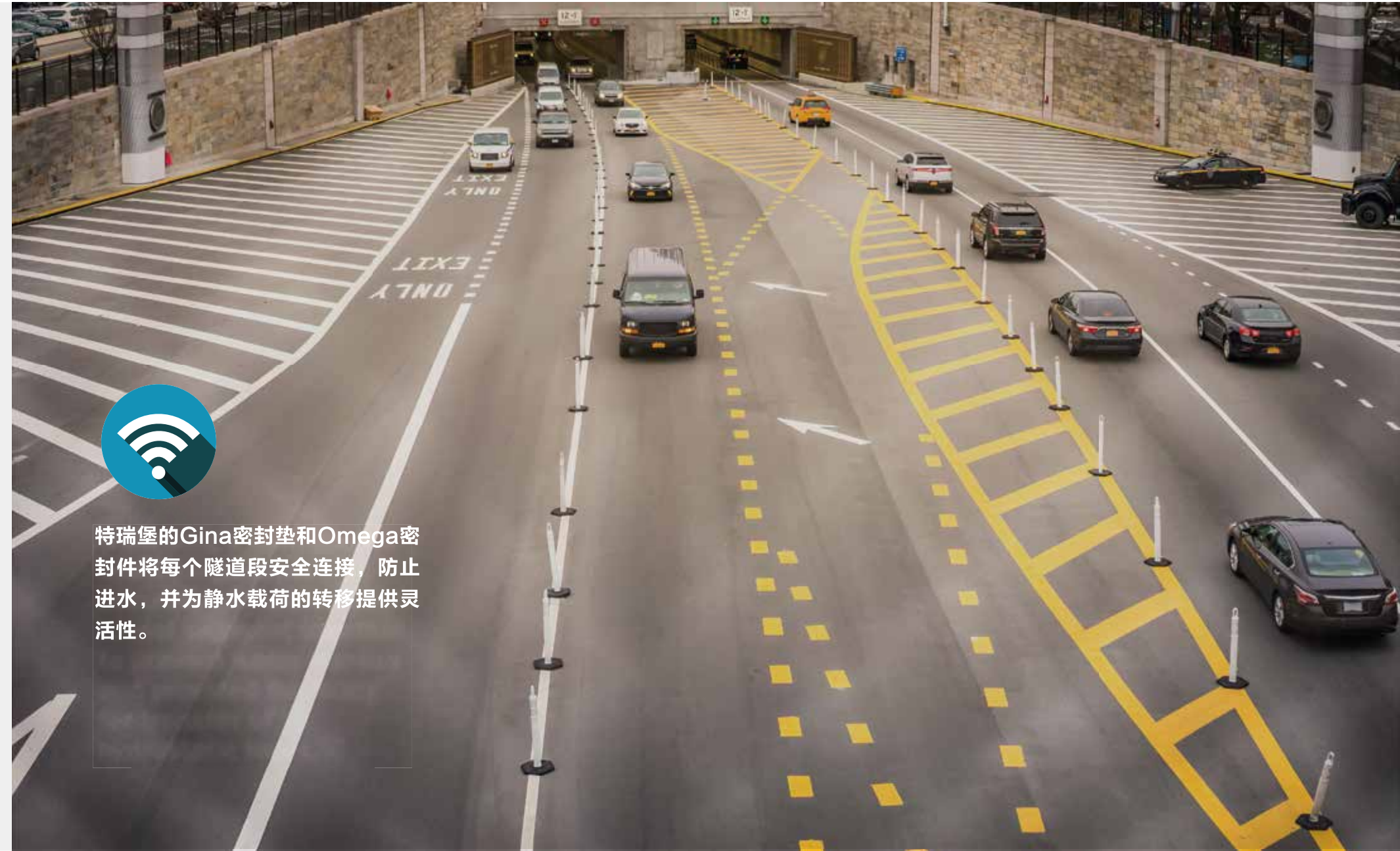
**解决方案：**特瑞堡协助创建了与现有隧道平行的第二条市中心隧道，旨在缩短行驶时间，防止水从伊丽莎白河流入。

