metro de ESTOCOLMO • Suecia

MICHAEL GRANIT
y PER H. REIMERS,
arquitectos

FRANS FADAL,
ingeniero

526 - 5

sinopsis

En la realización de las estaciones más recientes del metro de Estocolmo se ha abandonado el método clásico de estaciones y túneles revestidos de cemento o materiales cerámicos, para llegar a estructuras en las que se tiene en cuenta el valor estético de la «cueva».

Diversos artistas han aconsejado en la elección de colores de las pinturas, esculturas, cuadros de las paredes, etc.

En este artículo se estudian las características del metro y sus diversas fases de realización: perforación mecánica, voladuras, técnicas de carga, refuerzos de la roca, etc.

Estocolmo, ciudad de un millón de habitantes, no dispuso de metropolitano hasta una época reciente. Los pasajeros que viajaban sobre las primeras líneas construidas en los años 1950 se encontraban a la intemperie, apenas dejado el centro de la ciudad. La espera en andenes exteriores tiene algunas desventajas, especialmente debido al frío intenso del país. Estos inconvenientes de las primeras líneas junto con una serie de factores nuevos, tales como: las técnicas de excavación cada vez mejores y más económicas, el incremento de los precios de los solares tradicionales, la exigencia de reducir el ruido en las zonas cercanas a las viviendas, etcétera, todo ello ha contribuido a la construcción de ferrocarriles subterráneos a una profundidad mayor de 20-30 m.

¿Cuáles son las consecuencias ambientales para un pasajero que, quizás, pasa una hora al día sin ningún contacto con la naturaleza y con la luz solar?

Las zonas subterráneas no gozan, desde luego, de demasiada buena fama. Han contribuido a ello las condiciones inhumanas de trabajo de algunas minas. Sin embargo, el mundo subterráneo fue el hogar de los personajes de los cuentos de hadas, que vivían rodeados de oro, plata y piedras preciosas. También al mundo subterráneo pertenecen maravillas como las cuevas de Altamira, en España, y la Azul de Capri, en Italia. O sea, que hay que considerar, también, aspectos positivos.

Las estaciones realizadas antes de los años 1970 tenían bóvedas de cemento y muros de fábrica de ladrillo, cubiertos normalmente por materiales cerámicos. Estos materiales proporcionan a los muros un color pálido. Las estaciones de los años 70 significan la aceptación y explotación del valor estético de la «cueva». En la estación de Masmo comenzó a utilizarse el contraste entre la configuración gunitada de las minas de la cueva y las instalaciones técnicas, es decir, entre las formas naturales y geométricas. La superficie rugosa de las paredes gunitadas es, al mismo tiempo, una estructura fuerte y un contrapunto estéticamente efectivo de la parte plana, suelo de terrazo de limpieza cómoda. Los aislantes acústicos de los andenes ayudan a crear un nivel agradable de sonido.

Las estaciones en roca comprenden, en general, dos túneles, cada uno con su andén y vía correspondiente. Su mayor volumen comparado con el de las estaciones más antiguas, revestidas de hormigón, mejora las condiciones de trazado, la temperatura se estabiliza en, aproximadamente, 285° K (12° C) como resultado del gradiente entre la temperatura de la roca y la energía creada por los trenes, pasajeros e iluminación. Algunas estaciones están proyectadas para trenes de diez coches, para los cuales se necesitan andenes de unos 180 m de longitud.

Normalmente, la conexión entre el andén y el vestíbulo de adquisición de billetes se hace mediante tres escaleras mecánicas y un ascensor inclinado adyacente,

sección mariatorget

contenido todo ello en la misma galería. Donde la comunicación vertical es posible se usan ascensores. El acceso entre el vestíbulo y la calle se hace mediante escaleras suplementadas por un ascensor hidráulico o una rampa.

perfil

construcción

Las paredes de las estaciones antiguas se retranquearon de 50 cm a 2 m, equipándolas con drenes y recubriéndolas después con 5 a 7 cm de hormigón.

La buena visibilidad se ha considerado de gran importancia y, de ahí, que los vestíbulos y las cajas de los ascensores estén realizados de manera abierta. El ascensor inclinado, por ejemplo, funciona como un ferrocarril funicular, en contacto abierto con las principales escaleras mecánicas.

El sistema de un andén central proporciona una buena vista general de las zonas de peatones, especialmente en el tipo de estación donde la calidad de la roca y el tamaño de las cajas de escalera permite la construcción de un andén central sin pilares.

El efecto desagradable de la humedad y de la luz fluorescente por encima de los andenes se suprimió mediante la aplicación de una pintura a base de resina epoxi. Con el fin de que los andenes se distingan bien de los espacios de circulación de los vagones se realizó una cubierta horizontal in situ, que va suspendida, mediante una estructura tubular, de la bóveda, constituida por laminillas de aluminio y una rejilla metálica. Un bordillo metálico que soporta los cuadros metálicos constituye la unión entre el andén y la roca. Las galerías de acceso y los muros laterales se dejaron con la piedra vista.

