

جمهوری اسلامی ایران

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

# راهنمای حمل و نقل مواد معدنی در مدارهای فرآوری

نشریه شماره ۵۶۴

وزارت صنعت، معدن و تجارت

معاونت امور معادن و صنایع معدنی

دفتر نظارت و بهره‌برداری

<http://seso.moe.org.ir>

معاونت نظارت راهبردی

امور نظام فنی

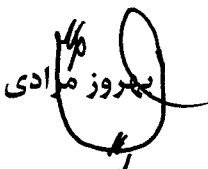
Nezamfanni.ir





بسمه تعالی

ریاست جمهوری  
معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور

شماره:	۱۰۰/۹۸۲۸۲
تاریخ:	۱۳۹۱/۱۱/۲۳
بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	
موضوع: راهنمای حمل و نقل مواد معدنی در مدارهای فرآوری	
<p>به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و ماده (۶) آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی - مصوب سال ۱۳۵۲ و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (موضوع تصویب‌نامه شماره ۴۲۳۳۹/ت/۳۳۴۹۷-هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۵۶۴ امور نظام فنی، با عنوان «راهنمای حمل و نقل مواد معدنی در مدارهای فرآوری» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.</p> <p>رعایت مفاد این ضابطه برای دستگاه‌های اجرایی، مشاوران، پیمانکاران و سایر عوامل ذی‌نفع نظام فنی و اجرایی، در صورت نداشتن ضوابط معتبر بهتر، از تاریخ ۱۳۹۱/۱۲/۱ اجباری است.</p>	
 <p>بهروز مرادی</p>	



# اصلاح مدارک فنی

## خواننده گرامی:

امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این نشریه نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط‌های مفهومی، فنی، ابهام، ابهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی

مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

- ۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.
  - ۲- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.
  - ۳- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.
  - ۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.
- کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت. پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی‌علیشاه، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، امور نظام فنی، مرکز تلفن ۳۳۲۷۱  
Email: [info@nezamfanni.ir](mailto:info@nezamfanni.ir) web: <http://nezamfanni.ir>



## بسمه تعالی

### پیشگفتار

نظام فنی و اجرایی کشور (مصوبه شماره ۴۲۳۳۹/ت ۳۳۴۹۷ هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیات وزیران) به کارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری در قیمت تمام شده طرح‌ها را مورد تأکید جدی قرار داده است و این امور به استناد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و نظام فنی اجرایی کشور وظیفه تهیه و تدوین ضوابط و معیارهای فنی طرحهای توسعه‌ای کشور را به عهده دارد. موضوع حمل و نقل در واحدهای فرآوری مواد معدنی از مرحله ورود مواد معدنی به مسیر آرایش، طبقه‌بندی ابعادی و آماده‌سازی خوراک تا مرحله انتقال محصول به خارج از کارخانه و مناطق مصرف، امکانات جانبی همچون مکان‌های ذخیره و انباشت و تجهیزات خوراک‌دهنده به ماشین‌آلات مختلف در خطوط کانه‌آرایی را در برمی‌گیرد. تعریف و تبیین معیارها و مبانی حاکم بر روش‌های متعدد حمل و نقل و امکانات وابسته به آن در فرآوری مواد معدنی نیز از موارد مرتبط با این حوزه است.

بدون وجود یک سیستم بهینه جابه‌جایی، خوراک کافی در زمان تعیین شده به فرآیند نمی‌رسد و محصول خروجی یا جریان باطله نیز به طور موثر از مدار خارج نمی‌شود. اختلاط جریان‌های مختلف و تنظیم عیار و نرخ خوراک‌دهی مورد نیاز از مواد معدنی یا پالپ، با وجود یک سیستم موثر حمل و نقل در کانه‌آرایی و فرآوری مواد معدنی امکان‌پذیر است.

این نشریه، در ابتدا به شناسایی روش‌های مختلف حمل و نقل، امکانات جانبی و پارامترهای عملیاتی وابسته به آن‌ها و در ادامه به تعیین معیارهای اجرای عملیات و انتخاب هر یک از روش‌ها بر مبنای پارامترهای عملیاتی، شرایط فنی، نوع و حجم تولید مواد معدنی در کارخانه‌های فرآوری پرداخته است.

با همه‌ی تلاش انجام شده قطعا هنوز کاستی‌هایی در متن موجود است که این‌شاء... کاربرد عملی و در سطح وسیع این نشریه توسط مهندسان موجبات شناسایی و برطرف نمودن آن‌ها را فراهم خواهد نمود.

در پایان، از تلاش و جدیت جناب آقای مهندس غلامحسین حمزه مصطفوی و کارشناسان امور نظام فنی همچنین جناب آقای مهندس وجیه... جعفری مجری محترم طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی بخش معدن کشور در وزارت صنایع و معادن، کارشناسان دفتر نظارت و بهره‌برداری معادن و متخصصان همکار در امر تهیه و نهایی نمودن این نشریه، تشکر و قدردانی می‌نماید. امید است شاهد توفیق روزافزون همه‌ی این بزرگواران در خدمت به مردم شریف ایران اسلامی باشیم.

معاون نظارت راهبردی

دی ۱۳۹۱

## تهیه و کنترل راهنمای حمل و نقل مواد معدنی در مدارهای فرآوری (نشریه شماره ۵۶۴)

### مجری طرح

آقای وجیه... جعفری

معاون امور معادن و صنایع معدنی - وزارت صنایع و معادن

### تهیه پیش نویس اصلی

آقای محمد نوع پرست

دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی

### اعضای شورای عالی

خانم فرزانه آقارمضانعلی

معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری

آقای بهروز برنا

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

آقای وجیه... جعفری

وزارت صنایع و معادن

آقای عبدالعلی حقیقی

معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری

آقای عبدالرسول زارعی

وزارت صنایع و معادن

آقای ناصر عابدیان

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

آقای حسن مدنی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

آقای هرمز ناصرینیا

سازمان نظام مهندسی معدن

### اعضای کارگروه فرآوری

آقای احمد امینی

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

آقای عبدالعلی حقیقی

معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری

آقای بهرام رضایی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

خانم فرشته رشچی

دانشگاه تهران

### اعضای کارگروه تنظیم و تدوین

آقای مهدی ایران نژاد

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

آقای عبدالرسول زارعی

وزارت صنایع و معادن

آقای مصطفی شریفزاده

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

آقای حسن مدنی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

آقای بهزاد مهرابی

دانشگاه تربیت معلم

### اعضای گروه هدایت و راهبری پروژه

خانم فرزانه آقارمضانعلی

رئیس گروه امور نظام فنی

آقای علیرضا فلسفی

کارشناس عمران امور نظام فنی



## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	<b>فصل اول - کلیات</b>
۳.....	۱-۱- تعاریف
۳.....	۲-۱- اهداف
۴.....	۱-۲-۱- اهداف طراحی سیستم حمل و نقل مواد به صورت خشک
۴.....	۲-۲-۱- اهداف طراحی سیستم حمل و نقل مواد به صورت تر
۵.....	۳-۱- روش‌های حمل و نقل مواد معدنی در واحدهای فرآوری
	<b>فصل دوم- تجهیزات حمل و نقل در فرآوری مواد معدنی</b>
۹.....	۱-۲- تجهیزات حمل و نقل به روش خشک
۱۰.....	۲-۲- تجهیزات حمل و نقل به روش تر
	<b>فصل سوم- تجهیزات جانبی حمل و نقل مواد معدنی در واحدهای فرآوری</b>
۱۵.....	۱-۳- تجهیزات مربوط به حمل و نقل به روش خشک
۱۷.....	۲-۳- تجهیزات مرتبط با حمل و نقل به روش تر
	<b>فصل چهارم- معیارهای موثر در انتخاب روش‌های حمل و نقل خشک و تر</b>
۲۱.....	۱-۴- معیارهای انتخاب روش‌های حمل و نقل
۲۴.....	۲-۴- انتخاب تجهیزات حمل و نقل مواد معدنی



# فصل ۱

---

---

## کلیات



## ۱-۱- تعاریف

حمل و نقل در فرآوری مواد معدنی:

جابه‌جایی مواد معدنی در مجموعه واحدهای کانه‌آرایی، پرعیارسازی و تا حدی متالورژی به دو طریق خشک و تر انجام می‌گیرد. این فرآیند تجهیزاتی نظیر نوار نقاله‌ها، پمپ‌ها و خوراک‌دهنده‌ها را در بر دارد.