这条1280m的沉管隧道由11个矩形混凝土隧道管节组成，每个管节都安装了特瑞堡的Gina密封垫和Omega密封件，防止进水。

Gina密封垫由天然橡胶制成，将每个管节连接在一起，Omega密封件由多层丁苯橡胶和尼龙线绳组成，提高了耐用性并保持隧道的水密性。两种密封方式的结合使静水荷载和由土壤沉降、混凝土的蠕变和温度效应引起的隧道两端的运动得以转移。



特瑞堡的Gina密封垫和Omega密封件将每个隧道段安全连接，防止进水，并为静水荷载的转移提供灵活性。



# 墨西哥的首个项目

## 夸察夸尔科斯隧道 墨西哥夸察夸尔科斯

**问题：**夸察夸尔科斯河东部工业综合体的发展意味着现有的双车道和单轨桥不能满足通过的巨大交通量。由于每天有超过18,000辆汽车和8,000名行人在科塔萨科尔科斯和Allende之间过河，因此必须开发一条新的路线，减少拥堵并改善城市间的连接。

**挑战：**必须生产具有最大横截面的Gina密封垫，这为物流带来了挑战。更大的截面是为了在可能发生的地震中提供充分弹性。

**解决方案：**夸察夸尔科斯隧道长1.1km，水下35米，是拉丁美洲有史以来首条沉管隧道。其建造采用了浸入式技术，即每个管节在被拖到隧道现场之前都是在干坞中预制而成，以减少施工期间对环境的影响。

五个整体管节用来建造隧道，减少了地震引起损坏和渗漏的风险。关键是找到足够灵活的密封件，使之与整体管节一起工作，保护隧道防止进水。特瑞堡开发了一种新的Gina密封垫，具有更强的变形能力，允许不受限制的运动，确保每个管节间的安全连接，同时防止水和地震运动的高压。



特瑞堡开发了一种新的Gina密封垫，具有更强的变形能力，可以提供不受限制的运动和每个管节之间的安全连接。



# 斯德哥尔摩的水下隧道

## Söderström隧道 瑞典斯德哥尔摩

**问题：**Citybanan项目包括一条连接骑士岛和Söderström的6km长的新双轨隧道，旨在减少S-Bahn交通系统的拥堵，每天有350多辆列车通过。该结构的主要管节是一条340m的沉管水下隧道，连接Ridderfädem湖两边的岩石隧道。

**挑战：**该隧道由钢制沉箱建成，Gina密封垫仅作为在隧道管节焊接在一起之前的临时措施，以保持隧道的水密性。不平坦的表面和排列由Gina密封垫补偿

**解决方案：**沉管隧道由三个预制的100m长的双轨管节组成，包括两段短的明挖回填隧道管节，以及一个连接室。为了避免与柔软的海床接触，而且由于水深有限，该隧道被建造成具有混凝土和双钢壳的夹层隧道，并放置在三个桩组上，部分高于海床。需要一个特殊的配置，使Omega密封件位于接头室（隧道到达岸边处）。为了安全起见，采用了双Omega密封件，而且必须安装在狭小的空间内。

特瑞堡提供的密封件采用预应力方法连接三个隧道构件中的每个管节。这种独特的应用为隧道部件提供了防水保护，同时确保密封圈有足够的灵活性，可以在不损坏结构的情况下进行大幅移动。



特瑞堡提供的密封件使用独特的预应力方法连接每个隧道的管节，保护隧道避免进水。

# 世界之最 港珠澳大桥中国香港

问题：为了缩短旅行时间，加强香港、澳门和珠海之间的经济融合，这个有史以来技术最复杂的项目之一开始施工。在这三个城市之间建立联系的核心是世界上最长的深水沉管隧道，长度近6km，同时也会考虑道路交通的流动。

挑战：作为包含大桥、隧道和人工岛的综合项目，全长49.9km的港珠澳大桥是一项旨在连通香港、珠海和澳门的超级工程。

该岛和隧道项目是整个建设工作的关键部分，涉及全球最难建造的沉管隧道。

该项目复杂，风险很大，需要高度具体的技术标准。

水密性是港珠澳大桥人工岛和隧道项目的关键。特瑞堡将确保33节隧道沉管在深达40米的水下仍能保持安全。

最终管节的安装是最大的挑战，因其独具特色，以往从未以这种方式建造。为了确保特瑞堡的密封方案符合详细的要求，我们需要大量的工程协助。

**解决方案：**港珠澳大桥沉管隧道的预期寿命至少为120年，因此需要在未来数年保持弹性和水密性。

该密封方案涉及250多个不同尺寸的Omega密封件，以及34个周长为90米的Gina密封垫。还制造了带有硫化钢条的橡胶止水带，使混凝土部分即使在地面运动时也不漏水。