Las estaciones practicadas en roca se pudieron realizar rápidamente y los túneles mantenerse abiertos durante la construcción.

Con objeto de compensar las pérdidas de contacto con la naturaleza, varios artistas trabajaron en cada estación, trabajo que consistió en la elección de los colores de las pinturas, esculturas y «señales», así como también en la de los cuadros y detalles publicitarios de las paredes.

Un objetivo secundario consistió en hacer diferentes, por elección de colores, las distintas salas de las estaciones.

Los artistas Ake Pallarp, Enno Hallek y Lennart Mörk, fueron nombrados por la Junta de Arte de Tráfico (Trafikens Konstnämnd), dentro del Consejo Provincial de Estocolmo (Stockholms Läns Landsting o SLL), en consulta con la Delegación Local de Tráfico de Estocolmo (SL) y la Asociación Nacional de Artistas (Konstnärernas Riksorganisation o KRO).

Los trabajos de construcción de los túneles se llevaron a cabo en dos fases: 1.ª Consistente en los trabajos de voladura y hormigonado. 2.ª Relativa al revestimiento de los túneles y colocación de las vías.

PERFORACION MECANICA

En las líneas Jarva, Botkyrka y Taby se empleó un nuevo equipo hidráulico de perforación. Este equipo tiene una pluma móvil de acero que transporta la maquinaria y que puede ser manejada por un hombre mediante un panel de control. Casi todos los equipos utilizados fueron suecos y finlandeses, especialmente los de perforación de túneles en roca, entre ellos una perforadora finlandesa de tres aguilones, adquirida años antes por el Departamento de Servicios Municipales. De esta manera se consiguió un rendimiento de 1.000 mm/min. Aunque estos equipos

centro masmo

tan importantes pueden perforar grandes agujeros, hay que tener en cuenta que los mayores de 33-35 mm no son recomendables debido a la importancia de la voladura uniforme. Una de las desventajas de la perforación mecánica es la dificultad de perforar con precisión el perímetro de los túneles.

En la línea Jarva se usó un equipo sueco de cuatro plumas. Dos hombres manejaban cuatro máquinas y, de este modo, la capacidad de perforación aumentó de 11 a 50 m por hora humana. Para túneles muy lisos se emplea voladura uniforme.

sección estación estadio

1. Entrada de P.V.C. galvanizado revestido de metal. Puede cerrarse con cierre enrollable, detrás del indicador de entrada.—2. Los peldaños calefactados de hormigón tienen la superficie estriada. Las paredes poseen un acabado distintivo a causa de las formas especialmente tratadas. 3. Hall de taquillas con núcleo de losetas de cemento y techo de aluminio fonoabsorbente. Taquillas y puertas de salida automáticas al pisar.—4. Tres escaleras metálicas y ascensor inclinado.—5. Ascensor inclinado.—6. Al andén.—7. Ascensor hidráulico.—8. Cuarto de máquinas.—9. Cuarto de mandos eléctricos.—10. Zona no accesible al público.

estaciones

Radlanset
t - central

EXPLOSIVOS

No ha habido demasiadas innovaciones con respecto a los explosivos. Aunque la dinamita se siguió utilizando predominantemente, se utilizaron otros muchos elementos, y entre ellos el nitrato amónico (AN/fuel-oil). Para realizar voladuras uniformes se empleó gurita en forma de barra. Durante el período de construcción del ferrocarril subterráneo se inventó la voladura por micro-retardo con detonadores de milisegundos.

LAS NUEVAS TECNICAS DE CARGA

Durante la construcción de los túneles se produjeron grandes mejoras en la capacidad de los equipos de carga. Mientras en 1950 los escombros se cargaban mediante scrapers, 10 años más tarde este sistema era considerado anticuado. Las palas cargadoras con ruedas sustituyeron a las excavadoras y bulldozer en los túneles. La capacidad de las cucharas aumentó de 1 a 4 m³ y se obtuvo un mejor control y una mayor movilidad. Todo esto motivó que se pasara de emplear dos equipos de carga para cada equipo de perforación a utilizar un solo equipo de carga para dos equipos de perforación.

LAS OPERACIONES DE VOLADURA EN LAS GALERÍAS DE LAS ESCALERAS MECÁNICAS

Con pequeñas excepciones, las estaciones de las líneas 1 y 2 se encuentran relativamente cerca de la superficie y, por tanto, las galerías de las escaleras mecánicas son cortas. Sin embargo, en la línea Järva las estaciones son más profundas y, consecuentemente, las operaciones de voladura de las galerías de las escaleras mecánicas resultasen

más complicadas. La sección transversal de las galerías varía de 50 a 75 m², según contengan sólo las tres escaleras mecánicas o incluyan también el ascensor inclinado. Las galerías mayo-

res tienen 10 m de anchura y una altura de 10 m, medida perpendicularmente al plano inclinado. La pendiente de 30° no es lo suficientemente empinada como para llegar al deslizamiento de la roca volada, permitiendo, sin embargo, el tráfico de vehículos.