### رسیدگی و اداره مواد<sup>۱</sup>:

به نقل و انتقال، ذخیره، کنترل و نگهداری مواد، کالاها و محصولات طی فرآیند ساخت، توزیع، مصرف و دفع اطلاق می‌شود و تاکید بر روش‌ها، تجهیزات مکانیکی، دستگاه‌ها و کنترل‌های مربوط به آن‌ها برای تحقق اهداف مذکور دارد.

### وسایل حمل و نقل<sup>۲</sup>:

این وسایل در استفاده از آن‌ها نقل و انتقال مواد در فواصل افقی و عمودی یا مسیرهای شیب‌دار کاربرد دارند و تمام تجهیزات از جمله نوار نقاله‌ها، بالابرهای سطلی و ریزشگاه‌ها، لودرها، کامیون‌ها، قطارها و کشتی‌ها را در برمی‌گیرد.

### حمل و نقل مواد به صورت خشک:

این روش در مقیاس بزرگ عمدتاً مربوط به نقل و انتقال کانسنگ خرد شده به واحدهای آماده‌سازی و سپس کانه‌آرایی (خردایش و طبقه‌بندی) برای تهیه خوراک واحدهای پرعیارسازی می‌شود، و هدف از آن تامین خوراک کارخانه برای کار در تمام ظرفیت پیش‌بینی شده آن و تولید اقتصادی محصول است. در مقیاس‌های کوچکتر، حمل و جابه‌جایی محصولات کارخانه به مکان‌های دپو و جابه‌جایی مواد خارج شده از خشک‌کن‌ها را در مراحل حد واسط فرآوری ماده معدنی شامل می‌شود.

### حمل و نقل مواد به صورت تر:

این روش حمل و نقل، روش اصلی جابه‌جایی آب و پالپ یا دوغاب در کارخانه فرآوری مواد معدنی است و از مرحله اختلاط ماده معدنی، با آب آغاز می‌شود و تقریباً در یک سیستم بسته، به جز نقاط خاصی نظیر نقاط نمونه‌برداری، جابه‌جایی مواد را انجام می‌دهد.

### دوغاب<sup>۳</sup>:

دوغاب به مخلوطی از آب و جامد گفته می‌شود که درصد جامد در آن نسبتاً بالا است. در صنایع معدنی، دوغاب به مخلوط غلیظ و خمیری شکلی اشاره دارد که از اختلاط مواد معدنی در آب (مانند سیمان پرتلند در آب) ایجاد می‌شود و قابلیت جریان یافتگی دارد. برای سایر تعاریف و مفاهیم مرتبط به فرآوری به نشریه شماره ۴۴۱ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری مراجعه شود.

## ۱-۲- اهداف

روندنمایی که برای کارخانه فرآوری ارایه می‌شود شامل اطلاعات اساسی درباره جانمایی تجهیزات، ضروریات ذخیره مواد طی فرآیند، انتخاب و تعیین ابعاد تجهیزات از جمله وسایل حمل و نقل مواد است. بدون وجود یک سیستم بهینه جابه‌جایی، خوراک کافی

1- Material Handling

2- Conveyances

3- Slurry

در زمان تعیین شده به فرایندها نمی‌رسد و در عین حال محصول یا جریان باطله نیز به طور موثر از مدار خارج نمی‌شود. اختلاط جریان‌های مختلف نیز برای تهیه جریان با مشخصات مطلوب از مواد معدنی یا پالپ بدون وجود یک سیستم موثر حمل و نقل در کانه‌آرایی و فرآوری مواد امکان‌پذیر نیست. به دلیل تغییرات پیش‌بینی نشده در قابلیت خردایش کانسنگ آهنگ خوراک‌دهی یا تولید محصول دچار نوساناتی می‌شود، تغییر عیار کانسنگ ورودی به کارخانه نیز آهنگ تولید محصول را دچار تغییر می‌سازد. تغییر درصد رطوبت خوراک خشک و میزان مواد جامد در پالپ نیز به طور مشابه تأثیرات احتمالی را بر ظرفیت حمل و نقل مواد در تجهیزات مختلف برجای می‌گذارند. استفاده از سیستم‌های جابه‌جایی و به خصوص ذخیره ظرفیت اضافی<sup>۴</sup> در مدار فرآوری مواد معدنی اثرات منفی ناشی از عوامل یاد شده را به همراه اثرات مربوط به تغییر برنامه تولید، به دلیل تغییر فازهای معدنکاری و همچنین ناهماهنگی و یا نقص در کارکرد دستگاه‌های مختلف به حداقل می‌رساند.

### ۱-۲-۱- اهداف طراحی سیستم حمل و نقل مواد به صورت خشک

مهم‌ترین اهداف طراحی سیستم‌های جابه‌جایی مواد به صورت خشک نظیر نوار نقاله‌ها، تعیین ابعاد (پهنای یا عرض نوار)، سرعت حرکت و اندازه مواد قابل حمل است. در کنار آن، بهینه‌سازی چیدمان و اثرات متقابل تجهیزات مختلف در مدار با یکدیگر از جنبه‌های اساسی طراحی این سیستم‌ها است.

تعیین آهنگ بهینه خوراک‌دهی به تجهیزات مختلف کانه‌آرایی برای انجام عملیات یکنواخت و پیوسته امری اجتناب‌ناپذیر است. تعیین نوع عملیات خوراک‌دهی (فیدرهای حجمی یا ثقلی)، حداکثر ابعاد خوراک، درجه اهمیت ساینده‌گی در هنگام جابه‌جایی مواد، حداکثر و حداقل شدت جریان مواد، خواص کانسنگ و نوع خوراک‌دهنده تماماً در برنامه طراحی چنین سیستمی باید گنجانده شود. طراحی موثر سیستم نقل و انتقال جامد در مدار کانه‌آرایی به کاهش هزینه‌های عملیاتی و سرمایه‌ای و افزایش دسترسی عملیاتی منجر می‌شود.

### ۱-۲-۲- اهداف طراحی سیستم نقل و انتقال مواد به صورت تر

در کارخانه فرآوری مواد معدنی از پمپ‌های مرکز‌گریز در کاربردهای متعدد و کلیدی استفاده می‌شود، که عملیات بهینه سیستم‌های مبتنی بر آن به فاکتورهای بحرانی متعددی وابسته است. لذا دانش تفصیلی درباره خواص پالپ و مواد جامد برای طراحی این سیستم‌ها نیاز است تا از ته‌نشینی مواد جامد جلوگیری شود و محبوس شدن هوا در پالپ به حداقل برسد. همچنین پارامترهایی نظیر شدت جریان افتهای ناشی از اصطکاک و سطح فشار و ارتفاع بهینه پالپ در پمپ باید تعیین شود.