特瑞堡提供了超过250多个Omega密封件和34个Gina密封垫，以及带有硫化钢条的橡胶止水带，以保持世界上最长的沉管隧道的水密性。

# 铁路沉管隧道

## 沙田-中环沉管隧道中国香港

**问题：**大陆与香港之间通行需求不断增长，为保证交通畅通，人们能够轻松往返，这条横跨维多利亚港的1.3km的沉管隧道—沙田至中环线隧道的建设势在必行。

**挑战：**最大的挑战是，在安装Gina密封垫的同时，隧道管节在香港港口漂浮了6个月。Gina密封垫必须防止海洋生长，因此特瑞堡实施了一种带有防污涂层的解决方案，减少海洋生物附着，避免潜水员在实际工作前进行大量清洁。

**解决方案：**该项目包括11个混凝土管节，每个约160米，需要通过海运拖到施工现场。特瑞堡的矩形框架形式的Gina密封圈与Omega密封件一起，用于连接每个混凝土管节。其先进设计意味着具有承受地震活动和吸收运动的出色能力。

由于Gina密封垫较软，在最初压缩时，可轻松闭合。这意味着安装人员可以用较轻的顶托力来密封较深的接缝，以减少形成密封的时间和总体成本。

作为主要密封，Gina密封垫通过承受极端的水压来防止水的进入，而Omega密封件作为次要的安全密封，可以承受最严重的地面运动。



特瑞堡的Gina密封垫与Omega密封件共同作为封闭的矩形框架提供，以无缝连接每个混凝土隧道部件，保护其免受地震活动影响。

# 压力下的港口

## 玛丽霍尔姆隧道 瑞典哥德堡

**问题：**瑞典哥德堡港是北欧地区最大的港口，每年约有11,000艘船只到港。加之其城市地区的50多万居民，哥德堡正迅速成为北欧发展最快的地区之一。因道路交通超载，现有的过河通道正变得脆弱，因此需要一个现代化的解决方案缓解拥堵。

**挑战：**应对软土引起的极端运动和更高的沉降技术挑战。

**解决方案：**特瑞堡协助建造了玛丽霍尔姆隧道，该隧道作为戈塔阿勒夫河上的一个额外通道。

玛丽霍尔姆隧道于2020年12月开通，将为哥德堡的所有主要高速公路提供服务，减少对当地道路的干扰。

因隧道的外部混凝土结构宽31米，高9.5米，因此需要能够在20米深处满足这些要求的高质量密封件。特瑞堡隧道密封件的高稳定性、灵活性和性能表现，是其成为500米长的玛丽霍尔姆隧道防水密封的最理想选择。

Gina密封垫与Omega密封件在沉管隧道的各管节间使用，同时在施工缝处使用止水带，确保水密性



Gina密封垫与Omega密封件用于隧道的断面，同时在施工连接处使用了止水带，确保水密性。





特瑞堡是工程聚合物解决方案的全球领导者，可在严苛环境下为关键应用提供密封、减振和防护。我们的创新型工程解决方案以可持续方式助力客户提升性能。

[WWW.TRELLEBORG.CN/ZH-CN/MARINEANDINFRASTRUCTURE](http://WWW.TRELLEBORG.CN/ZH-CN/MARINEANDINFRASTRUCTURE)



官方微信：特瑞堡航运与基建；

脸书：TrelleborgMarineandInfrastructure

推特：@TrelleborgMI

[youtube.com/user/TrelleborgMarineandInfrastructure](https://youtube.com/user/TrelleborgMarineandInfrastructure)

[flickr.com/people/marineandinfrastructure](https://flickr.com/people/marineandinfrastructure)

[linkedin.com/company/trelleborg-marine-and-infrastructure](https://linkedin.com/company/trelleborg-marine-and-infrastructure)

[Thesmartapproachblog.trelleborg.com](http://Thesmartapproachblog.trelleborg.com)

特瑞堡航运与基建

Email: [qingdao@trelleborg.com](mailto:qingdao@trelleborg.com)