En las estaciones antiguas se volaba la sección durante varias etapas: galería de avance inferior y excavación en escalones o galería de avance superior y excavación en banquetes.

PERFORACION DE LOS POZOS

En los extremos de todas las estaciones existe, normalmente, un pozo de inyección de aire. Hay también pozos especiales para cables. La mayor parte de ellos son verticales y fueron perforados como chimeneas. Los métodos más antiguos, y desde el punto de vista de la seguridad industrial menos deseables, que emplean andamiaje, se abandonaron y, en su lugar, se utilizó un montacargas para los equipos de perforación y voladura. Este montacargas estaba suspendido por un alambre corrido a través de un agujero perforado previamente desde la superficie. La caja de este montacargas sirve de coraza protectora en el

Debido a la altura, algunas veces fue necesario el uso de andamiajes para las operaciones de voladura y, en particular, para el refuerzo de la roca.

Los escombros se sacaban con excavadoras de arrastre de pequeña capacidad. Este consumo de tiempo y la dificultad de trabajo se pudo racionalizar en la construcción de la línea Jarva, como consecuencia de las palas cargadoras ya disponibles en el mercado.

Una pala cargadora de 185 kW (250 HP) con un transformador de turbina puede escalar, sobre una buena superficie, una pendiente casi tan empinada como una escalera mecánica, hecho por el cual se utilizó para la construcción de las galerías.

FOTOS: SVERKER HANSSON, STEN VILSON Y GÖSTA NORDIN

transporte y de plataforma para las operaciones de limpieza y perforación. Durante las de voladura, este montacargas se bajaba al túnel y se podía mover sobre una vagoneta.

REFUERZO DE LA ROCA

En pocos años los sistemas de refuerzo de las rocas han seguido diversas evoluciones, dependiendo del incremento de la experiencia y del desarrollo de las técnicas. Hasta hace poco sólo se utilizaba el método de refuerzo con arcos de hormigón moldeados in situ. Sin embargo, el uso de tres métodos suecos que emplean pernos con lechada de cemento es cada vez mayor y pueden llegar a ser utilizados rutinariamente.

REFUERZOS DE GUNITA

Los refuerzos de gunita adoptados durante largo tiempo en el Continente, no lo fueron en Suecia hasta los años 60. La mayoría de los techos de los túneles en roca se realizan con un espesor de 30 mm de gunita, mientras que en las estaciones este espesor aumenta a 75 mm.

SISTEMAS DE SEGURIDAD

El suburbano está equipado con un sistema de señales en cabinas que controla automáticamente el tren. La información de la máxima velocidad permitida se toma de una manera continua, y los frenos del convoy pueden echarse automáticamente si el tren excede de la velocidad límite indicada por el sistema de señales.

La línea 3 dispone de una sala de control de cambios.

résumé

Le métro de Stockholm - Suède

Michael Granit et Per H. Reimers, architectes

Frans Fadal, ingénieur

Pour la réalisation des stations les plus récentes du métro de Stockholm, la méthode classique de stations et de tunnels revêtus de ciment ou de matériaux céramiques a été abandonnée pour exécuter des structures dans lesquelles on a tenu compte de la valeur esthétique de la «caverne».

Divers artistes ont conseillé dans le choix des couleurs des peintures, des sculptures, des tableaux muraux, etc.

Dans cet article sont étudiées les caractéristiques du métro et ses diverses phases de réalisation: forage mécanique, abattages à l'explosif, techniques de charge, renforcements de la roche, etc.

summary

Stockholm underground (Subway) Sweden

Michael Grint and Per H. Reimers, architects

Frans Fadal, engineer

The classic method of building stations and tunnels with cement or ceramic materials has been abandoned in favor of carrying out the most recent stations in the Stockholm underground system based on structures which take the esthetic value of the «cave» into account.

Several artists have cooperated in the selection of paint colors, sculptures, paintings on the walls, etc.

This article studies the characteristics of the underground system and its different construction stages, such as: mechanical perforation and blasting, load techniques, rock reinforcement, etc.

zusammenfassung

U-Bahn in Stockholm - Schweden

Michael Granit und Per H. Reimers, Architekten

Frans Fadal, Bauingenieur

Beim Bau des neuen Stationen der Stockholmer U-Bahn ist man von der klassischen Methode der mit Zement oder Kacheln verkleideten Stationen und Tunnel abgegangen, um zu Strukturen zu gelangen, bei denen der Schönheitswert der «Höhle» berücksichtigt wird.

Verschiedene Künstler gaben Ratschläge zur Auswahl der Farben, Skulpturen, Wandbilder, usw.

In diesem Artikel werden die Merkmale der U-Bahn und die verschiedenen Durchführungsphasen studiert: Mechanische Bohrungen, Sprengungen, Belastungstechniken, Verstärkung des Gesteins, usw.