در سیستم جابه‌جایی پالپ به وسیله لوله‌ها مهم‌ترین اهداف مورد بررسی در طراحی، ایجاد جریان پایدار دوغاب در طول مسیر و کنترل و به حداقل رساندن فرسایش و خوردگی درون لوله‌ها برای دستیابی به عمر لازم طی عملیات کارخانه فرآوری است. مهم‌ترین اهداف فنی طراحی این سیستم‌ها، تعیین خواص و پارامترهای پالپ، ظرفیت حمل و ارزیابی مزایای استفاده از سیستم لوله‌کشی در نقاطی است که دسترسی به سایر تجهیزات جابه‌جایی مواد به کارخانه و یا به درون مدارها فراهم نیست.

## ۳-۱- روش‌های حمل و نقل مواد معدنی در واحدهای فرآوری

جابه‌جایی مواد معدنی به صورت خشک عموماً در شرایطی است که توده‌ای از مواد باید به سنگ شکن‌ها، آسیاها یا سایر روش‌های جدایش نظیر جدایش الکترواستاتیکی، انتقال محصول نهایی و یا مدارهایی از کانه‌آرایی حمل شود که کاملاً در شرایط خشک کار می‌کنند.

روش‌های حمل و نقل به صورت تر در عملیات کانه‌آرایی و فرآوری مواد معدنی تنوع بسیار کمتری نسبت به روش‌های انتقال خشک دارند، اما در عین حال درصد یا سهم بسیار بیشتری از مجموع عملیات حمل و نقل را به خود اختصاص می‌دهند. در این شرایط، پس از مرحله سنگ‌شکنی و گاهی پس از خردایش در آسیای اولیه، آب به عنوان بخشی از جریان وارد فرآیند می‌شود و پالپ را تشکیل می‌دهد. در جدول (۱-۱) انواع روش‌های حمل و نقل در کارخانه فرآوری مواد معدنی ارائه شده است.

جدول ۱-۱- انواع روش‌های حمل و نقل در فرآوری

نوع حمل و نقل	مکانیزم حمل	مسافت حمل	شیب حمل	محدودیت‌ها	مثال‌ها
خشک	مکانیکی	چندمتر تا چندین کیلومتر	افقی- شیب‌دار	محدودیت ظرفیت، مشکلات حمل مواد چسبنده، محدودیت شیب و گاه ظرفیت، سروصدا، هزینه بالای نگهداری	نوار نقاله، ماریج، آپرون، ارتعاشی و غیره
			قائم	محدودیت سرعت، هزینه بالا و ظرفیت محدود عمدتاً در مورد مدارهای پیوسته	بالابرهای سطحی
تر	بادی	در محدوده کارخانه فرآوری	متغیر	پودر بودن مواد، مصرف بالای انرژی، هزینه سرمایه‌ای و عملیاتی بالا، سایش، رطوبت، خردشوندگی، نیاز به آزمایش‌های زیاد	تجهیزات بادی
	پمپ	چندمتر تا چندین کیلومتر	متغیر	فرسایش قطعات بر اثر پالپ‌های ساینده، هزینه بالای نگهداری تجهیزات جانبی، گرفتگی مسیر لوله، حمل مواد درشت و ساینده در شیب رو به بالا	پمپ‌ها و لوله‌ها
	ثقلی	حداکثر چند متر	شیب‌دار	امکان گرفتگی مسیر یا عدم همگن بودن پالپ	ناودان‌ها





## فصل ۲

---

---

### تجهیزات حمل و نقل در فرآوری مواد

معدنی



## ۱-۲- تجهیزات حمل و نقل به روش خشک

مهم‌ترین تجهیزات حمل و نقل مواد معدنی به صورت خشک که در واحدهای فرآوری استفاده می‌شوند را به صورت زیر تقسیم‌بندی می‌کنند:

الف- جابه‌جا کننده‌ها در مسیر افقی - شیب‌دار؛

ب- جابه‌جا کننده‌ها در مسیر قائم (بالا برها)؛

پ- جابه‌جا کننده‌های بادی (پنوماتیک)؛

پ- جابه‌جا کننده‌های ریزشی (شوت‌ها)؛

در جدول (۱-۲) مشخصات انواع وسایل حمل و نقل در شرایط خشک در واحدهای فرآوری ارائه شده است.

جدول ۱-۲- مشخصات انواع تجهیزات حمل و نقل خشک در کارخانه کانه‌آرایی

نوع وسیله	کاربرد عمده	ظرفیت حمل	مسافت قابل حمل	شیب عملیات	مزایا	معایب	توضیحات
نوار نقاله	عموما در جابه‌جایی مواد توده‌ای مانند خوراک مخزن‌ها یا تجهیزات خردایش	چند تن در ساعت تا چند هزار تن در ساعت	مسافت‌های افقی کوتاه در کارخانه تا مسافت‌های طولانی سرتاسری بر روی زمین	متغیر، افقی تا شیب‌های شدید (حداکثر شیب معمولا حدود ۵ تا ۱۵ درجه کمتر از زاویه قرار مواد روی تسمه است.)	دسترسی و انعطاف‌پذیری بالا، مزایای اقتصادی (مصرف نسبتا کم انرژی)، انطباق با شرایط کاری متعدد و ویژه و هماهنگی با سایر تجهیزات	فرسایش ناشی از قطعات گوشه‌دار	بیشترین کاربرد را در معادن و واحدهای فرآوری دارد و با موتورهای چند سرعت قابل استفاده است و حمل مواد به صورت رفت و برگشت است.
مارپیچ	برای مواد بسیار دانه ریز تا مواد دانه درشت بسیار سست و حداکثر ابعاد کلوخه معمولا یک ششم قطر مارپیچ است.	حداکثر ۱۰۰۰ تن در ساعت	فواصل محدود (حداکثر ۴۰-۵۰ متر)، به کاربرد و محدودیت ساخت دستگاه بستگی دارد.	شرایط افقی یا شیب‌دار	ساختمان ساده دستگاه و عملیات آسان و اشغال فضای کم مقاوم در برابر حرارت، خوردگی یا سایش	محدودیت ظرفیت به ویژه با افزایش شیب عملیات	امکان خوراک‌دهی از چند نقطه وجود دارد.
آپرون (کفه‌ای)	حمل و نقل مواد ساینده مانند اغلب کانسنگ‌ها، ماسه و قطعات سنگ، همچنین مواد داغ در صنایع متالورژی، مواد کلوخه‌ای و سنگین	به وزن بار روی صفحات و سرعت دستگاه بستگی دارد، با افزودن صفحه‌های جانبی به دستگاه ظرفیت جابه‌جا کننده افزایش می‌یابد.	به کاربرد آن در کارخانه بستگی دارد.	افقی و شیب‌دار و با حداکثر شیب $30^{\circ}$ برای کل مجموعه در صورت ترکیب با سایر تجهیزات	مقاومت در برابر سایش و قابلیت حمل قطعات درشت	سر و صدای زیاد و معمولا هزینه‌های بالای نگهداری	در صورت استفاده ترکیبی دستگاه با سایر تجهیزات شیب مجموعه نباید از زاویه قرار مواد فراتر رود، مگر آن که از تیغه‌های بالابر استفاده شود. امکان خوراک‌دهی از چند نقطه وجود دارد ولی تخلیه صرفا از قسمت انتهایی امکان‌پذیر است. از جابه‌جایی مواد چسبنده باید اجتناب کرد.
پلکانی (فلایت)	عمدتا در مورد زغال سنگ یا مواد غیر ساینده	به وزن مواد و سرعت دستگاه بستگی دارد.	به مقاومت زنجیر بستگی دارد و کوتاه یا بلند است.	شیب‌های $40^{\circ}$ تا $45^{\circ}$	امکان باردهی و تخلیه بار از چند نقطه و بارگیری در رفت و برگشت وجود دارد.	محدودیت در مورد مواد ساینده مگر در سرعت و زمان کم، معمولا حمل یک طرفه است.	-

## ادامه جدول ۲-۱- مشخصات انواع تجهیزات حمل و نقل خشک در کارخانه کانه‌آرایی

نوع وسیله	کاربرد عمده	ظرفیت حمل	مسافت قابل حمل	شیب عملیات	مزایا	معایب	توضیحات
ارتعاشی	برای حمل و نقل مواد توده‌ای و سست با دانه‌بندی درشت‌تر از ۸۰ مش	متغیر، تقریباً تا ۳۰۰ تن در ساعت	فواصل محدود، طول دستگاه تا حدود ۳۰ می‌رسد.	معمولاً در مسیر افقی یا سرازیر در مواردی تا حداکثر ۱۰° سر بالا	امکان استفاده از پوشش‌های عایق در برابر گرد و خاک، ورودی و خروجی دارای فلانج، امکان حمل مواد با دمای بالا	نیاز به بتن‌ریزی برای تثبیت دستگاه، عدم امکان استفاده برای مواد چسبنده و ساینده	مواد دانه ریز را به شکل مخلوط با مواد دانه درشت می‌توان جابه‌جا کرد.
بالابرها (جابه‌جایی قائم)	مواد دانه‌ریز و سست دارای کلوخه‌های کوچک مانند سیمان، بوکسیت خردشده، رس، زغال سنگ، ماسه و مواد شیمیایی	متغیر، بستگی به کاربرد دارد.	متغیر، بستگی به محل استفاده در مدار فرآوری دارد.	معمولاً قائم (۹۰°)، گاه شیب‌دار	سرعت انتقال بالا (تا ۹۰ متر بر دقیقه)، امکان استفاده از تسمه به‌جای زنجیر برای مواد ساینده	سرعت کم، گران‌تر بودن و ظرفیت کمتر برای انواع پیوسته	سرعت حمل در مورد مواد سبک و متخلخل تا ۲۰٪ کاهش می‌یابد و برای انواع پرظرفیت کمتر است، در شرایط شیب‌دار نیاز به تمهیدات ویژه در طراحی ساختمان دستگاه است.
بادی (پنوماتیک)	مواد بسیار خشک (رطوبت کمتر از ۱٪)، و دانه ریز (۱۰۰٪ کوچکتر از ۵۰ مش و حداقل ۶۰٪ تا ۲۵٪ کوچکتر از ۲۰۰ مش)، سبک	۳ تا ۲۰۳ متر مکعب در ساعت، تا ۱۴۰۰ متر مکعب در ساعت (در انواع ثقیل)	تا حدود ۱۴۰۰ متر (با سرعت در حدود ۶۱۰ متر در دقیقه) تا ۲۳۰۰ متر در "نانک دمنده"	افقی تا قائم	تعداد کم قطعات متحرک در تماس با مواد و سرعت نسبتاً پایین حرکت، مناسب برای جابه‌جایی مواد خورنده، سمی، و شدیداً تولید کننده گرد و خاک، همچنین مواد نیمه‌ساینده نظیر آلومین، آزیست، بنتونیت، سیمان، غبار کوره، زغال، کانسنگ و کنسانتره آسیا شده، سنگ آهک و فسفات	در نوع فشار بالا: تخلیه دوره‌ای یا ناپیوسته مواد، هزینه سرمایه‌ای و عملیاتی نسبتاً بالا و تخلیه پالسی در نوع هوالغز: جابه‌جایی به سمت پایین‌دست و نیاز به فیلتر کردن هوا قبل از عملیات	انتخاب بر مبنای آزمایش‌های پیش‌آزمایش صورت می‌گیرد، مناسب برای تجهیزات با چند ورودی خوراک‌دهی و یک خروجی و برعکس، محدوده فشار عملیاتی متغیر است.

## ۲-۲- تجهیزات حمل و نقل به روش تر

تجهیزات جابه‌جایی پالپ در کارخانه فرآوری مواد معدنی در دو بخش اصلی ناودان‌ها و لوله‌ها خلاصه می‌شوند. ناودان‌ها در حقیقت ریزشگاه‌های روباز با مقطع مربعی یا مستطیلی و گاه دایره‌ای هستند که عامل حرکت مواد در آن‌ها بر اثر نیروی جاذبه تامین می‌شود. لوله‌های انتقال پالپ در کارخانه فرآوری مواد معدنی مزایای خاصی نسبت به سایر سیستم‌های جابه‌جایی مواد جامد به خصوص در فواصل زیاد دارند. از آن جمله می‌توان حصول اطمینان از کارایی، جابه‌جایی تا ۹۵٪ ظرفیت انتقال مواد و نیاز کمتر به نیروی انسانی را بر شمرد. عامل محرک پالپ در لوله‌ها، پمپ‌ها هستند. در جدول (۲-۲) مشخصات عملیات مختلف حمل و نقل پالپ در واحدهای فرآوری به همراه مزایا و معایب هر یک ارائه شده است.

جدول ۲-۲- مشخصات انواع تجهیزات حمل و نقل تر در واحد فرآوری

نوع وسیله	کاربرد عمده	ظرفیت حمل	مسافت قابل حمل	شیب عملیات	مزایا	معایب	توضیحات
ناودان‌ها	معمولا برای مواد (پالپ‌های) نسبتا سنگین (کانسنگ آهن، ماسه‌های ساحلی، باریت؛ جابه‌جایی خروجی آسیابها، مواد تولید شده در بخش‌های رمق‌گیر و باطله‌ها	بستگی به ظرفیت مدار بالادست دارد و از چند صد لیتر بر دقیقه تا چند متر مکعب بر دقیقه متغیر است.	مسافت‌های نسبتا کوتاه	در حدی که جابه‌جایی تمام ذرات جامد را بدون سرریز یا گرفتگی جریان و بدون سرعت یا فرسایش بیش از حد ممکن سازد، معمولا حداکثر تا $25^{\circ}$	سادگی تجهیزات و عملیات، پایین بودن هزینه‌های سرمایه‌ای و عملیاتی، امکان استفاده از آستری‌های ضد فرسایش	امکان گرفتگی مسیر جریان در بخش ورودی دستگاه (به خصوص در ناودان‌های عریض)	برای اختلاط دو جریان مختلف در ناودان‌ها باید زاویه تقاطع کمتر از $30^{\circ}$ و سرعت کمتر از $1/5$ متر در ثانیه باشد.
پمپ‌ها و سیستم لوله‌ها	پمپ مرکزگریز: در شرایط نیاز به ارتفاع پایین، پالپ دانه‌درشت (تا $70\%$ جامد و ابعاد حداکثر ۴ممش) و حجم بالا، پالپ کف پمپ‌های رفت و برگشتی: در مواردی به ارتفاع زیاد مورد نیاز باشد.	پمپ مرکزگریز: تا $190$ متر مکعب در دقیقه پمپ‌های رفت و برگشتی: تا $4500$ لیتر در دقیقه	مقدار تقریبی برای پمپ‌های مرکزگریز تا $10$ و در مورد پمپ‌های رفت و برگشتی تا $480$ است.	افقی تا قائم	پمپ مرکزگریز: سادگی عملیات، عدم نیاز به هرگونه شیر و پایین بودن نسبی هزینه‌های سرمایه‌ای و نگهداری پمپ‌های رفت و برگشتی: حمل پالپ‌های با چگالی بالا، دارای $75\%$ جامد و تا $93^{\circ}$ دمای حداکثر C و انتقال پالپ‌های ساینده	پمپ‌های رفت و برگشتی: ظرفیت کمتر حمل، سرعت انتقال نسبتا کم، نیاز به شیر و نگهداری در مسیر پالپ	معمولا پمپ‌های رفت و برگشتی برای افزایش ظرفیت حجمی انتقال پالپ به صورت موازی کار می‌کنند، پمپ‌های رفت و برگشتی، معمولا برای انتقال پالپ‌های با خاصیت ساینده‌گی کم، نظیر دوغاب‌های زغال استفاده می‌شوند. به دلیل نیاز به سرعت بیشتر برای انتقال پالپ در لوله‌های افقی، فرسایش و اصطکاک در این مسیرها بیشتر است.



# فصل ۳

---

---

تجهیزات جانبی حمل و نقل مواد معدنی

در واحدهای فرآوری





## ۳-۱- تجهیزات مربوط به حمل و نقل به روش خشک

تجهیزات جانبی در حمل و نقل مواد معدنی در واحدهای فرآوری شامل تجهیزات ذخیره و آماده‌سازی خوراک و وسایل خوراک‌دهی است. شرایط حمل مواد خشک و مشخصات و ویژگی‌های این تجهیزات در جدول (۳-۱) آورده شده است. در جدول (۳-۲) نیز مشخصات انواع خوراک‌دهنده‌ها درج شده است.

جدول ۳-۱- تجهیزات و فرآیندهای جنبی در حمل و نقل خشک مواد معدنی در کارخانه فرآوری

نوع وسیله و روش	کاربرد عمده	محدودیت‌ها و معایب	ملاحظات
ریزشگاه	به عنوان نقطه انتقال، بین خوراک‌دهنده و جابه‌جاکننده برای هدایت و تعیین مسیر مواد به وسیله نیروی ثقل، یک ریزشگاه ممکن است به عنوان یک خوراک‌دهنده مستقل عمل کند.	فرسایش شدید قطعات ریزشگاه، تخریب ذرات و تفکیک ثقلی، عدم کارایی برای مواد مرطوب یا چسبنده	ریزشگاه با مقاطع مستطیلی از نظر ساخت و عملکرد بر سایر انواع ارجحیت دارد، برای کنترل گرد و خاک، شیب زیاد و پرتاب مواد از پوشش بر روی ریزشگاه استفاده می‌شود، از آستری‌های مختلف می‌توان به صورت موضعی در نقاط با فرسایش بیشتر استفاده کرد.
انواع خوراک‌دهنده	جابه‌جایی یا حمل مواد در فواصل نسبتاً کوتاه با هدف تغذیه یک واحد یا دستگاه فرآوری	مقایسه کاربرد انواع خوراک‌دهنده‌های خشک مواد بر اساس جدول (۳-۲) قابل انجام است.	اصول عملکرد، مشابه انواع جابه‌جا کننده‌های مواد خشک است.
تلمبار	عموما در مورد سنگ‌های خرد شده در مرحله سنگ‌شکنی اولیه و گاه برای مواد دانه درشت‌تر حاصل از خردایش و طبقه‌بندی، تغذیه این مکان‌ها و برداشت مواد از آن‌ها به وسیله انواع جابه‌جا کننده‌ها، تلمبارسازها، بالابرها و تجهیزات سطحی صورت می‌گیرد، تلمبار عموما به شکل مخروطی است.	طبقه‌بندی یا تفکیک وزنی و ابعادی، به ویژه وقتی مواد دارای محدوده وسیع دانه‌بندی یا چگالی هستند، مشکلات سلامت و بهداشت بر اثر تولید گرد و غبار	کف محل انباشت مواد باید در ارتفاع مناسب، مستحکم، صلب و در عین حال دارای قابلیت زهکشی باشد.
مخزن یا سیلو	روشی مناسب برای نگهداری و ذخیره مواد معدنی (با ظرفیت محدود، آماده برای خوراک‌دهی به فرآیند و ارتباط با انواع جابه‌جا کننده‌ها	محدودیت‌های ناشی از جانمایی کارخانه، اتاق کنترل و فونداسیون، سرازیر شدن ناگهانی، تفکیک و تخریب دانه‌بندی، گرفتگی جریان، بار مرده و فرسایش، که همگی با در نظر گرفتن ملاحظات طراحی برای ماده معدنی خاص قابل کنترل است.	اغلب روش‌ها و تمهیداتی که در مورد انباشت مواد در توده‌ها ذکر شد در این مورد نیز قابل اجرا است.

جدول ۳-۲- انواع خوراک‌دهنده‌های مواد در جریان خشک، مشخصات و کاربرد آنها

خوراک‌دهنده	تسمه‌ای یا آپرون	مارپیچی	میز گردان
نحوه عملکرد			
ظرفیت (m <sup>3</sup> /h)	۲۰-۷۰۰	۵-۱۰۰	۵-۳۰۰
توصیف و کاربرد	شامل تسمه‌ای تخت دارای یک قرقزه، عمدتاً برای خوراک‌دهی توسط قیف‌های شیاردار، دارای طول نامحدود، حداکثر ابعاد خوراک ۱۵ cm (نباید از ۷۵٪ عرض دستگاه بیشتر باشد)، برای انتقال سنگ‌های بزرگ، تحت شرایط ضربه و حرارت بالا	یک مارپیچ با دور متغیر (به قطر ۰/۵ تا ۱/۵ متر که در جهت جریان افزایش می‌یابد، قطر ذرات باید کمتر از کوچکترین دور پیچ باشد. برای مواد ساینده مناسب نیست، ممکن است کاملاً در محفظه قرار گیرد (برای حذف مشکلات ریزش مواد و تولید گرد و خاک)	میز گرد و دوار که اطراف آن تا بالای میز به صورت چرخشی ادامه می‌یابد، مواد از طریق ابزار ثابتی از سطح میز جدا می‌شوند. برای مواد دانه ریز به کار می‌رود و ریزش مواد از سطح آن اندک است.
خوراک‌دهنده	ارتعاشی	ستاره‌ای	شخمی گردان
نحوه عملکرد			
ظرفیت (m <sup>3</sup> /h)	۱۵-۶۰۰	-	۲۰۰-۱۹۰۰
توصیف و کاربرد	منشا ارتعاش ممکن است مکانیکی، الکترومکانیکی یا الکترومغناطیسی باشد، برای مواد خورنده مناسب نیست، امکان کنترل دقیق خوراک‌دهی فراهم است، می‌توان آن را با سرنند (گریزلی) به صورت ترکیبی به کار برد.	مواد را از طریق منافذ شیاری به طور یکنواخت دریافت می‌کند و برای شیارهای دراز قابل استفاده است.	در هر وعده، از یک نقطه مواد را دریافت می‌کند، برای منافذ طولی قابل استفاده است، در حجم‌های زیاد و برای انبارها حاوی مواد دانه‌درشت به کار می‌رود.

## ۳-۲- تجهیزات مرتبط با حمل و نقل به روش تر

این تجهیزات شامل شیرها و اتصالات لوله‌ها، توزیع کننده‌ها و خوراک‌دهنده‌های پالپ، مکان‌های ذخیره و ابزارهای اندازه‌گیری مشخصات جریان هستند که در جدول (۳-۳) آمده است.

جدول ۳-۳- تجهیزات و فرآیندهای جنبی در حمل و نقل تر مواد معدنی در کارخانه فرآوری

نوع وسیله و روش	کاربرد عمده	محدودیت‌ها و معایب	ملاحظات
شیرها و اتصالات	کنترل شدت جریان پالپ و مسیر حمل کنترل فشار و اصطکاک	نقاط تقاطع، اتصالات T شکل و Y شکل امکان ته‌نشینی در نقاط انبساطی و انقباضی جریان	حداقل شعاع انحنای مسیر در لوله ۵ برابر قطر لوله است. یک زانویی چند تکه حداقل شامل ۸ قطعه و دارای آسترهای ضخیم ضد فرسایش است. استفاده از اتصالات هم‌مرکز در لوله‌های قائم و اتصالات خارج از مرکز در لوله‌های افقی توصیه می‌شود. استفاده از فلانج به جای جوش قطعات به‌خصوص در فشارهای بالا، استفاده از انواع شیرهای توصیه شده
ابزارهای اندازه‌گیری جریان	اندازه‌گیری و کنترل شدت جریان، فشار و چگالی پالپ در مسیر حمل و نقل	گرانی نسبی و محدودیت عملیاتی در انواع جریان‌سنج الکترومغناطیسی گرانی و پیچیدگی عملیاتی چگالی‌سنج‌های هسته‌ای و مشکل حباب‌های هوا در انواع اولتراسونیک گرفتگی جریان یا حضور حباب عوامل اختلال در فشارسنج‌ها	قرار گرفتن شیرهای فشار جریان‌سنج در بالای محور مرکزی لوله‌های افقی (به‌خصوص در مورد پالپ دانه درشت) برای پالپ‌های سنگین چگالی‌سنج هسته‌ای و برای پالپ‌های سبک انواع اولتراسونیک توصیه می‌شود. استفاده از لوله دیافراگم برای کنترل ارتعاشات پالپ در دستگاه فشارسنج
خوراک‌دهنده‌ها و توزیع کننده‌ها	تقسیم یک یا چند جریان به دو یا تعداد بیشتری از جریان‌ها به نسبت مساوی و تغذیه کنترل شده آن به تجهیزات یا مدارها در فرآیند، معمولاً در کنار ناودان‌ها یا سیستم لوله‌کشی به کار می‌روند.	امکان گرفتگی مجاری عبور پالپ و ناهماهنگی در توزیع جریان‌ها به دلیل سرعت ناکافی جریان	قبل از خوراک‌دهی به صورت ثقلی به توزیع کننده‌های ثابت، مواد باید کاملاً همگن شوند. منافذ خروجی پالپ در مخزن توزیع کننده باید دارای ابعاد مناسب برای جلوگیری از تخلیه کامل محفظه باشند. ارتفاع تجهیزات خوراک‌گیرنده از چندراهی باید هم سطح و طول لوله‌های خوراک‌دهی نیز کوتاه و یکسان باشد.
مکان‌ها و مخازن ذخیره	ذخیره مواد در طول مسیر فرآوری و بین مدارها با هدف آماده‌سازی یا تنظیم مقدار خوراک واحد فرآوری	امکان تجمع مواد نامحلول و سنگین در کف مکان‌های ذخیره و کاهش ظرفیت و افزایش نیروی همزنی ناشی از آن	با توجه به درصد جامد کمتر پالپ در بالای مخازن، تخلیه کامل مواد در کف مخزن ضروری است. برای مواد سبک و عمدتاً شناور در سطح پالپ باید سیستم اختلاط سطحی در مخازن تعبیه شود. عایق‌بندی بستر حوضچه‌ها ضروری است.



# فصل ۴

---

---

**معیارها و تجهیزات مورد نیاز انتخاب**

**روش‌های حمل و نقل**



## ۴-۱- معیارهای انتخاب روش‌های حمل و نقل

برای انتخاب روش‌ها و تجهیزات مورد نیاز حمل و نقل مواد معدنی معیارهای متعددی مدنظر قرار می‌گیرد. این معیارها در دو زیر مجموعه معیارهای عملیاتی و معیارهای مربوط به مدار فرآوری برای روش‌های خشک و تر به ترتیب در جدول‌های (۴-۱) و (۴-۲) ارائه شده‌اند.

جدول ۴-۱- دسته‌بندی و معرفی پارامترهای انتخاب روش‌های حمل و نقل خشک

پارامترهای عملیاتی	شرح	اهمیت در عملیات و طراحی	ملاحظات و مثال‌ها
کانسنگ	چگالی کلی خوراک	کنترل تناژ سیستم حمل و نقل	تجهیزات حمل و نقل بر اساس تناژ حجمی انتخاب می‌شوند.
	دانه‌بندی و حداکثر ابعاد	محدوده ابعادی ذرات	کلوخه‌ها درشت‌تر، تجهیزات بزرگتر
	زاویه‌دار	زاویه سطح توده مواد روی زمین یا تجهیزات حمل و نقل نسبت به افق	معیاری در تعیین قابلیت جریان یافتن مواد
	قابلیت جریان یافتن	سهولت در سرازیر و جاری شدن مواد بر اثر نیروی وزن	تابعی از شکل، ابعاد، سختی، درصد رطوبت و نسبت مواد دانه‌ریز به دانه درشت است.
	چسبندگی	تمایل اتصال ذرات به یکدیگر یا به تجهیزات حمل و نقل	تابعی از دانه‌بندی، درصد رطوبت و خواص سطحی ذرات است.
	گرد و غبارزایی	قابلیت تولید گرد و غبار حین حمل بارگیری یا تخلیه	به دانه‌بندی و قابلیت پودر شدن ماده معدنی بستگی دارد.
	قابلیت اشتعال	قابلیت سوختن با ایجاد شعله	در مواردی بر اثر خواص ذاتی مواد (مانند گوگرد) و گاهی بر اساس اصطکاک شدید یا جرقه‌های ناشی از ضربه ایجاد می‌شود.
	سمی بودن	آلودگی به مواد سمی بر اثر آغشتگی به این مواد یا طبیعت خود ماده معدنی	کانی‌های حاوی مواد رادیواکتیو، بخارات یا گازهای سمی و یا گرد و غبار
	خردشوندگی و پودرشدن	درجه مقاومت مواد در برابر شکستن و خردشدن حین حمل و نقل	تابعی از خواص کانی‌شناسی و ساختاری ذرات
	دما	دمای ماده حین حمل یا انبار کردن	موثر در انتخاب تجهیزات مناسب
خورندگی - ساینده‌گی	قابلیت تخریب فیزیکی - شیمیایی ماده	موثر در انتخاب تجهیزات مناسب کنترل فرسایش قطعات	به شکل، دانه‌بندی، سختی و خواص شیمیایی ماده معدنی وابسته است.
دستگاهی	ابعاد	اندازه ابعاد اصلی دستگاه	معمولا با ظرفیت دستگاه ارتباط دارد.
	ظرفیت حمل	تن یا متر مکعب بر ساعت ماده معدنی حمل یا انبار شونده	از معیارهای اصلی و اولیه طراحی و انتخاب تجهیزات است.
	شیب مسیر	زاویه مسیر حمل نسبت به افق	به اختلاف ارتفاع نقاط بارگیری و تخلیه مواد بستگی دارد.

ادامه جدول ۴-۱- دسته‌بندی و معرفی پارامترهای انتخاب روش‌های حمل و نقل خشک

پارامترهای عملیاتی	شرح	اهمیت در عملیات و طراحی	ملاحظات و مثال‌ها
دستگاهی	سرعت حمل و انباشت	متر بر دقیقه جابه‌جایی ماده معدنی در طول مسیر حمل	- نوع و مشخصات ماده معدنی و روش حمل تعیین کننده سرعت هستند.
	توان	توان مورد نیاز برای جابه‌جایی وزن ماده معدنی	ظرفیت حمل و وزن بار تعیین کننده توان دستگاه‌اند.
	جنس قطعات و مشخصات فرسایشی	کیفیت مواد سازنده و آستری پوشاننده بخش‌های در تماس با ماده معدنی و آهنگ فرسایش آن	عامل اصلی انتخاب مواد یا تجهیزات مناسب و با مقاومت فرسایشی بالا موثر در هزینه‌های عملیاتی و نگهداری
	دسترسی به مصالح ساختمانی	فراهم بودن مصالح لازم به مقدار کافی در فاصله نزدیک به عملیات حمل و نقل	- هزینه حمل مواد اولیه و سایر هزینه‌های جانبی برای تامین قطعات
پارامترهای مدار	موقعیت نسبی خوراک‌دهنده و مکان تخلیه	موقعیت نسبی محل بارگیری و تخلیه با تجهیزات حمل و نقل یا انباشت	مانند استفاده از خوراک‌دهنده گردان در زیر قیف‌ها
	نحوه خوراک‌دهی و تخلیه	نحوه ورود بار به تجهیزات حمل و نقل و نحوه تخلیه آن	مانند استفاده از خوراک‌دهنده گردان در حمل تهریز هیدروسیکلون
	مشخصات مسیر یا نیمرخ جابه‌جایی مواد	فواصل و شیب‌های مسیر حمل و نقل، مسیرهای انحرافی یا چندشاخه	مانند انواع نیمرخ‌های نوارنقاله‌ها
	چیدمان تجهیزات مختلف در کارخانه	موقعیت نسبی تجهیزات فرآوری در واحدهای مختلف کارخانه	- طراحی جانمایی تجهیزات حمل و نقل و موقعیت نقاط ذخیره و شناسایی محدودیت‌های فضا
	روش‌های فرآوری	روش‌های پرعیارسازی و جداسازی مواد در واحدهای مختلف	مانند انتخاب جنس تسمه نوار نقاله بر اساس خواص فیزیکی شیمیایی مواد حمل شونده
			انتخاب روش‌های حمل و نقل و مشخصات عملیاتی- ساختمانی تجهیزات مرتبط



جدول ۴-۲- دسته‌بندی و معرفی پارامترهای انتخاب روش‌های حمل و نقل تر

پارامترهای عملیاتی		شرح	اهمیت در عملیات و طراحی	ملاحظات و مثال‌ها
کانسنگ	چگالی پالپ	چگالی مخلوط آب و ماده معدنی	کنترل تناژ سیستم حمل و نقل	اهمیت تناژ حجمی در حمل و نقل
	گرانروی پالپ	گرانروی یا مقاومت پالپ در برابر جاری شدن	انتخاب روش حمل و نقل و توان مورد نیاز	به دانه‌بندی جامد بستگی دارد.
	دانه‌بندی (d <sub>80</sub> )	محدوده ابعادی ذرات	تعیین مشخصات (ابعاد و جنس) تجهیزات حمل و نقل، ارزیابی فرسایش قطعات	به مرحله فرآوری کانسنگ بستگی دارد.
	درصد جامد	نسبت محتوای (حجمی و وزنی) جامد خشک به حجم یا وزن کل پالپ	کنترل اغتشاش در جریان و انتخاب ابعاد و جنس پمپ‌ها و لوله‌ها	انحراف برخی جریان‌های حاوی مواد رسی با درصد زیاد از شرایط جریان نیوتنی
	وزن مخصوص جامد	وزن مخصوص ماده معدنی خشک	کنترل مشخصات جریان پالپ و انتخاب تجهیزات حمل و نقل	-
	سایندگی پالپ و کانسنگ	سختی ماده معدنی و قدرت سایندگی پالپ حاصل از آن	انتخاب جنس آستر لوله‌ها و پمپ‌ها	عامل اساسی در انتخاب پمپ‌های و رفت و برگشتی
	خواص شیمیایی پالپ	خواص نظیر درصد عناصر خاص مثلاً سمی یا اسیدی و قلیایی بودن	انتخاب جنس قطعات و تجهیزات از نظر مقاومت فرسایشی و عایق بودن	در بحث ایمنی و نگهداری عامل تعیین‌کننده است.
دستگاهی	ظرفیت حمل شدت جریان	متر مکعب بر ساعت پالپ حمل یا ذخیره شونده	تعیین‌کننده ظرفیت و ابعاد تجهیزات	از معیارهای اصلی طراحی
	ابعاد	مقادیر بعدهای اصلی تجهیزات مانند قطر لوله یا سطح ناودان	متأثر از فاصله و ظرفیت حمل است.	از معیارهای اصلی طراحی
	شیب مسیر	زاویه مسیر حمل نسبت به افق	عامل تعیین‌کننده توان دستگاه و در نتیجه انتخاب روش یا تجهیزات	با وزن پالپ و اصطکاک در طول مسیر مرتبط است.
	زبری یا اصطکاک مسیر (جنس قطعات)	مقاومت دیواره یا بستر حرکت پالپ در برابر جریان	تعیین توان مورد نیاز، افت جریان و فرسایش قطعات	برآورد هزینه‌های عملیاتی و نگهداری
	سرعت جریان	متر بر دقیقه جابه‌جایی پالپ در طول مسیر حمل	کنترل شرایط معلق پالپ برای حمل موثر مواد	حرکت پالپ در لوله باید بیشتر از سرعت بحرانی باشد.
	توان	جریان مورد نیاز برای جابه‌جایی پالپ	از معیارهای اصلی طراحی تجهیزات حمل و نقل	ظرفیت حمل و وزن پالپ در تعیین توان دستگاه نقش دارند.
	دسترسی به مصالح ساختمانی	فراهم بودن مصالح لازم در فاصله نزدیک به عملیات حمل و نقل	برآورد هزینه حمل قطعات یدکی و جانبی	-
پارامترهای مدار	فاصله، ارتفاع و شیب	موقعیت نسبی محل ورود و تخلیه پالپ و حداکثر شیب و ارتفاع در طول مسیر حمل	تنظیم دستگاه‌های خوراک‌دهنده، انتخاب ابعاد و توان تجهیزات حمل پالپ	کاهش تعداد شیرها در طول مسیر و حداقل نمودن فاصله مکش پمپ‌ها
	چیدمان تجهیزات مختلف در کارخانه (فلوشیت)	موقعیت نسبی تجهیزات فرآوری در واحدهای مختلف کارخانه	طراحی پروفیل تجهیزات حمل و نقل و موقعیت نقاط انباشت و شناسایی محدودیت‌های فضا	رعایت حداقل شیب لازم در مسیرهای افقی و کنترل کیفیت پالپ در فواصل بین مدارهای مختلف فرآوری
	مراحل فرآوری	روش‌های پرعیارسازی و جداسازی مواد در واحدهای مختلف	انتخاب تجهیزات مناسب و تنظیم پارامترهای عملیاتی- دستگاهی	انتخاب پمپ‌های مقاوم در مدار خردایش یا خروج باطله طراحی خاص لوله‌کشی در حمل ته‌ریز تیکنرها استفاده از پمپ‌های قایم در جابه‌جایی کف

## ۴-۲- انتخاب تجهیزات حمل و نقل مواد معدنی

انتخاب صحیح انواع وسایل حمل مواد معدنی و پالپ در کارخانه فرآوری بر پایه محاسبه و ارزیابی صحیح عوامل مختلف و متعدد عملیاتی - دستگاهی در هر روش استوار است. با توجه به آن که مشخصات ماده معدنی و پارامترهای عملیاتی نظیر سرعت و شیب حمل مواد، نقش عمده را در تعیین روش حمل و نقل ایفا می‌کنند، این دو مقوله در جداول (۴-۳) تا (۴-۶) برای انتخاب انواع روش‌های حمل و نقل خشک و تر و همچنین تجهیزات جانبی مربوط به آن در نظر گرفته شده است. تمام عوامل برای ارزیابی یک روش خاص به کار نمی‌روند و اصولاً عوامل متعدد در روش‌های مختلف دارای ارزش برابر نیستند. به علاوه، در مورد مشخصات ماده معدنی با توجه به توانایی حمل و نقل اغلب مواد معدنی با روش‌های مختلف، شرایط و ویژگی‌های خاص مواد مانند قابلیت تولید گرد و غبار و قابلیت ساینده‌گی ماده معدنی در انتخاب مشخصات دستگاهی و طراحی تجهیزات نقش ایفا می‌کند. در میان مشخصات ماده معدنی، دانه‌بندی مهم‌ترین عاملی است که در تعیین نوع روش حمل و نقل موثر است.

جدول ۴-۳- انتخاب تجهیزات و روش‌های حمل و نقل به روش خشک در کارخانه فرآوری بر اساس عوامل

روش حمل و نقل	عوامل موثر (کانسنگ و عملیاتی)	مشخصات کمی و کیفی و ملاحظات
نوار نقاله	مشخصات ماده معدنی	دانه‌بندی، وزن مخصوص زاویه قرار مواد، قابلیت خردشوندگی بر اثر حمل و نقل
	ارتفاع بالابری یا شیب	تعیین شیب، ارتفاع نوار نقاله با استفاده از نمودار تعیین حداکثر شیب بر حسب نوع ماده معدنی با استفاده از جداول
	سرعت حمل	با توجه به عرض نوار و نوع ماده معدنی از جداول استخراج می‌شود.
	عرض بستر حمل (عرض نوار نقاله)	۱- بر اساس سرعت نوار و نوع ماده ۲- بر اساس ابعاد کلوخه (نسبت کلوخه به دانه ریز) و عرض نوار ۳- بر حسب شیب، سرعت و عرض نوار
	ظرفیت حمل	با توجه به مشخصات نوار، عرض، سرعت و زاویه قرار از جداول استخراج می‌شود.
جابه‌جا کننده پیچی	مشخصات ماده معدنی و پارامترهای عملیاتی	تعیین ظرفیت بر حسب نوع ماده معدنی، دانه‌بندی، سرعت حمل، ابعاد دستگاه و درجه پرشدگی و جدول سازندگان
جابه‌جا کننده آپرون	ابعاد ماده معدنی، ظرفیت، ابعاد دستگاه، سرعت، ظرفیت	جدول ظرفیت و مشخصات سازندگان
جابه‌جا کننده پلکانی	ابعاد ماده معدنی، ظرفیت، ابعاد دستگاه	جدول ظرفیت بر حسب ابعاد دستگاه و ابعاد کلوخه
سایر تجهیزات جابه‌جایی افقی وشیب‌دار	مشخصات ماده معدنی (بار)، ظرفیت، ابعاد دستگاه، سرعت، توان موتور	جابه‌جا کننده ارتعاشی، جابه‌جا کننده بادی، جدول‌های سازندگان، جابه‌جا کننده En Masse، جابه‌جا کننده Cam Belt
بالابرها	ابعاد ماده معدنی، سرعت، ابعاد صندوقه‌ها، توان، ظرفیت	جدول توان - ظرفیت، جدول سازندگان

جدول ۴-۴- انتخاب تجهیزات و روش‌های حمل و نقل به روش تر در کارخانه فرآوری بر اساس عوامل مختلف

عوامل موثر و توضیحات	روش حمل و نقل
مشخصات پالپ شامل دانه‌بندی، وزن مخصوص جامد، چگالی پالپ، درصد جامد و گرانشی پالپ. ارتفاع دیواره‌های ناودان ۳ تا ۴ برابر عمق جریان است. استفاده از نمودارهای شیب بر حسب دانه‌بندی و درصد جامد پالپ	ناودان‌ها
مشخصات پالپ شامل حداکثر ابعاد، وزن مخصوص جامد، درصد جامد و تعیین تناژ پالپ، ارتفاع مخزن و ارتفاع نظیر فشار اولیه، ارتفاع استاتیک تخلیه پمپ تا ورودی سیکلون، فشار اولیه در سیکلون، دمای پالپ و قابلیت خوردگی یا ساینده‌گی استفاده از منحنی‌های مشخصه پمپ برای تعیین شدت جریان و ارتفاع رانش سرعت جریان قطر لوله بر اساس شدت جریان مورد نیاز و فشار پالپ، جنس لوله یا آستر آن و آهنگ فرسایش طبق جداول سازندگان مشخصات فنی شیرها و اتصالات بر اساس اطلاعات سازنده و نیاز فرآیند و محاسبات اقتصادی	پمپ‌ها، لوله‌ها و اتصالات

جدول ۴-۵- انتخاب تجهیزات جانبی حمل و نقل مواد در کارخانه فرآوری بر اساس عوامل مختلف

پارامترهای موثر در انتخاب	نوع تجهیزات
<b>مواد خشک</b>	
نحوه بازدهی، شیب، مشخصات ماده معدنی، زاویه قرار بر اساس جداول انتخاب تجهیزات اطلاعات سازنده نیز مفید است.	خوراک‌دهنده‌ها
مشخصات ماده معدنی شامل ابعاد، سختی، درصد رطوبت، خوردگی، قابلیت اشتعال و زاویه قرار، شیب مواد، حداقل ابعاد ۳ برابر حداکثر ابعاد ذرات ماده معدنی	ریزشگاه‌ها
در انتخاب فضای مورد نیاز: چگالی، وزن مخصوص، درصد رطوبت، تخلخل، قابلیت سیمانی‌شدن، آلاینده‌گی، انحلال در آب و زاویه قرار در انتخاب تجهیزات: سختی، دانه‌بندی، مقاومت ذرات، ساینده‌گی، شکل ذرات، تراکم‌پذیری، جریان‌پذیری، زاویه قرار، دما، خوردگی، قابلیت اشتعال، تولید دود و غبارات سمی و سرازیر شدن ناگهانی	محل انباشت
بر اساس معیارهای محیطی و مشخصات ماده معدنی در نظر گرفتن ظرفیت بسته به نیاز فرآیند یا کارخانه (تناژها و دوره‌های توقف عملیات)	روش انباشت (روباز یا مسقف) و ظرفیت
<b>پالپ</b>	
دانه‌بندی، چگالی، درصد جامد، شکل ذرات، آهنگ ته‌نشینی و ترکیب شیمیایی، ابعاد و ظرفیت بر اساس جداول و داده‌های سازنده	مشخصات پالپ، ابعاد و ظرفیت دستگاه
دانه‌بندی، چگالی، درصد جامد، شکل ذرات، آهنگ ته‌نشینی و ترکیب شیمیایی، ابعاد و ظرفیت تجهیزات بر اساس نیاز انباشت یا روش بازیافت پالپ تعیین می‌شود (از جداول موجود برای عملیات مشابه می‌توان الگوبرداری کرد). انتخاب روش‌های انباشت و بازیابی پالپ نیز بر اساس نوع محل ذخیره و طراحی آن صورت می‌گیرد.	مشخصات پالپ
	خوراک‌دهنده‌ها و توزیع‌کننده‌ها
	تجهیزات انباشت



## خواننده گرامی

امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور، با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر پانصد عنوان نشریه تخصصی-فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در پایگاه اطلاع‌رسانی [nezamfanni.ir](http://nezamfanni.ir) قابل دستیابی می‌باشد.

امور نظام فنی

**Islamic Republic of Iran**  
**Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision**

# **Guidelines for Mineral Transportation in Mineral Processing Plants**

**No. 564**

Office of Deputy for Strategic Supervision  
Department of Technical Affairs

**Nezamfanni.ir**

Ministry of Industry, Mine and Trade  
Deputy of Mine Affairs and Mineral Industries  
Office for Mining Supervision and Exploitation  
**<http://mim.gov.ir>**

**2013**

## این نشریه

به شناسایی روش‌های مختلف حمل و نقل، امکانات جانی و پارامترهای عملیاتی وابسته در مدارهای فرآوری می‌پردازد و اطلاعات لازم در مورد معیارها و تجهیزات مورد نیاز در انتخاب و طراحی سیستم‌های حمل و نقل مواد در واحدهای فرآوری مواد معدنی را ارائه می‌کند.